

Osteossarcoma de membro torácico em um cão: tratamento com endo-exo-prótese

Thoracic Limb Osteosarcoma in a Dog: Treatment with Endo-Exo-Prosthesis

Iara Martins Araújo¹, Leonardo Augusto Lopes Muzzi¹, Daniel Munhoz¹, Raquel Athanasio¹,
Luana Costa Mancilha Dias¹, Mariana Pimenta Neves¹, Lucas de Souza Pereira¹ & Ivy Meira Liberato²

ABSTRACT

Background: Osteosarcoma (OSA) is the most common primary malignant bone tumor in dogs, accounting for approximately 85% of all malignant bone neoplasms. It primarily affects large-breed and older dogs, with the appendicular skeleton being the most affected site. The disease has an aggressive course, a high metastatic rate, and usually a poor prognosis. Treatment generally involves surgery and chemotherapy, with limb amputation being the traditional procedure. The study aims to report the case of a Saint Bernard dog with OSA in the distal region of the radius and ulna, treated with surgical partial limb amputation and implantation of an endo-exo-prosthesis, and adjuvant chemotherapy.

Case: A 9-year-old, intact male Saint Bernard dog, weighing 65 kg, was admitted to the University Veterinary Hospital with a history of swelling in the distal region of radius and ulna of the left thoracic limb. Radiographic and histopathological evaluation confirmed a diagnosis of osteosarcoma (OSA), and staging examinations showed no evidence of pulmonary metastases. The treatment included partial limb amputation at the mid-third of the radius and ulna followed by implantation of a custom-made titanium endo-exo-prosthesis, and adjunctive chemotherapy. The surgical procedure involved osteotomy of the radius and ulna, intramedullary canal reaming for implant accommodation, and manual implantation of the endo-exo-prosthesis. Immediate postoperative radiographic assessment indicated proper implant positioning. Five days after surgery, soft tissue retraction and suture dehiscence occurred, leading to bone exposure and requiring soft tissue reapproximation at the base of the prosthesis. After 20 days of hospitalization, the patient was discharged with incomplete healing at the skin-implant interface, requiring continuous home wound care. Upon returning 45 days after surgical procedure, the patient showed signs of implant infection. Radiographic examination revealed peri-implant bone resorption and irregular bone proliferation. Bacterial culture identified *Klebsiella pneumoniae* strain, sensitive to meropenem. After completion of antibiotic therapy, a subsequent culture identified a multidrug-resistant *Acinetobacter* sp. infection. Given the ongoing infection and progressive peri-implant bone resorption and implant failure, limb amputation was performed approximately three months after prosthesis implantation. Approximately 6 months after the OSA diagnosis, the patient was hospitalized with severe dyspnea. Thoracic radiography revealed the presence of pulmonary metastases, and euthanasia was performed.

Discussion: The use of endo-exo-prosthesis in dogs presents significant challenges, particularly concerning the soft tissue-implant interface and osseointegration. Successful adaptation of the skin and musculature to the prosthesis is critical for long-term outcomes, as failures at this interface can lead to complications such as infection, dehiscence, and implant failure. Canine patients pose additional difficulties due to factors such as the presence of fur, considerable variability in limb anatomy and size, challenges in enforcing activity restriction, and the potential for secondary issues caused by licking behavior. The reported case highlights both the potential benefits and challenges of endo-exo-prostheses in the treatment of canine OSA. Although the procedure initially preserved limb functionality, postoperative complications, such as soft tissue retraction, infection, and issues with osseointegration, resulted in prosthetic implant failure. The need for improved surgical techniques and the development of technologies that enhance osseointegration and healing at the skin-implant interface is emphasized, aiming to reduce complication rates and improve patient outcomes.

Keywords: bone neoplasm, limb amputation, prosthesis, chemotherapy.

Descritores: neoplasia óssea, amputação de membro, prótese, quimioterapia.

DOI: 10.22456/1679-9216.148642

Received: 4 October 2025

Accepted: 12 March 2026

Published: 8 April 2026

¹Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, Brazil. ²Centro Universitário de Formiga (UNIFOR), Formiga, MG. CORRESPONDENCE: I.M. Araújo [araujoiaara948@gmail.com]. Av. Divino Espírito Santo n. 1000, Ap. 302. CEP 35500-021 Divinópolis, MG, Brazil.

INTRODUÇÃO

O osteossarcoma (OSA) é a neoplasia óssea maligna mais comum em cães e afeta principalmente raças grandes e gigantes, especialmente animais de meia-idade a idosos. [24]. Os ossos do esqueleto apendicular são os mais acometidos, mas a doença pode ocorrer até mesmo em tecidos moles [19,24]. O OSA apresenta curso clínico agressivo, com rápida progressão e alta taxa de metástase, resultando em sobrevida geralmente curta [17].

O tratamento envolve múltiplas abordagens, incluindo cirurgia, quimioterapia e radioterapia. A amputação do membro acometido tem sido a principal opção terapêutica devido à sua simplicidade, à eficácia no alívio da dor e à prevenção de recorrência no membro. No entanto, com o avanço das técnicas cirúrgicas, procedimentos de salvamento de membro têm sido desenvolvidos com o objetivo de preservar o membro em pacientes que não tolerariam bem a amputação e o consequente apoio em três patas [3].

