

CONSIDERAÇÕES SOBRE FRATURAS EM AVES

Luis Orlando Baselly Cueva¹
Sheila Canevese Rahal²
Luciane Reis Mesquita³
Maria Jaqueline Mamprim²
Arthur Carlos da Trindade Alves⁴
Washington Takashi Kano³
Túlio Genari Filho³
Lídia Mitsuko Matsubara⁵

RESUMO

A presente revisão teve por objetivos descrever diversos aspectos das fraturas em aves, alguns métodos de imobilização e as complicações das fraturas. Embora os princípios de reparo da fratura em aves seja similar aos de pequenos animais, existem diferenças que precisam ser consideradas no momento da aplicação do método de imobilização. As fraturas em aves podem ser imobilizadas por meio da coaptação externa (talas e bandagens), fixação interna (pinos, fios de cerclagem, placas ósseas) e fixação externa, entre outros, cada qual com suas vantagens e desvantagens. A severidade da fratura interfere na taxa e curso da consolidação; contudo, a estabilidade clínica pode preceder a evidência radiográfica, que é visibilizada entre 3 e 6 semanas. As fraturas em aves tendem a ser expostas e cominutivas, em virtude da insuficiente cobertura de tecidos moles. Quando expostas, as fraturas apresentam alto risco de osteomielite e, conseqüentemente, podem desenvolver união atrasada ou não-união.

Palavras-chave: tratamento, consolidação, osso, imobilização, complicação.

CONSIDERATIONS ON AVIAN FRACTURES

ABSTRACT

This review aimed to describe aspects of bird fractures, some immobilization techniques and the complications of fractures. Although the principles of fracture repair in birds are similar to those of small animals, there are differences that **should be considered** during the application of the immobilization method. Fractures in birds can be immobilized by external coaptation (splints and bandages), internal fixation (pins, cerclage wires, bone plates) and external fixation, among others, each one with its own advantages and disadvantages. The severity of the fracture interferes in the rate and course of bone healing; however, clinical stability may precede radiographic evidence, which is visible in 3-6 weeks. Avian fractures tend to be open and **comminuted**, because of the scarce cover of soft tissues. Open fractures have high risk of developing osteomyelitis and, consequently, may develop delayed union or non-union.

Keywords: treatment, healing, bone, immobilization, complication.

¹ Doutorando PPG Animais Selvagens da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu - UNESP.

² Professora da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu-UNESP – Botucatu, SP

³ Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu. lrmesquita@yahoo.com.br . Correspondência.

⁴ Residência Médica em Medicina de Animais Selvagens, FMVZ-UNESP-Botucatu.

⁵ Docente de Anestesiologia Veterinária, da Universidade Estadual de Londrina (UEL)

CONSIDERACIONES SOBRE FRACTURAS EN AVES

RESUMEN

La presente revisión tuvo por objetivos describir aspectos relacionados a las fracturas en aves, algunos métodos de inmovilización y las complicaciones de las fracturas. Aunque los principios de reparación de las fracturas en las aves son similares a los de los pequeños animales, existen diferencias que deben considerarse en el momento de la aplicación del método de inmovilización. Las fracturas en aves pueden ser inmovilizadas por medio de la coaptación externa (tallos y vendajes), fijación interna (Clavos, hilos de cerclaje, placas óseas) y fijación externa, entre otros, cada uno con sus ventajas y desventajas. La severidad de la fractura interfiere en la tasa y el curso de la consolidación; sin embargo, la estabilidad clínica puede preceder a la evidencia radiográfica, que es visibilizada entre tercera y sexta semana. Las fracturas en aves tienden a ser expuestas y conminutas, debido a la insuficiente cobertura de tejidos blandos. Cuando están expuestas, las fracturas presentan un alto riesgo de osteomielitis y, consecuentemente, pueden desarrollar unión atrasada o no-unión.

Palabras clave: tratamiento, consolidación, hueso, inmovilización, complicación.

INTRODUÇÃO

Quando uma ave apresenta uma fratura de origem traumática, certamente isso decorre de um impacto maior, o que requer um completo exame físico para identificar outras possíveis injúrias (1). Além disso, em aves de vida livre, é preciso considerar a possibilidade de doenças intercorrentes como fator contribuinte da lesão (2). Neste sentido, a fixação definitiva de uma fratura é raramente uma emergência, sendo como primeira prioridade a estabilização do paciente (3). Importante ainda considerar que a maioria das aves estará sob severo estresse após a fratura, tanto pelo trauma, como pelo estresse adicional da contenção e manuseio (4).

