

# Correção Cirúrgica de Desvio Angular Metatársico em uma Potra Puro-sangue Utilizando Ostectomia em Cunha: um relato de caso

## Surgical Correction of Metatarsal Angular Deviation in a Thoroughbred Filly Using Wedge Metatarsal Ostectomy: a case report

José Ademar Villanova Junior<sup>1</sup> , Mônica Maciel<sup>1\*</sup> , Pedro Augusto Lara<sup>1</sup> , Luane Camargo Zeni<sup>1</sup> , Carlos Eduardo Camargo<sup>1</sup> , Luiz Guilherme Achcar Capriglione<sup>1</sup> , Pedro Vicente Michelotto Junior<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba, Paraná, Brasil

\*Autor para correspondência: [monica.mm.maciel@gmail.com](mailto:monica.mm.maciel@gmail.com)

### Resumo

O objetivo desse estudo é descrever o procedimento de correção da malformação de desvio angular metatársico, utilizando ostectomia em cunha, em uma potra puro-sangue de 41 dias de idade. Uma malformação metatársica angular de 41,6° foi corrigida com a técnica de ostectomia em cunha, em associação com fixador externo tipo II e resina de metilmetacrilato, no membro pélvico esquerdo. O animal foi submetido à cirurgia sob protocolo de anestesia geral. A potra foi posicionada em decúbito dorsal, com o membro pélvico esquerdo livre para manipulação. Para a realização da ostectomia em cunha, foi utilizada uma serra óssea. Para a instalação das barras do fixador externo, uma furadeira foi utilizada e, para fixá-los, pinos de Kirschner e resina acrílica foram aplicados. Logo após a cirurgia, imagens radiográficas foram obtidas para confirmar a redução total de 32,6° (de 41,6° para 9°) de angulação. Para garantir que o animal se adaptasse ao fixador externo linear e não sobrecarregasse os pinos e barras, foram instituídos cuidados pós-operatórios intensos, com medicações e bandagem de Robert Jones. Não houve complicações no pós-operatório. No dia seguinte à cirurgia, a potra estava em pé, caminhando e sem sinais de dor. Após 180 dias, alcançou total calcificação óssea e os implantes puderam ser removidos em um segundo tempo cirúrgico. A potra demonstrou locomoção adequada, realizando todos os movimentos normais e pôde correr pelo pasto sem dificuldades. Um discreto desvio angular remanescente foi parcialmente corrigido por casqueamento.

**Key words:** Equino; potro; terceiro metatarso; deformidade angular do membro; ostectomia.

### Abstract

This study describes a corrective procedure for a metatarsal angular malformation using wedge ostectomy in a 41-day-old Thoroughbred filly. A 41.6° angular malformation of the metatarsus was corrected with wedge ostectomy of the left hindlimb in association with a type II external fixator and methyl methacrylate resin. The animal was subjected to the surgical procedure under general anesthesia. The filly was placed in dorsal recumbency with the left hind limb free for manipulation. A bone saw was used for the wedge ostectomy, while the bars for external fixation were placed using a drill. A Kirschner pin and acrylic resin were then applied. Radiographic images obtained immediately after surgery confirmed a total malformation reduction of 32.6 (from 41.6° to 9°). With medication and a Robert Jones bandage, intensive postoperative care was instituted to ensure that the animal adapted properly to the linear external fixator without overloading the pins and connection bars. No postoperative complications were observed. On the day after surgery, the filly was standing and walking with no signs of pain. After 180 days, total osseous calcification was achieved, and the implants were removed during the second surgery. The filly demonstrated adequate locomotion, performed all the movements, and ran without any difficulty in the paddock. The remaining discrete angular deviations were partially corrected using hoof trimming.