Entre as alternativas disponíveis, as endo-exo-próteses são implantes que combinam uma endoprótese osteointegrada que se estende para fora do membro parcialmente amputado, permitindo a fixação de uma prótese externa para substituir a função do membro [22]. Apesar de promissora, essa técnica enfrenta desafios consideráveis, especialmente em relação à alta incidência de infecções, dificuldade de aderência da pele ao implante exposto e à osteointegração [16].

O presente trabalho tem como objetivo relatar o caso de um cão da raça São Bernardo com OSA em região distal de rádio e ulna que foi tratado com procedimento cirúrgico de preservação do membro torácico por meio de amputação parcial, implantação de endo-exo-prótese e uso de quimioterapia.

CASO

Um cão da raça São Bernardo, não castrado, pesando 65 kg, foi admitido no Hospital Veterinário Universitário da UFLA apresentando histórico de aumento de volume na região distal do rádio do membro torácico esquerdo (MTE). O tutor relatou que a massa vinha se desenvolvendo há aproximadamente 6 meses, porém com evolução mais rápida e ulceração há cerca de 1 semana, associada à claudicação do membro afetado.

Durante o exame físico, os parâmetros fisiológicos do paciente estavam dentro da normalidade,

assim como apetite, defecação e micção. No exame ortopédico, o animal demonstrou claudicação moderada de MTE, além de uma massa sólida na região distal do rádio e ulna esquerdos, de difícil delimitação e dolorosa à palpação.

Exames radiográficos indicaram lesão óssea agressiva lítica e proliferativa na região distal de rádio e ulna, compatível com o diagnóstico de neoplasia óssea primária. Devido a suspeita diagnóstica de OSA, foi realizada biópsia óssea para sua confirmação. A radiografia torácica revelou opacificação dos campos pulmonares, com padrão broncointersticial difuso, e as análises hematológica e bioquímica não mostraram alterações significativas. O paciente foi liberado para acompanhamento domiciliar com prescrição para controle de dor: pregabalina¹ [4 mg/kg, b.i.d. até novas recomendações], dipirona¹ [25 mg/kg, t.i.d. por 10 dias], carprofeno² [Rymadil® - 2,2 mg/kg, b.i.d. por 30 dias], além de manejo de ferida na região ulcerada.

Uma semana após o atendimento inicial, o resultado da biópsia confirmou o diagnóstico de OSA. Foi discutido com o tutor o plano de tratamento que, devido ao porte do animal, incluiu a amputação parcial do membro afetado no terço médio de rádio e ulna associado à implantação de uma endo-exo-prótese e quimioterapia. Com base nas imagens radiográficas do membro acometido, foi realizado o planejamento para confecção personalizada da endo-exo-prótese por tecnologia 3D³ (BioFix3D) [Figura 1].

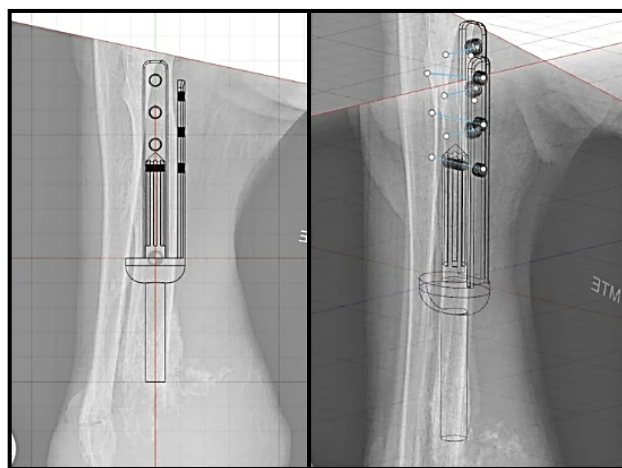


Figura 1. Planejamento para confecção do componente interno da endo-exo-prótese personalizada para o membro torácico em 1 cão da raça São Bernardo. O implante foi confeccionado em titânio, composto por 1 haste intraóssea e 2 placas de fixação: 1 placa para superfície óssea cranial de 3,5 mm e 1 placa para superfície óssea medial de 2,7 mm, cada 1 fixada com 3 parafusos bloqueados. O planejamento permitiu que o parafuso mais distal da placa medial atravessasse o orifício presente na haste intraóssea, garantindo estabilidade e fixação adequada (endo-exo-prótese BioFix3D).



Figura 2. Imagens radiográficas pré-operatórias revelando lesão óssea proliferativa e lítica na região distal de rádio e ulna. A- Projecção dorsoventral. B- Projecção mediolateral.

Foram realizados exames complementares pré-operatórios, e o eletrocardiograma e ecocardiograma revelaram sobrecarga de ventrículo esquerdo e disfunção diastólica, respectivamente. Diante dessas condições cardíacas, a quimioterapia inicialmente planejada com doxorubicina foi substituída por mitoxantrona. Foram realizadas 3 sessões de quimioterapia com mitoxantrona⁴ [Evomixan® - 6 mg/m²] a cada 3 semanas, enquanto a endo-exo-prótese era confeccionada. Durante esse período, o paciente apresentou perda de peso de 15 kg (passando de 65 kg para 50 kg).

A cirurgia foi realizada em aproximadamente 2 meses após o atendimento inicial devido ao tempo de confecção e envio da prótese. Antes do procedimento, um novo exame radiográfico revelou progressão do OSA, demonstrando expansão da lesão de aspecto proliferativo e lítico na região distal do rádio e ulna (Figura 2), o que exigiu amputação mais alta do que a planejada inicialmente, para garantir margens livres da lesão. O implante foi ajustado de acordo com a nova expectativa anatômica do rádio remanescente. Uma nova radiografia torácica também foi realizada e não revelou alterações desde o primeiro atendimento.

