

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Dissertação

**Utilização do Álcool Etílico 70% e Cloreto de Amônio 2% como agentes
promotores da artrodese química das articulações interfalangeanas
proximais de equinos hípidos**

Fabio Mendes Prates

Pelotas, 2024

Fabio Mendes Prates

Utilização do Álcool Etílico 70% e Cloreto de Amônio 2% como agentes promotores da artrodese química das articulações interfalangeanas proximais de equinos hípidos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências, na área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Charles Ferreira Martins

Coorientador: Dr. Gino Luigi Bonilla Lemos Pizzi

Pelotas, 2024

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas Catalogação da
Publicação

P912u Prates, Fabio Mendes

Utilização do Álcool Etílico 70% e Cloreto de Amônio 2% como agentes promotores da artrodese química das articulações interfalangeanas proximais de equinos hípidos [recurso eletrônico] /

Fabio Mendes Prates ; Charles Ferreira Martins, orientador ; Gino Luigi Bonilla Lemos Pizzi, coorientador. — Pelotas, 2024.

45 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. Artrodese química. 2. Equinos. 3. Alcool Etílico. 4. Cloreto de amônio. 5. Zootecnia. I. Martins, Charles Ferreira, orient. II. Pizzi, Gino Luigi Bonilla Lemos, coorient. III. Título.

CDD 636.1089672

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB: 10/901

Utilização do Álcool Etílico 70% e Cloreto de Amônio 2% como agentes promotores da artrodese química das articulações interfalangeanas proximais de equinos hípidos

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas

Data da Defesa: 06 de dezembro de 2024.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Charles Ferreira Martins (Orientador)

Doutor em Ciências pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Juliana Sarubbi

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Cláudio Alves Pimentel

Pós-Doutorado pela University of California - Davis

Prof. Dr. Rafael Aldrighi Tavares

Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas

Agradecimentos

O caminho para elaboração desta dissertação foi muito enriquecedor e contribuiu de uma forma impressionante para minha constante busca por evolução.

Seus múltiplos desafios, entre eles o retorno a academia após tanto tempo, que proporcionou novos aprendizados técnicos e pessoais, que apesar do pouco tempo para dedicar-me a esta jornada, acredito humildemente que sai dela como um ser humano melhor e mais completo.

Esta trajetória, jamais teria sido possível sem o apoio e a compreensão de muitas pessoas especiais.

Em primeiro lugar, minha esposa, que pacientemente esteve ao meu lado durante as longas jornadas de trabalho, que compreende minhas faltas constantes em casa por conta dos meus afazeres, estudos e pesquisas. Seu apoio incondicional e resiliência, foram fundamentais para que eu pudesse seguir em frente. Ao meu filho, que entende minhas ausências e as respeita pois sabe que são por um bem maior, agradeço por sua compreensão e amor, saiba que a busca de ser um exemplo de conduta para vocês é o que me move todos os dias.

Aos meus pacientes, que são a verdadeira inspiração para minha busca incessante por conhecimento, agradeço por me motivarem a oferecer terapias de qualidade, sempre visando proporcionar-lhes uma vida melhor. É por eles que me esforço para aprender mais e ser um profissional mais qualificado, sempre tendo em mente de que devemos atender e trabalhar para os cavalos e não para seus proprietários.

Agradeço a Deus, por sempre me guiar pelo bom caminho, iluminando os momentos de incerteza e fraqueza com Sua sabedoria e força.

À minha mãe (*in memoriam*), que sempre sonhou que eu repartisse conhecimentos e os buscasse incansavelmente, dedico este trabalho. Sua memória é uma constante fonte de inspiração.

Não posso deixar de agradecer aos meus professores e orientadores, por sua paciência com minha falta de conhecimento do funcionamento da academia e cujas orientações e ensinamentos foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. Aos meus colegas de mestrado, com quem compartilhei bons momentos, de trocas, aprendizados e parcerias.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização de mais esta etapa, meu muito obrigado.

Que Deus nos conduza sempre ao caminho do Bem e da Luz

Resumo

Prates, Fabio Mendes. **Utilização do Álcool Etílico 70% e Cloreto de Amônio 2% como agentes promotores da artrodese química das articulações interfalangeanas proximais de equinos hígidos.** 2024. 45F. Dissertação (Mestrado em Ciências). – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

A artrodese química é um procedimento terapêutico relevante na medicina veterinária, utilizado para aliviar a dor e a claudicação associada à doença articular grave, sendo a dor crônica e intratável das osteoartrites, indicações para artrodese. Considerando-se as lesões da articulação interfalangeana proximal como uma alteração de relevância na ortopedia equina, objetivou-se com esse estudo, avaliar a eficácia da administração intra-articular do Álcool Etílico 70% e do Cloreto de Amônio 2% para artrodese química da articulação interfalangeana proximal em cavalos hígidos. Foram utilizados quatro equinos com articulações interfalangeanas distais sadias, que foram inspecionadas através de exame clínico específico (sensibilidade à palpação, a flexão e a rotação articular) e radiológico. Utilizaram-se três tratamentos que se diferenciaram quanto ao conteúdo da injeção intra-articular, sendo: T1 (5 mL Álcool Etílico 70%), T2 (5 mL solução fisiológica de NaCl 0,9%) e T3 (5 mL de cloreto de amônio 2%). Ao longo do tempo, até os 240 dias após as injeções, foram realizados os exames clínico, radiológico e a coleta de líquido sinovial. Todas as articulações foram submetidas a exame macroscópico e histopatológico da AIP no *post-mortem*. O T1 promoveu maior sensibilidade dolorosa do que T2 e T3, sendo estes, semelhantes para esta variável. Não foram identificadas quaisquer evidências radiográficas que caracterizassem degeneração e remodelamento osteoarticular. No *post-mortem* nenhuma das articulações estavam fusionadas. Estudos futuros serão necessários, incluindo equinos com osteoartrite, com propósito de reafirmar o efeito do Álcool Etílico 70% e Cloreto de Amônio 2% na aceleração do processo degenerativo. A administração intra-articular de Álcool 70% e Cloreto de Amônio 2%, em cavalos com articulações hígidas não foram efetivos em promover redução e colapso da articulação interfalangeana proximal. O Cloreto de Amônio não é uma droga capaz de causar anquilose.

Palavra-chave: artrocentese, tratamentos, anquilose.

Abstract

Prates, Fabio Mendes. **Use of 70% Ethyl Alcohol and 2% Ammonium Chloride as agents promoting chemical arthrodesis of the proximal interphalangeal joints of healthy horses.** 2024. 45P. Dissertation (master's in sciences). – Postgraduate Program in Animal Science, Eliseu Maciel Faculty of Agronomy, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2024.

Chemical arthrodesis is a relevant therapeutic procedure in veterinary medicine, used to alleviate pain and lameness associated with severe joint disease, with chronic and intractable pain from osteoarthritis being indications for arthrodesis. Given the significance of proximal interphalangeal joint lesions in equine orthopedics, this study aimed to evaluate the efficacy of intra-articular administration of 70% Ethanol and 2% Ammonium Chloride for chemical arthrodesis of the proximal interphalangeal joint in healthy horses. Four horses with healthy distal interphalangeal joints were used, which were inspected through specific clinical examination (sensitivity to palpation, flexion, and joint rotation) and radiological examination. Three treatments were applied, which differed in the content of the intra-articular injection: T1 (5 mL of 70% ethanol), T2 (5 mL of 0.9% NaCl saline solution), and T3 (5 mL of 2% ammonium chloride). Clinical examination assessed sensitivity to palpation, joint flexion, and rotation. Over time, up to 240 days after the injections, clinical and radiological examinations were performed, along with synovial fluid collection. All joints underwent macroscopic and histopathological examination of the proximal interphalangeal joint post-mortem. T1 resulted in greater pain sensitivity than T2 and T3, with T2 and T3 showing similar outcomes for this variable. No radiographic evidence of joint degeneration or osteoarticular remodeling was identified. Post-mortem examination revealed no fusion in any of the joints. Future studies are necessary, including equines with osteoarthritis, to reaffirm the effects of 70% ethanol and 2% ammonium chloride in accelerating the degenerative process. Arthrocentesis with ethanol and ammonium chloride in healthy horses was not effective in promoting reduction and collapse of the proximal interphalangeal joint. Ammonium chloride is not a drug capable of causing ankylosis.

Keywords: arthrocentesis, treatments, ankylosis.

Lista de Figuras

- Figura 1.** Avaliação macroscópica da articulação interfalangeana proximal (AIP) de equinos tratados com álcool etílico 70% (T1), evidenciando a presença de fibrina (seta) 150 dias após a artrocentese. 30
- Figura 2.** Avaliação macroscópica da articulação interfalangeana proximal (AIP) de equinos tratados com cloreto de amônio 2% (T3), mostrando ausência de alterações articulares 150 dias após artrocentese. 30
- Figura 3.** Fotomicrografia da articulação interfalangeana proximal (AIP) de equinos tratados com álcool etílico 70% (T1), 240 dias após artrocentese, onde observa-se condrócitos achatados alinhados paralelamente à superfície (seta contínua), condrócitos ovais ou redondos na zona intermediária (seta pontilhada) e a linha de mineralização (seta vermelha). Coloração H&E, aumento de 50x.32

Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Protocolo detalhado dos tratamentos e procedimentos de artrocentese realizados nas articulações interfalangeanas proximais (AIP) de equinos saudáveis, incluindo os tipos de soluções aplicadas e a sequência de intervenções ao longo do período experimental..... 21
- Tabela 2.** Distribuição dos diferentes tratamentos aplicados nas articulações interfalangeanas proximais (AIP) dos quatro equinos saudáveis utilizados no experimento, indicando as modalidades de tratamento e sua aplicação em cada animal..... 21
- Tabela 3.** Classificação dos sinais clínicos articulares em equinos, abrangendo diferentes variáveis clínicas (sensibilidade à palpação (DP), dor à flexão (DF) e dor à rotação (DR), rigidez (R)) e sua respectiva graduação de severidade.... 25
- Tabela 4.** Avaliação dos efeitos clínicos da artrocentese química utilizando álcool etílico 70% e cloreto de amônio 2% nas articulações interfalangeanas proximais (AIPs) de equinos saudáveis ao longo do período experimental..... 29

Lista de abreviaturas e siglas

AIP	articulação interfalangeana proximal
AINEs	anti-inflamatórios não esteroides
ATP	adenosina trifosfato
CTMs	células-tronco mesenquimatosas
DAD	doenças articulares degenerativas
EDTA	ácido etilenodiamino tetra-acético
GAPDH	gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase
H&E	hematoxilina e eosina
IL-1	interleucina 1
IL-6	interleucina 6
kg	quilogramas
MEC	matriz extracelular
mg	miligramas
min	minutos
mm	milímetros
PDGF	fator de crescimento derivado de plaquetas
P1	falange proximal
P2	falange média
rpm	rotações por minuto
SRD	sem raça definida
TGF- β	fator de crescimento transformador beta
TNF- α	fator de necrose tumoral alfa
VEGF	crescimento endotelial vascular
μ m	micrometros

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3. HIPÓTESE	4
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1 Anatomia e Fisiologia das Articulações Interfalangeanas Proximais (AIP) em Equinos.....	5
4.2 Artrodese: Definição e Aplicações em Medicina Veterinária.....	7
4.3 Métodos Químicos de Artrodese.....	8
4.4 Métodos Cirúrgicos de Artrodese.....	11
4.5 Considerações Éticas e de Bem-Estar Animal nos Métodos de Artrodese	12
4.6 Cicatrização e Reparo de Tecidos Articulares	15
4.7 Técnicas menos invasivas de Artrodese Equina.....	17
4.8 Impactos Clínicos e Práticos da Artrodese em Equinos de Trabalho e Esporte	18
5. MATERIAL E MÉTODOS	19
6. RESULTADOS.....	28
7. DISCUSSÃO	32
8. CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

Os cavalos desempenham um papel fundamental no agronegócio, representando um ativo valioso tanto para pequenas quanto grandes propriedades rurais. No Brasil, a equinocultura tem grande relevância econômica, com os cavalos sendo utilizados para diversas finalidades, como transporte, trabalho no campo e competições esportivas. Entretanto, problemas locomotores, como as condições dolorosas nas articulações, podem afetar diretamente o desempenho e a saúde dos animais, resultando em quedas na produtividade e aumento de custos com tratamentos veterinários. Entre essas condições, estão as lesões nas articulações interfalangeanas de equinos que podem comprometer significativamente a mobilidade e a qualidade de vida dos animais, com impactos econômicos significativos para os proprietários e para a cadeia produtiva da equinocultura."

