

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

TRAUMATOLOGIA ORTOPÉDICA EM ANIMAIS DE COMPANHIA

FIXADORES ESQUELÉTICOS EXTERNOS

Dissertação de Mestrado em Medicina Veterinária

LUZIA DA SILVA GOMES

ORIENTADOR: PROFESSOR DOUTOR JOSÉ EDUARDO PEREIRA



VILA REAL, 2013

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

TRAUMATOLOGIA ORTOPÉDICA EM ANIMAIS DE COMPANHIA
FIXADORES ESQUELÉTICOS EXTERNOS

Dissertação de Mestrado em Medicina Veterinária

LUZIA DA SILVA GOMES

ORIENTADOR: PROFESSOR DOUTOR JOSÉ EDUARDO PEREIRA

COMPOSIÇÃO DO JÚRI:

Presidente: Doutora Adelina Maria Gama Quaresma

Vogais: Doutor José Eduardo Teixeira Pereira

Doutor Luís Miguel Viana Maltez

VILA REAL, 2013

“As doutrinas apresentadas neste trabalho são
da exclusiva responsabilidade do autor.”

AGRADECIMENTOS

- À Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro (UTAD), na pessoa do Magnífico Reitor, Professor Doutor António Fontainhas Fernandes, pela possibilidade de elaborar esta dissertação de mestrado.
- Ao meu orientador Professor Doutor José Eduardo Pereira, por me ter acolhido como orientanda e por sempre ter um conselho sábio quando eu mais precisei. A toda a equipa do Centro Hospitalar Veterinário Limiavet:
Dr. Reinaldo Branquinho por me ter acolhido na família Limiavet, por todos os ensinamentos e por me ter apresentado à ortopedia.
Dra. Isabel Branquinho por todo o carinho, simpatia, paciência e ensinamentos.
Dra. Manuela Cerqueira por ter sido a minha “orientadora oficiosa”. Sem a sua ajuda este trabalho não teria sido possível.
- Dra. Ana Flora Rocha, Dra. Catarina Gomes, Dra. Ivone Silva, Dra. Renata Lima; Enf. Soraia Paulos, Inês Castro, Marta Branquinho e Sofia Branquinho, pela amizade, pela companhia, pelos ensinamentos e por tudo o que passámos durante o estágio.
- Aos meus pais, que tantos sacrifícios fizeram para me dar os instrumentos necessários para eu poder construir o meu futuro.
- Aos meus amigos, com quem passei tantos e bons momentos. Pessoas que me ouviram, que me aconselharam e que sempre me acompanharam. Muito obrigada: Ana Daniela Pereira, Cátia Sousa, João Esteves, Marta Rebelo, Alexandre Triguinho, Marta Cunha, Daniela Cardoso, Maria João Garcia, Ricardo Neto, e todos aqueles que, apesar de não figurarem nesta lista, passaram pela minha vida e me ajudaram a crescer.
- À minha amiga Ana Teresa Pereira pela amizade e ajuda com a bibliografia.
- À minha amiga Ana Carina Cunha pela amizade e ajuda com o inglês.

Gostaria, ainda, de agradecer ao Centro Veterinário Vale do Minho, na pessoa da Dra. Karina Viães, por toda a disponibilidade e apoio oferecidos.

RESUMO

A fixação esquelética externa é um método de estabilização óssea, utilizado na medicina veterinária e humana, como método único ou complementar. Este baseia-se na utilização de cavilhas percutâneas conectadas a uma estrutura externa de suporte. Trata-se de um método versátil, simples e acessível, utilizado, especialmente, na reparação de fraturas dos ossos longos.

Esta dissertação surge no seguimento do estágio de 6 meses, realizado no Centro Hospitalar Veterinário Limiavet, e tem por base o acompanhamento da resolução de 12 fraturas dos ossos longos, em animais de companhia (cão e gato), com recurso a fixadores esqueléticos externos.

Os principais objetivos foram o aprofundamento do estudo e consolidação dos conhecimentos obtidos acerca dos fixadores esqueléticos externos, em conjugação com o acompanhamento da sua aplicabilidade prática, na resolução de fraturas em animais de companhia (cão e gato). Esta abordagem permitiu-nos ter uma noção mais aproximada quer das vantagens, quer das desvantagens da aplicação dos fixadores esqueléticos externos na resolução de fraturas de ossos longos. O aprofundamento do estudo e a aquisição de novos conhecimentos aconteceu, não só, no que se refere à fixação esquelética externa, mas também a nível da cirurgia geral e ortopédica.