**Keywords:** Equine; foal; third metatarsus; angular limb deformity; ostectomy.

## 1. Introdução

Deformidades angulares congênicas na diáfise do terceiro metatarso em potros são considerados um fenômeno raro. O desvio primário é localizado na região mediana a proximal do osso, com a etiologia ainda incerta<sup>[1;2]</sup>. Estudos anteriores sugerem que o

posicionamento fetal anormal e anomalias vasculares, relacionadas a foramina nutricional, podem contribuir para o inadequado desenvolvimento ósseo<sup>[3;4]</sup>. O diagnóstico primário dessa condição é baseado em exame clínico, no entanto, a avaliação radiográfica é considerada como padrão ouro para o diagnóstico definitivo, porque permite a aferição do grau de angulação e o envolvimento

Recebido: 27 de janeiro de 2023. Aceito: 12 e abril de 2023. Publicado: 22 de maio de 2023.



Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

<https://revistas.ufg.br/vet/index>

das articulações adjacentes<sup>[2;5]</sup>.

O objetivo desse estudo é relatar o uso da ostectomia em cunha como uma opção cirúrgica para a correção de um grande desvio angular congênito no terceiro metatarso de uma potra Puro-sangue, com o propósito de preservar o alto valor genético do animal. Os resultados da intervenção cirúrgica e quaisquer complicações pós-operatórias, serão discutidos abaixo.

## 2. Relato de caso

### 2.1 Histórico, exame clínico, e diagnóstico

Um significativo desvio angular congênito no terceiro metatarso do membro pélvico esquerdo, foi observado ao nascimento de uma potra Puro-sangue (Figura 1A). Nenhuma outra anormalidade esquelética foi observada, foi relatado que a potra estava sendo amamentada e alimentando-se normalmente e apresentando comportamento normal. No entanto, a potra apresentava claudicação de apoio. Um exame radiográfico foi realizado no primeiro dia de vida para avaliar a extensão da deformidade. Foram realizadas imagens do membro acometido (Figuras 1B e 1C) e do membro contralateral. Um hemograma completo e exames bioquímicos incluindo alanina aminotransferase (ALT), fosfatase alcalina (FA), albumina, ureia e creatinina, foram realizados e apresentaram-se dentro dos limites de normalidade.

Aos 20 dias de idade, a potra foi separada da mãe e transferida para o uma fazenda universitária para ser manejada. Durante a avaliação física, a potra encontrava-se normohidratada e sem alteração dos parâmetros vitais. Devido ao desmame precoce, foi estabelecido uma dieta composta por leite bovino adicionado de glicose e água era administrada a cada 12 horas, uma ração comercial para potros contendo 25% de proteína era oferecida a cada 8 horas, além disso, sal mineral e Tifton eram oferecidos *ad libitum*.

Devido a piora progressiva da deformidade angular, com um desvio de 41.6° e piora da claudicação, foi necessário a intervenção cirúrgica. Uma ostectomia em cunha foi empregada para realinhar o osso metacarpal ao terceiro metatarso. Um vídeo do exame realizado aos 20 dias de idade da paciente está disponível como material suplementar.

### 2.2 Procedimento anestésico e cirúrgico

Antes do procedimento, o animal foi submetido ao jejum de água e comida de quatro horas. A medicação pré-anestésica foi administrada por via intravenosa, consistindo em midazolam na dosagem de 0.2 mg/kg em associação com metadona na dosagem de 0.1 mg/kg. O acesso venoso asséptico foi garantido nas veias jugulares externas direita e esquerda, foi então administrado ringer

lactato (10 mL/kg/h) e para administração adicional de medicações adicionais. Subsequentemente, uma combinação de morfina (10 mg/mL) na dose de 0.1 mg/kg, e ropivacaina (5 mg/mL) na dosagem de 0.05 mL/kg, foi administrada no espaço lombossacral para anestesia espinal, de acordo com a técnica descrita por Carpenter e Byron (2015) <sup>[4]</sup>. A indução anestésica foi alcançada utilizando cetamina na dose de 2.2 mg/kg, combinada com midazolam na dose de 0.1 mg/kg, por via intravenosa. A manutenção anestésica se deu pela administração intravenosa de propofol na taxa de 0.1-0.6 mg/kg/min, de acordo com a necessidade. Para a intubação foi utilizado um tubo endotraqueal de 14mm, com o animal permanecendo conectado a um sistema respiratório semifechado, utilizando 100% de oxigênio a um fluxo de 5-6 L/min durante a respiração espontânea.



