

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**MÉTODOS DE OSTEOSSÍNTESE EM FRATURAS DIAFISÁRIAS E
SUPRACONDILARES DE ÚMERO EM CÃES: REVISÃO DE LITERATURA**

ESTER CARDOSO CUNHA

**PORTO ALEGRE
2022/1**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**MÉTODOS DE OSTEOSSÍNTESE EM FRTURAS DIAFISÁRIAS E
SUPRACONDILARES DE ÚMERO EM CÃES: REVISÃO DE LITERATURA**

Autor: Ester Cardoso Cunha

**Trabalho apresentado à Faculdade de
Veterinária como requisito parcial para a
obtenção da graduação em Medicina
Veterinária**

**Orientador: Dr. Marcelo Meller Alievi
Coorientadora: Dra. Ana Cristina Pacheco de Araújo**

**PORTO ALEGRE
2022/1**

Ester Cardoso Cunha

MÉTODOS DE OSTEOSSÍNTESE EM FRATURAS DIAFISÁRIAS E
SUPRACONDILARES DE ÚMERO EM CÃES: REVISÃO DE LITERATURA

Aprovado em

APROVADO POR:

Prof. Dr. Marcelo Meller Alievi
Orientador e Presidente da Comissão

Prof. Dra. Ana Cristina Pacheco de Araújo
Coorientadora

Prof. Dr.
Membro da Comissão

Prof. Dr.
Membro da Comissão

CIP - Catalogação na Publicação

Cunha, Ester
MÉTODOS DE OSTEOSSÍNTESE EM FRATURAS DIAFISÁRIAS E
SUPRACONDILARES DE ÚMERO EM CÃES: REVISÃO DE
LITERATURA / Ester Cunha. -- 2022.
42 f.
Orientadora: Marcelo Alievi.

Coorientadora: Ana Cristina Araújo.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade
de Veterinária, Curso de Medicina Veterinária, Porto
Alegre, BR-RS, 2022.

1. Fraturas. 2. Osteossíntese. 3. Úmero. 4. Canino.
5. Diáfise e região supracondilar. I. Alievi, Marcelo,
orient. II. Araújo, Ana Cristina, coorient. III.
Título.

AGRADECIMENTOS

Jamais poderia agradecer a alguém antes da minha mãe, Vera Lúcia, que durante toda a minha vida tem sido a luz do meu caminho. Mãe, obrigada por todo o carinho, cuidado e amor. Sem você nada seria possível. Espero um dia poder retribuir pelo menos uma parte do amor imensurável que tenho recebido desde sempre.

Minha querida irmã, Fernanda, não poderia ficar fora dessa lista. Obrigada por sempre ter sido uma segunda mãe pra mim. Obrigada por ter construído uma família tão linda e me dado sobrinhos e sobrinhas que eu amo como se fossem meus próprios filhos. Obrigada por ser a melhor irmã do mundo.

Muito, muito obrigada ao incrível grupo de amigas que fiz durante a faculdade: Carol, Helena, Izadora e Kelly. Vocês tornaram a caminhada mais leve e os surtos de final de semestre mais suportáveis. Cinco anos e meio ao lado de vocês parece pouco tempo, mas sinto que nos conhecemos a vida toda. Um agradecimento extra a Carolina, que se tornou minha dupla dinâmica e com quem venho dividindo um sonho acadêmico que tenho certeza que vamos alcançar juntas.

À minha melhor, Thifany, um muito obrigada de todo o meu coração. Nossos planos e sonhos durante a infância foram o primeiro momento em que acreditei que seria possível chegar a algum lugar melhor. Obrigada por uma amizade madura que nunca se perde mesmo em meio a toda correria. Nos conhecemos a vida toda e só estamos começando.

Dedico esses agradecimentos também aos meus queridos orientadores Marcelo Alievi e Ana Cristina. Obrigada pelos conselhos, sugestões, revisões e ensinamentos nesse período conturbado. Aprender com vocês foi um privilégio imensurável.

Agradeço também os meus filhos de quatro patas Alasca, Belinha, Capincho e Natalino. Obrigada por me amar independente do meu humor, dos meus dias difíceis, do quanto estou ocupada, obrigada pelo amor mais puro que eu já recebi.

Não haveria lista de agradecimentos sem você, Penélope. Você me deu amor e companheirismo, mas acima de tudo me deu um propósito. Não sei qual era a sua missão na Terra, mas sem dúvida alguma você transformou a minha vida. Cada paciente meu vai ser cuidado com o amor e carinho que eu gostaria de poder ter cuidado de ti. Obrigada, obrigada, muito obrigada. Nunca vou poder agradecer o suficiente por tanto. Te amo ontem, hoje e sempre, durante cada dia até nos encontrarmos de novo.

RESUMO

Fraturas de úmero são desafiadoras aos cirurgiões devido às características anatômicas e estruturas nobres adjacentes a região. Os escores biológico, clínico e mecânico devem ser levados em conta durante a tomada de decisões para a osteossíntese em fraturas de úmero. Fraturas diafisárias e supracondilares podem ser estabilizadas com o auxílio de pinos intramedulares, fixadores esqueléticos externos, placas ósseas e parafusos, cerclagem, e hastes bloqueadas. Além da escolha do método mais adequado, pode-se optar por abordagem que favoreça o aspecto biológico de consolidação da fratura, preservando a vasculatura regional, ou o aspecto mecânico de resistência às cargas de peso, com implantes mais rígidos. Imperícia do cirurgião e desconhecimento dos aspectos teóricos que norteiam a tomada de decisão cirúrgica podem acarretar em catástrofes cirúrgicas, como não união, osteomielite, desvios angulares e impotência funcional. Sendo assim, o estudo das principais técnicas existentes e suas recomendações faz-se imprescindível para garantir o sucesso do tratamento de fraturas.

Palavras-chave: trauma; canino; implantes; osso.

ABSTRACT

Humerus fractures represent a challenge to the surgeons due to the anatomic characteristics and noble structures nearby the region. The biological, clinical and mechanical score need to be taken into account when taking decisions about the osteosynthesis of humerus fractures. Diaphysal and supracondylar fractures can be fixed with the help of intramedullary pin, external skeletal fixator, bone plates and screws, cerclage, hemicerclage and interlocking nail. Besides of the most adequate implant choice you can decide between a approach that favor the biological aspects of fracture consolidation, preserving the regional vasculature or that favor the mechanical aspect of resistance to the weight loads with more rigid implants. The malpractice and lack of knowledge of the surgeon about the theoretical aspects in which are based the surgical choice can result in catastrophic surgical consequences as non union of the fracture, osteomyelitis, angular deviations and functional impotence. Taking that into account the study of the principal existing techniques and its recommendations are essential to guarantee the success on fracture treatment.

Keywords: trauma; canine; implants; bone.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Desenho esquemático da unidade estrutural do osso.....	13
Figura 2 – Desenho esquemático do úmero canino com a descrição dos acidentes ósseos.....	16
Figura 3 – Escala de avaliação biológica da fratura, levando em consideração diversos fatores.....	17
Figura 4 – Escala de avaliação mecânica da fratura	20
Figura 5 – Exemplo de posicionamento de um pino intramedular de Steinmann.....	25
Figura 6 – Radiografia lateral de fratura cominutiva em um cão fixada com uso de haste bloqueada e fixador esquelético externo.....	26
Figura 7 – Exemplo de fixador esquelético externo semicircular associado a um pino intramedular (em configuração tie-in).....	28
Figura 8 – Exemplo de aplicação de placa óssea na superfície umeral. A: placa aplicada na face medial do osso para compressão em fratura transversa.....	29
Figura 9 – Fotografia intraoperatória de inserção de uma placa de compressão bloqueada em um cão de 1,5 anos e 24 kg através da técnica de osteossíntese minimante invasiva.....	30
Figura 10 – Osteossíntese de fratura oblíqua longa de terço médio de diáfise com fixador esquelético externo e dois fios de cerclagem.....	31
Figura 11 – Exemplo de fixação de fratura diafisária com segmento redutível utilizando diferentes posicionamentos de placa de neutralização.....	33
Figura 12 – Fratura supracondilar corrigida utilizando a técnica de plate-rod.....	34

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1	Estrutura histológica do tecido ósseo e revisão anatômica dos ossos longos.....	12
2.2	Anatomia do úmero.....	14
2.3	Fisiologia do reparo de fraturas.....	16
2.3.1	Classificação e escore de avaliação da fratura	18
2.4	Biomecânica óssea e das fraturas.....	20
2.5	Diagnóstico	21
2.6	Tratamento.....	21
2.6.1	Acesso cirúrgico.....	22
2.7	Implantes ortopédicos utilizados em osteossínteses de úmero em cães	23
2.7.1	Pinos intramedulares	23
2.7.2	Haste bloqueada.....	25
2.7.3	Fixador esquelético externo.....	27
2.7.4	Placas e parafusos.....	28
2.7.5	Fios ortopédicos.....	31
2.8	Fixação de fraturas diafisárias específicas de úmero.....	32
2.8.1	Fratura diafisária simples ou incompleta.....	32
2.8.2	Fraturas diafisárias oblíquas longas ou cominutivas com grande fragmento em borboleta.....	32
2.8.3	Fraturas cominutivas da diáfise com múltiplos fragmentos.....	33
2.9	Fixação de fraturas supracondilares	34
2.10	Complicações.....	36
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

Os ossos são parte essencial do sistema locomotor, participam da homeostasia mineral no organismo e promovem proteção e sustentação a tecidos e órgãos (BOSKEY, 2007). ratura pode ser definida como a perda parcial ou completa da contiguidade da cortical óssea, sendo que a ocorrência de uma fratura não afetará somente o tecido ósseo ou cartilaginoso, mas também a musculatura estruturas vasculares e nervosas (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

A anatomia do úmero e a presença de grande quantidade de estruturas neurovasculares importantes na região o tornam o reparo cirúrgico desafiador (HOBBS, 2012; SIMPSON, 2004). A incidência de fraturas de úmero varia de acordo com as literaturas consultadas, mas pode representar cerca de 10% das fraturas em cães (AYYAPPAN *et al.*, 2011). As fraturas diafisárias de úmero envolvem a haste estreita ou corpo do osso (TOMLINSON, 2007). Por sua vez, as fraturas supracondilares estão localizadas na porção distal da diáfise e afetam o forame supracondilar do úmero (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021). Geralmente essas fraturas são causadas por traumas de alta velocidade, como acidentes veiculares (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021).

Fraturas de úmero não apresentam indicação de tratamento conservador, devido à dificuldade de estabilizar a articulação do ombro com imobilizações externas. Logo, faz-se necessária a intervenção cirúrgica através do uso de implantes ortopédicos internos (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; BRINKER *et al.*, 1986). A escolha da técnica mais adequada depende de fatores biológicos, clínicos e mecânicos (CHAO *et al.*, 2012; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

No passado, os tratamentos preconizavam sempre a fixação rígida dos fragmentos, com o uso de implantes, o que pode necessitar acesso cirúrgico mais amplo. Atualmente, sabe-se que há muitas vantagens ao usar técnicas de osteossíntese biológica, que visam preservar o foco de fratura e o hematoma formado na região (MIZUNO *et al.*, 1990; SCHUTZ *et al.*, 2003). Entretanto, mesmo as técnicas minimamente invasivas possuem indicações específicas e não se aplicam necessariamente a todos os tipos de fraturas (BEALE *et al.*, 2012).

Tendo em vista a complexidade do reparo de fraturas umerais, fica evidente a necessidade de domínio de conhecimentos anatômicos bem como das indicações para selecionar corretamente o método de ostessíntese mais adequado para cada paciente. Nesse cenário, a presente revisão de literatura tem por objetivo apresentar as características estruturais

do úmero e elencar os métodos de fixação passíveis de serem utilizados em fraturas diafisárias e supracondilares de acordo com as características dos diferentes padrões de fratura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estrutura histológica do tecido ósseo e revisão anatômica dos ossos longos

Histologicamente, há dois tipos de tecido ósseo: o tecido imaturo (primário, não-lamelar ou reticulado) e o tecido maduro (secundário ou lamelar). As células que compõem cada um são as mesmas, sendo principalmente osteoblastos, osteócitos e osteoclastos e cada uma é responsável por determinadas funções dentro do tecido (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017).