Com o planejamento cirúrgico determinado, foi aplicada a medicação pré-anestésica: cetamina⁵ [Cetamin® - 4 mg/kg], metadona⁶ [Mytedom® - 0,3 mg/kg] e midazolam⁶ [Dormire® - 0,2 mg/kg, pela via intramuscular-IM]. O animal foi preparado com tricotomia ampla do MTE. Realizou-se antisepsia prévia com escova macia com clorexidina degermante

2%. Após o preparo, o paciente foi induzido com propofol⁶ [Propovan® - 3 mg/kg, por via intravenosa-IV] e intubado com sonda endotraqueal. Foi realizado bloqueio locorregional do plexo braquial com bupivacaína⁶ [Neocaína® 0,5% - 2 mg/kg]. O cão foi mantido sob anestesia geral inalatória com isoflurano⁵ [Isoflurano Syntec®] e infusão contínua de fentanil⁶ [Fentanest®], lidocaína⁶ [Xylestesin] e cetamina⁵. O paciente foi posicionado em decúbito lateral direito, sendo então realizada antisepsia pré-cirúrgica com clorexidina degermante 2% e clorexidina alcoólica 0,5%. A extremidade do membro foi envolvida com malha tubular e atadura elástica estéreis e os campos cirúrgicos foram posicionados.

Foi realizada incisão cutânea craniomedial em terço proximal de rádio e ulna e ao redor do membro a cerca de 10 cm distalmente ao epicôndilo lateral do úmero. Seguiu-se com divulsão de subcutâneo e abertura das fâscias musculares. A veia cefálica e outros vasos mais calibrosos foram identificados e ligados com fio multifilamentar absorvível 2-0⁷ [Vicryl®]. Os músculos extensor radial do carpo, extensor digital comum, extensor digital lateral, flexor digital profundo e flexor digital superficial foram identificados, isolados e seccionados em aproximadamente 2 cm distalmente à linha planejada de osteotomia. As aderências musculares em rádio e ulna foram desfeitas utilizando elevador de periósteo. A osteotomia de rádio e ulna foi realizada a cerca de 9 cm distalmente ao epicôndilo lateral do úmero utilizando serra oscilatória, seguida de nivelamento do coto ósseo remanescente (Figura 3A). O canal medular do rádio foi alargado proximalmente por meio da fresagem do canal intramedular com fresa n°8 em sentido do seu eixo anatômico, com profundidade de 4 cm, a fim de permitir a inserção da haste do implante (Figura 3B).

Após amputação parcial do membro e preparação do canal medular do rádio remanescente, um fio de cerclagem de 1 mm de diâmetro foi passado ao redor do rádio para prevenção de microfissuras que poderiam ocorrer durante a introdução do implante. A implantação manual da prótese foi realizada com o auxílio de martelo ortopédico, de forma que uma das placas da prótese se acomodasse na face cranial do rádio e a outra placa na face medial do rádio. Com o implante posicionado corretamente, na placa cranial foram colocados 2 parafusos de 3,5 mm, sendo o mais proximal bicortical de 26 mm, de modo a englobar

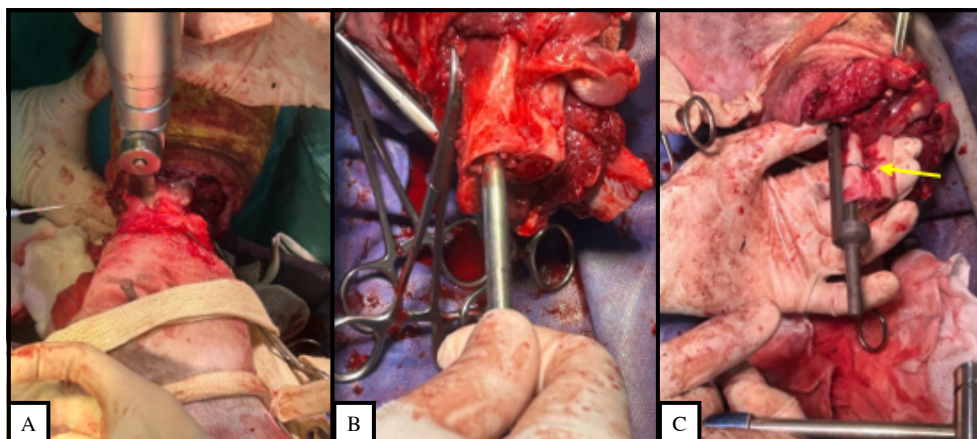


Figura 3. Imagens do transoperatório da amputação parcial do membro torácico e implantação da endo-exo-prótese em 1 cão. A- Realização de osteotomia de rádio e ulna com serra oscilatória. B- Fresagem do canal medular do rádio. C- Implantação da parte interna da prótese no rádio. Observar fio de cerclagem ao redor do rádio (seta).

também a ulna e, o mais distal, monocortical de 14 mm. Na placa medial, no sentido mediolateral, foram colocados 2 parafusos de 2,7 mm, sendo o mais proximal monocortical de 14 mm e o mais distal bicortical de 26 mm, sendo que este último atravessou um orifício na haste central da prótese (Figura 3C).