Embora os princípios de reparo da fratura em aves sejam similares aos de pequenos animais, existem diferenças que precisam ser consideradas, tais como: corticais finas e frágeis, os quais não permitem a fixação adequada dos implantes; menor cobertura óssea pelos tecidos moles; escassez de enxerto esponjoso para ser coletado; o canal medular é largo e isso dificulta colocar um implante que ocupa todo o diâmetro do mesmo e que conjuntamente não seja pesado para um paciente muitas vezes leve de massa corpórea; o apoio sobre os membros pélvicos deve ser restaurado de forma precoce, já que a locomoção é bipedal (3-5). Além disso, em algumas aves, há presença de ossos pneumáticos, tais como o úmero e o fêmur em algumas aves, o que dificulta o uso de implantes intramedulares (6-8).

Sendo assim, a presente revisão teve por objetivos descrever os aspectos das fraturas em aves, alguns métodos de imobilização e suas complicações.

DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

Aspectos das fraturas em aves

Um fato a ser considerado é que a consolidação de fraturas em aves difere de mamíferos (9). Podem contribuir para isto o número de células presentes no perióstio e endóstio (9), assim como a participação e diferenciação das células sanguíneas no processo de consolidação óssea, já que as aves apresentam células nucleadas (9). Ademais, embora as aves possuam osso cortical e esponjoso, o osso cortical é organizado em padrões mistos de sistema lamelar e haversiano incompleto, sendo que este último varia consideravelmente entre as espécies (10). O osso

esponjoso é principalmente encontrado nas epífises dos ossos longos e vértebras, porém em ossos de natureza pneumática há mínima quantidade do mesmo (11). Em estudo de ossos longos de 24 espécies de aves foi observado que apenas os ossos do úmero e fêmur foram pneumatizados, embora com porcentagens diferentes, uma vez que 70% dos úmeros foram pneumatizados, enquanto 39% dos fêmures não tinham medula óssea (12).

O calo endosteal é um componente importante na consolidação de fraturas em aves, desde que se proporcione um suporte rápido e rígido com um osso bem alinhado, ao passo que o calo periosteal proporciona um suporte secundário (4,10).

Algumas vezes o grau e o tipo de dano ao tecido mole podem ser mais críticos em determinar, após a cirurgia, o retorno pós-cirúrgico à função, do que a injúria óssea específica (1). Aderências entre os tecidos danificados podem limitar a função muscular e o movimento articular (13). O tênue suprimento sanguíneo das fraturas distais ao carpo e tarso aumenta o potencial para complicações, aliado ao pouco suporte de tecido mole, composto apenas por tendão e pele (4).

A severidade da fratura interfere na taxa e curso da consolidação; contudo, a estabilidade clínica (2-3 semanas) pode preceder a evidência radiográfica (3 a 6 semanas), sugerindo que o implante possa ser removido antes da consolidação estar visível radiograficamente (4,14). Fraturas adequadamente alinhadas consolidam mais rapidamente do que em mamíferos, estando estáveis com 3 a 4 semanas (15,16). Vale ainda citar que o tempo necessário para a consolidação de uma fratura depende da quantidade de deslocamento, a integridade do suprimento sanguíneo, a presença de infecção e o grau de mobilidade das estruturas ósseas envolvidas (4). Se a fratura estiver corretamente alinhada e as extremidades dos fragmentos ósseos com contato entre suas corticais, a consolidação óssea ocorre com calo endosteal, porém se os ossos não estiverem alinhados ou houver movimento no foco de fratura, ocorrerá formação de calo periosteal (14,15) (Figura 1). O osso recebe o suprimento sanguíneo por vasos localizados no perióstio, região medular e os originários da metáfise e epífise (14). A maior parte do calo, durante a consolidação, é derivada da superfície periosteal, sendo o suprimento de sanguíneo para o perióstio, muito importante (3,14). Por sua vez, a circulação intramedular parece ser de menor importância na consolidação óssea aviária do que nos mamíferos³.

O reparo de uma fratura do membro torácico, em especial próximo da articulação, precisa ser efetuado de forma a evitar a anquilose e proteger o tecido mole, para, assim, assegurar o retorno da capacidade de voar, em especial em aves de vida livre (1). Estas precisam de total restauração da função musculoesquelética antes de retornar ao *habitat* (15). Por outro lado, aves que são mantidas em cativeiro são capazes de tolerar a perda funcional do membro torácico (1), porém a meta é o retorno a uma vida confortável e livre de dor (16).

Em muitas aves, as porções do canal medular do úmero são conectadas aos sacos aéreos, os quais são importantes para reduzir o peso do osso e contribuir para o ciclo respiratório durante o voo (1).

O rádio e a ulna, em geral, deslizam entre si longitudinalmente, de forma que, se ocorrer uma fusão entre eles, o pássaro será incapaz de supinar ou pronar o carpo, impossibilitando a adequada capacidade de voo (1,13). A ulna é o principal osso de suporte do conjunto, de forma que fraturas ulnares podem contribuir para a fratura de estresse do rádio, a menos que um suporte adicional seja efetuado (13).