**Figura 1.** Potra Puro-sangue de um dia de idade (A), demonstrando significativa deformidade do tipo varus no osso do terceiro metatarso esquerdo. Vista radiográfica Dorso-plantar (B) e latero-medial (C) do terceiro metatarso esquerdo. Em (B), deformidade angular do tipo varus no terceiro metatarso, pouca congruência da articulação metatarso-falangeal (seta menor). Em adição, espessamento da camada cortical na superfície concava (seta). Em (C), alinhamento anormal do osso (seta) e pouca congruência da articulação metatarso-falangeal (seta menor).

O fixador externo utilizado era do maior modelo de fixador tipo II, consistindo na passagem de pinos trans ósseos nos lados medial e lateral do osso. Cada pino trans ósseo representa 20% da espessura óssea da região da transfixação. As pontas dos pinos foram interconectadas por duas barras em cada lado <sup>[5; 6]</sup>. Para a instalação dos pinos durante o procedimento de ostectomia em cunha, foi realizada uma incisão de pele na face lateral do terceiro metatarso, e os pinos foram instalados sem alcançar as linhas de crescimento na seguinte sequência: pino 1, paralelo a superfície articular proximal; pino 2, paralelo a superfície articular distal; pino 3, paralelo ao pino 1; pino 4, paralelo ao pino 2; pino 5, paralelo ao pino 3; pino 6, paralelo ao pino 4 (Figura 2B). Com a distância entre os pinos sendo mensurada para garantir que as distancias entre os lados medial e lateral fossem iguais <sup>[6; 7]</sup>.

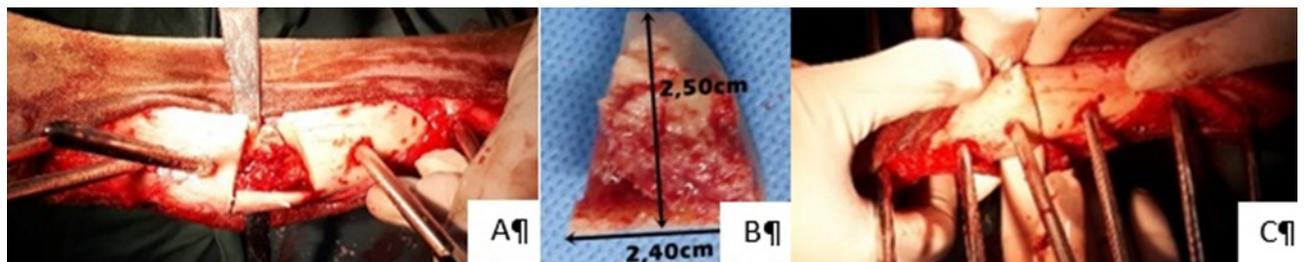


**Figura 2.** (A) Avaliação pré-operatória da angulação na parte distal do membro pélvico de uma potra Puro-sangue de 41 dias de vida, com um desvio de  $41.6^\circ$ . (B) As linhas azuis indicam a localização das linhas de crescimento; as linhas vermelhas enumeradas correspondem a sequência de pinos trans ósseos a serem instalados

O ponto de encontro entre os pinos 5 e 6, proximal e distal a curvatura do osso, determina a área da osteotomia em cunha. As corticotomias foram iniciadas com uma serra óssea sagital, sendo resfriada com solução

NaCl 0.9%. A primeira corticotomia foi paralela ao pino 5, alcançando somente a primeira cortical do osso. Enquanto a segunda corticotomia ocorreu paralela ao pino 6, também alcançando somente a primeira cortical. Uma osteotomia parcial permitiu a visualização do canal medular e seus respectivos vasos (Figura 3A), assim evitando uma possível hemorragia. Em seguida, o mesmo procedimento de corticotomia foi realizado para a finalização da osteotomia em cunha. Cada segmento de osso mensurava  $2.4 \times 2.5$  cm (Figura 3B); ao total, dois segmentos de osso de igual tamanho e espessura foram removidos. Após a retirada da porção óssea correspondente a osteotomia em cunha, procedeu-se para o realinhamento ósseo (Figura 3C) e o desvio foi de  $41.6^\circ$  (Figura 2A) para  $9^\circ$  (Figura 4A).