As articulações interfalangeanas, especialmente as proximais, são junções gínglimas que desempenham funções cruciais no movimento de flexão e extensão nos equinos, proporcionando também limitada lateralidade. A articulação interfalangeana proximal (AIP), sustentada por complexa estruturação de ligamentos e tendões, conecta a falange proximal com a média ao longo de um eixo linear interfalangeano (Moiroud; Audigié; Denoix, 2021). Sua estrutura anatômica, associada à função de suporte de carga, a torna suscetível a diversas patologias ortopédicas, como osteoartrites, fraturas, subluxações e luxações, que frequentemente resultam em claudicação crônica com elevado grau de dor, particularmente em cavalos atletas (Fairburn *et al.*, 2022).

Devido ao caráter degenerativo dessas lesões e ao impacto negativo na função atlética do animal, a artrodese surge como uma técnica necessária. A artrodese visa a anquilose, ou seja, a fusão das extremidades ósseas da articulação, resultando na eliminação da dor e da claudicação, preservando a capacidade atlética do animal ao minimizar o comprometimento funcional. Embora a AIP seja uma articulação de pouco movimento, sua importância estrutural e funcional justifica a necessidade de intervenção terapêutica em casos de doenças articulares degenerativas avançadas (DAD) (Souza et al. 2021). As abordagens terapêuticas para a artrodese tradicionalmente incluem métodos cirúrgicos, que variam desde a fixação interna com parafusos e placas, até a remoção da cartilagem articular seguida de enxerto ósseo para promover a fusão óssea. Esses métodos têm demonstrado eficácia no alívio da dor e na estabilização da articulação, mas são invasivos e exigem um longo período de recuperação, além de apresentarem riscos cirúrgicos, como infecções e complicações associadas ao implante (Souza et al., 2021; Zubrod & Schneider, 2019).

Em contraste, os métodos químicos, como a infusão intra-articular de substâncias proteolíticas, têm sido investigados como alternativas menos invasivas para alcançar a artrodese (Heaton *et al.*, 2019). Esses métodos têm o potencial de incitar a anquilose de forma mais rápida e menos traumática, destruindo a cartilagem articular e desencadeando a fusão óssea sem a necessidade de intervenção cirúrgica extensa. No entanto, o uso de agentes químicos, como o Álcool Etilico e o Cloreto de Amônio, ainda é pouco explorado na articulação interfalangeana proximal, sendo a maior parte das evidências científicas limitada a estudos preliminares ou relatos de caso. Isso destaca a

necessidade de investigações mais profundas para validar a eficácia e segurança desses métodos químicos em comparação com as abordagens cirúrgicas mais estabelecidas. O Álcool Etílico, por exemplo, tem sido utilizado com sucesso em outras articulações para provocar bloqueios semipermanentes da condutividade nervosa, graças às suas propriedades neurolíticas e destrutivas não seletivas de proteínas (Watkins, 2019). Ao interromper a matriz cartilaginosa e causar necrose dos condrócitos, o Álcool acelera o processo de anquilose (Caston *et al.*, 2013). De forma semelhante, o cloreto de amônio tem mostrado potencial para complementar esse efeito, mas ainda há muito a ser investigado sobre o uso combinado dessas substâncias na artrodese química da AIP.

Embora as técnicas cirúrgicas para artrodese sejam amplamente documentadas, o conhecimento sobre métodos químicos para esse procedimento, especialmente na AIP, permanece limitado. Portanto, estudos científicos detalhados que integrem acompanhamento clínico, diagnóstico por imagem, e análises sinoviais e histopatológicas são essenciais para elucidar o papel do Álcool Etílico 70% e do Cloreto de Amônio a 2% como agentes promissores na artrodese química dessa articulação.

Considerando-se a alta relevância das lesões na articulação interfalangeana proximal na ortopedia equina, este estudo visa avaliar a eficácia da administração intra-articular de Álcool Etílico 70% e Cloreto de Amônio a 2% na artrodese dessa articulação em cavalos hígidos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar os efeitos clínicos da injeção intra-articular do Álcool Etílico 70% e Cloreto de Amônio 2% em articulações interfalangeanas proximais saudáveis de equinos hípidos como modelo experimental para artrodese química.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar as complicações clínicas primárias nas articulações submetidas à artrodese química proporcionadas pelos diferentes produtos químicos utilizados;
- Determinar os efeitos clínicos articulares enquanto a fusão ocorre;
- Observar os efeitos analgésicos da injeção intra-articular de Álcool Etílico 70% e de Cloreto de Amônio 2%;
- Comparar a velocidade de destruição da cartilagem articular do Álcool Etílico 70% e Cloreto de Amônio 2%;
- Determinar o tempo de fusão articular a artrodese química com Álcool Etílico 70% e Cloreto de Amônio 2%.

3. HIPÓTESE

A artrocentese com a infusão de Álcool Etílico 70% ou de Cloreto de Amônio 2%, desencadeará a fusão das articulações interfalangeanas proximais de equinos.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Anatomia e Fisiologia das Articulações Interfalangeanas Proximais (AIP) em Equinos

As articulações interfalangeanas proximais (AIPs) são articulações sinoviais complexas localizadas entre as falanges proximais (P1) e médias (P2) dos membros torácicos e pélvicos dos equinos. Cada AIP é composta por duas extremidades ósseas: a extremidade distal condilar convexa da falange proximal e a extremidade proximal côncava da falange média, que se articulam de maneira a permitir movimentos essenciais para a locomoção (Kainer, 2002). Essas articulações são envolvidas por uma cápsula articular robusta, que contém líquido sinovial, um fluido viscoso que não apenas proporciona lubrificação, mas também nutre as estruturas cartilaginosas, reduzindo o atrito durante o movimento e contribuindo para a saúde articular (Nixon, 2006).

A estrutura das AIPs é sustentada por uma rede intrincada de ligamentos que garantem a estabilidade e a funcionalidade da articulação. Os principais ligamentos incluem os ligamentos colaterais, que se estendem ao longo dos aspectos lateral e medial da articulação, proporcionando suporte laterolateral e prevenindo movimentos excessivos que poderiam resultar em lesões (Mereu *et al.*, 2019). Além disso, a articulação é circundada por ligamentos palmar/plantar, como o ligamento abaxial palmar/plantar, que se origina na porção distal da falange proximal e se insere na falange média. Esses ligamentos desempenham um papel crucial na manutenção da integridade da articulação durante o

movimento, especialmente em situações de carga e estresse dinâmico (Kamm *et al.*, 2012).

Os tendões que cruzam a AIP também são componentes fundamentais para a função articular. O tendão do músculo extensor digital comum/longo, que se insere na parte dorsal da falange proximal, é responsável pela extensão da articulação, permitindo que o membro se estenda durante a fase de apoio da locomoção. Em contrapartida, os tendões dos músculos flexores digitais, como o flexor digital superficial e o flexor digital profundo, são responsáveis pela flexão da articulação, permitindo que o cavalo execute movimentos de flexão e extensão de forma eficiente e coordenada. A interação entre esses tendões e a articulação é vital para a mobilidade do membro, possibilitando uma ampla gama de movimentos que são essenciais para a performance atlética do animal (Lawson *et al.*, 2007).

As AIPs desempenham um papel crucial na locomoção equina, pois permitem a flexão e extensão dos membros, movimentos que são essenciais para a corrida, saltos e outras atividades locomotoras. A capacidade de movimentar essas articulações de forma coordenada é vital para a adaptação do cavalo a diferentes superfícies e condições de superfícies, permitindo que o animal mantenha a estabilidade e a eficiência durante a locomoção (Clayton, 2010). A integridade estrutural das AIPs, incluindo a saúde dos ossos, ligamentos e tendões, é crucial para a eficiência do movimento e a performance atlética do animal. Lesões ou disfunções nessas articulações podem comprometer significativamente a capacidade locomotora do cavalo, resultando em dor, limitação de movimento e, em última análise, impactando negativamente a performance atlética e a qualidade de vida do animal (Herthel *et al.*, 2016).

4.2 Artrodese: Definição e Aplicações em Medicina Veterinária

A artrodese é um procedimento cirúrgico que visa a fusão de uma articulação, resultando em anquilose. Este procedimento é frequentemente indicado em casos de osteoartrite avançada, onde a função articular normal não é mais possível, levando a dor crônica e incapacidade funcional (Zubrod & Schneider, 2005). A artrodese é particularmente relevante na medicina veterinária equina, pois permite que os cavalos que não respondem a tratamentos conservadores, como medicamentos anti-inflamatórios, possam retornar a uma vida funcional, mesmo que não necessariamente ao desempenho atlético completo (Silva et al., 2023).

Existem duas abordagens principais para a artrodese em equinos: a artrodese química e a artrodese cirúrgica. A artrodese química envolve a injeção de agentes químicos, como o monoiodoacetato de sódio, que induzem a fusão articular através da destruição da cartilagem articular e subsequente formação de tecido ósseo (Bohanon, 1995). Este método é menos invasivo e pode ser realizado com anestesia local, apresentando um tempo de recuperação mais rápido e menos complicações associadas à cirurgia.

Por outro lado, a artrodese cirúrgica é um procedimento mais invasivo que requer a desarticulação da articulação afetada, a remoção da cartilagem articular e a estabilização da articulação com placas ou parafusos (Zubrod & Schneider, 2005). Embora a artrodese cirúrgica possa oferecer uma taxa de sucesso mais alta em termos de fusão óssea completa, ela também está associada a um maior risco de complicações, como infecções e falhas do implante. A escolha entre os

dois métodos deve ser baseada na condição clínica do cavalo, na articulação afetada e nas expectativas de recuperação.