Os membros pélvicos em aves podem ser usados, de acordo com a espécie, para empoleirar, escalar, capturar e manipular itens de comida, sendo assim muito importantes em termos funcionais (10). Injúrias dos membros pélvicos que alterem o suporte de peso em um ou ambos os pés podem predispor ao desenvolvimento de pododermatite ou artrite¹. Adicionalmente, a fratura de um membro pélvico favorece a distribuição de peso para o membro contralateral e, se não resolvida rapidamente, pode acarretar em complicações no membro saudável (9,5). Uma diminuição de 20 a 30% da função pode ser aceitável, desde que

a disfunção não afete drasticamente a flexão ou extensão do pé ou a preensão de comida (1).

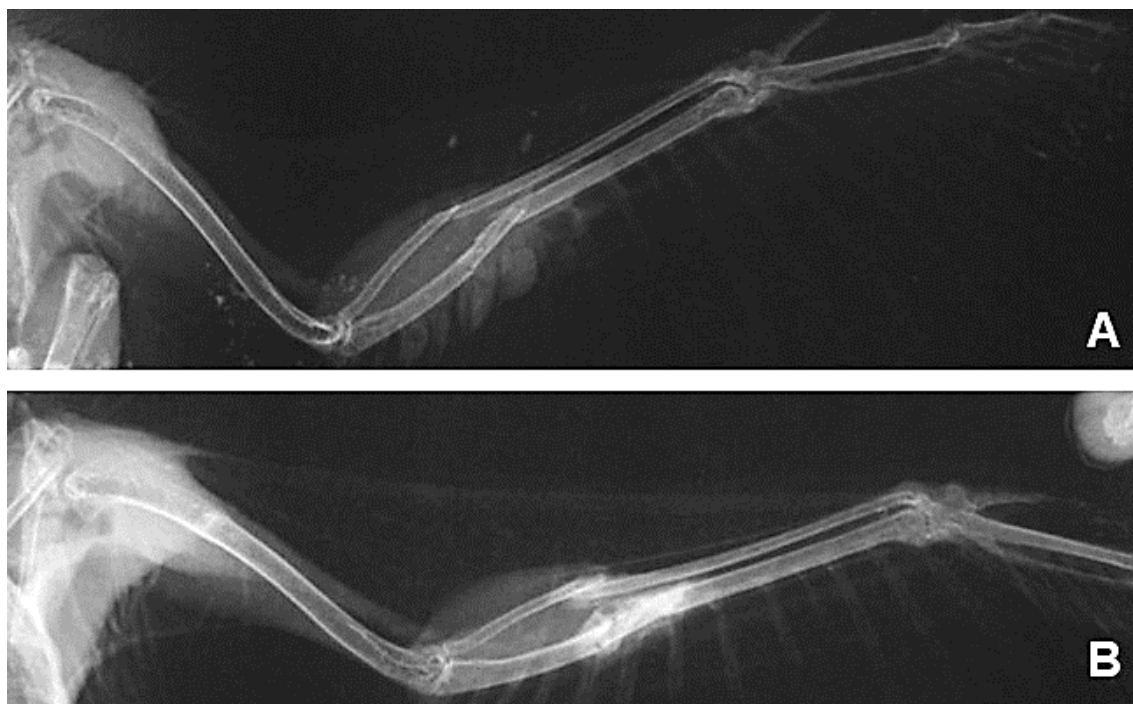


Figura 1. Evolução de fraturas de coruja buraqueira (*Athene cunicularia*) tratada por imobilização externa. Projeções radiográficas mediolateral da asa, nas quais se visualiza fratura oblíqua do rádio e multifragmentar da ulna (a) e a presença de calo externo aos 16 dias de imobilização (b).

Nos membros pélvicos, a fratura do tíbiotársica é considerada uma das mais comuns, especialmente em aves de rapina em cativeiro (4,15). O fêmur tem o potencial de sobreposição dos segmentos fraturados por causa da tração muscular (4). Por sua vez, as fraturas do tarso-metatarso são geralmente expostas (16) e requerem adequada estabilização (4).

Métodos de imobilização das fraturas

As fraturas em aves podem ser imobilizadas por meio da coaptação externa (talas e bandagens), fixação interna (pinos, fios de cerclagem, placas ósseas) e fixação externa, cada qual com suas vantagens e desvantagens (1,2,5,11,17). Na escolha do método de fixação vários fatores precisam ser considerados, incluindo o tipo e a gravidade da injúria; o comportamento, o nível de atividade esperada e as necessidades da espécie aviária (1,5). O retorno à função das extremidades, seja dos membros pélvicos ou torácicos, é uma consideração importante ao se determinar o método de fixação a ser usado (18,19). Além disso, fatores externos como, o consentimento do proprietário e considerações financeiras, precisam ser avaliados (17). O ideal é que a fratura esteja suportada rigidamente, mas que as articulações possam ser movidas livremente (2).