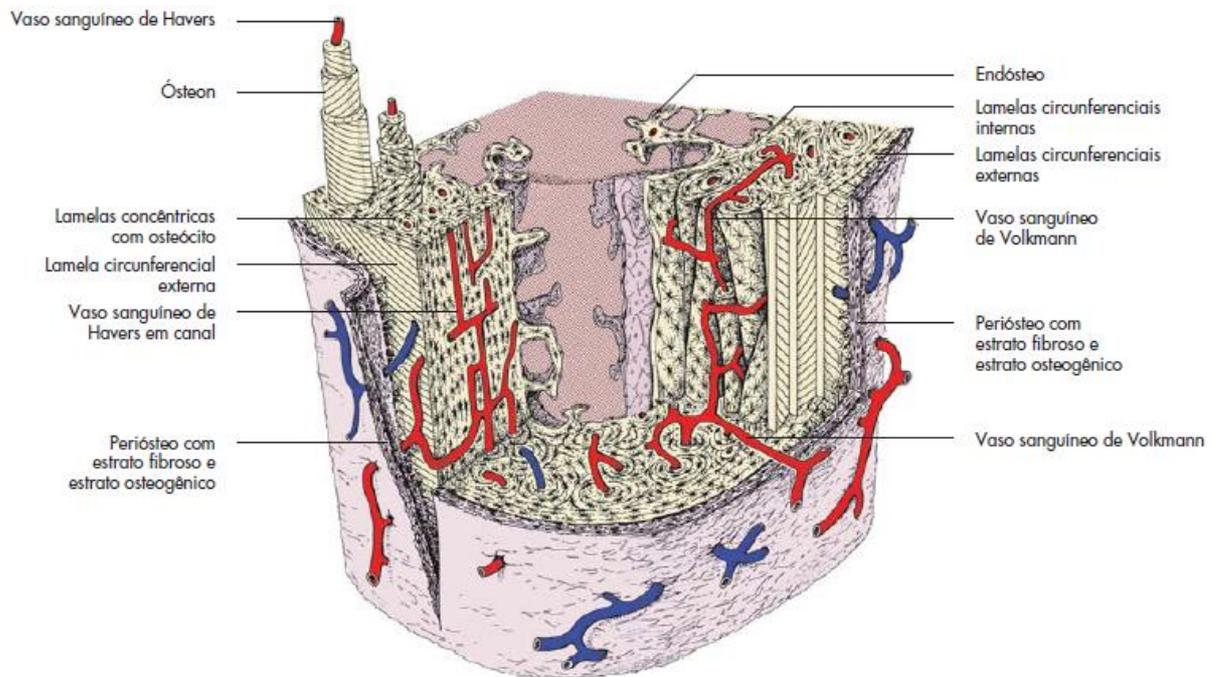
O tecido ósseo não lamelar será sempre o primeiro a surgir, sendo posteriormente substituído por tecido secundário, o qual raramente é encontrado em animais adultos. É formado por fibras de colágeno organizadas em diversas direções. Apresenta uma proporção maior de osteócitos que o tecido maduro e também menos quantidade de minerais em sua constituição. Por sua vez, o tecido ósseo maduro é o tipo mais frequente em animais adultos. Sua estrutura é composta por fibras de colágeno que estão organizadas na forma de lamelas, que podem ser planas ou circunferenciais (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017).

Nos ossos longos, o osso compacto da porção externa da diáfise se organiza na forma de lamelas circunferenciais externas (EURELL; SICKLE, 2012). De quatro a 20 lamelas se unem em formas concêntricas paralelas à diáfise e formam estruturas denominadas ósteons ou sistemas de Havers, que circundam canais centrais por onde irão passar vasos sanguíneos, linfáticos e fibras nervosas (EURELL; SICKLE, 2012; JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017). Os canais centrais estão revestidos de endóstio (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017). Transversalmente, os canais de Volkman realizam a comunicação entre os canais centrais e também desses com a superfície livre (figura 1) (EURELL; SICKLE, 2012).

Os ossos longos são conhecidos por caracterizarem os membros e são compostos por uma diáfise, a haste do osso, e duas extremidades, denominadas de epífises, que irão apresentar superfícies articulares para o contato com ossos adjacentes (LAHUNTA; EVANS, 2013). Nos animais em crescimento, a epífise e a diáfise são separadas por uma placa de cartilagem hialina denominada fise, que é responsável pelo crescimento dos ossos em comprimento. Abaixo da fise há uma região de osso trabecular, a metáfise. Essas estruturas formam a região epifisária-metáfisária (EURELL; SICKLE, 2012).

Quando o animal atinge a maturidade, a cartilagem fisária cessa seu crescimento e as epífises se fundem com a diáfise (LAHUNTA; EVANS, 2013). As epífises são formadas por osso trabecular (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017) e suas superfícies articulares estão recobertas por cartilagem hialina (EURELL; SICKLE, 2012).

Figura 1 – Desenho esquemático da unidade estrutural do osso.



O ósteon constitui a unidade estrutural do osso compacto. A imagem ilustra as lamelas osteonais concêntricas que estão ao redor do canal central em uma projeção tridimensional. Através de canais perfurantes provenientes da superfície do perióstio e do endóstio, vasos sanguíneos irão chegar ao canal central. Lamelas intersticiais preenchem os espaços entre os ósteons e a superfície do osso compacto é formada por lamelas circunferenciais internas e externas. Fonte: KONIG; LIEBITCH, (2002).

A região abaixo da cartilagem articular é formada por osso subcondral (EURELL; SICKLE, 2012). No geral, os ossos longos apresentam uma cortical espessa, composta por osso compacto, que fica mais fina conforme se aproxima das extremidades. A diáfise abriga internamente a cavidade medular, que é revestida de endóstio, e as epífises são formadas de osso esponjoso ou poroso (LIEBICH *et al.*, 2016; EURELL; SICKLE, 2012; DYCE; SACK; WENSING, 2010). A medula óssea irá ocupar a cavidade medular e também os espaços no osso esponjoso (LIEBICH *et al.*, 2016; DYCE; SACK; WENSING, 2010).

Exceto nas extremidades (epífises) e os pontos de inserção de ligamentos e tendões, o perióstio, membrana fibrosa vascular, recobre a superfície externa do osso. O perióstio é formado por duas camadas celulares, uma mais interna com células com função osteogênica, que participam do processo de ossificação e também na formação do calo ósseo após a

ocorrência de fraturas, e outra mais externa com fibras colágenas e vasos sanguíneos que irão auxiliar na nutrição do osso (EURELL; SICKLE, 2012).

O suprimento sanguíneo para os ossos é derivado de três fontes: o sistema vascular aferente, o sistema vascular intermediário do osso compacto e o sistema vascular eferente. O sistema vascular aferente é responsável por suprir sangue arterial, sendo constituído da artéria nutricia principal, das artérias metafisárias e das arteríolas periosteais para as origens e inserções de músculos e fâscias musculares. O sistema vascular intermediário do osso compacto é formado pelos canais corticais de Havers e Volkmann e por minúsculos canalículos que irrigam os osteócitos. Esse sistema é responsável pela troca crítica de nutrientes entre a corrente sanguínea e o tecido ósseo. Por sua vez, o sistema eferente efetua a drenagem venosa da cortical. Os vasos correm pela superfície do perióstio e o fluxo sanguíneo no córtex é predominantemente centrífugo (originando-se na medula e indo em direção ao perióstio). A cavidade medular possui outra drenagem venosa, que está relacionada à atividade hematopoiética da medula óssea (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

2.2 Anatomia do úmero

O úmero é um dos ossos do membro torácico (KONIG; MAIERL; LIEBICH, 2016; DYCE; SACK; WENSING, 2010). Cada espécie apresenta particularidades características, mas, como todo osso longo, a sua estrutura é dividida em epífise (distal e proximal), diáfise (terço proximal, médio e distal) e metáfise (distal e proximal). A superfície óssea é modelada de acordo com a fixação da musculatura adjacente e de seus tendões, produzindo o desenvolvimento de sulcos ósseos e protuberâncias (KONIG; MAIERL; LIEBICH, 2016).

Articula-se com a cavidade glenóide da escápula formando a articulação do ombro, através da cabeça, que em conjunto com os tubérculos do úmero constituem a extremidade proximal do osso (LAHUNTA; EVANS, 2013). A cabeça do úmero encontra-se na porção caudal da extremidade proximal, possui formato oval, separa-se da diáfise através de um colo e apresenta tamanho duas vezes maior do que a cavidade glenóide com a qual se articula (KONIG; MAIERL; LIEBICH, 2016; LAHUNTA; EVANS, 2013).

O tubérculo maior encontra-se craniolateral à cabeça do úmero e é composto por uma parte cranial e outra caudal. O tubérculo menor está situado craniomedial. Ambos os tubérculos estão separados pelo sulco intertubercular ou bicipital por onde corre o tendão do músculo bíceps braquial (HERMANSON; LAHUNTA; EVANS, 2013; DYCE; SACK; WENSING, 2010). Os tubérculos também fornecem sustentação para a articulação do ombro, pois é onde

os músculos infraespinal e supraespinal se fixam, substituindo os ligamentos colaterais (KONIG; MAIERL; LIEBICH, 2016; DYCE; SACK; WENSING, 2010).

O tamanho da diáfise ou corpo ósseo irá depender da raça do cão, mas geralmente é comprida lateralmente e apresenta quatro faces: lateral, medial, cranial e caudal. O corpo do úmero apresenta formato de espiral, definido pela presença do sulco musculoespiral ou sulco para o músculo braquial em sua face lateral. O músculo braquial se origina na parte proximal desse sulco e ocupa toda a sua extensão (LAHUNTA; EVANS, 2013). O sulco também permite a passagem do nervo radial (KONIG; MAIERL; LIEBICH, 2016; DYCE; SACK; WENSING, 2010). A face lateral é marcada proximal por uma linha de aspecto rugoso onde o músculo tríceps braquial se fixa, a linha tricípital. Essa linha se inicia ainda na cabeça do úmero, caudalmente ao tubérculo maior e irá se estender até a tuberosidade deltóide. Na linha tricípital, distal à cabeça do úmero, encontra-se uma pequena área para a inserção do músculo redondo menor, a tuberosidade redonda menor, e no restante de sua porção distal origina-se a cabeça lateral do tríceps braquial (LAHUNTA; EVANS, 2013). Ainda em sua face lateral, mais próximo a extremidade proximal, encontra-se a tuberosidade deltóide, que se prolonga no sentido distal como a crista do úmero e serve para a inserção do músculo deltóide (KONIG; MAIERL; LIEBICH, 2016; LAHUNTA; EVANS, 2013).

A face medial do úmero é arredondada, exceto por uma área triangular plana localizada proximalmente, a qual é delimitada caudalmente pela crista do tubérculo menor, na qual se insere o músculo coracobraquial. Cranialmente a esse ponto, a cabeça medial do tríceps braquial terá origem em uma aponeurose na crista do tubérculo menor. Nessa face também se encontra a tuberosidade redonda maior, que serve de ponto de inserção para o músculo de mesmo nome e para o músculo grande dorsal (LAHUNTA; EVANS, 2013).

A porção proximal da face cranial do úmero começa na crista do tubérculo maior. A crista irá servir de ponto de inserção para o músculo peitoral superficial e também para o músculo peitoral profundo, que se fixa em sua parte proximal. A crista do tubérculo maior irá se estender até a borda craniana do sulco musculoespiral (LAHUNTA; EVANS, 2013).