Concluiu-se que, a fixação esquelética externa é um método útil na reparação de fraturas dos ossos longos. No entanto, a sua utilização deve ser pautada de acordo, não só, com as características anatómicas e biomecânicas da fratura em causa, mas também, pelo temperamento do animal, as aspirações e a disponibilidade do proprietário.

Palavras – chave: Traumatologia ortopédica; Fixação esquelética externa; Fratura; Osso

ABSTRACT

External Skeletal Fixation is a bone stabilization method, used in the veterinary and human medicine, as a single or complementary method. It is based on the use of percutaneous pins connected to an external support. It's a versatile, easy and affordable method, used especially in the repair of long bone fractures.

This work follows the six months internship done in the Centro Hospitalar Veterinário Limiavet. It is based on the monitoring of 12 long bones fractures resolution, in small animals (dog and cat), using external skeletal fixators.

The main objectives of the study were to improve and consolidate knowledge concerning external skeletal fixators, and monitoring its practical applicability in fractures repairing in small animals (dog and cat). This approach allows having a better approximation of the advantages and disadvantages of the external skeletal fixators application in the long bone fractures resolution.

The study and the acquisition of new knowledge were accomplished, regarding not only the external skeletal fixation, but also the general and orthopedic surgery.

It was concluded that the external skeletal fixation is a useful method in the long bones fractures repairing. However, external skeletal fixation should be regulated in accordance not only with the anatomical and biomechanical fracture in question, but also by the temperament of the animal, and the owner aspirations and availability.

Keywords: Orthopedic traumatology; External skeletal fixation; Fracture; Bone

ÍNDICE GERAL

Capítulo I - Revisão Bibliográfica	página 1
1. Introdução	página 1
2. Natureza óssea	página 1
2.1 Mecanismo de fratura	página 2
2.1.1 Conceitos básicos de biomecânica óssea	página 3
2.2 Classificação de Fraturas	página 5
2.2.1 Fatores causais	página 5
2.2.2 Comunicação com o ambiente exterior	página 6
2.2.3 Localização, morfologia da fratura e severidade	página 6
2.2.4 Estabilidade após recolocação na posição anatômica normal	página 7
2.3 Biologia do tratamento de fraturas	página 7
2.3.1 A circulação sanguínea do osso	página 8
2.3.2 Cicatrização indireta ou secundária	página 8
2.3.3 Cicatrização primária	página 9
2.3.4 Complicações na cicatrização óssea	página 9
2.3.4.1 Atrasos de união	página 10
2.3.4.2 Não-união	página 10
2.3.4.3 Má-união	página 11
2.3.4.4 Osteomielite	página 11
3. Fixação Esquelética Externa	página 11
3.1 História	página 12
3.2 Conceitos básicos	página 12
3.2.1 Cavilhas de fixação	página 12
3.2.2 Barras de conexão	página 14
3.2.3 Rótulas Conectoras	página 14
3.3 Sistemas e configurações	página 15
3.3.1 Sistemas comerciais de fixação esquelética externa ..	página 16
3.3.1.1 Kirschner- Ehmer (KE) e Kirschner – Ehmer Plus (KE Plus)	página 16
3.3.1.2 Fixadores Standard (SF)	página 17
3.3.1.3 IMEX - SK™ External Skeletal Fixation System e Securus External Fixation System	página 17
3.3.1.4 Fixador Externo FESSA	página 18