Embora a imobilização externa seja menos dispendiosa, o retorno à função é tipicamente prolongado e pode não ser tão completo quanto à fixação interna (3). São consideradas vantagens da técnica a menor chance de infecção, o menor dano à vascularização regional e o fato de ser uma possibilidade de tratamento em aves cujo porte é pequeno para se planejar a realização de um procedimento cirúrgico (14) (Figura 2). A localização da fratura é crítica ao se escolher este tipo de imobilização, sendo mais adequada para as fraturas do eixo médio, uma vez que fornecem superfície de suporte para as ataduras e, dessa forma, algum benefício pode

ser obtido a partir do alinhamento dos músculos e penas (13) (Figura 3).



Figura 2. Bandagem do tipo Altman para tratamento de fratura tibiotársica em azulão (*Cyanocompsa brissonii*).



Figura 3. Beija-flor-de-peito-azul (*Amazilia lactea*) com bandagem em figura de oito e bandagem asa-corpo para tratamento de fratura da asa.

Os pinos intramedulares são relativamente pouco dispendiosos, proporcionam alinhamento axial, resistem ao dobramento e requerem pouca exposição (4,5). Os pinos confeccionados de titânio comparados aos de aço inoxidável, têm por vantagem a memória e retorno à posição normal após certo grau de dobramento (3). Uma das formas de se evitarem a rotação e forças de cisalhamento é a inclusão da coaptação externa juntamente com o pino

intramedular (17), porém o mais apropriado é o emprego de fixador externo e fios de cerclagem (4). Pinos excessivamente grandes devem ser evitados, porque interferem com o suprimento sanguíneo endosteal, o que pode favorecer à necrose avascular ou a fraturas iatrogênicas (14).

Um estudo avaliou a efetividade de xenoenxerto de pino de osso cortical, proveniente de avestruz (*Struthio camelus*) ou de cão, em relação ao uso de fio de Kirschner no reparo de fratura do úmero induzida em pombos (*Columba livia*) (20). Não foram observadas diferenças estatísticas nos testes biomecânicos; entretanto, os pinos de xenoenxerto promoveram maior calo periosteal e inflamação no local da fratura (20).

Hastes de polímero intramedular são uma outra opção que podem ser aplicadas de forma isolada, com fixador esquelético externo ou com polimetilmetacrilato, porém são menos rígidas do que o aço (4).

A fixação esquelética externa com fixadores simples tem sido usada em aves por promover a formação de calo endosteal e minimizar a formação de calo periosteal, já que este último pode afetar as atividades dos músculos e tendões e enfraquecer o voo (6,21,22). Há uma variedade de sistemas, com diferenças em conectores e barras, sendo que estas últimas podem ser de fibra de carbono, alumínio, titânio, polimetilmetacrilato e resina de epóxi, entre outros (4,10,17). Além disso, diferentes tipos de pinos podem ser aplicados, incluindo os pinos de Steinmann, fios de Kirschner e pinos rosqueados (5). As montagens tipo I e tipo II são geralmente as empregadas em aves, embora a montagem tipo III possa ser requerida em aves de maior porte (13,14,17) (Figura 4).