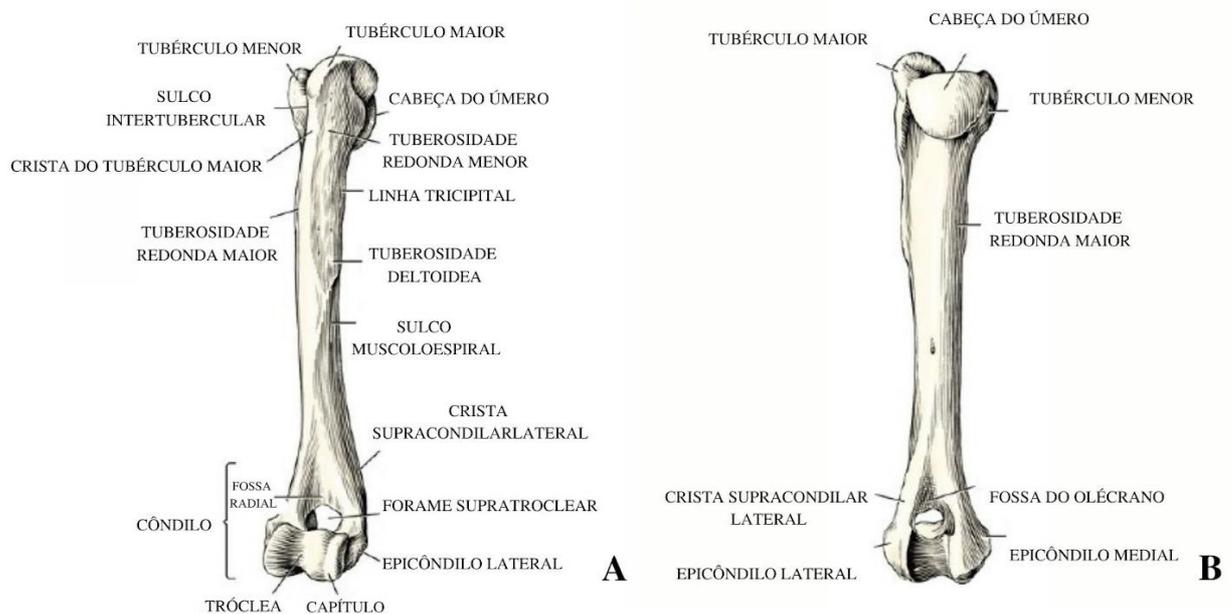
A face caudal do úmero começa no colo e também é o ponto de origem para a cabeça acessória do tríceps braquial e irá se estender até a porção distal do osso, sendo continuada pela crista supracondilar. Nessa crista irão se fixar os músculos braquiorradial, extensor radial do carpo e ancônio. Na borda caudal, centralmente, está localizado um forame nutrício (LAHUNTA; EVANS, 2013).

Na extremidade distal encontra-se o côndilo do úmero, que se articula com o rádio e a ulna, formando a articulação do cotovelo. Em cada lado do côndilo está localizado um

epicôndilo, sendo denominados epicôndilo lateral e medial. Essas estruturas servem de ponto de inserção para a musculatura distal do membro torácico (KONIG; LIEBITCH, 2002). O côndilo divide-se em pequena superfície articular para a cabeça do rádio, o capítulo, e uma estrutura de forma arredondada maior, que está situada medialmente, a tróclea. A tróclea do úmero articula com a incisura troclear da ulna e também com uma porção da fôvea do rádio (LAHUNTA; EVANS, 2013).

Na parte caudal do côndilo está localizada a fossa do olécrano, que se articula com a processo ancôneo da ulna quando a articulação do cotovelo está estendida. Na superfície cranial do côndilo encontra-se a fossa radial. Ambas as fossas se comunicam através do forame supratrocLEAR, que pode estar ausente se o úmero for muito pequeno. Nenhuma estrutura de tecido mole passa através desse forame (LAHUNTA; EVANS, 2013). A estrutura do úmero é apresentada esquematicamente na figura 2.

Figura 2 - Desenho esquemático do úmero canino com a descrição dos acidentes ósseos.



A: vista cranial do úmero de cão, B: vista caudal do úmero de cão. Fonte: adaptado de LAHUNTA; EVANS (2013).

2.3 Fisiologia do reparo de fraturas

O reparo de fratura irá envolver uma série de processos para que se alcance a consolidação óssea. Um dos fatores determinantes para a consolidação óssea está relacionado ao grau de

mobilidade no foco de fratura, que induzirá reparação primária (direta) ou secundária (indireta) (DOYLE, 2004).

O trauma que levou a fratura também causa danos nos vasos sanguíneos e nos músculos ao redor do osso, causando hemorragia local e a formação de coágulo que irá interromper o fluxo sanguíneo para a região fraturada, causando a morte do tecido por isquemia (EURELL; SICKLE, 2012). A morte celular de osteócitos leva ao enfraquecimento dos sistemas Haversianos e do tecido adjacente à região fraturada. Esse processo abre espaço em canalículos e lacunas naturalmente presentes no tecido ósseo e evolui até que se estabeleça uma rede vascular no local (SUMMA, 2007). A reparação óssea não ocorrerá até que haja suprimento sanguíneo adequado (REECE, 2009).

Na consolidação de fraturas não alinhadas e com pouca estabilidade ocorre a formação de calo ósseo, que apresenta uma porção externa e outra interna. O calo externo constitui-se de um colar de células osteogênicas que se forma ao redor da superfície externa de cada parte fraturada (REECE, 2009). O calo interno, por sua vez, irá se desenvolver entre as extremidades opostas do osso (EURELL; SICKLE, 2012).

Quando se inicia o reparo da fratura, aumenta a proliferação periosteal, levando ao descolamento e a separação da camada fibrosa. O endóstio também se prolifera, tornando-se mais espesso, ao passo que células da medula óssea sem diferenciação aumentam em quantidade no local. Quanto mais próximo aos fragmentos ósseos, maior será o aporte sanguíneo, portanto as células que se diferenciarem nessas regiões irão originar osteoblastos. Em contrapartida, longe dos fragmentos ósseos irão proliferar condroblastos que serão responsáveis por produzir cartilagem na parte externa do calo. Em um processo semelhante a ossificação endocondral, os condrócitos do tecido se hipertrofiam e levam a calcificação da matriz óssea, o que causa a redução do suprimento sanguíneo, ocasionando na morte celular dos condrócitos hipertrofiados. Vasos sanguíneos invadem o local, tornando-o propício para a osteogênese. As células osteoprogenitoras do pericôndrio originam, então, osteoblastos. (EURELL; SICKLE, 2012; REECE, 2009). A cartilagem calcificada será removida e ocorrerá a formação de osso esponjoso (REECE, 2009). Aos poucos, trabéculas ósseas periféricas serão reabsorvidas, promovendo a remodelação do calo e a restauração do aspecto ósseo original (EURELL; SICKLE, 2012).

O processo é semelhante em fraturas que estão perfeitamente alinhadas, com pouco espaço entre os fragmentos, contanto que essas estejam rigidamente fixadas. Porém, nesses casos os fragmentos são inicialmente unidos por osso não-lamelar ao invés de novos ósteons (EURELL; SICKLE, 2012). Esse tipo de consolidação é alcançado por métodos de

estabilização interna rígida, que por muitas vezes demandam manipulação agressiva do ambiente para permitir a reconstrução do osso fraturado (ONÇA, PRATAS, 2003). Nesses casos, a formação de calo ósseo é diminuída ou ausente e a consolidação óssea é mais demorada (HULSE *et al.*, 1997; PALMER, 1999).

2.3.1 Classificação e escore de avaliação da fratura

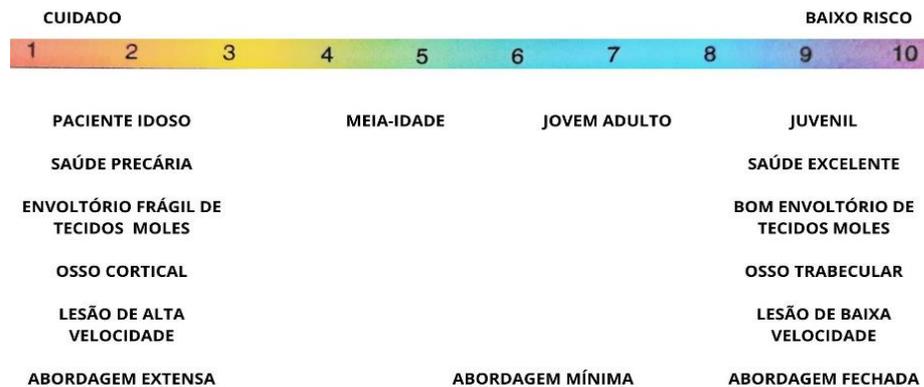
A descrição da fratura deve ser sistemática e precisa, feita com base na avaliação dos membros do paciente e de radiografias (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021). O sistema implementado pela AO é largamente utilizado por ortopedistas para a classificação de fraturas. Esse sistema fornece informações sobre a localização, morfologia e a gravidade da fratura em ossos longos através de código alfanumérico. O osso longo afetado é identificado através de numeração de 1 até 4 (5 para a pelve), sendo o número 1 utilizado para fraturas de úmero. Cada osso é dividido em zona proximal, 1, diafisária, 2, e distal, 3, para indicar em qual segmento houve a fratura. Por fim, as fraturas são divididas em simples, A, múltiplas, B, ou complexas, C, e cada uma dessas classificações são subdivididas para indicar o nível de complexidade (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

Informações do paciente precisam ser avaliadas para iniciar a tomada de decisão cirúrgica. Essas informações envolvem fatores que podem ser classificados como biológicos, clínicos e mecânicos. (HAYASHI, SHULZ, FOSSUM, 2021).

A avaliação biológica irá levar em conta fatores como idade do paciente, exposição ou não da fratura ao meio externo, se a lesão resultou de um trauma de baixa ou alta energia, necessidade ou não de redução aberta, osso acometido e local da lesão (figura 3). A idade do animal irá influenciar na estabilidade que o implante deverá ter e no tempo que esse será necessário para a cicatrização óssea, tendo em vista que animais jovens tendem a formar o calo ósseo mais rápido que animais idosos. Fraturas oriundas de trauma de alta energia, possivelmente, irão apresentar alta cominuição e possível lesão extensa dos tecidos moles, afetando a vascularização do local lesionado e o tempo de formação do calo biológico. Fratura que necessite de redução aberta estará mais sujeita a lesão vascular iatrogênica do que as reduzidas de forma fechada. Diminuir a manipulação de tecidos moles e o tempo do

procedimento aumenta as chances de sucesso cirúrgico (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

Figura 3 – Escala de avaliação biológica da fratura, levando em consideração diversos fatores.



A esquerda, estão listados fatores relacionados ao paciente que não favorecem uma rápida consolidação. A direita, os fatores apresentados determinam uma rápida cicatrização óssea. Fonte: adaptado de HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM (2021).

A avaliação mecânica irá indicar a resistência que o implante precisa ter. O número de membros acometidos, tamanho do animal, nível de atividade física do paciente e a possibilidade de obter compartilhamento de carga entre o implante utilizado e o osso são fatores que influenciam nessa avaliação (figura 4). Quando há politrauma, existe a chance de o animal apoiar mais o peso no membro reparado do que pacientes com uma única fratura e carga excessiva sobre o membro pode acarretar complicações. Em casos de fraturas não redutíveis, o implante será o maior sustentador da carga até que se forme o calo, situação contrária aos casos de fraturas redutíveis, nas quais o córtex ósseo reconstruído sustenta parte do peso. Quando o compartilhamento de cargas é ideal, há menos chances de ocorrer frouxidão dos implantes e fadiga do membro (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

A avaliação clínica envolve fatores relacionados ao paciente e ao tutor no período pós-operatório. A capacidade do cliente de atender as necessidades do animal, a cooperação do paciente e o tempo estimado de retorno do membro à função após a cirurgia afetam essa avaliação. Cães muito ativos podem causar a falha dos fixadores esqueléticos externos devido

ao choque de estruturas do fixador durante a movimentação, levando a frouxidão dos pinos, por exemplo (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

Após realizar as avaliações, as informações obtidas são agrupadas em escores escalonados em valores de 1 até 10, sendo subdivididos em baixo (1-3), médio (4-7) e alto (8-10). Quanto mais alto o escore da fratura melhor será seu prognóstico em relação a consolidação e menores as chances de complicações (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021).