A musculatura foi aproximada em direção à base do implante com fio multifilamentar absorvível 2-0⁷. Seguiu-se com a redução de espaço morto e subcutâneo em padrão Cushing com fio multifilamentar absorvível 2-0⁷. Por fim, foi realizada dermorrafia com fio náilon 3-0⁸ em padrão simples separado, de forma que a interface osso/implante fosse completamente coberta pela pele (Figura 4A). Em seguida, a porção externa da prótese foi inserida e fixada. Foi aplicada sobre a ferida cirúrgica uma bandagem composta por algodão ortopédico, atadura crepom e atadura elástica. A amputação foi feita mais proximal do que a planejada inicialmente, e a porção externa da prótese foi alongada para que o membro implantado atingisse

o comprimento semelhante ao membro contralateral normal (Figura 4 B & C).

Após a intervenção, o paciente foi encaminhado para exame radiográfico de pós-operatório imediato que revelou cooptação adequada do implante ao rádio e posicionamento satisfatório dos parafusos. As evidências radiográficas confirmaram o sucesso do procedimento cirúrgico de implantação da endo-exo-prótese no rádio (Figura 5). O paciente permaneceu internado para manejo da ferida cirúrgica, analgesia e antibiótico-terapia. O protocolo analgésico incluiu metadona⁶ [0,3 mg/kg, q.i.d. por 7 dias], cetamina⁵ [1 mg/kg, b.i.d por 7 dias], meloxicam⁹ [0,1 mg/kg, s.i.d. por 4 dias], dipirona² [D-500® - 25 mg/kg, t.i.d. por 5 dias] e pregabalina¹ [3 mg/kg, b.i.d.]. A terapia antimicrobiana foi realizada com cefalotina¹⁰ [25 mg/kg t.i.d. por 14 dias]. Também foi realizada sessão de quimioterapia com mitoxantrona⁴ no 1º dia após a cirurgia.

Cinco dias após o procedimento cirúrgico, a ferida apresentou retração da musculatura e pele



Figura 4. Imagens do aspecto final após implantação da endo-exo-prótese em 1 cão. A- Pós-operatório imediato demonstrando o aspecto final da implantação da parte interna da prótese no rádio. B- Fixação da parte externa da prótese. C- Aspecto da endo-exo-prótese em 3 semanas após a implantação cirúrgica.

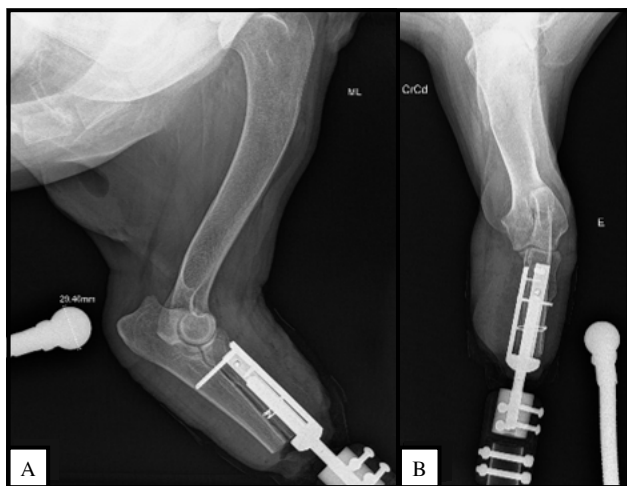


Figura 5. Imagens radiográficas do pós-operatório imediato demonstrando adequada implantação da endo-exo-prótese no rádio. A- Projecção mediolateral. B- Projecção craniocaudal.

em torno da junção da haste externa da prótese com os tecidos moles, havendo discreta exposição óssea. Reintervenção cirúrgica foi necessária para reaproximação dos tecidos junto à prótese. Após 3 semanas, o paciente apresentou cicatrização satisfatória na região da cirurgia e apoio do membro com prótese, tendo alta médica (Figura 4C). No entanto, a interface pele/implante ainda demonstrava cicatrização incompleta, com retração dos tecidos moles adjacentes. Foi orientado aos tutores o manejo contínuo da ferida em domicílio, com a aplicação de curativos utilizando ataduras de crepom e elásticas, a fim de promover a cicatrização e proteger a interface. Antes da alta, o paciente foi submetido a mais 1 sessão de quimioterapia.

Após 45 dias do procedimento cirúrgico, durante retorno para reavaliação e nova sessão de quimioterapia, o paciente apresentou edema no membro afetado e presença de fístula na região distal da linha de incisão, próximo à junção da haste externa da prótese com os tecidos moles, ocorrendo drenagem de conteúdo serossanguinolento. Amostras foram coletadas para cultura e antibiograma, e realizada avaliação radiográfica do membro. As radiografias revelaram reabsorção óssea ao redor dos parafusos e da cerclagem, além de proliferação óssea irregular adjacente à diáfise proximal do rádio e ulna (Figura 6). Diante do quadro de infecção da prótese, a sessão de quimioterapia foi suspensa, e o paciente foi internado para tratamento. A cultura bacteriana identificou infecção por *Klebsiella pneumoniae*, sensível a meropenem e cloranfenicol. Iniciou-se o tratamento com meropenem¹¹ [8,5 mg/kg,