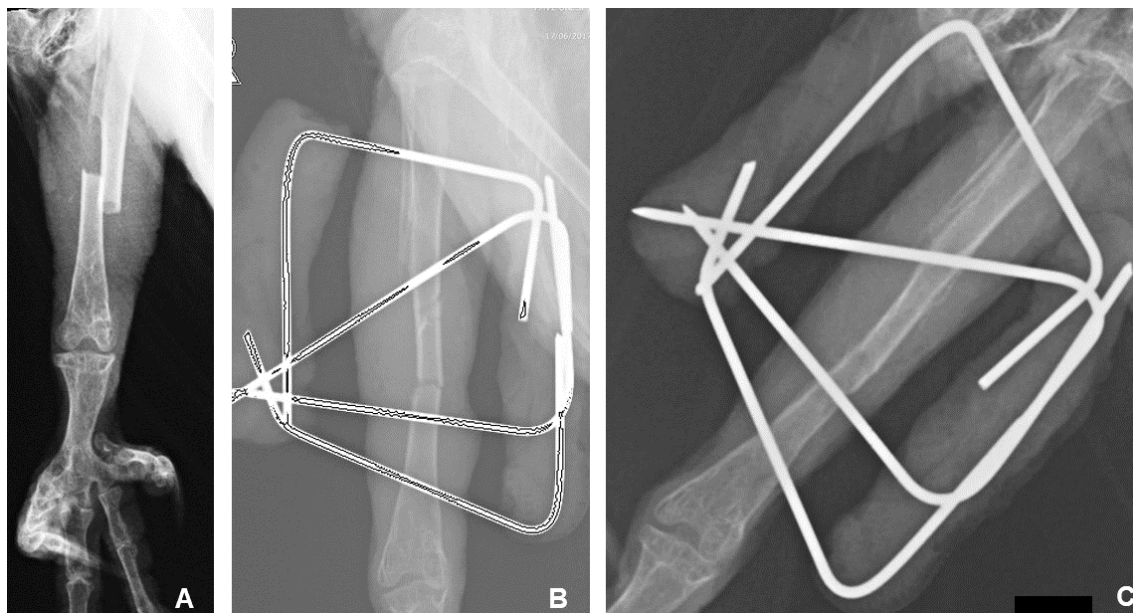


Figura 4. Radiografias em projeção dorsoplantar do membro pélvico de arara-canindé (*Ara ararauna*). (a) Fratura transversa simples do terço médio do osso tibiotársico. (b) Pós-operatório imediato, após a redução e estabilização da fratura com fixador esquelético simples de resina. (c) Três meses de pós-operatório, no qual se observa a consolidação óssea direta.

Em um estudo que comparou o confinamento em gaiola, a imobilização externa, e o fixador externo simples em ossos longos de pombos, foi observado que o fixador permitiu ótima consolidação e o bom alinhamento anatômico, comparado aos demais, além do uso precoce do membro e a manutenção da mobilidade articular (21). O uso de resina de acrílico como substituto da barra do fixador mostrou-se efetivo em 12 membros fraturados de 11 pássaros, tendo como principal complicação, a fratura óssea ao redor do pino, a qual foi atribuída à incorreta manipulação (22).

Por sua vez, o uso de fixadores híbridos, ou fixadores “tie-in”, em que o pino intramedular é unido ao fixador externo, tem por vantagens a diminuição na migração do pino intramedular, a leveza e o fato de permitir a dinamização, entre outras (3,5,17). A técnica permite a manutenção do alinhamento do osso e previne a rotação (2), podendo ser empregada no reparo de fraturas diafisárias e periarticulares de todos os ossos longos das aves, com exceção do tarsometatarso (14). A Figura 5 ilustra um caso tratado com fixador externo “tie-in”.