Figura 4 – Escala de avaliação mecânica da fratura.



Fonte: À esquerda, as condições propiciam maior estresse sobre o implante, tornando a escolha do método de osteossínteses mais delicada. À direita, há menos estresse sobre os implantes, reduzindo as chances de complicação. adaptado de HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM (2021).

2.4 Biomecânica óssea e das fraturas

A fratura irá ocorrer quando as pressões exercidas sobre o osso excederem a resistência final, resultando falha plástica. Naturalmente, os ossos estão sob pressão de forças intrínsecas ou fisiológicas, relacionadas ao contato entre as superfícies articulares e ligamentos que as circundam e também com a inserção dos tendões musculares que se ligam aos ossos. Há, contudo, também a atuação de forças do ambiente, denominadas de extrínsecas. Ao contrário das forças fisiológicas, as extrínsecas não se limitam quanto a magnitude ou direção quando aplicadas aos ossos. Essas cargas de origem não-fisiológica são as mais propensas a causar fraturas. A forma como a fratura ocorre está diretamente relacionada a maneira como a carga foi aplicada sobre o tecido ósseo. É possível identificar cinco tipos de forças individuais: forças de compressão, tensão, cisalhamento, encurvamento/flexão e de torção (PIERMATEI; FLO; DECAMP, 2006). Cada tipo de força afeta o osso de maneira diferente e irá gerar padrão de

fratura característico, mas a maioria das fraturas surge da atuação conjunta de diferentes tipos de força. É importante que o cirurgião reconheça qual tipo causou o trauma, para que a escolha do método de fixação seja eficiente (RADASCH, 1999).

2.5 Diagnóstico

O diagnóstico deve ser realizado com base no histórico clínico, exame físico e exames complementares. Pacientes com fraturas de úmero geralmente apresentam histórico de trauma, sendo comumente causados por acidentes automobilísticos, bem como ferimentos por arma de fogo e quedas. É importante que o paciente passe por exame físico completo para avaliação de outras lesões que possam estar presentes devido ao trauma, tratando primeiramente aquilo que possa oferecer risco à vida (TOMLINSON, 2007).

Quanto aos achados do exame ortopédico, é comum que o animal não apoie o membro afetado e o arraste no chão quando caminha. Pode haver presença de edema em variados níveis. À manipulação percebe-se dor e crepitação e lentidão na resposta proprioceptiva ou ausência dessa, o que pode sugerir lesão neurológica, embora a fratura, dor e o edema possam gerar os mesmos sinais sem que haja comprometimento neurológico (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021).

Os exames complementares de imagem do osso acometido são ferramentas diagnósticas fundamentais. A radiografia é o método mais comum utilizado para investigar afecções ortopédicas, mas tomografia computadorizada e ressonância magnética também podem ser solicitadas em alguns casos (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006). Quanto às radiografias, deve-se sempre solicitar ao menos uma projeção craniocaudal e uma mediolateral. Outras projeções do membro fraturado, oblíqua por exemplo, bem como imagens do membro contralateral podem ser úteis na realização do planejamento cirúrgico (HOBBS, 2012; TOMLINSON, 2007). É comum que seja necessária sedação do paciente para correto posicionamento na realização do exame de imagem, principalmente devido à dor. Também é importante que seja realizada análise do hemograma e da bioquímica sérica do paciente para avaliação do seu estado geral antes de submetê-lo à anestesia (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021).

2.6 Tratamento

Fraturas causam dor e, portanto, o manejo de dor adequado deve ser instituído ao paciente (HOBBS, 2012). Em casos de fraturas abertas deve-se realizar a lavagem da região com solução fisiológica e materiais estéreis em associação com antibioticoterapia apropriada

devido a contaminação. O tratamento conservador com talas é desencorajado para fraturas de úmero devido à dificuldade de estabilização da articulação escapuloumeral (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; BECK; SIMPSON, 1999).

2.6.1 Acesso cirúrgico

A redução anatômica facilita a visualização da fratura, possibilita a colocação direta dos implantes, favorece o aspecto mecânico da consolidação por permitir o compartilhamento de cargas entre o implante e o osso e permite a utilização de enxertos ósseos. Entretanto, esse tipo de abordagem prejudica o aspecto biológico devido ao maior trauma aos tecidos moles e redução do suprimento sanguíneo ao local, bem como favorece a ocorrência de infecções bacterianas (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021).

As características anatômicas do úmero, como a conformação sigmóide da diáfise e a presença de estruturas neuro vasculares importantes na região tornam o acesso cirúrgico desafiador (HOBBS, 2012; SIMPSON, 2004).

O acesso craniolateral é o mais comumente utilizado em casos de fraturas diafisárias. A abordagem craniolateral, quando combinada ao acesso a porção proximal do osso, consegue expor três quartos do úmero proximal (HOBBS, 2012; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006). É imprescindível identificar e proteger o nervo radial, que se encontra na face lateral do osso, durante o procedimento (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; SIMPSON, 2004).

O acesso medial também pode ser realizado e é escolhido por alguns cirurgiões (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021). A diáfise inteira pode ser exposta através desse acesso e conformação mais plana da face medial é vantajosa para a utilização de placas (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006). Os nervos mediano, musculocutâneo e ulnar, bem como a artéria e a veia braquial são estruturas neurovasculares importantes que precisam ser preservadas com a realização desse acesso (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021). A abordagem medial é preferível ao acesso lateral em casos de fraturas do terço distal da diáfise, pois demanda menor ressecção da musculatura (HOBBS, 2012).

Em algumas fraturas do terço distal e supracondilares, pode ser realizado o acesso caudal, que permite a visualização da articulação do cotovelo. Osteotomia é feita na tuberosidade do olécrano, permitindo a redução de ambas as partes do côndilo umeral e posterior elevação do músculo tríceps para expor a região supracondilar do úmero (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

O objetivo de imobilizar a fratura é promover a estabilização dos fragmentos ósseos para evitar o deslocamento dos fragmentos. De maneira ideal, o método de fixação escolhido

precisa, além de estabilizar a fratura, permitir a deambulação do paciente de forma precoce (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

Quando não é possível posicionar anatomicamente os fragmentos ósseos, como no caso de fraturas altamente cominutivas, as abordagens biológicas são preconizadas. O conceito de fixação interna biológica visa preservar ao máximo o suprimento sanguíneo na região fraturada. Técnicas de redução aberta indiretas se utilizam desse método, nas quais a fratura é exposta através de incisão padrão, mas a redução é realizada sem manipulação direta (LEWIS; POZZI, 2009), alinhando os fragmentos proximal e distal tanto quanto possível, de acordo com a anatomia do paciente (HOBBS, 2012). Os implantes são introduzidos com o mínimo de manipulação do tecido, diminuindo o tempo de procedimento e as chances de infecção (HULSE *et al.*, 1997).

Entretanto, as técnicas minimamente invasivas tornam difícil a visualização da fratura em relação aos procedimentos abertos, devido a perda de pontos de referência anatômica para o cirurgião durante as manobras de realinhamento do osso. A anatomia complexa do úmero potencializa esse fator, podendo impossibilitar a o alinhamento apropriado ao executar esses procedimentos. O uso de fluoroscopia intraoperatória facilita o acesso cirúrgico e o correto posicionamento dos fragmentos ósseos nesses casos (GUIOT *et al.*, 2019).

2.7 Implantes ortopédicos utilizados em osteossínteses de úmero em cães

2.7.1 Pinos intramedulares

Os pinos intramedulares mais comumente utilizados na Medicina Veterinária são os pinos Steinmann. Possuem o formato de haste lisa e redonda e são feitos de aço inoxidável 316L, estando disponíveis em tamanhos variados. Esses implantes apresentam boa resistência em relação às cargas de arqueamento aplicadas de qualquer direção devido ao formato cilíndrico e a posição centralizada no canal medular (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; ROE, 2007). Podem ser inseridos de forma normógrada ou retrógrada (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; ROE, 2007; DENNY; BUTTERWORTH, 2006; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006). Para a inserção do pino de forma normógrada, pode ser utilizada abordagem aberta ou percutânea (SHIPOV *et al.*, 2014 apud ALTUNATMAZ *et al.*, 2012; TOMLINSON, 2003; BRINKER; PIERMATTEI; FLO, 1997). Quando utilizado sozinho, o pino Steinmann é indicado para tratar fraturas estáveis, como fraturas transversas de terço médio da diáfise (DENNY; BUTTERWORTH, 2006; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006; JACKSON,

1996).

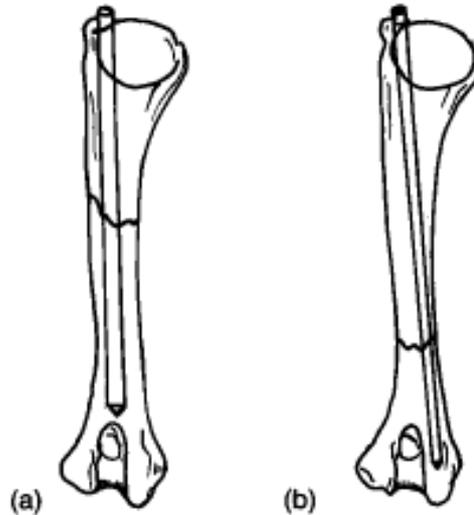
Entretanto, eles não possuem boa resistência a forças de compressão nem rotacionais. Para gerar o suporte necessário às demais forças, outros implantes podem ser associados aos pinos (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; ROE, 2007; LITTLE, 1998). Em fraturas oblíquas, o pino intramedular pode ser associado a fios de cerclagem ou hemicerclagem. Os pinos intramedulares também podem ser combinados com fixadores esqueléticos externos, variando a configuração do fixador para se adaptar a fraturas estáveis simples, oblíquas e transversas ou fraturas instáveis com segmento em formato de cunha. Em raças muito grandes, o pino intramedular pode ser associado a um parafuso do tipo lag em fraturas oblíquas (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006). Os pinos intramedulares também podem ser utilizados na redução de fraturas cominutivas em procedimentos de osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO) (MARITATO; ROVESTI, 2019).

Quanto maior o diâmetro do pino maior será a força e rigidez. Recomendação geral é de que o implante ocupe cerca de 70% da largura do canal medular no istmo do osso quando utilizado sozinho (SPENCER *et al.*, 2012). Schulz, Hayashi e Fossum descreveram que o diâmetro do pino ocupar de 60 a 70% da largura canal medular do osso quando combinado a cerclagem, de 50% a 60% quando associado a fixador esquelético externo e 40 a 50% em combinação com placa, o que está de acordo com Hulse *et al.*, 2000, nesse último caso, pois os autores recomendaram que o diâmetro do pino seja de no mínimo 40% do canal medular quando utilizado na técnica de plate-rod. Entretanto, o canal medular no úmero acaba muito próximo a parte distal do osso, limitando o uso do pino intramedular principalmente em algumas fraturas cominutivas ou justa-articulares (YARDIMCI *et al.*, 2018).

A posição da fratura irá influenciar no comprimento do pino. Para fraturas de terço proximal ou médio de diáfise, o pino é posicionado na diáfise imediatamente proximal ao forame supratrocLEAR. Em fraturas envolvendo a porção distal da diáfise, o pino é posicionado em direção ao lado medial do osso para que a ponta contorne o forame supratrocLEAR e seja encaixada no epicôndilo medial. Para isso, utiliza-se um pino de diâmetro menor (figura 5) (DENNY; BUTTERWORTH, 2006).