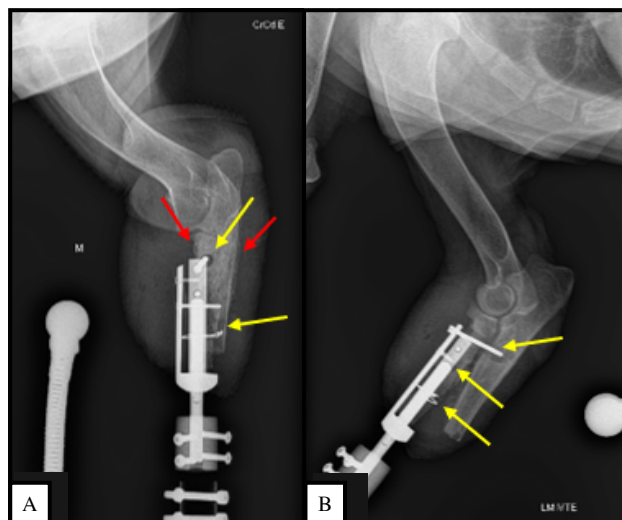


Figura 6. Imagens radiográficas após 45 dias da intervenção cirúrgica demonstrando áreas de reabsorção óssea ao redor dos parafusos e da cerclagem (setas amarelas) e proliferação óssea irregular no rádio (setas vermelhas). A- Projecção craniocaudal oblíqua. B- Projecção mediolateral.

b.i.d., SC por 10 dias]. Contudo, após o término do tratamento, uma nova cultura identificou infecção por *Acinetobacter* sp. multirresistente. Em função do quadro infeccioso e da reabsorção óssea em torno dos implantes, optou-se pela amputação do membro cerca de 3 meses após a implantação da prótese. A amputação baixa com preservação da escápula foi realizada com sucesso e o paciente apresentou boa recuperação, sendo liberado no dia seguinte com adaptação razoável à ausência do membro. Cerca de 6 meses após o diagnóstico de OSA, o paciente foi internado em uma clínica veterinária na cidade de origem devido a grave dispneia. A radiografia torácica revelou a presença de metástases pulmonares e, após decisão conjunta com tutores, foi realizada a eutanásia.

DISCUSSÃO

O OSA é o tumor ósseo maligno primário mais comum em cães, representando aproximadamente 80% a 85% dos tumores ósseos primitivos caninos e 3% a 4% de todos os tumores em cães [17]. É uma doença agressiva com alta taxa de metástases, principalmente para os pulmões, sendo quase invariavelmente fatal, mesmo quando diagnosticado precocemente [24]. No caso clínico descrito observou-se acometimento na região distal do rádio, um dos locais mais frequentemente acometidos pelo OSA apendicular [5]. A biópsia confirmou o diagnóstico, e a rápida evolução da lesão, com ulceração e claudicação, reforça as características típicas da agressividade desse tumor [19].

A incidência em raças grandes e gigantes, como o São Bernardo, é significativamente mais alta do que em cães de pequeno porte, com apenas 5% dos casos ocorrendo em cães com menos de 15 kg [7,9]. No atual caso clínico, o cão da raça São Bernardo pesando 65 kg se enquadra no perfil de alto risco para o OSA. Estima-se que a idade média de diagnóstico para raças gigantes varia entre 7 a 10 anos [25], o que coincide com o perfil epidemiológico do paciente.

Estudos indicam que cães intactos (não castrados), como o paciente em questão, têm menor risco de desenvolver a doença em comparação com cães castrados, possivelmente devido ao papel protetor dos hormônios sexuais na diferenciação celular [6,13]. No entanto, a castração e a influência hormonal não foram fatores presentes neste caso específico, visto que o paciente não era castrado.

O plano de tratamento adotado inicialmente incluiu a amputação em terço médio do rádio e ulna, acompanhada da confecção de uma endo-exo-prótese desenvolvida por tecnologia 3D. Essa abordagem visa não apenas remover o tumor, mas também restaurar a funcionalidade do membro, proporcionando melhor qualidade de vida ao paciente. A preservação de membros através da colocação de endo-exo-protese é uma prática inicialmente realizada em humanos e que foi transposta para a medicina veterinária, tendo sido já realizada em animais com traumas ortopédicos [8] e osteossarcomas [11]. A literatura reforça que a utilização de próteses e/ou técnicas de salvamento de membro podem ser alternativas viáveis para cães que necessitam de amputação, mas que ainda há um desejo ou necessidade de preservar a função e a estética do membro acometido [18, 26].

O uso das endo-exo-próteses apresenta desafios significativos, particularmente no que diz respeito à interface tecidos moles/implante e a osteointegração. A adaptação da pele e dos músculos à prótese é crucial para o sucesso a longo prazo, pois falhas nessa interface podem resultar em complicações como infecções, deiscência e falha do implante [16]. Nesse sentido, pacientes veterinários são ainda mais desafiadores devido à presença de pelos, variabilidade acentuada na anatomia e nas dimensões dos membros, dificuldade de impor restrições de atividade e potencial para problemas secundários ocasionados por lambeduras.

Avanços significativos foram feitos no tratamento das superfícies de implantes para melhorar a

osteointegração e minimizar as complicações. Estudos relatam resultados positivos com o tratamento de superfícies utilizando fibronectina [20], laminina [12] e fator de crescimento de fibroblastos FGF18 [4]. A utilização de BMP-2 (proteína morfogênica óssea 2) também foi sugerida para aumentar a osteogênese, especialmente em pacientes com capacidade de cicatrização óssea comprometida [15]. Além disso, superfícies metálicas microrrugosas e com nanosuperfícies sobrepostas demonstraram melhor osteogênese e melhores respostas inflamatórias [23].

