

VARIABILIDADE CINEMÁTICA EM CAVALOS DURANTE A ANDADURA A TROTE APÓS CASQUEAMENTO E FERRAGEAMENTO COM DIFERENTES MATERIAIS DE FERRADURA

EULER VARGAS HARDT¹; CAROLINA BICCA NOGUEZ MARTINS BITENCOURT²;
LEILA REGINA OLIVEIRA DE BORBA³; CHARLES FERREIRA MARTINS⁴

¹Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – euler.hardt@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – carolinamvet@outlook.com

³Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – leiborba@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – martinscf68@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O casqueamento e o ferrageamento são práticas essenciais no manejo de equinos, influenciando diretamente a biomecânica, a saúde dos cascos e o desempenho atlético. O casqueamento envolve a remoção do excesso de tecido da parede do casco e a sua modelagem, visando a conformação ideal para garantir o equilíbrio dos membros (Clayton *et al.*, 2015). O ferrageamento, por sua vez, consiste na aplicação de ferraduras com o objetivo de proteger os cascos e aprimorar o desempenho dos animais, especialmente daqueles envolvidos em atividades de alta intensidade (Crever-denoix *et al.*, 2009).

Ferraduras de diferentes materiais, como alumínio, plástico e aço, possuem propriedades distintas que influenciam tanto a função do casco quanto o movimento dos membros. As ferraduras de alumínio, por serem leves, são frequentemente utilizadas em equinos de esporte, embora apresentem menor resistência ao desgaste em superfícies abrasivas (Clayton *et al.*, 2015). As de plástico, conhecidas pela capacidade de absorver impacto e pela flexibilidade, são indicadas para cavalos com sensibilidade nos cascos, mas sua durabilidade pode ser comprometida em função da intensidade de uso (Sprick *et al.*, 2017). Já as ferraduras de aço, conhecidas pela durabilidade e resistência, são amplamente utilizadas em várias modalidades equestres, especialmente em terrenos mais rígidos, apesar de serem mais pesadas (O'Grady & Poupard, 2003).

A avaliação biomecânica adaptativa durante a locomoção a trote, imediatamente após o ferrageamento, é essencial para entender como diferentes materiais de ferraduras influenciam a dinâmica do movimento. A aplicação de ferraduras causa uma mudança imediata no padrão de locomoção, e a capacidade do cavalo de se adaptar rapidamente pode impactar sua performance e o risco de lesões. Ao analisar o comportamento biomecânico logo após o ferrageamento, é possível identificar ajustes compensatórios, como alterações no tempo de apoio, altura de elevação dos cascos e ângulos de protração e retração dos membros. Isso fornece informações valiosas para o ajuste adequado de ferraduras, garantindo uma melhor adaptação inicial e reduzindo o risco de lesões relacionadas à biomecânica (Hobbs *et al.*, 2014). Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo determinar a variabilidade das variáveis cinemáticas durante a andadura a trote, imediatamente após o casqueamento e ferrageamento, utilizando ferraduras de alumínio, plástico e aço.

2. METODOLOGIA

Foram submetidos a avaliação 6 fêmeas equinas, com massa corporal média de 407 kg \pm 23,16 e idades entre 5 e 9 anos. Os animais, proveniente de uma propriedade

localizada na região Sul do estado do Rio Grande do Sul, foram mantidos em sistema extensivo em campo nativo por um período de 90 dias, sem casqueamento e ferrageamento. Antes da coleta de dados, todas as éguas passaram por um exame clínico específico do sistema locomotor para determinar o estado de saúde da amostra populacional. A avaliação foi realizada por um clínico experiente, que constatou grau 0 na escala AAEP (*American Association of Equine Practitioners*) referente à presença de claudicação.

Todos os animais foram casqueados e após submetidos ao ferrageamento, sempre na mesma ordem de acordo com a técnica descrita por O'Grady & Poupard (2003). Inicialmente os animais passaram pelo casqueamento, com o mesmo profissional experiente e submetidos imediatamente a nova avaliação dinâmica de sua biomecânica através da cinemática. Posteriormente, se iniciou o ferrageamento na seguinte ordem: ferradura de alumínio, plástico e aço e após conduzidos a andadura a trote na superfície controlada para nova captura de dados cinemáticos.