Fios de Kirschner também são pinos lisos, mas de diâmetro pequeno, variando a partir de 0,9 mm. Podem ser usados para fixar pequenos fragmentos ósseos e também como pinos de fixação em fixadores esqueléticos circulares (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; DENNY; BUTTERWORTH, 2006; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

Figura 5 – Exemplo de posicionamento



A: fratura de terço médio de diáfise, na qual a ponta do pino é posicionada logo acima do forame supratrocLEAR. B: fratura de terço distal de diáfise, com a ponta do pino alojada no epicôndilo medial. FONTE: DENNY; BUTTERWORTH (2006).

2.7.2 Haste bloqueada

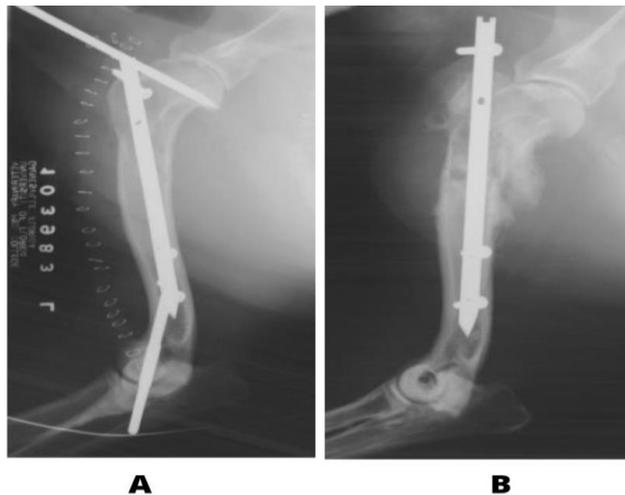
Hastes bloqueadas ou interlocking nail (IN) são pinos intramedulares com orifícios que permitem o bloqueio de movimentos rotacionais e axiais através do uso de parafusos transcorticais que são posicionados distal e proximalmente ao centro de fratura (SCHMAEDECK *et al.*, 2005 apud MOSES *et al.*, 2002).

São implantes utilizados largamente na medicina como método de fixação interna, sendo aplicados com o uso de fluoroscópio que permite abordagem fechada ao local de fratura. A necessidade do fluoroscópio para a colocação dos parafusos transcorticais atrasou o uso em animais, mas em 1993 foi feita a primeira aplicação de haste bloqueada na Medicina Veterinária utilizando dispositivo desenvolvido especialmente para isso (SCHMAEDECK *et al.*, 2005 apud MOSES *et al.*, 2002). Logo, o acesso para a colocação deste implante melhora o aspecto biológico da consolidação óssea, pois a exposição tecidual para a fixação é mínima, (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006; SCHMAEDECKE *et al.*, 2005 apud MOSES *et al.*, 2002) o que favorece o uso em fraturas de alta energia que apresentam extensa lesão em tecidos moles (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

Biomecanicamente, as hastes bloqueadas são vantajosas por estarem situadas ao longo do eixo mecânico central do osso (SCHMAEDECK *et al.*, 2005 apud MOSES *et al.*, 2002) e podem ser utilizadas para estabilizar fraturas simples e cominutivas no terço médio da diáfise. Hobbs (2012) relatou que as características anatômicas do úmero proximal e distal podem não favorecer a colocação desse implante, pois não há tecido ósseo disponível suficiente para estabilizá-lo da maneira correta. A utilização em fraturas de terço médio da diáfise é recomendada pois o córtex do osso é mais espesso nessa região e permite o travamento correto da haste no úmero. Resiste bem às forças de flexão, rotação e compressão e também consegue, em casos de fragmentos não redutíveis, fornecer fixação em ponte (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021). O uso de hastes bloqueadas não requer a redução anatômica da fratura para gerar estabilidade, promovendo consolidação indireta, visto que não há verdadeira rigidez entre os fragmentos (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

Outros implantes podem ser associados às hastes bloqueadas, como fios de cerclagem, fios de Kirschner, fixadores externos e parafusos do tipo lag (figura 6). O maior risco de complicações do uso de hastes bloqueadas pode estar associado ao uso de um único parafuso transcortical proximal ou distalmente à fratura, sendo recomendado o uso de dois parafusos em cada segmento ósseo (MOSES *et al.*, 2002).

Figura 6 - Radiografia lateral de fratura cominutiva em um cão fixada com uso de haste bloqueada e fixador esquelético externo.



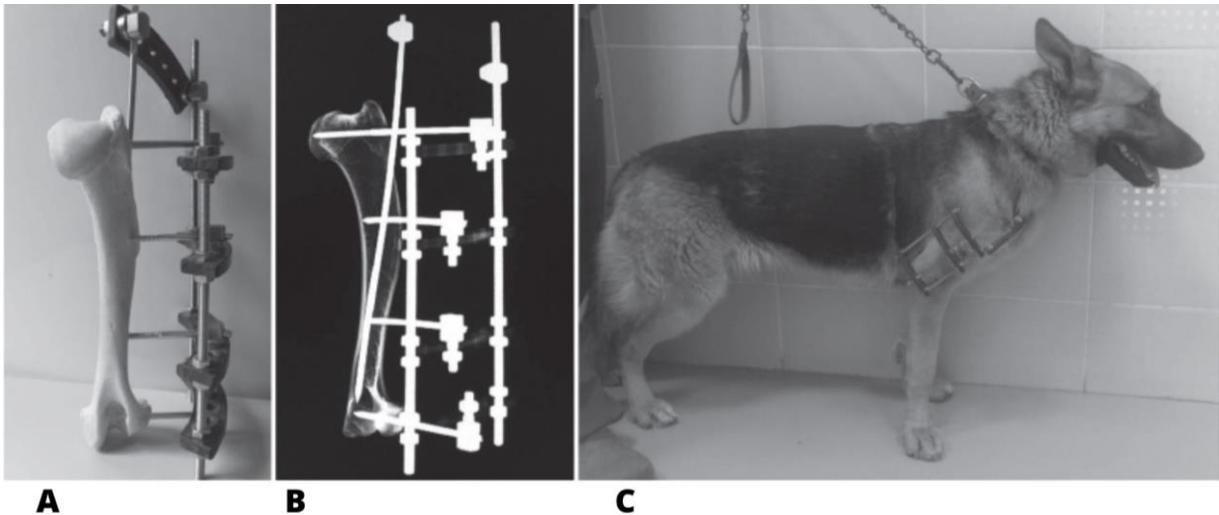
A: radiografia pós-operatória. B: radiografia de 20 semanas após a osteossíntese. O fixador esquelético externo foi removido. Formou-se calo ósseo e houve colapso da haste, que foi removida 26 semanas após a cirurgia. Fonte: MOSES *et al.* (2002).

2.7.3 Fixador esquelético externo

Fixadores esqueléticos externos podem ser lineares e circulares (LITTLE, 2007). Os fixadores lineares são implantes classificados de acordo com o número de planos que a estrutura ocupa e pelo número de lados de um membro através do qual irá emergir, sendo divididos em várias categorias como tipo Ia, Ib, II e III. Quanto mais barras e mais planos em um fixador mais forte e mais rígido ele irá se tornar. Fixadores do tipo Ia, Ib, II e III são sucessivamente mais fortes e mais rígidos (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021). Os fixadores circulares apresentam anéis conectados através de pinos rosqueados e o método para sua colocação é chamado de Ilizarov. Esse tipo de fixação fornece uma adaptabilidade ilimitada e as peças podem ser feitas sob medida (LITTLE, 2007). Fixadores esqueléticos circulares híbridos combinam fixadores em anel e fixadores lineares na mesma estrutura (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021).

A musculatura da região, a proximidade ao tórax e o movimento da articulação escápulo-umeral fazem com que a aplicação desse tipo de implante no úmero seja desafiadora ao cirurgião (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; BECK; SIMPSON, 1999). Ainda assim, é possível utilizar fixador esquelético externo em todos os tipos de fraturas diafisárias (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006), sendo bastante utilizados em fraturas cominutivas ou externas (DENNY; BUTTERWORTH, 2006). Fixadores do tipo Ia e Ib, com estruturas modernas, podem ser suficientes para estabilizar todas as fraturas em ossos longos (LITTLE, 2007) e geralmente são utilizados no úmero. Pinos intramedulares, como citado anteriormente, podem ser associados a fixadores esqueléticos externos (YARDIMCI *et al.*, 2018) adicionando suporte às forças de flexão, fazendo com que o implante suporte todas as forças de sustentação de peso. Essa configuração é chamada de tie-in (figura 7) (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021). Fixadores externos híbridos podem ser utilizados para fixação, principalmente, de fraturas com segmentos ósseos curtos e justa-articulares (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; KIRKBY *et al.*, 2008). O uso de fixadores esqueléticos externos apresenta diversas vantagens, incluindo a versatilidade e o baixo nível de dano aos tecidos moles adjacentes à região para colocação. O padrão ouro de construção do fixador é que as estruturas possam fazer um suporte total as cargas de peso sem interferir no uso do membro (YARDIMCI *et al.*, 2018).

Figura 7 - Exemplo de fixador esquelético externo semicircular associado a um pino intramedular (em configuração tie-in).



A: visão do fixador em modelo anatômico. B: imagem radiográfica do modelo apresentado em A. C: vista clínica do fixador em um cão. Fonte: adaptado de YARDIMCI *et al.* (2018)

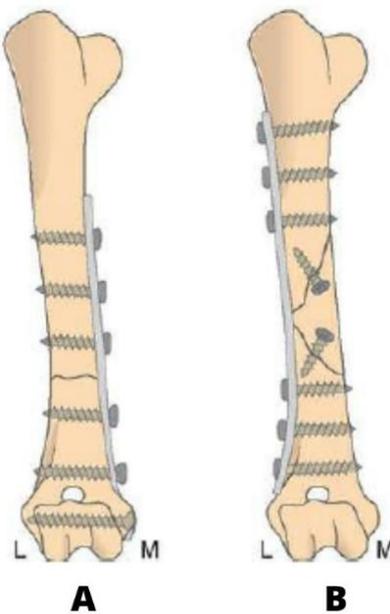
2.7.4 Placas e parafusos

O uso de placas promove rápido retorno à função do membro acometido, pois são implantes capazes de restaurar a estabilidade rígida do osso quando são corretamente aplicados (HOBBS, 2012; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006). Estão disponíveis em diversas configurações, com diferentes tipos de comprimento, largura e formato dos orifícios. Em placas de compressão dinâmica o orifício é oblongo e a cabeça do parafuso é cônica. Em placas bloqueadas os parafusos são travados diretamente nos orifícios, pois eles são rosqueados. Existem ainda placas de compressão bloqueadas que aceitam tanto parafusos de bloqueio como parafusos comuns (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021). Parafusos para ossos corticais densos possuem maior comprimento em uma volta completa da rosca e são menos profundos em relação aos parafusos que serão utilizados para fixar osso esponjoso. A compressão pode ser exercida por determinado tipo de parafuso de acordo com a forma de aplicação. A principal utilização dos parafusos é para fixar uma placa ao osso (ROE, 2007).

As placas serão designadas de acordo com a função que se pretende delas: compressão, neutralização, suporte ou ponte. Uma placa de compressão dinâmica só exercerá função de compressão quando for aplicada em fratura transversa ou oblíqua curta, com ângulo < 45 graus. Placas de neutralização, por sua vez, são utilizadas no lado de tensão do osso com a função de neutralizar forças de torção, flexão, compressão e distração que possa ocorrer em linhas de fratura que já tenham sido estabilizadas com o uso de parafusos ou fios de cerclagem,

hemicerclagem ou interfragmentários. Essas placas são aplicadas em fraturas cominutivas ou com fragmentos em cunha ou borboleta que possam ser reconstituídas anatomicamente com o uso de parafusos e fios (figura 8). Placas de suporte são utilizadas para escorar fragmento ósseo, mantendo o comprimento do osso e a correta angulação em alguns tipos de fratura. Placas em ponte são placas de apoio utilizadas para unir ou imobilizar a área fraturada, mantendo o comprimento do osso quando a fratura não pode ser reduzida. Essas placas podem ser aplicadas com mínima manipulação dos tecidos, preservando o suprimento sanguíneo, mas precisam suportar todas as forças de flexão, torção e compressão aplicadas sobre o osso, tendo mais probabilidades de falha do implante (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006). Através de estudos radiográficos, demonstrou-se que o uso de placa em ponte promove união óssea mais rápida em relação a placas de neutralização após os fragmentos serem reconstituídos (PIERMATTEI *et al.*, 2006; AYYAPPAN *et al.*, 2011 apud STIFFLER, 2004).