A pontas dos pinos intraósseos foram interconectadas utilizando o metilmetacrilato de haste de base, com a espessura final de 4 cm. Um pino de Kirschner foi colocado juntamente com cada haste, para aumentar a dureza e prevenir dobraduras da base. Entretanto, ao cortar o excesso do comprimento dos pinos, houve um desalinhamento da linha de osteotomia. Para o realinhamento, foi necessário abrir o metilmetacrilato para cortar a haste de base. Após o corte da haste, a área aberta do metil metacrilato foi então preenchida do mesmo novamente, assim não comprometendo a estabilidade da fixação externa. Na radiografia, esse corte da haste de base causa a impressão de que o pino está quebrado. A avaliação radiográfica confirmou o alinhamento das epífises e diáfises (Figura 4B).

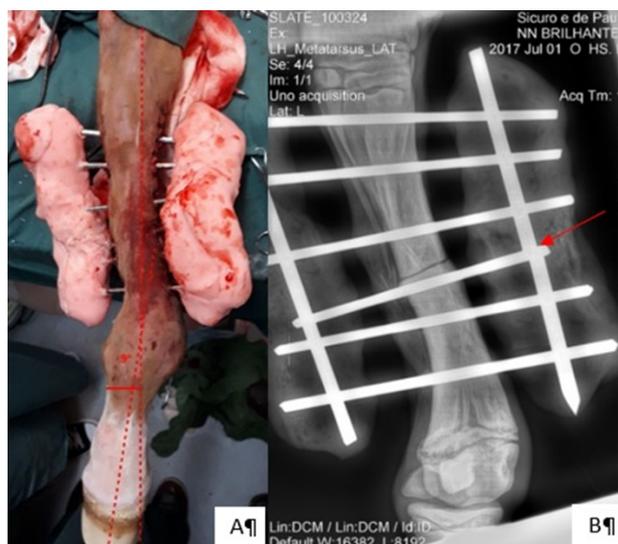


**Figura 3.** (A) Imagem transoperatória após a remoção de uma das corticais para a visualização dos vasos do canal medular do terceiro metatarso de uma potra Puro-sangue de 41 dias de idade. (B) Imagem fotográfica após a remoção de uma das camadas corticais ( $2.4 \times 2.5$  cm). (C) Realinhamento ósseo nas linhas de corticotomia após a osteotomia em cunha.

### 2.3 Cuidados no pós-operatório

Os curativos do sítio cirúrgico foram realizados utilizando penicilina tópica na região dos pinos trans ósseos; foram usados algodão ortopédico hidrofóbico, bandagem de crepon, bandagem elástica, gesso e plástico PVC (cloreto

polivinílico biodegradável), e uma bandagem de Robert Jones foi plicada<sup>[8]</sup>. Logo após a recuperação anestésica, o animal já ficava em pé, sustentando o peso no membro operado, sem sinais de desconforto. No período pós-operatório, foram administrados tramadol [cloridrato de tramadol  $2.5$  mg/Kg/IM a cada 12 horas por quatro dias],



**Figura 4.** (A) Imagem fotográfica do membro pélvico de equino com 41 dias de vida, após osteotomia em cunha do terceiro metatarso e colocação de fixador externo. Um ângulo de 9º entre as superfícies das articulações tarsometatarsais e metatarsofalangeais permaneceu. (B) Imagem radiográfica em incidência dorso-plantar, logo após o procedimento cirúrgico. Observe o alinhamento das epífises e a região de corte (seta) do pino que foi colocado dentro da barra de resina que interliga as pontas dos pinos.

## 2.4 Acompanhamento

No dia seguinte à cirurgia, a potra foi observada em pé e sem sinais de dor. Durante o período pós-operatório a potra demonstrou evolução clínica positiva. Os curativos foram trocados a cada 10 dias.