Quanto à interface pele-implante, diversos modelos de componentes transcutâneos, desenvolvidos em variados materiais, têm sido propostos para mitigar ou superar esse problema. Entre as estratégias utilizadas, destaca-se a implantação do componente transcutâneo em uma 2ª. etapa, após a osteointegração, como nos sistemas da Prótese Osteointegrada para Reabilitação de Amputados (OPRA™) e da Prótese Femoral Endo-Exo (EEFP). O sistema OPRA™ consiste em um cilindro rosqueado de titânio que é parafusado no canal medular do osso residual. O componente transcutâneo é uma construção que é acoplada ao cilindro intramedular em um 2º. estágio, em 6 meses após a implantação do 1º. componente. O componente transcutâneo penetra na pele residual e sua parte externa é coberta por 1 parafuso usado para fixar a prótese da perna. As roscas do componente intramedular aumentam a estabilidade mecânica na ligação osso-dispositivo [14, 22].

Já o sistema EEFP, semelhante ao OPRA, segue uma abordagem de 2 estágios, porém com o componente intramedular ajustado por pressão, em vez de ser rosqueado. É feito de liga de cobalto e cromo coberto com metal esponjoso que cria uma superfície porosa profunda favorável para a formação óssea. O componente transcutâneo é polido e sai distalmente através da pele para fixação da prótese do membro [1,22].

Outras abordagens incluem a criação de pequenos furos no componente transcutâneo, como observado no sistema de Prótese de Amputação Transcutânea Intraóssea (ITAP). O design desse sistema está inspirado na análise de estruturas biológicas especiais, como chifres, cabelos, penas, unhas, cascos, dentes e galhadas onde a natureza resolveu os problemas dos “dispositivos percutâneos”. Como resultado, o sistema ITAP imita galhadas: uma aba cobre o componente transcutâneo e é perfurado por 24 furos de 0,7 mm

imediatamente abaixo do epitélio para aumentar a fixação dérmica [21,22]. O sistema foi aplicado de forma bem-sucedida em 4 cães como forma de preservação de membro no tratamento de neoplasia óssea maligna [11].

A adaptação bem-sucedida do sistema humano de Membro Protético Osseointegrado (OPL) para aplicação em cães, denominado Vet-OPL, foi demonstrada com a implantação na tíbia em 2 pacientes caninos com trauma ortopédico. O sistema, desenvolvido para fixação do tipo “press-fit”, é composto por 2 componentes principais. O 1º. consiste em uma haste intramedular forjada em liga de titânio, dotada de superfície microporosa obtida por meio de pulverização de titânio via plasma (plasma-spray), conferindo à peça uma textura rugosa que favorece o crescimento ósseo e a ancoragem do implante. O 2º. componente é um adaptador bicônico que conecta a haste intramedular à prótese externa. Esse adaptador apresenta uma superfície de titânio altamente polida, tratada com cerâmica de óxido de titânio-niôbio, com o objetivo de minimizar a aderência dos tecidos moles, facilitar o deslizamento dos tecidos periprotéticos e promover a formação de um portal cutâneo estável e seguro. Infecções leves na região do portal cutâneo foram observadas ao longo de um período de 36 meses, todas com boa resposta à antibioticoterapia de amplo espectro, sem progressão para quadros clínicos mais graves. Observou-se também uma discreta reabsorção óssea na superfície distal do componente intramedular, a qual se manteve estável durante o acompanhamento e não comprometeu a deambulação nem a estabilidade do implante [10].

No presente caso, optou-se por implantes de liga de titânio devido às suas propriedades de osteointegração [2], porém a interface pele/implante apresentou cicatrização incompleta, demonstrando a dificuldade em promover uma integração efetiva entre os tecidos moles e a parte transcutânea do implante. Essa condição exigiu um manejo cuidadoso e reintervenção cirúrgica para tentar restabelecer a aproximação dos tecidos moles ao implante, um problema frequentemente observado em outros estudos e que pode comprometer a eficácia da prótese a longo prazo [16].

Mesmo com a reintervenção na tentativa de reaproximação do tecido junto à prótese, o paciente apresentou complicações significativas, incluindo deiscência da ferida cirúrgica e infecções bacterianas. A cultura inicial identificou a presença de *Klebsiella*

pneumoniae, que era sensível ao tratamento com meropenem. Contudo, a reavaliação subsequente revelou infecção por *Acinetobacter* sp. multirresistente, indicando a gravidade das complicações associadas ao implante e à cicatrização da ferida.

A reabsorção óssea observada ao redor dos parafusos e da cerclagem, associada à proliferação óssea irregular evidenciada nas radiografias, ressalta a importância de um monitoramento rigoroso em pacientes submetidos à implantação de próteses osteointegradas. Tais alterações podem ser desencadeadas por uma combinação de fatores, incluindo o estresse mecânico crônico na interface osso-implante e a presença de processos infecciosos. No caso descrito, essas complicações podem ter sido exacerbadas pelo estado de debilidade sistêmica decorrente da neoplasia primária e dos efeitos imunossupressores da quimioterapia. Avanços na área da osteointegração oncológica vêm investigando a incorporação de agentes antineoplásicos, como a decorina, em superfícies de titânio como uma estratégia que visa não apenas inibir o potencial oncogênico de células tumorais residuais, mas também otimizar a integração óssea, oferecendo uma base mais sólida para a indicação de implantes em pacientes com osteossarcoma [27].