As indicações clínicas para a artrodese em cavalos variam conforme a articulação envolvida e a gravidade da condição. Em articulações de pouca amplitude de movimento, como a articulação interfalangeana proximal, a artrodese é frequentemente indicada em casos de osteoartrite crônica que não respondem a tratamentos conservadores, lesões articulares instáveis ou artrite séptica (Zubrod & Schneider, 2005). A artrodese nesta articulação visa não apenas aliviar a dor, mas também permitir que o cavalo retorne a atividades atléticas, especialmente em disciplinas que exigem paradas e mudanças rápidas de direção (Schneider, 1998).

Em articulações de amplo movimento, a artrodese é geralmente realizada para melhorar a qualidade de vida do animal, em vez de restaurar a capacidade atlética. Cavalos que suportam menos de 50% do peso normal no membro afetado durante a mecânica do movimento são considerados candidatos para a artrodese, pois estão em risco de desenvolver laminites no segmento contralateral devido à sobrecarga (Zubrod & Schneider, 2005). A decisão de realizar a artrodese deve ser cuidadosamente ponderada, levando em consideração a condição geral do cavalo, a gravidade da dor e a expectativa de recuperação.

4.3 Métodos Químicos de Artrodese

A artrodese química é uma técnica que surgiu como uma alternativa menos invasiva à artrodese cirúrgica. Historicamente, as primeiras tentativas de artrodese química utilizaram substâncias como o Álcool Etílico e o Cloreto de

Amônio. O uso do Álcool Etílico 70% ganhou destaque devido à sua capacidade de induzir a fusão articular através da necrose controlada do tecido cartilaginoso (Lischer & Auer, 2019). O Cloreto de Amônio a 2% é utilizado por sua propriedade irritativa, que pode levar à formação de tecido de cicatrização e, conseqüentemente, ao bloqueio da articulação.

O Álcool Etílico 70% atua principalmente através da desidratação celular e da necrose dos tecidos articulares, o que resulta na formação de um ambiente propício à cicatrização e fusão articular. Em contrapartida, o cloreto de amônio provoca uma reação inflamatória local que estimula a formação de tecido fibroso, promovendo a união das superfícies articulares. Ambos os métodos têm como objetivo a imobilização da articulação, reduzindo a dor e melhorando a função do membro afetado.

Estudos demonstraram que a artrodese química com Álcool Etílico pode resultar em um tempo de recuperação de aproximadamente 8 meses, com 50% dos casos apresentando melhora significativa após três injeções intra-articulares administradas mensalmente (Lischer & Auer, 2019). Entretanto, algumas complicações, como reações inflamatórias locais e artrite séptica, foram observadas, destacando a necessidade de monitoramento cuidadoso após o tratamento (Souto *et al.*, 2020). Comparações entre métodos químicos e cirúrgicos indicam que, embora a artrodese química seja menos invasiva, ela pode apresentar taxas de complicações que exigem consideração cuidadosa ao escolher a abordagem mais adequada para cada caso (Schneider *et al.*, 1993).

A artrodese química utilizando monoiodoacetato de sódio é uma técnica mais comum, que também envolve a indução de degeneração articular controlada para alcançar a fusão das superfícies articulares. O monoiodoacetato

de sódio atua como um potente inibidor da enzima gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase (GAPDH), uma enzima essencial no metabolismo glicolítico das células cartilaginosas. A inibição dessa enzima leva à morte celular progressiva e à degradação da matriz cartilaginosa, promovendo a aproximação e eventual fusão das superfícies ósseas (Angeli & Nicoletti, 2008). Esta técnica é particularmente interessante devido à sua capacidade de provocar uma artrodese eficaz sem a necessidade de intervenção cirúrgica invasiva. O processo de destruição da cartilagem é gradual, o que permite um controle mais preciso sobre a extensão e o tempo da artrodese, sendo uma vantagem significativa em relação a outros métodos químicos ou cirúrgicos.

O monoiodoacetato de sódio age inibindo a produção de ATP nas células cartilaginosas, resultando em necrose celular. A ausência de energia celular compromete a manutenção da matriz extracelular, levando à desorganização da estrutura cartilaginosa e à exposição das superfícies ósseas subjacentes. Isso facilita a formação de tecido ósseo novo, resultando na anquilose (Penraat *et al.*, 2000). Na prática veterinária, a artrodese química com monoiodoacetato de sódio tem sido explorada como uma alternativa para o tratamento de articulações de pequeno movimento, como as articulações interfalangeanas proximais e distais em equinos. Sua eficácia depende de vários fatores, incluindo a concentração da substância, o volume administrado e a técnica de injeção (Dowling; Dart; Matthews, 2004).

Estudos indicam que a artrodese com monoiodoacetato de sódio pode resultar em fusão articular completa em um período de tempo que varia entre 6 e 12 meses. As taxas de sucesso variam dependendo do protocolo utilizado, mas geralmente se observam bons resultados em termos de redução da dor e

melhora da função articular. No entanto, a técnica não está isenta de complicações, como inflamação severa, dor pós-procedimento e, em alguns casos, falha na obtenção de anquilose completa (Dowling; Dart; Matthews, 2004; Penraat *et al.*, 2000). Embora promissora, a artrodese química com monoiodoacetato de sódio ainda requer estudos adicionais para otimizar protocolos de uso e minimizar complicações. A técnica deve ser aplicada com cautela, considerando os potenciais efeitos colaterais e a necessidade de um monitoramento rigoroso pós-procedimento (Angeli & Nicoletti, 2008).

4.4 Métodos Cirúrgicos de Artrodese

A artrodese da articulação interfalangeana proximal em equinos é uma técnica cirúrgica eficaz para tratar lesões osteoarticulares, incluindo fraturas, luxações e degenerações que podem evoluir para osteoartrite. As indicações mais comuns para a artrodese incluem lesões traumáticas e condições degenerativas que afetam a mobilidade e o desempenho do cavalo (Lischer & Auer, 2019). A técnica cirúrgica mais reconhecida e utilizada atualmente é a fixação interna com uma placa de compressão bloqueada de três orifícios de 4,5mm, associada a dois parafusos corticais transarticulares de 5,5mm, considerada o padrão ouro na prática veterinária (Souza et al, 2021).

Durante o procedimento, a abordagem cirúrgica envolve a realização de uma incisão na pele e a exposição da articulação, permitindo a colocação da placa de forma adequada. A perfuração do osso subcondral das falanges proximal e média com uma broca de 2,5mm é uma etapa importante, pois favorece a migração de vasos sanguíneos e melhora a anquilose entre as falanges (Zubrod & Schneider, 2005). A fixação é realizada com uma placa de

compressão que deve ser posicionada manualmente no plano sagital, garantindo que a perfuração de bloqueio esteja na extremidade proximal da falange média (Ahern *et al.*, 2013).

Após a cirurgia, é fundamental um período de contenção em estábulo por aproximadamente três meses. O retorno gradual às atividades deve ser iniciado com um programa de exercícios assistido, sempre acompanhado por monitoramento clínico e radiográfico. Indicadores clínicos positivos incluem a ausência de aspectos como lise óssea, de falhas no implante, edema e claudicação (Lischer & Auer, 2019). Os equinos podem retornar a atividades de alta performance após cerca de oito meses, quando sinais adequados de anquilose são evidentes.

A escolha dos implantes e da técnica cirúrgica é crucial para o sucesso da artrodese. A placa de compressão bloqueada proporciona uma estabilidade mecânica superior em comparação com outras técnicas, como a placa de compressão dinâmica limitada (Ahern *et al.*, 2013). Além disso, estudos biomecânicos sugerem que a combinação de placas e parafusos transarticulares oferece uma fixação mais robusta e confiável.

4.5 Considerações Éticas e de Bem-Estar Animal nos Métodos de Artrodese

A escolha do método de artrodese, seja químico ou cirúrgico, tem implicações significativas para o bem-estar dos equinos. A artrodese é um procedimento invasivo que visa a fusão das articulações para estabilizar áreas com lesões ou degenerações severas. No entanto, o impacto desse procedimento no bem-estar animal depende de vários fatores, incluindo a técnica

utilizada, o manejo pós-operatório, e a capacidade de minimizar a dor e o desconforto durante o processo de recuperação.

A artrodese química, como a que utiliza o monoiodoacetato de sódio, oferece uma alternativa menos invasiva em comparação com a abordagem cirúrgica tradicional (Angeli & Nicoletti, 2008). Essa técnica promove a fusão das articulações através da indução controlada de necrose cartilaginosa, evitando a necessidade de intervenções mecânicas diretas nos ossos e tecidos circundantes. Embora essa abordagem possa reduzir a dor associada à cirurgia, ela não está isenta de desconforto. A reação inflamatória que acompanha a destruição do tecido cartilaginoso pode causar dor significativa, e o risco de inflamação prolongada ou artrite séptica representa uma preocupação contínua para o bem-estar do animal. É essencial que protocolos de manejo da dor sejam rigorosamente implementados para mitigar esses efeitos adversos.

Por outro lado, a artrodese cirúrgica, que envolve a fixação das articulações com placas, parafusos ou outros dispositivos mecânicos, é um procedimento que, embora invasivo, pode proporcionar uma fusão mais rápida e previsível das articulações (Schneider et al., 1993). No entanto, essa técnica exige uma abordagem altamente controlada para minimizar os riscos de complicações pós-operatórias, como infecções, falha na fixação dos implantes ou claudicação persistente. Além disso, o período de recuperação pode ser prolongado e demandar um gerenciamento rigoroso do ambiente e do controle de dor, para garantir que o equino não sofra desnecessariamente (Angeli & Nicoletti, 2008). Ambos os métodos têm o potencial de melhorar a qualidade de vida dos equinos ao resolver problemas articulares graves que limitam a mobilidade e causam dor crônica. Contudo, a decisão sobre qual método utilizar

deve ser feita considerando não apenas a eficácia técnica, mas também os potenciais impactos no bem-estar animal.

A escolha entre artrodese química e cirúrgica levanta importantes questões éticas, especialmente quando se considera o balanço entre a invasividade do procedimento e o bem-estar a longo prazo do animal. A artrodese química pode ser vista como uma solução menos invasiva, mas a sua utilização deve ser ponderada em função dos possíveis efeitos colaterais e da variabilidade nos resultados (Lischer & Auer, 2019). Uma preocupação ética central é a de não submeter o animal a um procedimento que, embora menos invasivo, possa resultar em dor prolongada, complicações inesperadas ou até mesmo em uma falha na fusão articular (Schneider, 1998).

Do ponto de vista ético, é imperativo que a escolha do método de artrodese seja baseada em evidências sólidas e em uma avaliação cuidadosa das necessidades individuais de cada equino (Angeli & Nicoletti, 2008). A decisão deve considerar não apenas os resultados esperados, mas também a capacidade de proporcionar alívio da dor e uma recuperação sem sofrimento prolongado. Além disso, a transparência com os proprietários dos animais sobre os riscos e benefícios de cada abordagem é essencial para assegurar que as decisões sejam tomadas em conformidade com os mais altos padrões de ética veterinária (Beata; Beaudu-Lange; Muller, 2021).

A literatura também sugere que a artrodese química deve ser reservada para casos em que as abordagens cirúrgicas não são viáveis ou quando o objetivo é minimizar o estresse cirúrgico em animais que podem não tolerar bem os procedimentos invasivos (Dowling; Dart; Matthews, 2004; Penraat *et al.*, 2000). Dessa forma, a seleção do método de tratamento deve sempre priorizar

o bem-estar animal, garantindo que o procedimento escolhido seja o que oferece o maior benefício com o menor custo ético.