O desvio angular foi mensurado antes e depois do procedimento cirúrgico (Figura 5A), resultando em uma redução total de  $32,6^\circ$  (de  $41,6^\circ$  para  $9^\circ$ ), após casqueamento corretivo 75 dias após a cirurgia, alcançou  $8,4^\circ$  de desvio angular (Figura 5B). Imagens radiográficas adicionais foram obtidas aos 21, 55, 120 e 180 dias pós-cirúrgicos para monitorar o progresso, revelando a formação gradual de calo ósseo. Em nenhuma das radiografias foi observado lise óssea devido à mobilidade dos pinos intraósseos, nem reabsorção óssea, ou presença de osteomielite. A cicatrização total foi observada aos 180 dias (Figura 5C), sem formação de calo ósseo em excesso.

Um hemograma e os mesmos exames bioquímicos da avaliação pré-operatória foram repetidos nos mesmos dias das avaliações radiográficas, com os resultados permanecendo dentro dos parâmetros de normalidade. Durante o uso do fixador externo, o animal foi mantido com restrição de espaço e atividades. Após a remoção dos implantes, o animal demonstrou aumento da atividade, mas em nenhum momento deixou de utilizar o membro operado. A intervenção cirúrgica foi um sucesso e o paciente foi observado por nove meses, e pode-se concluir que o animal encontra-se capaz de realizar atividades

normais, incluindo caminhar, trotar e correr, apesar de uma pequena rotação na articulação metatarso-falangeal, esta observada desde a remoção do fixador externo, realizada aos 190 dias após a sua instalação (Figura 6B).



**Figura 5.** (A) Fotografia do membro pélvico de potra Puro-sangue. Nota-se um grande desvio angular do tipo varus no terceiro metatarso. (B) Fotografia do mesmo membro após 75 dias da osteotomia em cunha, estabilização com fixador externo e casqueamento corretivo. Há um desvio angular remanescente de  $8,4^\circ$  na superfície das articulações tarso-metatarsal e metatarso-falangeal. Radiografia toraco-plantar (C) no terceiro metatarso esquerdo de uma potra Puro-sangue, aos 221 dias de idade e 180 dias após a osteotomia em cunha e instalação de fixador externo. Nota-se a completa cicatrização óssea (seta) na linha em que ocorreu a incisão do osso.



**Figura 6.** (A) Imagem fotográfica do membro pélvico esquerdo de um equino aos 41 dias de idade. Nota-se um grande desvio angular no terceiro metatarso. (B) Imagem fotográfica do mesmo membro após 10 dias da remoção do fixador externo.

### 3. Discussão

O caso apresentado é uma rara doença congênita em cavalos, somente alguns estudos foram encontrados, a maioria das publicações são revisões bibliográficas e estudos retrospectivos de procedimentos menos invasivos utilizados no tratamento de deformidades menores<sup>[2, 9]</sup>.

O uso do fixador externo em potros é relativamente incomum, devido a necessidade de muitos cuidados e o potencial de complicações pós-operatórias, como osteomielite, afrouxamento e quebra dos pinos. Métodos alternativos de correção, como uso de pontes transfixadas no lado convexo da haste, utilizando parafusos e fios metálicos, ou placas e parafusos, estes mais comumente utilizados. O uso de fixador externo deve ser considerado com precaução, os benefícios devem ser maiores que os riscos. A decisão pelo uso do fixador externo se deve a partir da expertise do cirurgião<sup>[2, 9; 10]</sup>. Entretanto, o uso de fixador externo em equinos tem sido demonstrado, incluindo animais mais velhos<sup>[5]</sup>. Acreditamos que a cirurgia aos 41 dias de vida foram uma intervenção precoce, evitando maiores danos as articulações adjacentes, principalmente o boleto, que apresenta taxa de crescimento rápido nos primeiros meses de vida<sup>[2]</sup>. A intervenção precoce também ajudou na possibilidade de outras articulações compensarem a menor extensão metatársica, se comparada ao membro contralateral, sendo que as outras articulações do membro operado chegam a 180° de extensão<sup>[7; 6]</sup>. Além disso, o uso de fixador externo permite o cálculo apurado da área de ostectomia, visto que a introdução dos pinos trans ósseos é calculada e progressivamente aplicada.