No caso relatado, a cirurgia foi realizada cerca de 2 meses após o atendimento inicial em razão do tempo necessário para a confecção e envio da prótese personalizada. Durante esse intervalo, foi observada progressão do osteossarcoma, evidenciada pelo exame radiográfico que revelou expansão da lesão osteolítica e proliferativa na região distal do rádio e ulna. Tal evolução exigiu uma modificação no plano cirúrgico original, resultando em uma amputação mais proximal do que a inicialmente planejada, a fim de garantir margens adequadas. Essa situação ilustra outra limitação em relação ao uso de endo-exo-próteses: o tempo de produção do implante. Esse fator pode ser um complicador relevante, especialmente em casos oncológicos de rápida progressão, como no caso dos OSA. Atraso entre a indicação cirúrgica e a disponibilidade do implante pode prolongar a dor, limitar as opções terapêuticas, impactar negativamente no estado clínico geral do paciente e aumentar os riscos associados ao procedimento anestésico e cirúrgico. Diante disso, é necessário o aprimoramento dos processos de planejamento, fabricação e logística dessas próteses, de modo a reduzir o tempo de espera e viabilizar sua aplicação

com maior segurança e eficácia, especialmente em contextos oncológicos em que a janela terapêutica é limitada.

A decisão final de amputar totalmente o membro devido à gravidade da infecção e da reabsorção óssea levando à instabilidade do implante reflete um aspecto crítico no manejo do OSA. A atuação realista frente ao prognóstico da lesão, as expectativas dos tutores e o emprego da ética da medicina veterinária, que prioriza o bem-estar do paciente, foram fundamentais para abordar a situação. Após a amputação bem-sucedida e a recuperação inicial, o paciente apresentou adaptação aceitável à ausência do membro torácico, o que sugere que, embora a amputação seja uma abordagem radical, ela pode proporcionar uma recuperação razoável e qualidade de vida ao paciente [3]. No entanto, a progressão da doença levou à identificação de metástases pulmonares, um evento

comumente associado ao OSA. A eutanásia foi realizada em conformidade com as melhores intenções dos tutores frente ao quadro clínico irreversível e terminal.

MANUFACTURERS

¹Medley Farmacêutica Ltd. Suzano, SP, Brazil.

²BioFix 3D. Curitiba, PR, Brazil.

³Zoetis Indústria de Produtos Veterinários Ltda. Campinas, SP, Brazil.

⁴Farmarin Indústria e Comércio Ltda. Guarulhos, SP, Brazil.

⁵Syntec do Brasil Ltda. Santana de Parnaíba, SP, Brazil.

⁶Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda. Itapira, SP, Brazil.

⁷Ethicon Endo-Surgery. Albuquerque, NM, USA.

⁸Shalon Fios Cirúrgicos Ltda. São Luís de Montes Belos, GO, Brazil.

⁹Ouro Fino Saúde Animal. Cravinhos, SP, Brazil.

¹⁰Antibióticos do Brasil Ltda. Cosmópolis, SP, Brazil.

¹¹Eurofarma Laboratórios S.A. Itapevi, SP, Brazil.

Declaration of interest. The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of paper.

REFERENCES

- 1 **Aschoff H.H., Kennon R.E., Keggi J.M. & Rubin L.E. 2010.** Transcutaneous, distal femoral, intramedullary attachment for above-the-knee prostheses: an endo-exo device. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 92(2): 180-186. DOI: 10.2106/JBJS.J.00806.
- 2 **Branemark P.I. 1959.** Vital microscopy of bone marrow in rabbit. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*. 11(38): 1-82.
- 3 **Bryan J.N. 2024.** Updates in osteosarcoma. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. 54(3): 523-539. DOI: 10.1016/j.cvsm.2023.12.007
- 4 **Carli A., Gao C., Khayyat-Kholghi M., Li A., Wang H., Ladel C., Harvey E.J. & Henderson J.E. 2012.** FGF18 augments osseointegration of intra-medullary implants in osteopenic FGFR3(-/-) mice. *European Cells & Materials*. 24: 107-117. DOI: 10.22203/ecm.v024a08
- 5 **Chun R. 2005.** Common malignant musculoskeletal neoplasms of dogs and cats. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice*. 35(5): 1155-1167. DOI: 10.1016/j.cvsm.2005.05.00
- 6 **Compston J.E. 2001.** Sex steroids and bone. *Physiological Reviews*. 81(1): 419-447. DOI: 10.1152/physrev.2001.81.1.419.
- 7 **Dernell W.S. 2007.** Tumors of the skeletal system. In: Withrow & MacEwen (Eds). *Small Animal Clinical Oncology*. Saint Louis: Elsevier, pp.540-582.
- 8 **Drygas K.A., Taylor R., Sidebotham C.G., Hugate R.R. & McAlexander H. 2008.** Transcutaneous tibial implants: a surgical procedure for restoring ambulation after amputation of the distal aspect of the tibia in a dog. *Veterinary Surgery*. 37(4): 322-327. DOI: 10.1111/j.1532-950X.2008.00384.x
- 9 **Edmunds G.L., Smalley M.J., Beck S., Errington R.J., Gould S., Winter H., Brodbelt D.C. & O'Neill D.G. 2021.** Dog breeds and body conformations with predisposition to osteosarcoma in the UK: a case-control study. *Canine Medicine and Genetics*. 8(1): 2. DOI: 10.1186/s40575-021-00100-7
- 10 **Fink A., Malak A., Al Muderis M., Lu W. & Levien A.S. 2025.** Use of a tibial osseointegrated prosthesis as a limb salvage method in two dogs. *Australian Veterinary Journal*. 103(6): 368-376. DOI: 10.1111/avj.13438
- 11 **Fitzpatrick N., Smith T.J., Pendegrass C.J., Yeadon R., Ring M., Goodship A.E. & Blunn G.W. 2011.** Intraosseous transcutaneous amputation prosthesis (ITAP) for limb salvage in 4 dogs: Intraosseous transcutaneous amputation prosthesis. *Veterinary Surgery*. 40(8): 909-925. DOI: 10.1111/j.1532-950X.2011.00891.x