4.6 Cicatrização e Reparo de Tecidos Articulares

A cicatrização e o reparo de tecidos articulares em equinos são processos fisiológicos intrincados que envolvem uma série de eventos celulares e moleculares. A compreensão detalhada desses processos é essencial para o desenvolvimento de intervenções terapêuticas eficazes, especialmente em condições que comprometem a saúde articular, como a osteoartrite e lesões traumáticas.

A cicatrização de tecidos articulares em equinos é iniciada por uma resposta inflamatória aguda, que é fundamental para a limpeza do local da lesão e a preparação do ambiente para a regeneração. Durante essa fase inicial, ocorre a liberação de mediadores inflamatórios, como citocinas (por exemplo, IL-1, IL-6 e TNF- α) e fatores de crescimento (como o Fator de Crescimento Derivado de Plaquetas - PDGF), que atraem células mesenquimatosas para o local da lesão (Jiang *et al.*, 2021). Essas células são essenciais para a formação de um coágulo sanguíneo que atua como uma matriz temporária, proporcionando suporte estrutural e um ambiente propício para a migração celular.

A fase proliferativa subsequente é caracterizada pela diferenciação das células mesenquimatosas em condrócitos, que são responsáveis pela produção de matriz extracelular (MEC) rica em colágeno tipo II e proteoglicanos, componentes fundamentais para a integridade da cartilagem articular (Baboolal *et al.*, 2018). A MEC não apenas fornece suporte estrutural, mas também

desempenha um papel crucial na regulação das interações celulares e na sinalização bioquímica que promove a homeostase articular.

A vascularização e a nutrição do tecido são fatores críticos que influenciam a cicatrização. A cartilagem articular é avascular, dependendo da difusão de nutrientes do líquido sinovial, o que limita a capacidade de regeneração em lesões mais profundas (Sun *et al.*, 2018). A presença de sinoviócitos, células que revestem a membrana sinovial, é vital para a produção de líquido sinovial, que contém nutrientes e fatores de crescimento que suportam a saúde da cartilagem. Estudos demonstram que a aplicação de terapias com células-tronco, como as células-tronco mesenquimatosas (CTMs), pode melhorar a cicatrização ao promover a regeneração da cartilagem e reduzir a inflamação, através de mecanismos parácrinos que envolvem a liberação de exossomos e fatores de crescimento (Meng *et al.*, 2017).

Como já mencionado, a artrodese é um procedimento cirúrgico frequentemente realizado em equinos para tratar condições como a osteoartrite avançada, fraturas complexas ou instabilidade articular. Desta forma, a recuperação pós-artrodese é influenciada por diversos fatores, incluindo a técnica cirúrgica utilizada, a qualidade do tecido ósseo e a presença de fatores de crescimento endógenos (Shi *et al.*, 2017). A escolha do material de enxerto, que pode incluir enxertos autólogos, alogênicos ou biomateriais sintéticos, e a adequação do suporte mecânico são cruciais para a estabilidade da articulação e a promoção da cicatrização.

A reabilitação pós-operatória é um componente essencial para a recuperação bem-sucedida. Protocolos de reabilitação que incluem exercícios controlados, fisioterapia e terapia ocupacional podem ajudar a restaurar a função

articular e a força muscular, minimizando o risco de complicações, como a rigidez articular e a atrofia muscular (Vayas *et al.*, 2021). A monitorização cuidadosa da dor e da inflamação, juntamente com a administração de anti-inflamatórios não esteroides (AINEs), é fundamental para otimizar a recuperação e garantir o bem-estar do animal.

Além disso, a utilização de terapias adjuvantes, como a terapia com células-tronco e a aplicação de fatores de crescimento, tem mostrado potencial para melhorar os resultados clínicos. A terapia com células-tronco, por exemplo, pode ser utilizada para promover a regeneração do tecido ósseo e articular, enquanto a aplicação de fatores de crescimento, como o Fator de Crescimento Endotelial Vascular (VEGF) e o Fator de Crescimento Transformador Beta (TGF- β), pode estimular a angiogênese e a formação de novo tecido (Kohli *et al.*, 2019).

4.7 Técnicas menos invasivas de Artrodese Equina

Os avanços recentes nas técnicas de artrodese para equinos têm se concentrado em melhorar os resultados e minimizar a invasividade. Para a artrodese da articulação interfalangeana proximal, uma placa de compressão bloqueada de 3 orifícios, com 4,5mm, e dois parafusos corticais transarticulares de 5,5mm, é considerada o padrão ouro (de Souza; Paretsis; De Zoppa, 2021). Uma técnica percutânea em estação, utilizando parafusos transarticulares, mostrou resultados promissores, com 8 de 11 cavalos retornando aos níveis de atividade anteriores (Heaton *et al.*, 2019). Para a artrodese da articulação carpometacarpiana, uma técnica minimamente invasiva utilizando três trajetos de perfuração de 5,5mm foi avaliada, mas obteve sucesso em apenas 2 dos 6

casos (Panizzi *et al.*, 2011). No tratamento da osteoartrose das articulações intertársica proximal, intertársica distal e tarsometatársica, a artrodese cirúrgica demonstrou taxas de sucesso variáveis, dependendo das articulações envolvidas, com 78% de sucesso para as articulações distais e 55% para os casos que incluíam a articulação intertársica proximal (Wyn-Jones; May, 1986).

4.8 Impactos Clínicos e Práticos da Artrodese em Equinos de Trabalho e Esporte

Os problemas de saúde equina em cavalos de trabalho e esporte abrangem diversas condições que afetam o desempenho e o bem-estar. Claudicação e dor lombar são problemas comuns, com um estudo relatando o tratamento bem-sucedido da dor lombar em cavalos de vaquejada utilizando injeções periespinhais de triancinolona (Melo & Ferreira, 2020). A laminite crônica, caracterizada por inflamação do casco e rotação da falange distal, pode impactar significativamente a locomoção (Oliveira; Borges, 2019). Terapias alternativas, como o cuidado quiroprático, estão ganhando popularidade na medicina veterinária equina, especialmente para o tratamento de distúrbios musculoesqueléticos em cavalos de esporte (Tonsica *et al.*, 2024).

Nesse contexto, o impacto de técnicas como a artrodese cirúrgica na vida atlética dos equinos pode ser significativo. A recuperação pós-operatória é longa, exigindo um período extensivo de repouso e reabilitação. Além disso, a imobilização e o uso de dispositivos de fixação podem resultar em perda de massa muscular e alteração da biomecânica dos membros, afetando potencialmente o desempenho atlético futuro (Wyn-Jones & May, 1986). Apesar disso, para equinos que necessitam de estabilização articular para retorno à

atividade atlética, a artrodese cirúrgica oferece um resultado previsível e duradouro (Ahern *et al.*, 2013).

No contexto atlético, a artrodese química pode permitir um retorno mais rápido às atividades, especialmente em casos em que a preservação da biomecânica natural é crucial (Angeli & Nicoletti, 2008). Contudo, os efeitos a longo prazo sobre a durabilidade da fusão e a resistência da articulação sob estresse contínuo permanecem áreas de estudo ativo. Além disso, o potencial de recidiva ou falha na artrodese pode limitar o uso dessa técnica em equinos de alto desempenho.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento experimental

Foram respeitados os preceitos éticos da pesquisa envolvendo animais, e a coleta de dados foi realizada mediante aprovação do estudo pelo comitê de ética da Universidade Federal de Pelotas – campus Capão do Leão-RS, protocolado sob nº 1396.

O experimento foi conduzido no Hospital de Clínicas Veterinárias da Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul. Foram utilizados quatro equinos, machos, castrados, sem raça definida (SRD), com peso médio de 381,25kg e com idade média de 11 anos (± 1). Para que os equinos fossem incluídos no estudo, foi realizado exame clínico geral e específico do sistema locomotor no intuito de identificar possíveis alterações que, porventura, pudessem comprometer a viabilidade do estudo. Os animais foram mantidos em mesmas condições de manejo sanitário e nutricional, sendo imunizados preventivamente para tétano, e desverminados a cada 60 dias e suplementados

com concentrado na proporção de 1,5% do peso vivo duas vezes ao dia e mantidos em um sistema semiextensivo em campo nativo.

Subsequentemente, os animais foram inspecionados através de exame clínico específico, radiográfico e de artrocentese, sendo os mesmos diagnosticados com as articulações interfalangeanas proximais saudáveis.

População experimental

Todos os cavalos inseridos foram inspecionados inicialmente quanto a suas linhas conformacionais, no intuito de descartar qualquer anormalidade expressiva. Subsequentemente, foram submetidos a exame estático e em movimento, avaliação térmica local, sensibilidade à palpação, teste de flexão, rotação e flexão com dinâmica de movimento. Após a determinação da ausência de outros comprometimentos musculoesqueléticos, a população experimental selecionada foi definida de caráter homogêneo, levando em consideração a ausência de osteoartrite társica, confirmada pelo exame clínico com sinais específicos adicionados aos exames complementares de radiodiagnóstico positivo para presença de: osteófitos, esclerose do osso subcondral, lise do osso subcondral, diminuição do espaço articular e fusão óssea.

Os equinos foram denominados como cavalos C1, C2, C3 e C4, e submetidos a três tratamentos. Para controlar o efeito animal, todos os tratamentos (Tabela 1) foram utilizados em todos os cavalos. Cada AIP foi utilizada como uma unidade experimental.

Tabela 1. Protocolo detalhado dos tratamentos e procedimentos de artrocentese realizados nas articulações interfalangeanas proximais (AIP) de equinos saudáveis, incluindo os tipos de soluções aplicadas e a sequência de intervenções ao longo do período experimental.

	Produto Químico	Volume (ml)	Quantidade de administrações
Tratamento 1 (T1)	Álcool Etílico 70%	5ml	1
Tratamento 2 (T2)	Solução NaCl 0,9% (controle)	5ml	1
Tratamento 3 (T3)	Cloreto de Amônio	5ml	1

No intuito de evitar o efeito local (AIP membro torácico ou pélvico direito e esquerdo), os tratamentos foram conduzidos em rodízio articular (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição dos diferentes tratamentos aplicados nas articulações interfalangeanas proximais (AIP) dos quatro equinos saudáveis utilizados no experimento, indicando as modalidades de tratamento e sua aplicação em cada animal.

	C1	C2	C3	C4
MTD	T1	X	T1	T1
MTE	T2	T1	X	T2
MPD	T3	T2	T2	X
MPE	X	T3	T3	T3

MTD: Membro torácico direito; MTE: Membro torácico esquerdo; MPD: Membro pélvico direito; MPE: Membro pélvico esquerdo.

Artrocentese da AIP

Previamente à abordagem da AIP, todos os animais foram submetidos ao procedimento de anestesia geral, realizando jejum alimentar prévio de 12 horas e hídrico de 6 horas. Foi utilizado protocolo anestésico dissociativo: como medicação pré-anestésica, foi utilizada acepromazina na dose 0,1mg/kg associado à midazolam na dose de 0,2mg/kg em uma mesma seringa, pela via intravenosa; 15 minutos após, para indução, foi feita associação com xilazina na dose de 1mg/kg e quetamina 2mg/kg, pela via intravenosa, e para manutenção

anestésica foi utilizado éter gliceril guaicólico 100mg/kg, em solução a 5%. Posteriormente, o equino foi posicionado em decúbito lateral esquerdo ou direito, de acordo com o membro a ser infiltrado. A região da AIP foi preparada assepticamente para o procedimento, no intuito de descartar qualquer contaminação iatrogênica. A abordagem da articulação se deu pelo aspecto palmarolateral ou palmaromedial da AIP atrás da falange proximal e média e dorsalmente ao tendão flexor digital profundo, com agulha 25x8 para a realização da artrocentese.