Para interconectar os pinos trans ósseos, um pino de Kirschner e uma base de resina acrílica foram utilizados, sendo funcionais e resistentes ao longo do período pós-operatório. A espessura da resina foi de aproximadamente 4 cm, equivalente a espessura do osso da paciente. Essa relação de espessura foi similar a utilizada em cães de porte grande, em que a espessura da resina é de 2 cm, equivalente a espessura óssea nesses cães de grande porte<sup>[6]</sup>.

Observou-se um desalinhamento do osso durante o período de secagem e endurecimento da resina acrílica. Entretanto, o uso do pino de Kirschner e a resina acrílica, para a estabilização dos pinos trans ósseos, facilitou o realinhamento dos pinos trans ósseos. O pino de Kirschner e a resina puderam ser cortados, e assim os pinos trans ósseos realinhados. Uma vez realinhados, uma nova camada de resina foi aplicada para a estabilização da haste de conexão, como descrito previamente<sup>[7]</sup>. Sugere-se que um molde estéril do desvio metatársico, determinado por radiografias obtidas para o planejamento cirúrgico, seja utilizado para aumentar a precisão da área de ostectomia. Embora haja um desvio residual possa ocorrer, primariamente na articulação do boleto, isso não deverá impedir o uso do membro durante o crescimento e

vida adulta do animal.

A maioria dos potros nasce demonstrando algum grau de desvio angular, devido a frouxidão ligamentar e muscular. Comumente, desvios importantes estão relacionados a prematuridade, parto gemelar, placentite, trauma de tecidos moles no parto, e flacidez das estruturas que suportam as articulações<sup>[13]</sup>. A deformidade ortopédica envolvendo somente o osso do terceiro metatarso esquerdo dessa potra, foi provavelmente devido ao posicionamento intrauterino, pois não havia alterações nutricionais, metabólicas e endócrinas.

O grande desvio mostrado nesse estudo, e a severidade da deformidade angular eram incompatíveis com a vida na fase adulta. Uma grande angulação em uma das articulações, limita a distribuição de carga sob as demais articulações do membro, e a longo prazo haveria pobre distribuição de cargas nos demais membros, gerando angulações ruins e sobrecarga do esqueleto abaxial, chegando até mesmo ao esqueleto axial. Como resultado dessas angulações errôneas poderia haver perda funcional do membro, claudicação, dor crônica, e relutância ao exercício físico<sup>[2; 11; 12; 13]</sup>.

Após a cirurgia, observou-se o crescimento adequado, sem doenças do desenvolvimento, com boa cicatrização de pele e osso. A formação de calo ósseo não exagerado, como observado nesse relato, demonstra o bloqueio total das cinco forças de ruptura (tensão, compressão, flexão, afastamento e cisalhamento) que agem sob a área de ostectomia<sup>[6]</sup>. Além disso, deve-se considerar a ausência de histórico familiar de doenças ósseas estruturais. Não foram encontrados sinais compatíveis com síndromes que pudessem ser transmitidas a seus herdeiros.

Um grau de osteoporose foi observado na área de ostectomia durante a remoção dos implantes. Isso poderia ter sido evitado se o fixador externo fosse mantido por um período menor e com acompanhamento radiográfico mensal, que agora pode ser sugerido, para melhor monitoramento do momento ideal de remoção dos implantes, que deve ser logo após da formação de adequado calo ósseo. Muitos fatores, incluindo custos, estavam envolvidos na escolha cirúrgica do presente caso. Em última análise, uma técnica eficiente e de baixo custo era indicada. Além disso, a fixação externa músculo esquelética, resulta em total apoio do peso sob o membro durante o período pós-operatório, como evidenciado no presente caso. Isso provou-se como a maior vantagem da técnica, considerando maiores riscos como a hiperextensão do membro contralateral<sup>[14]</sup>. Por fim, o uso de fixador externo em equinos é desafiador, e acreditamos que os excelentes resultados no presente caso foram obtidos porque a técnica foi utilizada em um animal jovem, leve e ativo.