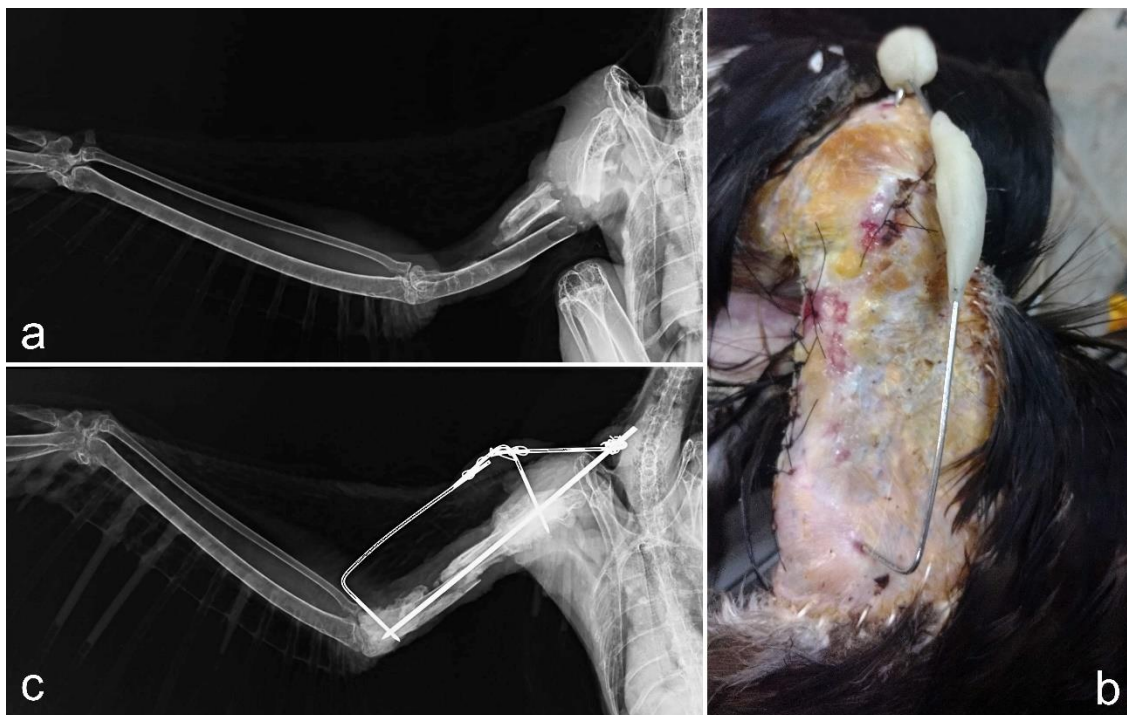


Figura 5. Gavião-pega-macaco (*Spizaetus tyrannus*) com fratura exposta de úmero direito. Imagem radiográfica na projeção ventrodorsal da asa, antes do procedimento cirúrgico, no qual se visibiliza a fratura múltipla com três segmentos (a). Aspecto da ave no período pós-operatório mediato com fixador “tie in”(b). Imagem radiográfica com 45 dias de pós-cirúrgico, na qual se verifica início da consolidação, porém com reação periosteal sugestiva de osteomielite (c).

A aplicação de placas e parafusos requer cuidado, em virtude das corticais finas e delicadas das aves, as quais proporcionam pobre capacidade de retenção dos parafusos (4,14). As placas podem ser empregadas sozinhas ou com polimetilmetacrilato intramedular (4). Diferente dos pinos intramedulares, as placas proporcionam estabilidade com relação às forças de cisalhamento e rotação (5). Se possível, a placa deve ser removida após a consolidação da fratura, especialmente em casos de sensibilidade ao frio, o que pode resultar em dor e automutilação (4).

Bennert et al. (23) avaliaram a consolidação da fratura de rádio e ulna induzida em 27 pombos (*Columba livia*), as quais foram imobilizadas por dois tipos de miniplacas de aço aplicadas apenas na ulna. Quatro grupos foram compostos: placa adaptada de 1,3 mm com ou sem bandagem de figura em oito e placa de compressão de 1 mm com ou sem bandagem de figura em oito. Os exames radiográficos foram conduzidos com 3, 14 e 28 dias após a cirurgia. Em todas as aves, as fraturas consolidaram sem dobramento ou distorção das placas, não apresentando diferenças entre os tratamentos. Um total de 85,2% das aves apresentou habilidade de voo boa ou muito boa. De acordo com os resultados, ambos os sistemas podem

ser recomendados para aves pesando menos de 500 g e a aplicação da bandagem de figura em oito foi considerada benéfica por até 10 dias de pós-operatório, visto reduzir o risco de infecção pós-operatória. De acordo com os autores, se a placa for removida, isto precisa ser efetuado antes de 28 dias após a cirurgia, já que no dia 28 de pós-operatório, em 15 pássaros, a linha de fratura foi apenas parcialmente visível e, em três animais, estava completamente coberta por calo ósseo.

Darrow et al. (24) realizaram estudo biomecânico *ex vivo* para comparar a força de dobramento de uma placa bloqueada, placa não bloqueada e fixador “tie-in” em modelo de fratura do úmero (ostectomia transversa de 1 mm), em pombos (*Columba livia*). As construções foram testadas ciclicamente por teste não destrutivo por 1000 ciclos. A configuração do fixador “tie-in” foi mais rígida e mais forte que as placas fixadas na posição dorsal, mas possuía menor energia de tensão. Segundo os autores, a importância na consolidação da fratura ainda precisa ser esclarecida.

Complicações

A má-união ou não-união se devem-se à instabilidade no local da fratura, seja pela aplicação de método de fixação externo ou interno (2,3). Também, o dano maciço ao tecido mole e a isquemia associada são fatores que favorecem a ocorrência destas complicações da fratura (13) (Figura 6).

O manejo da não-união da fratura inclui adequada imobilização da fratura, preferivelmente com algum grau de compressão, a qual pode ser realizada com um aparato adicional, coaptação adicional, ou diminuição do nível da atividade da ave (2,3). Em casos iniciais de má-união em que há um calo ativo, este pode ser removido e usado como um enxerto (2). Em casos de mais longa permanência, o enxerto ósseo pode ser coletado da carina do esterno (3).

Segundo Bennett e Kuzman (4), o auto-enxerto mais comumente empregado em aves é o cortico-esponjoso, colhido da carina. Os ossos longos maiores (fêmur e úmero) podem ser pneumáticos e assim não possuem significativa quantidade de enxerto esponjoso. Por sua vez, os ossos mais distais são estreitos e não são uma boa fonte de enxerto esponjoso. Contudo, em aves maiores e de hábito terrestre, o tibiotarso proximal pode proporcionar adequada quantidade de enxerto esponjoso.