Toda a metodologia envolvida na pesquisa teve como imperativo ético a conduta de evitar ou minimizar o desconforto, estresse e dor nos cavalos, sendo qualquer sofrimento moderado levado em consideração, e os animais tendo recebido os lenitivos necessários. Os procedimentos de artrocenteses foram constantemente monitorados por profissionais clínicos treinados, sendo o procedimento doloroso estabilizado.

Os princípios ativos Álcool Etílico 70%, Cloreto de Amônio (2%) e NaCl 0,9% foram infundidos nas articulações interfalangeanas proximais de membros torácicos e pélvicos dos quatro equinos, com propósito de reduzir a variabilidade biomecânica e de carga entre eles. Todos os cavalos tiveram pelo menos três de suas articulações interfalangeanas proximais infiltradas com os três tratamentos (Álcool Etílico 70%, Cloreto de Amônio 2% e NaCl 0,9% - controle). Uma das articulações não recebeu nenhuma abordagem terapêutica, com propósito de servir de parâmetro para sinais clínicos inflamatórios que porventura venham a se manifestar após as artrocenteses terapêuticas e de monitoramento clínico.

Análise do líquido sinovial

Foi procedida a coleta do líquido sinovial antes da primeira infiltração (dia 0), após 24 horas (dia 1), 72 horas (dia 3) e 120 horas (dia 5) e subsequentemente, a cada 15 dias nos primeiros 60 dias e posteriormente de 30 em 30 dias até a fusão da AIP. Esta coleta foi realizada utilizando tubo estéril com anticoagulante (EDTA), sendo encaminhada imediatamente para o Laboratório de Análises Clínicas do Hospital de Clínicas Veterinária da Universidade Federal de Pelotas, RS (UFPel), sendo realizados os exames descritos a seguir.

Exame Físico

O aspecto, volume e coloração foram anotados no momento do recebimento das amostras. Para o aspecto das amostras, consideraram-se os parâmetros turvo, semi turvo e límpido. Já para a coloração, amarelo, amarelo palha, alaranjado e vermelho. A determinação da viscosidade foi estimada pelo comprimento em centímetros do filamento formado no momento da transferência do líquido sinovial para o refratômetro, sendo considerada viscosidade diminuída quando o comprimento do filamento for inferior a 5cm. Já a densidade do líquido sinovial será determinada por refratometria.

Exame Químico

Para a concentração de glicose, pH e presença de sangue, foram utilizadas fitas reagentes Sensi 10 (SSensitive® – República Popular da China). As concentrações de proteínas totais e fibrinogênio serão determinadas pelo método de refratometria. A qualidade da precipitação de mucina foi determinada

pela qualidade do coágulo formado pela adição de ácido acético. Os coágulos obtidos foram classificados em normal (coágulo aglutinado, firme e solução transparente), regular (massa amolecida ou solução ligeiramente turva), ruim (pequena massa friável em solução turva), péssima (poucos flocos ou partículas na solução turva) segundo classificação realizada por (Van Pelt, 1967).

Exame Citológico

As contagens globais de hemácias e células nucleadas foram realizadas em analisador automático veterinário POCH-100iV DIFF (Sysmex® Chou-ku-Japam). Para o diferencial e contagem das células nucleadas, foi realizado botão de células concentrado na cito centrífuga (10min 500rpm). Os botões foram corados com Panótico Rápido (LB Laborclin® – Pinhais,PR – Brasil). Foram contadas 100 células nucleadas em cada lâmina, sendo classificadas como linfócitos, grandes células mononucleares, neutrófilos segmentados e eosinófilos. As grandes células mononucleares constituíram monócitos, macrófagos e eventuais células da membrana sinovial, como os sinoviócitos (Mahaffey, 1992).

Avaliação clínica

O exame clínico geral e específico das AIPs foi realizado a cada 24 horas, durante a primeira semana, sendo conduzido posteriormente, a cada 15 dias, até se completarem oito meses da primeira infiltração dos princípios ativos as AIPs. No exame específico articular, foi feito monitoramento das seguintes variáveis clínicas qualitativas: sensibilidade à palpação (DP), dor à flexão (DF) e dor à

rotação (DR), rigidez (R), sendo consideradas ausente, moderada e severa.

(Tabela 3).

Tabela 3. Classificação dos sinais clínicos articulares em equinos, abrangendo diferentes variáveis clínicas (sensibilidade à palpação (DP), dor à flexão (DF) e dor à rotação (DR), rigidez (R)) e sua respectiva graduação de severidade.

Classificação das variáveis clínicas	Graus
Ausente	0
Moderada	1
Severa	2

Levando-se em consideração a confiabilidade subjetiva na avaliação da claudicação nos equinos submetidos aos três tratamentos, as diferenças na quantificação do grau da claudicação entre os membros de cada indivíduo não foram consideradas. Cada cavalo apresentou um limiar diferente no que se relaciona a dor, sendo a mensuração de caráter subjetivo, individual, tendo um grau de sensibilidade e suportabilidade próprio e único. Portanto, a variável dor foi considerada no mesmo indivíduo (causa/efeito).

Avaliação radiográfica

O acompanhamento radiodiagnóstico foi realizado no dia 0, aos 15 e 30 dias após a artrocentese química da AIP, sendo posteriormente conduzido a cada 30 dias até completar oito meses da primeira infiltração dos princípios ativos as AIPs. Foram avaliadas as presenças de sinais radiográficos de: osteófitos, esclerose do osso subcondral, lise do osso subcondral, diminuição do espaço articular e fusão óssea.

Avaliação macroscópica e coleta das amostras post mortem

Em frigorífico especializado em abate humanitário de equinos, ao final do experimento e após 240 dias da aplicação dos tratamentos, todos os indivíduos foram sacrificados por concussão cerebral, seguida por secção da veia jugular, de acordo com as diretrizes da Resolução nº 714 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, publicada em 20 de junho de 2002. Durante o abate, se realizou o exame macroscópico e coleta de amostras para processamento histológico das AIPs.

Foram coletadas, individualmente, amostras de tecido das quatro articulações de cada animal, sendo os fragmentos adquiridos após a desarticulação interfalangeana proximal e avaliação macroscópica, identificados e armazenados em formol a 10%, para posterior processamento e análise histológica. Para a análise macroscópica, foram avaliados os seguintes critérios: diminuição do movimento articular (em graus), alterações nos tecidos moles periarticulares, presença de fibrina e anquilose das AIPs.

Processamento das amostras e análise microscópica

Todas as amostras do tecido articular foram processadas no laboratório de patologia da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Pelotas. Após o recorte, as amostras foram processadas histologicamente em aparelho histotécnico e, posteriormente, incluídas em blocos de parafina, conforme técnicas de rotina. Em seguida, cortes histológicos de 5µm foram montados em lâminas histológicas e corados pela técnica de Hematoxilina e Eosina (H&E), de acordo com descrição de Luna (1968).

Fragmentos na zona de transição entre a área cartilaginosa articular e a porção óssea foram retirados e colocados em cassetes para inclusão em parafina. Posteriormente, as fitas foram cortadas a 5µm em um micrótomo e montadas em lâminas, obtendo-se duas lâminas de cada amostra. Antes do processo de coloração, as lâminas passaram por uma técnica de preparação para desparafinização e hidratação. Este processo envolveu a imersão das lâminas em uma série de soluções de xilol para remover a parafina, seguido por uma sequência de álcoois de concentrações decrescentes (95% até água destilada) para reidratação do tecido.

Após a preparação, as lâminas foram finalmente submetidas à coloração pela técnica de H&E. A Hematoxilina cora os núcleos celulares de azul a roxo, destacando o material genético, enquanto a Eosina cora o citoplasma e outros componentes celulares de rosa a vermelho. Este contraste permite a visualização clara das estruturas celulares e teciduais, facilitando a interpretação histopatológica. A leitura dos cortes histológicos foi realizada em microscópio óptico Olympus®, Modelo CX21FS1.

Nas lâminas de tecido articular coradas com H&E, foi investigada a espessura da cartilagem articular, conformação dos condrócitos, presença de células inflamatórias e comprometimento das estruturas articulares.

Análise estatística

As variáveis qualitativas de sensibilidade à palpação, flexão e rotação nas AIPs foram avaliadas com base em 78 repetições nos quatro animais, considerando os percentuais de presença e ausência para cada tratamento. As avaliações foram realizadas nos dias 0 (antes da aplicação), 1 (24h após), 2 (48h

após), 3 (72h após), 7, 15, 30, 45, 60 e 90 dias após a aplicação. Os dados clínicos foram agrupados e testados utilizando o teste de qui-quadrado para comparar os tratamentos. Os dados do líquido sinovial foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, e para dados paramétricos utilizou-se o teste T pareado, enquanto dados não paramétricos foram analisados pelo teste de Wilcoxon. As análises radiográficas, macroscópicas e microscópicas seguiram abordagem descritiva, sem a aplicação de modelos estatísticos, com os achados discutidos qualitativamente. Para todas as hipóteses, foi adotado um valor de $p \leq 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas no software SPSS® IBM v20.

6. RESULTADOS

A utilização de Álcool Etilico 70% e Cloreto de Amônio 2% não demonstrou ser eficaz em promover a fusão ou o colapso da articulação interfalangeana proximal no período do estudo, sugerindo que essas substâncias são incapazes de causar anquilose articular em condições experimentais com equinos hígidos.

O tratamento articular com Álcool Etilico 70% (T1) resultou em sinais clínicos significativamente mais intensos ($p < 0,05$) em comparação aos tratamentos com Cloreto de Sódio 0,9% (T2) e Cloreto de Amônio 2% (T3). Esses sinais incluíram dor à palpação, flexão e rotação da articulação interfalangeana proximal, persistindo até 45 dias pós-artrocentese. Em contraste, os tratamentos T2 e T3 induziram sinais clínicos menos agressivos, observados por até 15 dias, sem diferenças significativas entre eles ($p > 0,05$).

Tabela 4. Avaliação dos efeitos clínicos da artrocentese química utilizando álcool etílico 70% e cloreto de amônio 2% nas articulações interfalangeanas proximais (AIPs) de equinos saudáveis ao longo do período experimental.

Tratamento	R	Sensibilidade à palpção		Sensibilidade à flexão		Sensibilidade à rotação	
		Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência
		% (n)	% (n)	% (n)	% (n)	% (n)	% (n)
T1 - Álcool Etílico 70%	78	29,5 (23) ^a	70,5 (55) ^a	24,4 (19) ^a	75,6 (59) ^a	19,3 (15) ^a	80,7 (63) ^a
T2 - NaCl 0,9%	78	10,3 (8) ^b	89,7(70) ^b	10,3 (8) ^b	89,7 (70) ^b	5,2 (4) ^b	94,8 (74) ^b
T3 - Cloreto de Amônio 2%	78	9,0 (7) ^b	91,0 (71) ^b	27,0 (5) ^b	73,0 (73) ^b	7,0 (77) ^b	23,0 (1) ^b

Presença indica sensibilidade moderada ou severa. Letras diferentes em mesma coluna demonstram diferença significativa pelo teste de qui-quadrado ($p < 0,01$).