#### 4. Conclusão

Concluimos que a ostectomia em cunha é uma técnica cirúrgica efetiva para a correção de desvios angulares congênitos do terceiro metatarso em potros. O procedimento resulta em melhora significativa do alinhamento ósseo do membro acometido e grande redução de claudicação. Mais estudos são necessários para avaliar os resultados a longo prazo e potenciais complicações associadas a esta técnica cirúrgica.

#### Material suplementar

Vídeo 1 - [Potra com 21 dias.](#)

Vídeo 2 - [Recuperação da cirurgia.](#)

Vídeo 3 - [7 meses após a cirurgia.](#)

Vídeo 4 - [18 meses após a cirurgia.](#)

#### Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

#### Contribuições do autor

*Conceituação:* P. A. Lara. *Investigação:* J. A.V. Junior, M. Maciel e P. A. Lara. *Recursos:* L. C. Zeni, C. E. Camargo e L. G. A. Capriglione. *Supervisão:* P. V. M. Junior. *Redação (esboço original):* J. A.V. Junior. *Redação (revisão e edição):* M. Maciel.

#### Agradecimento

Ao professor Enio Moura, pelo suporte técnico em genética veterinária.

#### Referencias

- Bertone AL. (2011). Angular limb deformities associated with the diaphysis of the third metacarpal and metatarsal bones (Cannon bone). In: Baxter GM, ed. Adams & Stashak: Lameness in Horses. 6th ed. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell; 636-637.
- McCarrel TM. (2017). Angular limb deformities – Growth retardation. *Veterinary Clinics: Equine Practice*. 33: 353-366. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.cveq.2017.03.006>
- O'Grady SE. (2017). Routine trimming and therapeutic farriery in foals. *Veterinary Clinics of North America: Equine Prac-*

*tice*. 33:267-288. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.cveq.2017.03.012>

- Carpenter RE, Byron CR. (2015). Equine Local Anesthetic and Analgesic Techniques. In: Grimm KA, Lamont LA, Tranquilli WJ, Greene SA, Robertson SA, eds. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 5th ed. Hoboken, NJ: Willey-Blackwell; 904.
- Sullins KE, McIlwraith W. (1987). Evaluation of 2 types of external skeletal fixation for repair of experimental tibial fractures in foals. *Veterinary Surgery*. 16:255-264. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.1987.tb00949.x>
- Johnson AL. (2015). Fundamentals of Orthopedic Surgery and Fracture Management. In: Fossum TW. *Small Animal Surgery*, 4th ed. Maryland, MO: Mosby; 1033-1105.
- Denny HR, Butterworth SJ. (2006). *Orthopedic surgery in dogs and cats*. 4th ed. São Paulo, SP: Roca; 396-427.
- Lutter JD, Cary JA, Stephens, RR, Potts, LB. (2015). Relative stiffness of 3 bandage/splint constructs for stabilization of equine midmetacarpal fractures. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 25:379-387. DOI: <https://doi.org/10.1111/vec.12299>
- Witte S, Hunt R. (2009). A review of angular limb deformities. *Equine Veterinary Education*. 21:378-387. DOI: <https://doi.org/10.2746/095777309X440096>
- Getman LM. (2011). Surgical treatment of severe, complex limb deformities in horses. *Equine Veterinary Education*. 23:386-390. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3292.2011.00242.x>
- Caron JP. (1988). Angular limb deformities in foals. *Equine Veterinary Journal*. 20:225-228. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1988.tb01508.x>
- Trumble TN. (2005). Orthopedic Disorders in Neonatal Foals. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. 21:357-385. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.cveq.2005.04>.
- García-Lopez JM. (2017). Angular limb deformities: Growth Augmentation. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. 33:343-351. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.cveq.2017.03.005>
- Aithal HP, Kinjavdekar P; Amapal, Pawde AM, Zama NMS, Dubey P, Kumar R, Tyagi SK, Madhe DN. (2019) Epoxy-Pin External Skeletal Fixation for Management of Open Bone Fractures in Calves and Foals: A Review of 32 Cases. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 1:1-12. DOI: <http://doi.org/10.1055/s-0039-1678736>