Figura 8 - Exemplo de aplicação de placa óssea na superfície umeral.

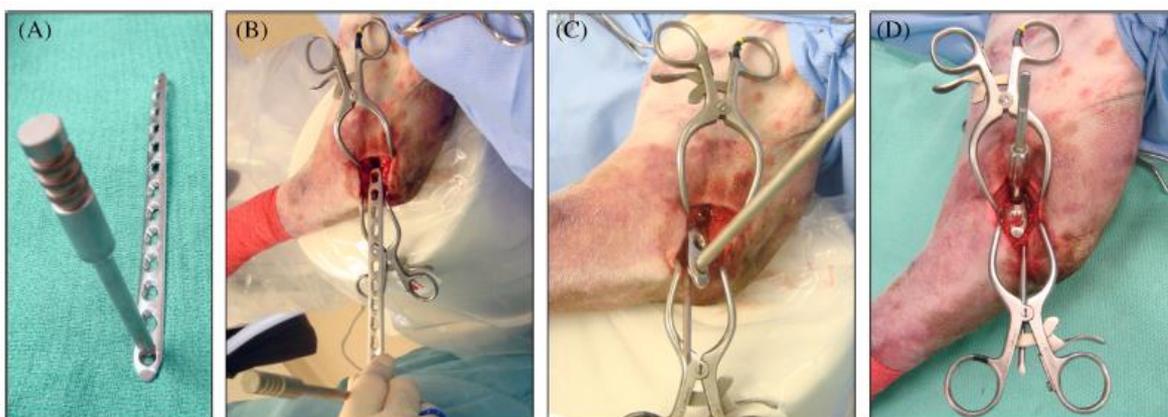


A: placa aplicada na face medial do osso para compressão em fratura transversa. B: fratura oblíqua fixada com uma placa de neutralização e parafusos de compressão. Fonte: adaptado de HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM (2021).

Plate rod é uma técnica que combina o uso de placa e um pino intramedular (AYYAPPAN *et al.*, 2011 apud STIFFLER, 2004) que pode ser utilizada em casos de fraturas cominutivas (DENNY; BUTTERWORTH, 2006). A placa resiste bem às forças axiais e de rotação, mas os orifícios sem parafusos no centro da fratura, onde não é possível aplicá-los, aumentam as chances de falha do implante devido às forças de flexão. O pino intramedular fornece boa sustentação à flexão em todas as direções, melhorando a rigidez geral do implante e diminuindo as chances de falha devido a fadiga da placa (HOBBS, 2012).

A osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO) é um método de fixação interna biológica que permite a aplicação de placa através de pequenas incisões na pele, sem exposição do sítio de fratura e com redução fechada, o que ajuda a preservar o aspecto biológico da consolidação óssea (figura 9) (POZZI, LEWIS, 2009; GUIOT; DÉJARDIN, 2011). MIPO pode ser utilizada para fixar fraturas cominutivas da diáfise e algumas fraturas transversas simples (HUDSON; POZZI; LEWIS, 2009). Com exceção de fraturas crônicas pouco deslocadas e sem necessidade de redução, A MIPO é indicada para fraturas recentes, com hematoma novo, pois fraturas crônicas apresentam maior dificuldade para que se recupere o comprimento e alinhamento do osso vencendo a contratura muscular preexistente. Também é preciso considerar a formação de calo ósseo nesses casos. Logo, esses fatores impossibilitam uma redução indireta adequada (BEALE *et al.*, 2012).

Figura 9 - Fotografia intraoperatória de inserção de uma placa de compressão bloqueada em um cão de 1,5 anos e 24 kg através da técnica de osteossíntese minimamente invasiva.



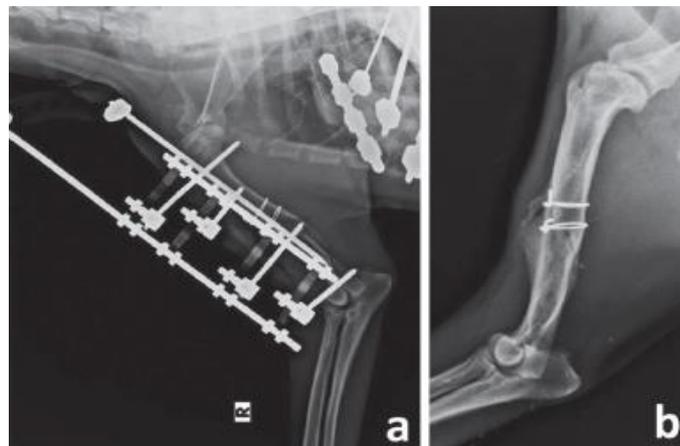
A: a placa foi contornada para se adaptar a superfície umeral. B/C: o implante é inserido de distal para proximal em um túnel epiperiosteal criado com a borda da placa ao longo da superfície medial do úmero. D: uso de um dispositivo push-pull para aproximar a placa da superfície óssea e mantê-la na posição correta antes da inserção do parafuso de travamento. Fonte: GUIOT; GUILLOU; DÉJARDIN (2019).

2.7.5 Fios ortopédicos

São utilizados como cerclagem, quando posicionados ao redor da circunferência do osso, ou de hemicerclagem (interfragmentários), quando colocados através de orifícios perfurados no osso. Os fios de hemicerclagem fornecem compressão interfragmentária estática aos fragmentos ósseos. Combinados a outros implantes, ajudam o osso a resistir a cargas axiais, de rotação e dobramento (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021), não devendo ser utilizados como único implante para fixar fraturas de diáfise (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; PIERMATTEI; FLO; DECAMP; 2006).

Os fios de cerclagem são indicados para fixar fraturas oblíquas longas, em espiral e em algumas fraturas cominutivas. Para que forneçam compressão, é necessário que a linha de fratura corresponda a no mínimo duas vezes o diâmetro da diáfise (ao nível da linha) e a fratura precisa ser reduzida anatomicamente, logo, afora algumas exceções, não deve haver mais de dois fragmentos e duas linhas de fratura presentes. Em fraturas com mais fragmentos, os fios de cerclagem apenas irão segurá-los em posição, não sendo capazes de fornecer compressão para resistir às cargas de peso impostas à fratura. Podem ser associados a fixadores esqueléticos externos, pinos intramedulares e placas ósseas (figura 10). Também podem ser utilizados no período operatório para fixar os fragmentos em posição enquanto a fixação primária é aplicada (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; PIERMATTEI; FLO; DECAMP; 2006).

Figura 10 - Ostessíntese de fratura oblíqua longa de terço médio de diáfise com fixador esquelético externo e dois fios de cerclagem.



A: radiografia pós-operatória imediata. B: radiografia realizada cinco semanas após a remoção do fixador esquelético externo, na qual é possível observar a diminuição do calo ósseo e a reorganização da cavidade medular. Os fios de cerclagem não foram removidos. Fonte: YARDIMCI *et al.* (2018).

2.8 Fixação de fraturas diafisárias específicas de úmero

2.8.1 Fratura diafisária simples ou incompleta

Em fraturas transversas de diáfise proximal, Hobbs (2012) recomendou o uso de pino intramedular associado a fixador externo unilateral ou placa, ao passo que o mesmo autor citou a colocação de placa cranial ou lateral para fraturas oblíquas curtas. Também é possível realizar redução fechada e a colocação de pino intramedular associado a um fixador esquelético é possível em alguns casos, mas contração da musculatura contra o fragmento e o edema dos tecidos moles pode dificultar a utilização (BOJRAB, 1996; HOBBS, 2012; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

O pino intramedular pode ser utilizado sozinho em fraturas simples, quando o paciente apresenta escore alto (9 e 10). O uso único de fixador esquelético externo linear tipo I ou a associação a outros implantes é indicado para pacientes de escore 8, 7 ou menor (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

Hayashi, Schulz e Fossum (2021) recomendaram que em fraturas transversas e oblíquas curtas de terço médio da diáfise, com baixo escore de avaliação, utilize-se placas com parafusos inseridos para funcionar como parafusos de compressão, haste bloqueada ou fixador externo do tipo Ib modificado em configuração tie-in. Em fraturas de médio escore de avaliação, citam, além da placa de compressão e haste bloqueada, o uso de fixador também do tipo Ib associado a um pino intramedular e fixador externo do tipo Ia para pacientes com escore alto de fratura. Hobbs (2012) recomendou placa associada ao pino intramedular (plate-rod) para fraturas oblíquas curtas de terço médio de diáfise.

Placas são indicadas para pacientes com qualquer escore, especialmente em cães de raça grande. Aplica-se a placa para neutralização em fraturas oblíquas longas e para compressão em fraturas transversais. As hastes bloqueadas também servem para qualquer escore de fratura, mas é preciso que haja osso intacto suficiente para que seja aplicado ao menos um parafuso distal e um proximal a cada segmento da fratura (PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006). Isso está de acordo com recomendação de Hobbs (2012) para que essas sejam utilizadas em fraturas de terço médio de diáfise. O autor também descreve o uso das hastes bloqueadas associadas a cerclagem em fraturas oblíquas longas, contanto que essas últimas respeitem os princípios de aplicação desses fios.

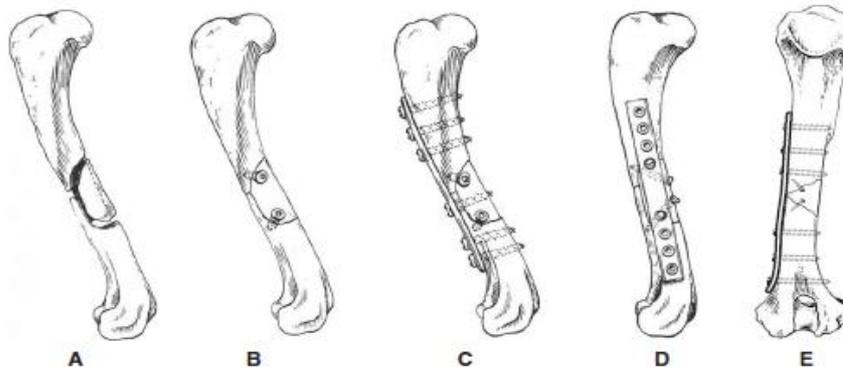
2.8.2 Fraturas diafisárias oblíquas longas ou cominutivas redutíveis com grade fragmento em borboleta

De acordo com Hayashi, Schulz e Fossum (2021) é possível fazer a redução anatômica dessas fraturas e aplicar compressão interfragmentária com o uso de cerclagem ou parafuso de compressão. Em pacientes cujo escore de fratura está entre 0 e 3 é possível utilizar placa de compressão, fixador externo associado a um pino intramedular ou uma haste bloqueada. Em pacientes com escores de 4 - 7 também pode ser feito o uso de fixador externo associado a um pino intramedular ou haste bloqueada. Se o escore avaliado for de 8 a 10, o fixador externo associado ao pino intramedular é capaz de fornecer a estabilidade necessária à fratura.

Piermattei, Flo e Decamp (2006) recomendaram que fraturas múltiplas com um único fragmento ósseo que possa ser reduzido e fixado com um fio de cerclagem ou um parafuso do tipo lag devem ser tratadas como fraturas simples, caso o paciente apresente escore de 8 ou mais.

Quando o segmento em borboleta pode ser reduzido e estabilizado com cerclagem ou parafuso de compressão, é indicada a colocação de placa, especialmente em cães de raças grandes (figura 11) (TOMLINSON, 2007).