Além disso, nenhum dos tratamentos resultou em alterações radiográficas que indicassem processos de degeneração osteoarticular, como estreitamento do espaço articular, esclerose subcondral ou formação de osteófitos, ao longo do período experimental de 240 dias. A ausência de anquilose ou fusão articular nas AIPs foi evidenciada em todos os grupos, sugerindo que tanto o Álcool Etílico 70% quanto o Cloreto de Amônio 2% não promoveram efeitos deletérios severos capazes de destruir a cartilagem em nenhum nível.

No exame *post mortem*, observou-se espessamento e fibrose dos tecidos subcutâneos na região das artrocenteses, provavelmente devido às infiltrações consecutivas, principalmente nos tratamentos com Álcool Etílico 70%. Esses achados macroscópicos, no entanto, não se vincularam com alterações histológicas, como espessamento da cartilagem ou presença de fibrina, e não houve sinais de anquilose nos tecidos tratados. Macroscopicamente foi evidenciado presença de fibrina nos tratamentos do grupo T1 (Figura 1).

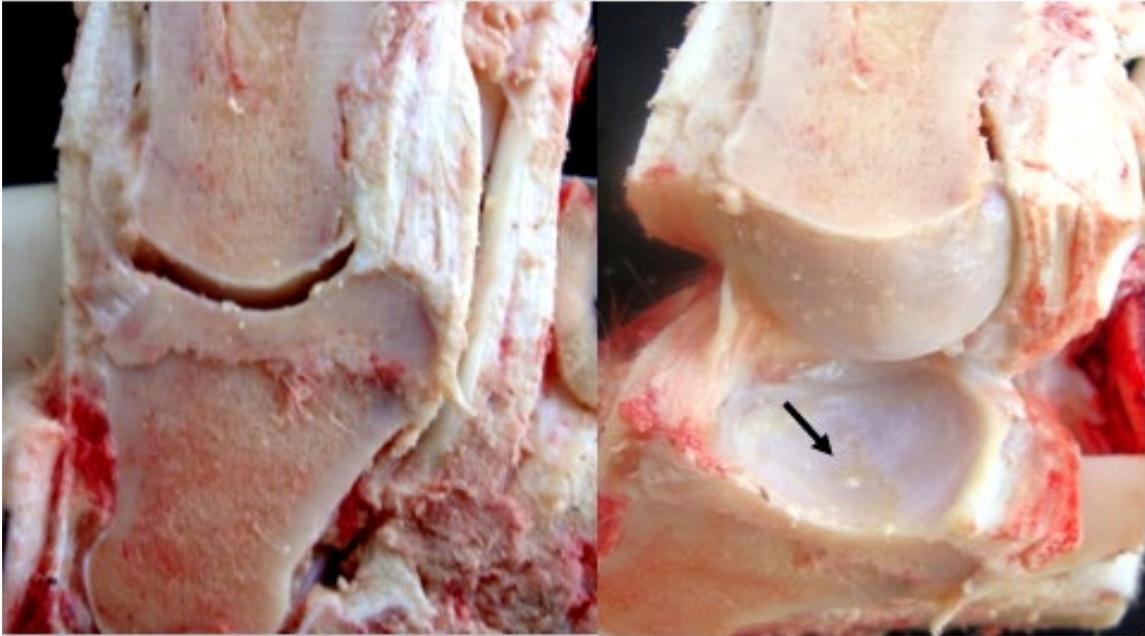


Figura 1. Avaliação macroscópica da articulação interfalangeana proximal (AIP) de equinos tratados com álcool etílico 70% (T1), evidenciando a presença de fibrina (seta) 150 dias após a infusão e artrocentese.

A análise sinovial não revelou diferenças significativas entre os grupos para nenhuma variável ($p > 0,05$). Não houve diminuição do movimento articular e anquilose em nenhum dos tratamentos (Figura 2), porém, os tecidos subcutâneos adjacentes a área de infiltração estavam fibrosados.



Figura 2. Avaliação macroscópica da articulação interfalangeana proximal (AIP) de equinos tratados com cloreto de amônio 2% (T3), mostrando ausência de alterações articulares 150 dias após a infusão e artrocentese.

Na avaliação histopatológica da superfície articular das AIP tratadas com Álcool Etílico 70% foi registrada a presença de pequenos condrócitos achatados com seu eixo maior paralelo à superfície. Na zona intermediária articular, os condrócitos apresentavam-se ovais ou redondos. Na maioria dos cortes foi observada uma linha basofílica (*tidemark* ou linha de mineralização) que separa a zona de mineralização das demais camadas (Yoshitake *et al.*, 2022) (Figura 3). Nenhuma alteração significativa foi descrita nos tratamentos T2 e T3. Não foram observados infiltrados de fibroblastos nas amostras analisadas. Da mesma forma, não se verificou metacromasia nas áreas superficiais e intermediárias da cartilagem. Embora tenha sido constatada uma alteração na espessura da cartilagem articular tanto nos equinos tratados quanto no grupo controle, essa modificação não pôde ser associada diretamente ao tratamento. Não foi identificada proliferação reativa das células da cartilagem, e as articulações apresentaram características cartilaginosas dentro dos padrões fisiológicos, sem diminuição significativa no número de condrócitos, rachaduras ou grupos isogênicos. Irregularidades observadas na superfície articular foram atribuídas a artefatos de corte, sem relevância patológica. O exame histológico seguiu uma abordagem descritiva, sem utilização de sistemas de graduação, uma vez que não foram encontradas lesões de significado patológico.

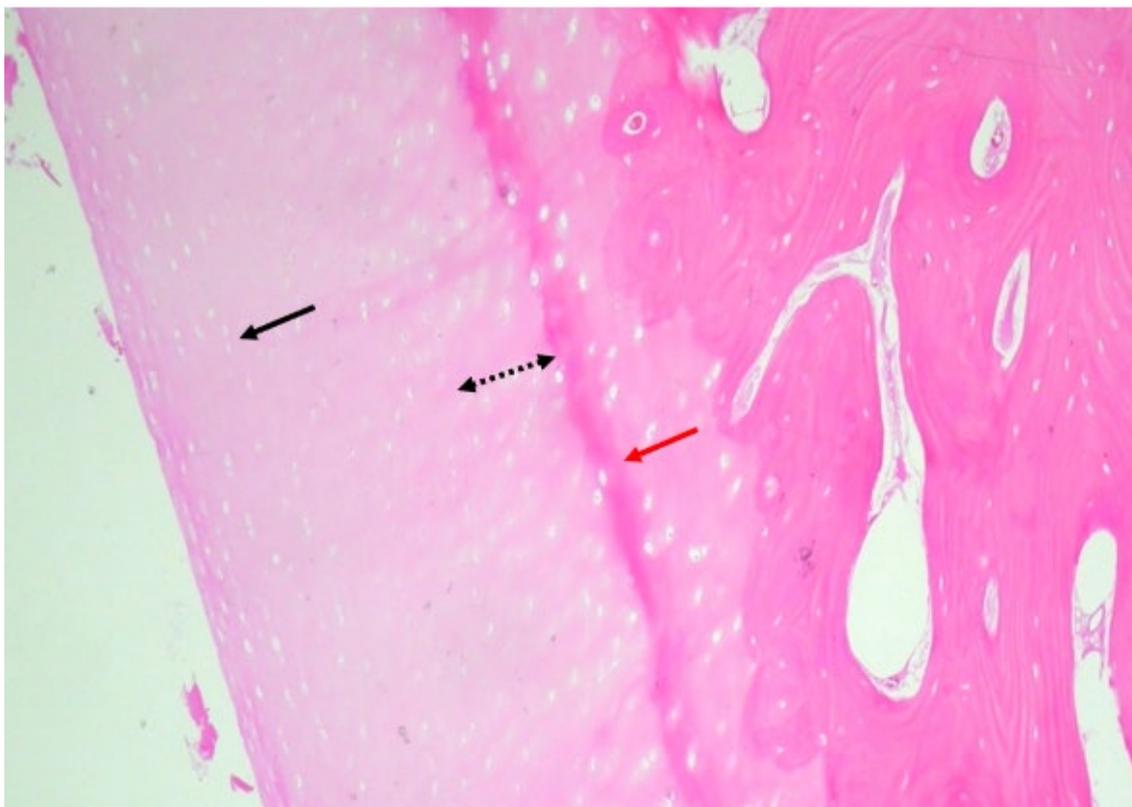


Figura 3. Fotomicrografia da articulação interfalangeana proximal (AIP) de equinos tratados com álcool etílico 70% (T1), 240 dias após artrocentese, onde observa-se condrócitos achatados alinhados paralelamente à superfície (seta contínua), condrócitos ovais ou redondos na zona intermediária (seta pontilhada) e a linha de mineralização (seta vermelha). Coloração H&E, aumento de 50x.

7. DISCUSSÃO

Os sinais clínicos dolorosos observados neste estudo foram mais evidentes nos primeiros sete dias, especialmente no grupo tratado com Álcool Etílico 70% (T1). Esses resultados são consistentes com a literatura que descreve o Álcool Etílico como um agente altamente irritante para tecidos articulares, promovendo uma resposta inflamatória aguda e causando desconforto temporário (Song *et al.*, 2019; Urakov, 2024). Como observado por Shoemaker *et al.* (2006), o uso intra-articular de álcool etílico em articulações tarsometatarsianas de equinos promoveu anquilose com complicações clínicas

mínimas. No presente estudo, os sinais álgicos resultantes do T1 incluíram dor à palpação, flexão e rotação da articulação interfalangeana proximal, persistindo por até 45 dias após a artrocentese. Esses efeitos foram mais prolongados em comparação com o Cloreto de Sódio 0,9% (T2) e o Cloreto de Amônio 2% (T3), cujos sinais clínicos foram menos agressivos e limitaram-se a 15 dias, sem diferenças significativas entre esses grupos ($p > 0,05$).

Os achados de espessamento e fibrose nos tecidos subcutâneos, especialmente em T1, podem ser atribuídos à ação necrotizante do álcool etílico, que destrói as células locais e induz um processo cicatricial. Este efeito é bem documentado, com Bell et al. (2009) relatando a formação de tecido fibroso após o uso de Álcool Etilico para artrodese de articulações tarsometatarsianas. No entanto, é notável que, apesar da presença de fibrina nas articulações tratadas com Álcool Etilico, não houve correlação direta com alterações histológicas significativas, como espessamento da cartilagem ou presença de fibrina nas análises microscópicas. Isso sugere que, embora provoque uma resposta inflamatória inicial, a substância não foi capaz de induzir a destruição completa da cartilagem ou promover anquilose no período observado de 240 dias.