As fraturas em aves tendem a ser expostas e cominutivas, em virtude da insuficiente cobertura de tecidos moles (3,4,14). Quando expostas, as fraturas apresentam alto risco de osteomielite e, conseqüentemente, união atrasada ou não-união da fratura (17,21). Além disso, as fraturas cominutivas são mais prováveis de se tornarem infectadas, resultando em osteomielite secundária (1). No caso de fraturas que envolvem os ossos pneumáticos, além do maior risco de osteomielite, a infecção pode se estender aos sacos aéreos, com conseqüente saculite (16).

Os casos de osteomielite pós-operatória podem ser manejados com debridamento cirúrgico e terapia antibiótica baseada no cultivo microbiano e sensibilidade (3). Se possível, o osso afetado deve ser removido no momento da cirurgia; porém, se a infecção atingiu a cavidade medular é difícil prever se ocorrerá a formação de material purulento, o qual se apresenta como massa caseosa (2). Isso ocorre porque os heterófilos não possuem proteinase para liquefazer o tecido necrótico, sendo a osteomielite caracterizada por lesões caseosas, secas e sem drenagem (1). A implantação de pérolas de polimetilmetacrilato pode ser benéfica, desde que altas concentrações de antibiótico sejam alcançadas na área circundante (3). Importante citar que a osteomielite granulomatosa é um foco de infecção, a qual pode promover septicemia no caso de a ave apresentar imunossupressão (1).

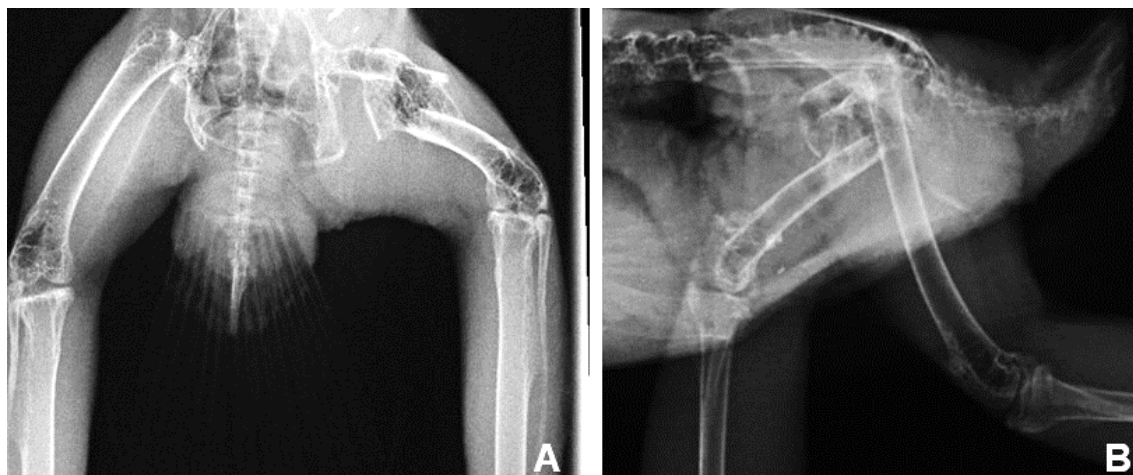


Figura 6. Gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*) resgatado. Projeções radiográficas ventrodorsal (a) e latero-lateral (b) mostrando consolidação errônea de fratura do fêmur esquerdo com desvio do eixo ósseo e encurtamento do membro.

CONCLUSÃO

A despeito da variedade dos métodos de imobilização de fraturas, a escolha deve levar em consideração o retorno à função, tanto dos membros superiores como inferiores. Complicações como a má-união ou a não-união podem ser evitadas ao se priorizar a estabilidade no foco da fratura.

REFERÊNCIAS

1. Martin H, Ritchie BW. Orthopedic surgical techniques. In: Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR. Avian medicine: principles and application. Lake Worth: Wings Publishing; 1999. p.1137-69.
2. Harcourt-Brown NH. Orthopedic conditions that affect the avian pelvic limb. Vet Clin North Am Exot Anim Pract [Internet]. 2002 [cited 2019 Jul 18];5:49-81. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S109491940300046X?via%3Dihub>
3. Helmer P, Redig PT. Surgical resolution of orthopedic disorders. In: Harrison GJ, Lightfoot TL. Clinical avian medicine. Palm Beach: Spix Publishing Inc. Publishing; 2006. p.761-74.
4. Bennett R, Kuzman A. Fracture management in birds. J Zoo Wildl Med [Internet]. 1992 [cited 2019 Jun 9];23:5-38. Available from: https://www.jstor.org/stable/20460265?seq=1#page_scan_tab_contents
5. Carrasco DC. Fracture management in avian species. Vet Clin North Am Exot Anim Pract [Internet]. 2019 [cited 2019 Jul 15];22:223-38. Available from: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1094-9194\(19\)30011-8](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1094-9194(19)30011-8).
6. Bush M. Laparoscopy and surgery. In: Fowler ME. Zoo and wild animal medicine. Philadelphia: WB Saunders; 1986. p.254-61.
7. Orosz SE, Ensley PK, Haynes CJ. Avian surgical anatomy thoracic and pelvic limbs. Philadelphia: WB Saunders; 1992.