Figura 11 - Exemplo de fixação de fratura diafisária com segmento redutível utilizando diferentes posicionamentos de placa de neutralização.



A: Fratura de terço médio de diáfise com um segmento em cunha. B: o fragmento proximal foi reduzido e fixado com um parafuso e após isso o segmento distal foi reduzido e fixado com um segundo parafuso. C: uma placa foi aplicada a superfície cranial. D: uma placa de neutralização poderia ser aplicada a superfície lateral, embora o acesso cirúrgico e o contorno da placa pode ser mais difícil. E: o lado medial do úmero fornece uma boa superfície para fixação de placa na maior parte das fraturas. Fonte: PIERMATTEI; FLO; DECAMP (2006).

2.8.3 Fraturas cominutivas da diáfise com múltiplos fragmentos

Fraturas com fragmentos redutíveis da porção proximal e média da diáfise poderão ser fixadas com pino intramedular somente se os fragmentos forem grandes o bastante para

estabilização usando fios de cerclagem. Mais comumente, nesses casos, pode ser realizada a compressão dos fragmentos para a reconstrução com o uso decerclagem ou parafusos LAG e a aplicação de placa de neutralização ou fixador esquelético externo do tipo I. A fixação em ponte também pode ser utilizada, com a aplicação de uma placa longa, fixador externo do tipo I ou com o uso de uma haste bloqueada. A associação de um pino intramedular à placa pode ser considerada para reduzir as chances de falha do implante (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

Tomlinson (2007) recomendou, para fraturas de terço médio de diáfise, o uso de haste bloqueada ou a associação de fixador esquelético externo tipo II modificado a um pino intramedular.

De acordo com Hobbs (2012) fraturas cominutivas da porção distal da diáfise podem ser fixadas utilizando placa em ponte posicionada lateral ou medialmente, plate-rod ou fixador esquelético externo associado ou não a um pino intramedular.

2.9 Fixação de fraturas supracondilares

Fraturas supracondilares são, no geral, simples, oblíquas curtas ou cominutivas. (HOBBS, 2012) e podem representar cerca de 13% das fraturas umerais (PIERMATTEI; FLO; DECAMP; 2021). As fraturas transversas ou oblíquas curtas necessitam de suporte para as forças de rotação e flexão, enquanto que as cominutivas precisam, ainda, de apoio para suportar cargas axiais (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021). De acordo com Tomlinson (2007) as fraturas supracondilares apresentam similaridades nos métodos de fixação das fraturas do eixo distal do úmero e ambas são descritas em conjunto. A diferença entre elas é que as fraturas supracondilares envolvem o forame supracondilar sem estenderem-se para o côndilo, ao passo que as fraturas do eixo distal não têm relação com o forame.

Hayash, Schulz e Fossum (2021) descreveram que para pacientes com baixo escore de fratura é possível usar uma placa caudolateral associada a uma placa caudomedial ou um pino intramedular. Em fraturas transversas a placa irá exercer compressão, mas em fraturas cominutivas irá agir como suporte. Para pacientes com escore moderado, indica-se o uso de placa medial ou caudolateral, ou ainda um fixador externo em configuração tie-in cujo arranjo e número de pinos será definido de acordo com o escore de cada fratura. Em casos de fraturas cominutivas que não podem ser reconstruídas, aplicar um fixador Ib modificado (após redução fechada) preserva o aspecto biológico da consolidação. Em pacientes com fratura transversa e escore alto, talvez se faça necessária a utilização de um pino intramedular posicionado medialmente no côndilo e de um fio de Kirschner que cruze a fratura, para fornecer estabilidade,

ou um pino posicionado lateralmente. Denny e Butterworth (2006) e Tomlinson (2007) citaram o pino intramedular associado ao fio de Kirschner como um método simples de fixação de fraturas supracondilares, quando se trata de fratura simples em paciente de alto escore.

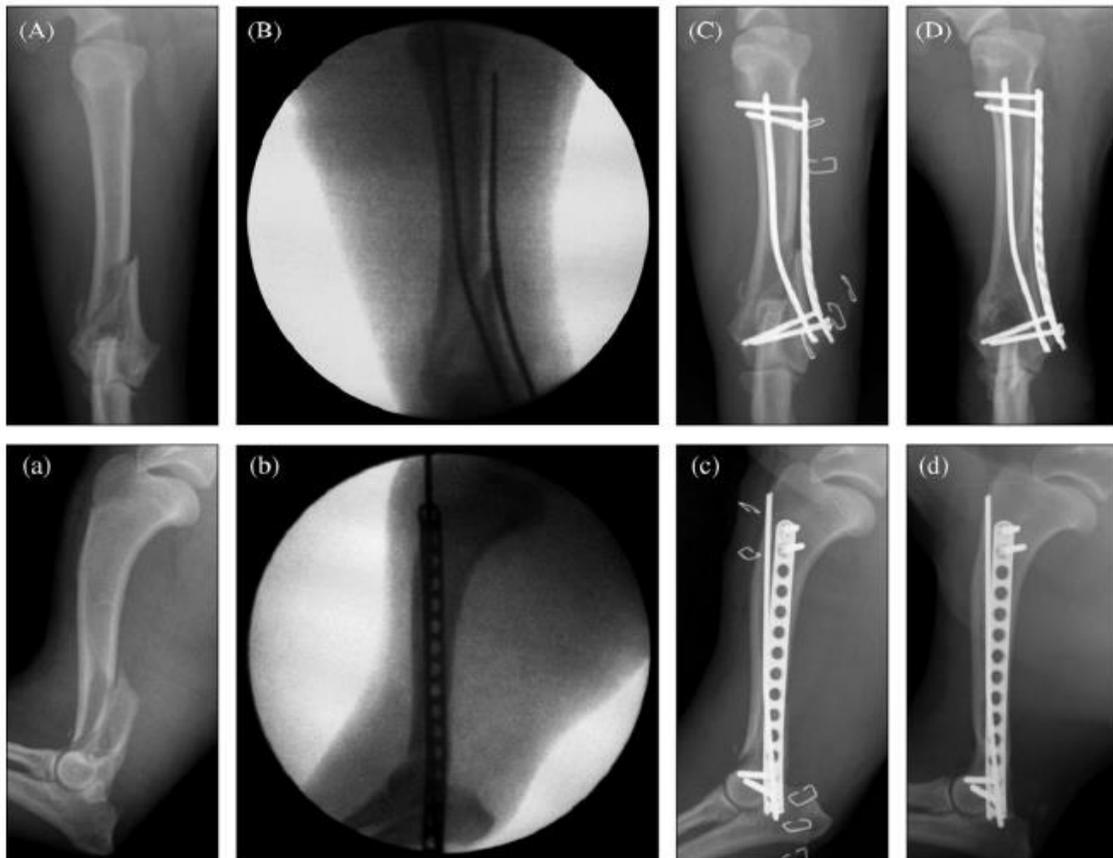
Bojrab (1996) também descreveu o uso dos mesmos métodos para a fixação de fraturas transversas, mas não especificou em qual escore se aplica. Para fraturas oblíquas, o autor recomendou o uso de pino intramedular associado ao uso de cerclagens e citou o uso de placas bilaterais, uma de tamanho maior na porção caudomedial do côndilo medial e uma placa menor na parte caudal do côndilo lateral, em casos de fraturas cominutivas. Tomlinson (2007) também recomendou a utilização de placas ósseas, tanto em fraturas simples ou cominutivas. No primeiro tipo de fratura citado, o autor indicou a colocação de uma placa ao lado caudal e medial do osso. Em relação às lesões cominutivas, é recomendado que se use uma única placa quando é possível estabilizar os fragmentos com parafusos de compressão. Quando não há essa possibilidade, o método de colocação de duas placas assemelha-se ao descrito por Bojrab para as fraturas cominutivas. Entretanto, Guerin *et al.*, 1998, destacaram que o reparo de fraturas supracondilares altamente cominutivas com placas pode ser tecnicamente desafiador devido a alguns fatores, como a baixa quantidade de osso disponível no segmento distal para a fixação do implante. Dewey *et al.*, 1994, Aron *et al.*, 1991 e Klause *et al.*, 1990, recomendaram o uso de fixador esquelético externo tipo Ia modificado nesses casos, devido a sua maior resistência biomecânica em relação aos tipos Ia e Ib.

Em um estudo desenvolvido por Longley *et al.*, em 2018, foi realizada comparação dos métodos de fixação utilizados em fraturas distais e supracondilares de úmero em cães e gatos. Os autores compilaram dados de animais atendidos entre 1994 e 2016 em quatro centros de referência do Reino Unido e os métodos de fixação encontrados nas fichas foram: fixadores esqueléticos externos do tipo I ou II modificados associados ou não a um pino interfragmentário ou ainda em configuração tie-in, placas ósseas e parafusos ou placas biaxiais. As placas foram fixadas após redução aberta da fratura. Dos 37 casos revisados pelo estudo, 12 (32%) eram fraturas simples e 25 (68%) cominutivas. Desses pacientes, 25 foram cães, mas os autores não especificaram quais métodos foram utilizados de forma individual em cada espécie. Entretanto, é citado que não há diferenças nos resultados entre cães e gatos. O uso de fixadores esqueléticos externos foi associado a taxa de 82% de complicações simples, mas em relação a complicações mais graves não houve diferença estatística entre placas e fixadores.

Guiot, Guillou e Déjardin, 2019, utilizaram a técnica de osteossíntese minimamente invasiva com placa para o tratamento de diferentes fraturas diafisárias de úmero em 11 cães e 3 gatos. Uma fratura supracondilar em paciente canino de 13 meses de idade foi incluída no

estudo e fixada utilizando a técnica de plate-rod (figura 12). A placa foi aplicada na superfície medial do úmero e o pino de Steinmann inserido de forma normógrada. Os autores não relataram complicações relacionadas ao procedimento e a média de tempo de consolidação óssea nesse estudo foi de 36 dias.

Figura 12 – Fratura supracondilar corrigida utilizando a técnica de plate-rod.



Vista craniocaudal (fileira superior) e mediolateral (fileira inferior) da fratura. A/a: imagem radiográfica pré-operatória da fratura. B/b: imagem fluoroscópica intraoperatória. C/c: imagem radiográfica pós-operatória. D/d: imagem radiográfica de acompanhamento 3 semanas após o procedimento, onde é possível observar a formação do calo ósseo. Fonte: GUIOT; GUILLOU; DÉJARDIN (2019).

2.10 Complicações

As complicações decorrentes de falhas de implantes ortopédicos incluem união retardada, má união, não união, osteomielite, infecção no local da fratura e falha da fixação. As complicações geralmente são oriundas de má escolha do método de osteossíntese. Por exemplo, haste bloqueada de tamanho inadequado ao paciente ou posicionada com orifício adjacente à linha de fratura pode acarretar em falha do implante. Tentar utilizar cerclagem em fraturas com três ou mais segmentos para obter compressão e estabilidade também é exemplo

de má utilização do implante que levará a falha na consolidação e complicações futuras (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; TOMLISON, 2007, PIERMATTEI; FLO; DECAMP, 2006).

O estado sistêmico do paciente, natureza do trauma, principalmente em fraturas expostas com alta lesão tecidual, e fatores farmacológicos também podem acarretar em complicações. Bem como o uso de implantes muito rígidos que afetem extensamente a rede vascular no local da fratura ou exerçam proteção excessiva sobre o osso (HAYASHI; SCHULZ; FOSSUM, 2021; RADASCH, 1999).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A osteossíntese de fraturas umerais é desafiadora ao cirurgião, principalmente devido a anatomia do úmero e a presença de grande quantidade de estruturas importantes na região, o que torna o acesso cirúrgico a esse osso bastante complexo. Portanto, o conhecimento das diversas técnicas existentes para o tratamento de fraturas, bem como as indicações individuais para a escolha assertiva dos implantes que devem ser utilizados são fundamentais para o sucesso do procedimento e a recuperação plena do paciente.