Bullough (2004) descreve que alterações macroscópicas típicas em casos de osteoartrite incluem condromalácia, fibrilação e erosões (úlceras), com características histológicas como necrose celular, perda de camadas de cartilagem e clonagem de condrócitos. A ausência dessas características nas AIPs dos equinos tratados com Álcool Etilico ou Cloreto de Amônio reforça a hipótese de que os tratamentos não causaram danos significativos à cartilagem. Adicionalmente, Charalambous (2014) descreveu alterações estruturais significativas em cartilagens articulares submetidas a lesões mecânicas, como a

duplicação da linha de mineralização (*tidemark*) e a perda da matriz cartilaginosa . No presente estudo, a presença de condrócitos achatados e uma linha basofílica bem definida sugerem que, embora o Álcool Etilíco tenha promovido algumas mudanças celulares, ele não foi suficiente para iniciar um processo de anquilose, como observado por Shoemaker et al. (2006).

Os resultados radiográficos também não evidenciaram degeneração osteoarticular em nenhum dos tratamentos ao longo do período de 240 dias. Este achado contrasta com o estudo de Shoemaker et al. (2006) onde o Álcool Etilíco promoveu a fusão articular em articulações osteoartríticas, sugerindo que a integridade das articulações saudáveis neste estudo pode ter atenuado a resposta ao tratamento . A ausência de osteófitos, esclerose subcondral e estreitamento do espaço articular, frequentemente associados à osteoartrite (Jacobson *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2013), corrobora a hipótese de que o tratamento com Álcool Etilíco e Cloreto de Amônio não resultou em anquilose ou deterioração articular significativa. Adicionalmente, o tratamento com Cloreto de Amônio (T3) não se mostrou eficaz em induzir fusão ou colapso da articulação interfalangeana proximal. A ausência de anquilose observada no grupo T3 está em conformidade com a evidência científica disponível, que indica que o Cloreto de Amônio apresenta efeitos inflamatórios limitados em articulações saudáveis, conforme descrito por Parks (2003). Este agente químico foi utilizado com o intuito de explorar sua capacidade de irritação tecidual como um meio de induzir anquilose; entretanto, os resultados sugerem que, em equinos hígdos, o Cloreto de Amônio não é um agente farmacológico eficaz para a indução de anquilose articular.

Em relação à análise sinovial, não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, o que sugere que o Cloreto de Amônio não induziu uma reação inflamatória aguda nas articulações interfalangeanas proximais (AIPs). Este resultado está em concordância com a evidência científica que destaca a importância da composição sinovial como um indicador significativo da resposta inflamatória em articulações (Iturriaga et al., 2018; Canavessi et al., 2023), e a ausência de alterações significativas no presente estudo reforça a segurança do Cloreto de Amônio, embora não como promotor da fusão articular nas condições estabelecidas na investigação. Por outro lado, apesar dos tecidos subcutâneos das áreas de artrocentese tenham apresentado espessamento e fibrose em ambos os tratamentos, esses achados não se associaram com alterações significativas na cartilagem ou no osso subjacente. A presença de fibrina foi observada principalmente nas articulações tratadas com Álcool Etilico, mesmo não havendo indução da fusão articular. Isso sugere que, embora o Álcool tenha provocado uma resposta tecidual superficial, ele não alcançou o grau de destruição necessário para desencadear o processo de anquilose.

Investigações anteriores acerca da utilização de artrodeses químicas indicam que a eficácia desses agentes pode ser modulada pela condição pré-existente da articulação, evidenciando uma maior efetividade em articulações previamente afetadas por osteoartrite em comparação àquelas que se encontram em estado saudável (Penraat et al., 2000; Lischer & Auer, 2019). Os resultados deste estudo sugerem que, embora o Álcool Etilico tenha induzido uma resposta inflamatória mais pronunciada em comparação ao Cloreto de Amônio, nenhum dos tratamentos avaliados demonstrou a capacidade de

promover anquilose em articulações saudáveis. Baxter (2020) relata que a artrodese química pode ser uma opção atraente para o tratamento de lesões articulares em equinos, mas destaca a importância de considerar a condição da articulação e a seleção de agentes químicos adequados. No presente estudo, a ausência de anquilose e de lesões significativas na cartilagem sugere que, para promover a fusão articular, pode ser necessário considerar abordagens químicas mais intensas ou realizar o tratamento em articulações que já apresentam algum grau de degeneração. Logo, permite-se inferir que os fatos elencados caracterizam o Cloreto de Amônio como uma droga que não é eficaz na indução de anquilose articular. No entanto, investigações futuras que avaliem sua eficácia antiálgica nos tecidos articulares de equinos com dor crônica, podem se revelar promissoras, contribuindo assim para o bem-estar animal, uma vez que o manejo adequado da dor e das lesões crônicas é fundamental para a saúde geral e a qualidade de vida desses animais. Embora o presente estudo tenha proporcionado importantes informações sobre a aplicação de agentes químicos na artrodese de equinos, algumas limitações merecem ser destacadas para aprimorar futuras investigações.

Primeiramente, a utilização de equinos hígidos como modelos experimentais pode ter afetado a eficácia dos agentes químicos empregados para a artrodese, uma vez que tais substâncias tendem a ser mais eficazes em articulações já comprometidas por osteoartrite ou outras condições degenerativas. A resistência de articulações saudáveis aos agentes anquilosantes deve-se ao equilíbrio preciso entre os processos anabólicos e catabólicos que garantem a homeostase articular. Nesses tecidos íntegros, a matriz extracelular é mantida por mecanismos rigorosos de regeneração e

degradação coordenadas, com baixos níveis de mediadores inflamatórios e catabólicos (Mueller & Tuan, 2011). Além disso, as interações celulares e sinais moleculares regulam a resposta ao estresse, tornando a articulação estável e resistente a alterações externas, como a anquilose induzida por agentes químicos, em contraste com articulações afetadas por osteoartrite (Fernández-Torres *et al.*, 2017). A ausência de alterações radiográficas e histopatológicas significativas sugere que nenhum dos agentes químicos foi promotor da destruição cartilaginosa necessária para provocar a fusão articular em condições não patológicas. Além disso, este estudo apresenta limitações inerentes ao tamanho amostral, o que pode ter comprometido a robustez estatística das análises realizadas. É imperativo reconhecer que futuras investigações poderão aprimorar as observações clínicas e laboratoriais ao empregar amostras de maior magnitude e ao incorporar modelos articulares patológicos, permitindo assim uma avaliação mais abrangente e rigorosa do potencial terapêutico desses agentes.

Neste estudo clínico, é fundamental ressaltar que, embora algumas variáveis não tenham atingido a significância estatística esperada, a intuição e a *expertise* dos pesquisadores foram determinantes na condução e na análise dos resultados. Apesar da ausência de fusão articular ou colapso significativo nas articulações interfalangeanas proximais, a experiência clínica possibilitou a identificação de padrões relevantes de resposta inflamatória e dor associados aos diferentes tratamentos aplicados. A observação cuidadosa de sinais clínicos, como dor à palpação e à flexão, em conjunto com a inexistência de alterações radiográficas significativas, enfatiza a importância das abordagens

observacionais em estudos clínicos, particularmente em contextos onde a indução de efeitos é gradual.

Para fortalecer a validade externa e a aplicabilidade destes achados, novas investigações devem explorar diferentes concentrações, aplicações repetidas ou a combinação de abordagens químicas e mecânicas para potencializar a destruição cartilaginosa e a fusão articular. Ademais, estudos subsequentes devem avaliar os efeitos a longo prazo da artrodese química em articulações doentes, enfatizando sua relevância clínica no manejo de condições osteoartriticas. Apesar das restrições identificadas, os resultados deste estudo enriquecem o crescente conjunto de conhecimentos sobre alternativas não cirúrgicas para a fusão articular na medicina veterinária e científica internacional, que busca desenvolver estratégias menos invasivas para o tratamento ortopédico equino, com potencial de reduzir o tempo de recuperação e minimizar complicações pós-operatórias.

Dessa forma, o presente estudo sublinha a imperativa necessidade de investigações adicionais voltadas à avaliação da eficácia do Álcool Etilico e do Cloreto de Amônio em equinos diagnosticados com osteoartrite. Pesquisas futuras devem se concentrar em determinar se essas substâncias são capazes de acelerar o processo de anquilose em articulações já comprometidas, além de explorar potenciais modificações nos protocolos terapêuticos que possam maximizar sua eficácia clínica.

8. CONCLUSÃO

A artrocentese utilizando Álcool Etílico a 70% e Cloreto de Amônio a 2% em equinos com articulações saudáveis não demonstrou eficácia na indução da redução ou colapso da articulação interfalangeana proximal.

Esses achados sugerem que, sob as condições avaliadas, os agentes químicos empregados não foram capazes de gerar as alterações estruturais desejadas, enfatizando a necessidade de pesquisas futuras para investigar abordagens alternativas ou ajustes na aplicação dessas substâncias para fins terapêuticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHERN, B. J. *et al.* *In Vitro* Biomechanical Comparison of a 4.5 mm Narrow Locking Compression Plate Construct Versus a 4.5 mm Limited Contact Dynamic Compression Plate Construct for Arthrodesis of the Equine Proximal Interphalangeal Joint. **Veterinary Surgery**, [s. l.], v. 42, n. 3, p. 335–339, 2013.

ANGELI, A.; NICOLETTI, J. Comparação entre dois métodos de artrodese interfalangeana proximal em eqüinos. **Archives of Veterinary Science**, [s. l.], n. 1, p. 31–39, 2008.

BABOOLAL, T. G. *et al.* A Novel Arthroscopic Technique for Intraoperative Mobilization of Synovial Mesenchymal Stem Cells. **The American Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 46, n. 14, p. 3532–3540, 2018.

BAXTER, G. **Adams and Stashak's lameness in horses**. 7. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2020.

BEATA, C.; BEAUDU-LANGE, C.; MULLER, C. Jusqu'où va-t-on dans les soins donnés à nos animaux de compagnie? **Revue Vétérinaire Clinique**, [s. l.], v. 56, n. 4, p. 157–169, 2021.

BELL, C. *et al.* How to perform ethyl alcohol arthrodesis of the tarsometatarsal joint in the standing horse. *In:* , 2009, Las Vegas. **Proceedings of the 55th Annual American Association of Equine Practitioners**. Las Vegas: [s. n.], 2009. p. 63–66.

BOHANON, T. Chemical fusion of the distal tarsal joints with sodium monoiodoacetate in horses clinically affected with osteoarthritis. *In:* PROCEEDINGS OF THE 41ST ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS. [S. l.: s. n.], 1995. p. 148–149.

BULLOUGH, P. The dysfunctional joint. *In:* BULLOUGH, P. (org.). **Orthopaedic pathology**. 4. ed. Philadelphia: Mosby, 2004. p. 239–258.

CANAVESSI, L. *et al.* ANÁLISE DE LÍQUIDO SINOVIAL EM OVELHA COM ATRITE. [s. l.], 2023. Disponível em: Acesso em: 23 set. 2024.

CASTON, S. *et al.* Retrospective evaluation of facilitated pastern ankylosis using intra-articular ethanol injections: 34 cases (2006–2012). **Equine Veterinary Journal**, [s. l.], v. 45, n. 4, p. 442–447, 2013.

CHARALAMBOUS, C. P. The Response of Articular Cartilage to Mechanical Injury. **Classic Papers in Orthopaedics**, [s. l.], p. 381–383, 2014. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-5451-8_96. Acesso em: 23 set. 2024.