Para a avaliação dos pontos anatômicos, foram fixados 12 marcadores reflexivos com fita dupla face no lado esquerdo dos animais, por um operador experiente. O campo experimental possuía dimensões de 10 metros de comprimento por 4 metros de largura, delimitado por cones, e consistia em uma pista de areia macia localizada dentro de um redondel. A análise cinemática foi conduzida por meio de videografia 2D, utilizando uma câmera de alta velocidade (240 fps, resolução de 1280 x 550), ajustada horizontalmente em um tripé fixo com 1 metro de altura, posicionada a 10 metros do centro da pista. Uma luz LED de 72W foi instalada acima da câmera para ativar a refletividade dos marcadores aplicados nos indivíduos. No centro do campo de estudo, uma régua de 1 metro foi posicionada nas orientações horizontal e vertical para calibração precisa do sistema. Foram obtidos três vídeos em câmera lenta (10 segundos) para cada um dos animais submetidos ao casqueamento e ferrageamento com os diferentes materiais.

Após a coleta dos dados, os vídeos foram processados e analisados utilizando o software de análise de movimento 2D Quintic Biomechanics® v33. As variáveis analisadas incluíram duração do apoio (s), altura máxima do casco em relação ao solo (m), duração da fase de suspensão (s), tempo de breakover (s), protração (°) e retração do membro (°). Esses parâmetros foram avaliados para os membros torácico e pélvico com base na média dos três vídeos capturados do lado esquerdo dos animais. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Para comparar os parâmetros cinemáticos (variáveis dependentes) entre os cavalos sem ferraduras e aqueles imediatamente submetidos ao ferrageamento com diferentes tipos de ferraduras (variável independente), foi aplicado o teste não paramétrico de *Friedman*. Em todas as análises, o nível de significância adotado foi de 95% ($P < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das variáveis cinemáticas dos membros torácicos e pélvicos dos cavalos, após o casqueamento e o ferrageamento com ferraduras de alumínio, plástico e aço, estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1: Comparação da média e desvio padrão das variáveis cinemáticas dos membros torácicos e pélvicos de cavalos (n=6), imediatamente após o casqueamento e ferrageamento com ferraduras de alumínio, plástico e aço, durante a locomoção a trote.

SF	Alumínio	Plástico	Aço
M ₀	M ₁	M ₁	M ₁

VC	MT	MP	MT	MP	MT	MP	MT	MP
DA (s)	0,33±	0,32±	0,35±	0,31±	0,33±	0,32±	0,36±	0,33±
	0,04	0,04	0,02	0,356	0,02	0,02	0,01	0,01
DS (s)	0,34±	0,34±	0,34±	0,36±	0,34±	0,37±	0,35±	0,38±
	0,02	0,025	0,01	0,008	0,10	0,01	0,01	0,03
TB (s)	0,06±	0,06±	0,20±	0,06±	0,06±	0,05±	0,06±	0,06±
	0,01	0,01	0,32	0,004	0,009	0,003	0,01	0,01
AM (m)	0,13±	0,13±	0,12±	0,13±	0,14±	0,13±	0,17±	0,11±
	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,06	0,02	0,01
P (°)	13,48±	3,25±	15,95±	2,75±	13,37±	2,54±	14,60±	3,05±
	2,44	1,81	2,28	1,61	2,58	1,29	1,77	1,75
R (°)	27,74±	20,39 ^a ±	19,41±	26,54±	22,17±	28,17±	19,66±	25,96 ^b ±
	0,81	0,76	0,66	1,90	1,44	1,54	1,44	1,36

VC: Variáveis Cinemáticas; SF: Animais sem ferradura; MT: Membro Torácico; MP: Membro Pélvico. Mo: Coletas realizadas imediatamente após o casqueamento; M₁: Coletas realizadas imediatamente após o ferrageamento dos cavalos; DA: Duração de Apoio; DD: Duração de Deslizamento; DS: Duração de suspensão; TB: Tempo de *Breakover*; AM: Altura máxima do casco/solo; P: Protração do membro; R: Retração do membro. Letras minúsculas diferentes em mesma linha apresentam diferenças estatísticas pelo teste de *Friedmann* ($P < 0,05$) entre os sem ferraduras e aqueles que submetidos ao ferrageamento.