- 12 Gordon D.J., Bhagawati D.D., Pendegrass C.J., Middleton C.A. & Blunn G.W. 2010. Modification of titanium alloy surfaces for percutaneous implants by covalently attaching laminin. *Journal of Biomedical Materials Research*. Part A. 94(2): 586-593. DOI: 10.1002/jbm.a.32735
- 13 Grüntzig K., Graf R., Boo G., Guscetti F., Hässig M., Axhausen K.W., Fabrikant S., Welle M., Meier D., Folkers G. & Pospischil A. 2016. Swiss Canine Cancer Registry 1955-2008: Occurrence of the most common tumour diagnoses and influence of age, breed, body size, sex and neutering status on tumour development. *Journal of Comparative Pathology*. 155(2-3): 156-170. DOI: 10.1016/j.jcpa.2016.05.011
- 14 Hagberg K. & Brånemark R. 2009. One hundred patients treated with osseointegrated transfemoral amputation prostheses-rehabilitation perspective. *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 4(3): 331-344.
- 15 Hunziker E.B., Enggist L., Küffer A., Buser D. & Liu Y. 2012. Osseointegration: the slow delivery of BMP-2 enhances osteoinductivity. *Bone*. 51(1): 98-106. DOI: 10.1016/j.bone.2012.04.004
- 16 Jeyapalina S., Beck J.P., Agarwal J. & Bachus K.N. 2017. A 24-month evaluation of a percutaneous osseointegrated limb-skin interface in an ovine amputation model. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 28(11): 179. DOI: 10.1007/s10856-017-5980-x
- 17 Leonardo L., Laura P. & Serena B.M. 2018. miR-1 and miR-133b expression in canine osteosarcoma. *Research in Veterinary Science*. 117: 133-137. DOI: /10.1016/j.rvsc.2017.12.002
- 18 Liptak J.M., Dernel W.S., Ehrhart N., Lafferty M.H., Monteith G.J. & Withrow S.J. 2006. Cortical allograft and endoprosthesis for limb-sparing surgery in dogs with distal radial osteosarcoma: a prospective clinical comparison of two different limb-sparing techniques. *Veterinary Surgery*. 35(6): 518-533. DOI: 10.1111/j.1532-950X.2006.00185.x
- 19 Morello E., Martano M. & Buracco P. 2011. Biology, diagnosis and treatment of canine appendicular osteosarcoma: similarities and differences with human osteosarcoma. *Veterinary Journal*. 189(3): 268-277. DOI: 10.1016/j.tvjl.2010.08.014
- 20 Pendegrass C.J., El-Husseiny M. & Blunn G.W. 2012. The development of fibronectin-functionalised hydroxyapatite coatings to improve dermal fibroblast attachment *in vitro*. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 94(4): 564-569. DOI: 10.1302/0301-620X.94B4.27698
- 21 Pendegrass C.J., Goodship A.E. & Blunn G.W. 2006. Development of a soft tissue seal around bone-anchored transcatheter amputation prostheses. *Biomaterials*. 27(23): 4183-4191. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2006.03.041
- 22 Pitkin M. 2013. Design features of implants for direct skeletal attachment of limb prostheses. *Journal of Biomedical Materials Research*. Part A. 101(11): 3339-3348. DOI: 10.1002/jbm.a.34606
- 23 Thalji G., Gretzer C. & Cooper L.F. 2013. Comparative molecular assessment of early osseointegration in implant-adherent cells. *Bone*. 52(1): 444-453. DOI: 10.1016/j.bone.2012.07.026
- 24 Thompson K.G. & Dittmer K.E. 2016. Tumors of Bone. In: Meuten D.J. (Ed). *Tumors in Domestic Animals*. 5th edn. Ames: John Wiley & Sons Inc., pp.356-424.
- 25 Tuohy J.L., Shaevitz M.H., Garrett L.D., Ruple A. & Selmic L.E. 2019. Demographic characteristics, site and phylogenetic distribution of dogs with appendicular osteosarcoma: 744 dogs (2000-2015). *PloS One*. 14. DOI: 10.1371/journal.pone.0223243
- 26 Vail D.M., Thamm D.H. & Liptak J.M. 2019. Withrow & MacEwen (Eds). *Small Animal Clinical Oncology*. Saint Louis: Elsevier, pp.404-431.
- 27 Xiao D., Lu Y., Zhu L., Liang T., Wang Z., Ren J., He R. & Wang K. 2020. Anti-osteosarcoma property of decorin-modified titanium surface: A novel strategy to inhibit oncogenic potential of osteosarcoma cells. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 125 (110034). DOI: 10.1016/j.biopha.2020.110034