CLAYTON, H. M. Biomechanics of the Distal Interphalangeal Joint. **Journal of Equine Veterinary Science**, [s. l.], v. 30, n. 8, p. 401–405, 2010.

DE SOUZA, A. F.; DE ZOPPA, A. L. D. V. **Proximal interphalangeal joint arthrodesis in horses: Concepts, indications, and techniques**. [S. l.]:

Universidade de Sao Paulo. Faculdade de Medicina Veterinaria e Zootecnia, 2021.

DOWLING, B.; DART, A.; MATTHEWS, S. Chemical arthrodesis of the distal tarsal joints using sodium monoiodoacetate in 104 horses. **Australian Veterinary Journal**, [s. l.], v. 82, n. 1–2, p. 38–42, 2004.

FAIRBURN, A. J. *et al.* A case-control study of the morphological measurements of equine distal interphalangeal joints affected by osseous cyst-like lesions. **Equine Veterinary Education**, [s. l.], v. 34, n. 9, p. 473–479, 2022.

FERNÁNDEZ-TORRES, J. *et al.* Role of HIF-1 α signaling pathway in osteoarthritis: a systematic review. **Revista Brasileira de Reumatologia (English Edition)**, [s. l.], v. 57, n. 2, p. 162–173, 2017.

FERNANDO DE SOUZA, A.; FIDALGO PARETSIS, N.; VALLE DE ZOPPA, A. L. do. Proximal interphalangeal joint arthrodesis in horses: A protocol for meta-analyses of the retrospectives studies. **Clinical Research and Trials**, [s. l.], v. 7, n. 2, 2021.

HEATON, K. *et al.* A Standing Percutaneous Technique for Proximal Interphalangeal Joint Arthrodesis in Twelve Horses (2014–2017). **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, [s. l.], v. 32, n. 02, p. 165–170, 2019.

HERTHEL, T. D. *et al.* Retrospective analysis of factors associated with outcome of proximal interphalangeal joint arthrodesis in 82 horses including Warmblood and Thoroughbred sport horses and Quarter Horses (1992–2014). **Equine Veterinary Journal**, [s. l.], v. 48, n. 5, p. 557–564, 2016.

ITURRIAGA, V. *et al.* Importancia del Líquido Sinovial en la Articulación Temporomandibular y sus Implicancias en la Patología Articular. **International Journal of Morphology**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 297–302, 2018. Disponível em: Acesso em: 23 set. 2024.

JACOBSON, J. A. *et al.* Radiographic evaluation of arthritis: degenerative joint disease and variations. **Radiology**, [s. l.], v. 248, n. 3, p. 737–747, 2008. Disponível em: Acesso em: 23 set. 2024.

JIANG, S. *et al.* Research Progress on Stem Cell Therapies for Articular Cartilage Regeneration. **Stem Cells International**, [s. l.], v. 2021, p. 1–25, 2021.

KAINER, R. Functional anatomy of equine locomotor organs. *In*: ADAMS' LAMENESS IN THE HORSE. 5. ed. [S. l.: s. n.], 2002. p. 1–22.

KAMM, J. L. *et al.* A Descriptive Study of the Equine Proximal Interphalangeal Joint Using Magnetic Resonance Imaging, Contrast Arthrography, and Arthroscopy. **Veterinary Surgery**, [s. l.], v. 41, n. 6, p. 677–684, 2012.

KOHLI, N. *et al.* CD271-selected mesenchymal stem cells from adipose tissue enhance cartilage repair and are less angiogenic than plastic adherent mesenchymal stem cells. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 3194, 2019.

LAWSON, S. E. M. *et al.* Effect of toe and heel elevation on calculated tendon strains in the horse and the influence of the proximal interphalangeal joint. **Journal of Anatomy**, [s. l.], v. 210, n. 5, p. 583–591, 2007.

LI, G. *et al.* Subchondral bone in osteoarthritis: insight into risk factors and microstructural changes. **Arthritis Research & Therapy**, [s. l.], v. 15, n. 6, 2013. Disponível em: Acesso em: 23 set. 2024.

LISCHER, C.; AUER, J. Arthrodesis techniques. *In*: AUER, J. *et al.* (org.). **Equine surgery**. 5. ed. Saint Louis: Elsevier, 2019. p. 1374–1398.

LUNA, L. **Manual of histologic staining methods**. 3. ed. Toronto: Armed Forces Institute of Pathology., 1968.

MAHAFFEY, E. Synovial fluid. *In*: COWELL, R.; TYLER, R. (org.). **Cytology and hematology of the horse**. [S. l.]: Goleta: American Veterinary, 1992. p. 153–161.

MELO, U. P.; FERREIRA, C. Lombalgia em equinos de vaquejada: achados clínicos, ultrasonográficos e resultados terapêuticos de 25 casos. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, [s. l.], v. 27, n. 4, 2020.

MENG, Q. *et al.* Microfracture combined with functional pig peritoneum-derived acellular matrix for cartilage repair in rabbit models. **Acta Biomaterialia**, [s. l.], v. 53, p. 279–292, 2017.

MEREU, M. *et al.* Evaluation of four techniques for injection of the proximal interphalangeal joint in horses. **Veterinary Surgery**, [s. l.], v. 48, n. 8, p. 1437–1443, 2019.

MOIROUD, C.; AUDIGIÉ, F.; DENOIX, J. The middle scutum: Functional anatomy and normal images. **Equine Veterinary Education**, [s. l.], v. 33, n. 6, p. 288–292, 2021.

MUELLER, M. B.; TUAN, R. S. Anabolic/Catabolic Balance in Pathogenesis of Osteoarthritis: Identifying Molecular Targets. **PM&R**, [s. l.], v. 3, n. 6S, 2011.

NIXON, A. Phalanges and the metacarpophalangeal and metatarsophalangeal joints. *In*: EQUINE SURGERY. 3. ed. [S. l.: s. n.], 2006. p. 1217–1237.

OLIVEIRA, A. C. D. S.; BORGES, J. H. S. Laminite Crônica em Equino: Relato de Caso. **UNICIÊNCIAS**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 27–30, 2019.

PANIZZI, L. *et al.* Evaluation of a Minimally Invasive Arthrodesis Technique for the Carpometacarpal Joint in Horses. **Veterinary Surgery**, [s. l.], v. 40, n. 4, p. 464–472, 2011.

PARKS, A. Form and function of the equine digit. **Veterinary Clinics of North America - Equine Practice**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 285–307, 2003. Disponível em: <http://www.vetequine.theclinics.com/article/S074907390300018X/fulltext>. Acesso em: 23 set. 2024.

PENRAAT, J. H. *et al.* An evaluation of chemical arthrodesis of the proximal interphalangeal joint in the horse by using monoiodoacetate. **Canadian journal of veterinary research = Revue canadienne de recherche veterinaire**, [s. l.], v. 64, n. 4, p. 212–221, 2000.

SCHNEIDER, R. Chemical arthrodesis of the distal tarsus. *In*: PROCEEDINGS OF THE EIGHTH ANNUAL AMERICAN COLLEGE OF VETERINARY SURGEONS SYMPOSIUM. [S. l.: s. n.], 1998. p. 117–118.

SCHNEIDER, R. K.; BRAMLAGE, L. R.; HARDY, J. Arthrodesis of the Distal Interphalangeal Joint in Two Horses Using Three Parallel 5.5-mm Cortical Screws. **Veterinary Surgery**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 122–128, 1993.

SHI, W. *et al.* Structurally and Functionally Optimized Silk-Fibroin–Gelatin Scaffold Using 3D Printing to Repair Cartilage Injury In Vitro and In Vivo. **Advanced Materials**, [s. l.], v. 29, n. 29, 2017.

SHOEMAKER, R. W. *et al.* Use of intra-articular administration of ethyl alcohol for arthrodesis of the tarsometatarsal joint in healthy horses. **American Journal of Veterinary Research**, [s. l.], v. 67, n. 5, p. 850–857, 2006. Disponível em: <https://avmajournals.avma.org/view/journals/ajvr/67/5/ajvr.67.5.850.xml>. Acesso em: 23 set. 2024.

SILVA, C. M. da; SOUZA, A. F. de; ZOPPA, A. L. do V. de. Infecções no sítio cirúrgico em cirurgias ortopédicas de equinos com a utilização de implantes: estudo retrospectivo (2009-2021). **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, [s. l.], v. 21, 2023.

SONG, B. J. *et al.* Contributing Roles of CYP2E1 and Other Cytochrome P450 Isoforms in Alcohol-Related Tissue Injury and Carcinogenesis. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, [s. l.], v. 1164, p. 73–87, 2019. Disponível em: Acesso em: 23 set. 2024.

SOUTO, M. T. M. *et al.* Ultrasound-guided continuous block of median and ulnar nerves in horses: development of the technique. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, [s. l.], v. 47, n. 3, p. 405–413, 2020.

SOUZA, A. F. de *et al.* Proximal interphalangeal arthrodesis in seven horses: A retrospective study in Brazil (2011-2019). **Ciência Rural**, [s. l.], v. 51, n. 6, 2021.

SUN, X. *et al.* In Situ Articular Cartilage Regeneration through Endogenous Reparative Cell Homing Using a Functional Bone Marrow-Specific Scaffolding System. **ACS Applied Materials & Interfaces**, [s. l.], v. 10, n. 45, p. 38715–38728, 2018.

TONSICA, A. B. *et al.* QUIROPRAIXIA: IMPORTÂNCIA E APLICABILIDADES NA MEDICINA VETERINÁRIA EQUINA. **REVISTA FOCO**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. e4697, 2024.

URAKOV, A. L. Ethyl alcohol. Influence on the dynamics of blood supply of skin and other soft tissues during their sudden cooling. **Psychopharmacology & biological narcology**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 95–106, 2024. Disponível em: Acesso em: 23 set. 2024.

VAN PELT, R. W. Characteristics of normal equine tarsal synovial fluid. **Canadian journal of comparative medicine and veterinary science**, [s. l.], v. 31, n. 12, p. 342–347, 1967.

VAYAS, R. *et al.* Injectable Scaffold for Bone Marrow Stem Cells and Bone Morphogenetic Protein-2 to Repair Cartilage. **CARTILAGE**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 293–306, 2021.

WATKINS, J. P. Arthrodesis of the Proximal Interphalangeal Joint. *In: EQUINE FRACTURE REPAIR*. [S. l.]: Wiley, 2019. p. 277–294.

WYN-JONES, G.; MAY, S. Surgical arthrodesis for the treatment of osteoarthritis of the proximal intertarsal, distal intertarsal and tarsometatarsal joints in 30 horses: A comparison of four different techniques. **Equine Veterinary Journal**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 59–64, 1986.

YOSHITAKE, T. *et al.* Rapid histological imaging of bone without microtome sectioning using nonlinear microscopy. **Bone**, [s. l.], v. 154, p. 116254, 2022. Disponível em: Acesso em: 23 set. 2024.

ZUBROD, C. J.; SCHNEIDER, R. K. Arthrodesis of the Distal Interphalangeal Joint. *In: EQUINE FRACTURE REPAIR*. [S. l.]: Wiley, 2019. p. 257–263.

ZUBROD, C. J.; SCHNEIDER, R. K. Arthrodesis Techniques in Horses. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 691–711, 2005.