8. Williams J. Orthopedic radiography in exotic animal practice. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract* [Internet]. 2002 [cited 2018 Sept 28];5:1-22. Available from: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1094-9194\(03\)00043-4](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1094-9194(03)00043-4).
9. Nunamaker DM. Experimental models of fracture repair. *Clin Orthop Relat Res* [Internet]. 1998 [cited 2018 Sept 28];355:S56-65. Available from: <https://doi.org/10.1097/00003086-199810001-00007>.
10. McFadden MS. Musculoskeletal System. In: Mitchell MA, Tully TN. *Current therapy in exotic pet practice*. St. Louis: Elsevier; 2016. p.352-91.
11. González MS. Skeletal bone structure and repair in small mammals, birds, and reptile. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract*. 2019;22:135-147.
12. Cubo J, Casinos A. Incidence and mechanical significance of pneumatization in the long bones of birds. *Zool J Linn Soc* [Internet]. 2000 [cited 2018 Oct 14];130:499-510. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1096-3642.2000.tb02198.x>.
13. Maccoy DM. Treatment of fractures in avian species. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* [Internet]. 1992 [cited 2018 Oct 14];22:225-38. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019556169250016X>.
14. Doneley B. *Avian medicine and surgery in practice*. London: Manson Publishing Ltda; 2010. Surgery. p.255-84.
15. Forbes NA. Avian orthopedics. *Vet Q* [Internet]. 1998 [cited 2019 Jul 18];20:S69-70. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01652176.1998.10807421?tab=permissions&scroll=top>.
16. Grosso FV. Orthopedic diagnostic imaging in exotic pets. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract* [Internet]. 2019 [cited 2019 Jul 18];22:149-73. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1094919419300039?via%3Dihub>.
17. Ponder JB, Redig P. Orthopedics. In: Speer BL. *Current therapy in avian medicine and surgery*. St. Louis: Elsevier; 2016. p.657-67.
18. Redig PT. Evaluation and nonsurgical management of fractures. In: Harrison GJ, Harrison LR. *Clinical avian medicine and surgery*. Philadelphia: WB Saunders; 1986. p.380-95.
19. Tully TN. Basic avian bone growth and healing. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract* [Internet]. 2002 [cited 2018 Sept 28];5:23-30. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1094919403000446?via%3Dihub>.
20. Wander KW, Schwarz PD, James SP, Powers BE, Taylor B, Wimsatt JH. Fracture healing after stabilization with intramedullary xenograft cortical bone pins: a study in pigeons. *Vet Surg* [Internet]. 2000 [cited 2018 Oct 28];29:237-44. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1053/jvet.2000.5608?sid=nlm%3Apubmed>

21. Williams RJ, Holland M, Milton JL, Hoover JP. A comparative study of treatment methods for long bone fractures. *Companion Anim Pract*. 1987;1:48-55.
22. Kock MD. The use of modified Kirschner-Ehmer apparatus in avian fracture repair. *J Small Anim Pract* [Internet]. 1983 [cited 2019 Jul 30];24:383-90. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1748-5827.1983.tb00378.x>.
23. Bennert BM, Kircher PR, Gutbrod A, Riechert J, Hatt JM. Evaluation of two miniplate systems and figure-of-eight bandages for stabilization of experimentally induced ulnar and radial fractures in pigeons (*Columba livia*). *J Avian Med Surg* [Internet]. 2016 [cited 2019 Jul 30];30:111-21. Available from: <https://bioone.org/journals/Journal-of-Avian-Medicine-and-Surgery/volume-30/issue-2/2015-082/Evaluation-of-Two-Miniplate-Systems-and-Figure-of-eight-Bandages/10.1647/2015-082.short>.
24. Darrow BG, Weigel JP, Greenacre CB, Xie X, Liaw PK, Biskup JJ. Ex vivo biomechanical comparison of titanium locking plate, stainless steel nonlocking plate, and tie-in external fixator applied by a dorsal approach on osteotomized humeri of pigeons (*Columba livia*). *J Avian Med Surg* [Internet]. 2019 [cited 2019 Jul 30];33:29-37. Available from: <https://bioone.org/journals/Journal-of-Avian-Medicine-and-Surgery/volume-33/issue-1/2017-305/Ex-Vivo-Biomechanical-Comparison-of-Titanium-Locking-Plate-Stainless-Steel/10.1647/2017-305.short>.

Recebido em: 16/07/2019

Aceito em: 12/11/2019