Variadas técnicas podem ser aplicadas em fraturas diafisárias e supracondilares, de acordo com um o score e classificação de fratura avaliados previamente pelo Médico Veterinário. Os princípios para a aplicação de cada técnica devem ser respeitados e o cirurgião deve ter conhecimento dos fatores biológicos e mecânicos que exercem influência sobre o ambiente de consolidação no momento do reparo cirúrgico.

Para tal, o estudo contínuo das técnicas disponíveis e possíveis de serem aplicadas deve ser parte da vida do cirurgião veterinário, visando sempre oferecer o melhor e mais adequado tipo de tratamento para cada paciente.

REFERÊNCIAS

- ALTUNATMAZ, K. *et al.* Use of intramedullary fullythreaded pins in the fixation of feline and canine humeral, femoral and tibial fractures. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 25, n. 04, p. 321-325, 2012.
- AYYAPPAN, S. *et al.* Management of diaphyseal humeral fracture using plate rod technique in a dog. **Tamilnadu Journal of Veterinary and Animal Science**, [SI], v. 7, n. 1, p. 35-38, 2011.
- ARON, D. N. *et al.* Experimental and clinical experience with an IM pin external skeletal fixator tie-in configuration. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, [SI], v. 4, p. 86-94, 1991.
- BECK, J. A.; SIMPSON, D. J. Type 1-2 hybrid external fixator with tied-in intramedullary pin for treating comminuted distal humeral fractures in a dog and a cat. **Australian Veterinary Journal**, [SI], v. 77, n. 1, não paginado, jan. 1999.
- BEALE, B. S.; MCCALLY, R. Minimally invasive plate osteosynthesis. **Veterinary clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 42, n. 5, p.1023–1044, 2012.
- BOSKEY, A.L. Tecidos Conjuntivos do Sistema Musculoesquelético. *In*: SLATTER, D. **Manual de Cirurgia de Pequenos Animais**. 3ª ed., São Paulo: Manole, Cap. 125, p.1774-1792, 2007.
- BRINKER, W. PIERMATTEI, D. L.; FLO, G. L. Fractures of the humerus. *In*: BRINKER, W. PIERMATTEI, D. L.; FLO, G. L. **Handbook of small animal orthopedics and fracture repair**. 3. ed. Philadelphia, Saunders, 1997. P. 261 – 287.
- CHAO, P.; LEWIS, D. D.; KOWALEWSKI, M. P.; POZZI, A. Biomechanical concepts applicable to minimally invasive fracture repair in small animals. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**. v. 42, n. 5, p. 853–872, 2012.
- DENNY, H. R.; BUTTERWORTH, S. J. The Humerus. *In*: DENNY, H. R.; BUTTERWORTH, S. J. **A Guide to Canine and Feline Orthopaedic Surgery**. 4. ed. Iowa: Blackwell Science, 2006. p. 341 - 362.
- DEWEY, C. W. *et al.* Static strength evaluation of two modified unilateral external skeletal fixators. **Journal of Small Animal Practice**, [SI], v. 35, p. 211-21, 1994.
- DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. O membro torácico do cão e do gato. *In*: DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de Anatomia Veterinária**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 476 – 489, 2010.
- DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. O aparelho locomotor. *In*: DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de Anatomia Veterinária**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 32 – 99, 2010.
- DOYLE, N. Rehabilitation of fractures in small animals: maximize outcomes, minimize complications. **Clinical Techniques in Small Animal Practice**, v. 19, p. 180 – 191, 2004.
- EURELL, J. A.; SICKLE, D. C. V. Tecidos conjuntivos e de sustentação. *In*: EURELL, J. A; FRAPPIER, B. L. **Histologia veterinária de Dellmann**. 6. ed. Barueri: Manole, 2012. p. 31 - 61.

- GUERIN, S. R. *et al.* Comminuted supracondylar humeral fractures repaired with a modified type I external skeletal fixator construct. **Journal of small animal practice**, v. 39, n. 11, p. 525-532, 1998.
- GUIOT, L. P.; DÉJARDIN, L. M. Prospective evaluation of minimally invasive plate osteosynthesis in 36 nonarticular tibial fractures in dogs and cats. **Veterinary Surgery**, [SI], v. 40. p. 171-182, 2011.
- GUIOT, L.P.; GUILLOU, R. P.; DÉJARDIN, L. M. Minimally invasive percutaneous medial plate-rod osteosynthesis for treatment of humeral shaft fractures in dog and cats: Surgical technique and prospective evaluation. **Veterinary Surgery**, v. 48, n. S1, p. O41-O51, 2019.
- HAYASHI, K; SCHULZ, K. S.; FOSSUM, T. W. Manejo de fraturas específicas. *In*: FOSSUM, T. W. **Cirurgia de pequenos animais**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. p. 1036 - 1133.
- HAYASHI, K; SCHULZ, K. S.; FOSSUM, T. W. Princípios do diagnóstico e manejo de fraturas. *In*: FOSSUM, T. W. **Cirurgia de pequenos animais**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. p. 976 - 1035.
- HOBBS, S. J. L. Fractures of the Humerus. *In*: TOBIAS, K. M.; JOHNSTON, S. A. **Veterinary Surgery Small Animal**. 1. ed. Saint Louis: Elsevier, 2012. p. 709 - 723.
- HUDSON, C.C.; POZZI, A.; LEWIS, D. D. Minimally invasive plate osteosynthesis: Applications and techniques in dogs and cats. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, [SI], v. 3, p. 175 - 182, 2009.
- HULSE, D. *et al.* Reduction in plate strain by addition of an intramedullary pin. **Veterinary Surgery**, v. 26, p. 451 - 459, 1997.
- HULSE, D. *et al.* Effect of intramedullary pin size on reducing bone plate strain. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 13, n. 04, p. 185-190, 2000.
- JACKSON, D. A. Tratamento das fraturas umerais. *In*: BOJRAB, M. J. **Técnicas atuais em cirurgia de pequenos animais**. 3. ed. São Paulo: Roca, 1996. p. 710 - 723.
- JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. Tecido ósseo. *In*: JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica: Texto e Atlas**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. p. 131 - 148.
- KIRKBY, K. A. *et al.* Management of humeral and femoral fractures in dogs and cats with linear-circular hybrid external skeletal fixators. **Journal of the American Animal Hospital Association**, [SI], v. 44, n. 4, p. 180-197, 2008.
- KLAUSE, S. E. *et al.* A modification of the unilateral type 1 external skeletal fixator configuration for primary or secondary support of supracondylar humeral and femoral fractures. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, [SI], v. 3, p. 130-133, 1990.
- KÖNIG, H. E.; MAIERL, J.; LIEBICH, H.G. Membros torácicos ou anteriores. *In*: KÖNIG, H. E.; LIEBICH, H.G. **Anatomia dos animais omésticos**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. p. 151 -222.
- LIEBICH, H.G. *et al.* Introdução e anatomia geral. *In*: KÖNIG, H. E.; LIEBICH, H.G. **Anatomia dos Animais Domésticos**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. p. 1 - 53.

- LAHUNTA, A. D.; EVANS, H. E. The Skeleton. *In: W.; LAHUNTA, A. D.; EVANS, H. E. Miller and Evans' Anatomy of The Dog*. 4. ed. Saint Louis: Elsevier, P. 80 – 157, 2013.
- LITTLE, M. Fixação Esquelética Externa. *In: SLATTER, D. Manual de cirurgia de Pequenos Animais* 3. ed. Barueri: Manole, 2007. p. 1818 - 1834.
- LITTLE, M. Fracturas humerales en los perros. **Waltham Focus**, [SI], v. 8, n.3, p. 2-8, 1998.
- MARITATO, K. C.; ROVESTI, G. L. Minimally Invasive Osteosynthesis Techniques for Humerus Fractures. **Veterinary Clinics Small Animal Practice**, v. 50, p. 123 – 134, 2019.
- MIZUNO, K.; MINEO, K.; TACHIBANA, T. The osteogenic potential of fracture haematoma. Subperiosteal and intramuscular transplantation of the haematoma. **The Journal of bone and joint surgery**, v. 72, n. 2, p. 822–829, 1990.
- MOSES, P. A. *et al.* Intramedullary interlocking nail stabilization of 21 humeral fractures in 19 dogs and one cal. **Australian Veterinary Journal**, v. 80, p. 326-343, 2002.
- ONÇA, R. J.; PRATAS, R. L. Osteossíntese Biológica: a teoria que suporta os casos clínicos. I PARTE. **Revista: O Médico Veterinário**, n. 77, não paginado, 2003.
- PALMER, R. H. Biological osteosynthesis. **Veterinary Clinical of North American Small Animal Practice**, v. 29, p. 1171-1185, 1999.
- PIERMATTEI, D.; FLO, G.; DECAMP, C. Fractures: Classification, Diagnosis, and Treatment. *In: PIERMATTEI, D.; FLO, G.; DECAMP, C. Brinker, Piermattei and Flo's Handbook Of Small Animal Orthopedics And Fracture Repair*. 4. ed. Missouri: Elsevier, 2006. p. 25 - 159.
- PIERMATTEI, D.; FLO, G.; DECAMP, C. Fractures of the Humerus. *In: PIERMATTEI, D.; FLO, G.; DECAMP, C. Brinker, Piermattei and Flo's Handbook Of Small Animal Orthopedics And Fracture Repair*. 4. ed. Missouri: Elsevier, 2006. p. 297 - 324.
- POZZI, A.; LEWIS, D. D. Surgical approaches for minimally invasive plate osteosynthesis in dogs. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, [SI], v. 22, n. 04, p. 316-320, 2009.
- RADASCH, R. M. Biomechanics of bone and fractures. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, vol. 29, p. 1045 - 1082, 1999.
- REECE, W. O. Bones, Joints, and Synovial Fluid. *In: REECE, W. O. Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals*. 4. ed. Iowa: Wiley-Blackwell, 2009. p. 179 - 198.
- ROE, S. Fixação Interna das Fraturas. *In: SLATTER, D. Manual de cirurgia de Pequenos Animais* 3. ed. Barueri: Manole, 2007. p. 1798 - 1833.
- SCHMAEDECKE, A.; FERRAZ, V. C. M; FERRIGNO, C. R. A. Aplicabilidade e exequibilidade da técnica de interlocking nail como tratamento de fraturas diafisárias de fêmur em cães. **Revista de Educação Continuada CRMV-SP**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 19 - 25, 2005.
- SHIPOV, A. *et al.* Pin size selection for normograde intramedullary pinning of distal humeral fractures in the dog. **Veterinary Surgery**, v. 44, n. 5, p. 565-570, 2015.
- SIMPSON, Amelia M. Fractures of the humerus. **Clinical Techniques in Small Animal Practice**, [SI], v. 19, n. 3, p. 120-127, 2004.

SPENCER, A. *et al.* Internal Fracture Fixation. *In: TOBIAS, K. M.; JOHNSTON, S. A. Veterinary Surgery Small Animal*. 1. ed. Saint Louis: Elsevier, 2012. p. 576 - 607.

STIFFLER, K. Internal fracture fixation. **Clinical Techniques in Small Animal Practice**, 2004. vol. 19, p. 105 - 113.

SUMMA, M. E. Cartilagem e osso. *In: SAMUELSON, D. A. Tratado de Histologia Veterinária*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. p. 97 - 115.

TOMLINSON, J. L. Fraturas do Úmero. *In: SLATTER, D. Manual de cirurgia de Pequenos Animais*. 3. ed. Barueri: Manole, 2007. p. 1905 - 1918.

TOMLINSON J. L. Fractures of the humerus. *In: SLATTER, D. Textbook of small animal surgery*. 3. ed. Philadelphia: Saunders, 2003, p. 1905 – 1918.

YARDIMCI, Cenk *et al.* Management of humeral fractures in dogs by using semicircular external fixator and intramedullary pin tie-in combination. **Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 24, n. 2, 2018.