A análise cinemática dos membros torácicos dos equinos durante a andadura a trote revelou ausência de diferenças nas variáveis analisadas ($P < 0,05$), independentemente do tipo de ferradura utilizada. A função estabilizadora dos membros torácicos pode justificar essa constatação, pois esses membros são responsáveis pela absorção de impacto durante a andadura a trote, enquanto os membros pélvicos têm um papel mais ativo na propulsão do corpo do cavalo (Clayton *et al.*, 2015). Essa menor variabilidade nas respostas dos membros torácicos sugere que eles são menos sensíveis às alterações biomecânicas provocadas pelo ferrageamento, em comparação aos membros pélvicos, que desempenham uma função mais dinâmica na locomoção (McCarty *et al.*, 2015). Essa estabilização contribui para uma cinemática menos suscetível às influências de materiais de ferraduras com diferentes propriedades mecânicas.

Nos membros pélvicos, foi observada uma diferença na variável de **retração máxima**. Cavalos ferrados com aço apresentaram uma retração maior ($25,96^\circ \pm 1,36$) em comparação aos cavalos sem ferraduras ($20,39^\circ \pm 0,76$) ($P < 0,05$). Esse aumento pode ser explicado pela maior rigidez e peso das ferraduras de aço, que afetam diretamente a biomecânica da locomoção, influenciando a amplitude de retração dos membros pélvicos (Clayton *et al.*, 2015). O aumento da retração em equinos submetidos ao ferrageamento com aço pode estar relacionado a um mecanismo compensatório, em que a rigidez do material força uma modificação no movimento para acomodar as forças aplicadas.

Por outro lado, as ferraduras de alumínio e plástico não causaram diferenças na retração ($P < 0,05$), o que sugere que materiais mais leves e flexíveis têm menor impacto sobre as variáveis cinemáticas dos membros pélvicos. Ferraduras de alumínio, conhecidas por sua leveza, e as de plástico, devido à sua flexibilidade e capacidade de amortecimento, parecem não modificar a retração do membro pélvico de forma tão acentuada como o aço (Crever-denoix *et al.*, 2009). Esses resultados reforçam a importância de considerar o material das ferraduras em função das necessidades biomecânicas de cada cavalo, especialmente em modalidades esportivas que exigem maior flexibilidade e amplitude de movimento.

Adicionalmente, a variável de **protração máxima** dos membros pélvicos não apresentou alterações em nenhuma das comparações entre os materiais testados ($P < 0,05$). Esse achado pode ser explicado pelo fato de que o peso das ferraduras não parece influenciar diretamente essa fase do ciclo de locomoção, uma vez que a protração está mais relacionada à extensão do movimento antes do contato com o solo, em que a força gravitacional exercida pelo material da ferradura é menos impactante (McCarty *et al.*, 2015).

4. CONCLUSÕES

O estudo revelou que o tipo de ferradura, especificamente o aço, afeta significativamente a retração dos membros pélvicos de equinos durante a andadura a trote, enquanto ferraduras de alumínio e plástico parecem ter um impacto menor nas variáveis cinemáticas.

O aumento da retração em cavalos submetidos ao ferrageamento com aço sugere uma adaptação biomecânica à rigidez do material, o que deve ser considerado na escolha de ferraduras para atividades equestres que demandam maior flexibilidade de movimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLAYTON, H. M.; *et al.* Stance phase kinematics and kinetics of horses trotting over poles. **Equine veterinary journal**, v. 47, n. 1, p. 113-118, 2015.
- CREVIER-DENOIX, N. *et al.* Influence of track surface on the equine superficial digital flexor tendon loading in two horses at high speed trot. **Equine Veterinary Journal**, v. 41, n.3, p. 257–261, 2009.
- HOBBS, S. J.; *et al.* The effect of centre of mass location on sagittal plane moments around the centre of mass in trotting horses. **Journal of Biomechanics**, v. 47, n. 6, p. 1278-1286, 2014.
- MCCARTY, C. A. *et al.* Effect of hoof orientation and ballast on acceleration and vibration in the hoof and distal forelimb following simulated impacts ex vivo. **Equine Veterinary Journal**, v. 47, n. 2, p. 223-229, 2015.
- O'GRADY, Stephen E.; POUPARD, Derek A. Proper physiologic horseshoeing. **Veterinary Clinics: Equine Practice**, v. 19, n. 2, p. 333-351, 2003.
- SPRICK, M. *et al.* The influence of aluminium, steel and polyurethane shoeing systems and of the unshod hoof on the injury risk of a horse kick. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 30, n. 05, p. 339-345, 2017.