3.3.1.5 Rótulas de fixação Meynard	página 18
3.3.1.6 Sistemas circulares	página 18
3.3.1.7 Sistemas livres	página 19
3.3.1.8 Sistemas híbridos	página 19
3.4 Decisão de colocação de fixadores esqueléticos externos	página 19
3.4.1 Vantagens da fixação esquelética externa	página 20
3.4.2 Desvantagens da fixação esquelética externa	página 20
3.5 Princípios de colocação	página 20
3.5.1 Escolha da estrutura	página 21
3.5.2 Redução da fratura	página 21
3.5.2.1 Redução de fraturas com abordagem fechada	
- Técnica de suspensão do membro	página 21
3.5.2.2 Redução de fraturas simples, com uma abordagem	
limitada	página 22
3.5.3 Aplicação das cavilhas de fixação	página 22
3.5.3.1 Colocação de meias cavilhas	página 23
3.5.3.2 Colocação de cavilhas completas	página 24
3.5.4 Colocação de barra de fixação	página 24
3.6 Cuidados de colocação	página 25
3.6.1 Evitar a lesão térmica do osso	página 25
3.6.2 Evitar stress local excessivo	página 26
3.6.3 Evitar a interferência do fixador externo na utilização do membro	
.....	página 27
3.7 Cuidados pós-operatórios	página 26
3.7.1 Bandagem	página 27
3.7.2 Restrição de exercício.....	página 27
3.7.3 Avaliação radiográfica pós-operatória	página 28
3.8 Complicações da fixação esquelética externa	página 29
3.8.1 Falha na manutenção da estabilidade adequada	página 30
3.8.2 Falha da estrutura	página 30
3.8.3 Quebra de cavilhas	página 30
3.8.4 Deslocação de cavilhas	página 30
3.8.5 Perda prematura de cavilhas	página 30
3.8.6 Fraturas ósseas secundárias a fixadores esqueléticos externos	
.....	página 31
3.8.7 Invasão dos tecidos moles	página 31

3.8.8 Complicações relacionadas com infeção	página 32
3.8.8.1 Osteomielite	página 32
3.8.8.2 Sequestro ósseo	página 32
3.8.8.3 Infeções do trajeto dos cavilhas	página 32
3.9 Cicatrização óssea com fixador esquelético externo	página 33
3.10 Dinamização e remoção da estrutura	página 34
Capítulo II - Casos Clínicos	página 35
1. Apresentação clínica	página 37
2. Exames Complementares	página 38
3. Procedimento pré-cirúrgico	página 39
4. Procedimento cirúrgico	página 39
5. Evolução	página 41
Capítulo III - Discussão	página 43
Capítulo IV - Conclusão	página 49
Capítulo V - Bibliografia	página 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Secção de osso mostrando osso cortical e osso trabecular.....	página 2
Figura 2 – Representação esquemática da relação ideal entre as principais forças aplicadas ao osso e o padrão de fratura resultante das mesmas.	página 4
Figura 3 – Imagens radiográficas demonstrando fraturas.	página 5
Figura 4 – Representação esquemática do sistema de código alfanumérico para diagnóstico de fraturas.....	página 6
Figura 5 – Representação esquemática da classificação Salter-Harris para fraturas da linha fisária.....	página 7
Figura 6 - Cicatrização óssea secundária em fraturas instáveis.....	página 9
Figura 7 – Representação esquemática de uma não-união viável e uma não-união não viável	página 11
Figura 8 – Representação esquemática da aplicação de meia cavilha (*) e cavilha completa (>). (Adaptado de Palmer, 2012)	página 13
Figura 9 – Quatro cavilhas roscadas de aço inoxidável	página 13
Figura 10 – Representação esquemáticas de algumas conformações de fixadores externos	página 15
Figura 11 - Representação esquemáticas de algumas conformações de fixadores externos lineares aplicando estratégias de otimização	página 15
Figura 12 – Rótula média do sistema KE Plus, com cavilha grande e perfil de rosca positivo.....	página 16
Figura 13 – Rótula SF.....	página 17
Figura 14 – Rótulas IMEX™ – SK e sua representação esquemática.....	página 17
Figura 15 – Sistema de fixação externa Securus®. Dispositivo de aplicação de cavilhas, em titânio	página 17
Figura 16 – Fixador externo FESSA aplicado ao Úmero/Ulna distal de gato.....	página 18
Figura 17 - Rótulas de fixação Meynard.....	página 18
Figura 18 – Sistema de fixação externa circular, aplicado ao radio/ulna	página 18
Figura 19 - Acrylic Pin External Fixation (APEF) System™	página 19
Figura 20 - Epoxy ESF Putty.....	página 19
Figura 21 – Representação esquemática da redução de fraturas da tíbia.....	página 21
Figura 22 – Representação esquemática da redução de fraturas pela técnica de suspensão do membro.....	página 22
Figura 23 – Exemplo da tensão exercida na pele por uma cavilha de fixação ..	página 24
Figura 24 – Complicação secundária à falta de restrição de exercício.....	página 28

Figura 25 - Projeção radiográfica mediolateral da fratura supracondilar, em cunha, do úmero.....	página 38
Figura 26 - Projeção radiográfica mediolateral de fratura ligeiramente oblíqua da diáfise média do rádio e ulna	página 38
Figura 27 - Projeção radiográfica mediolateral de fratura segmentar da diáfise femoral	página 39
Figura 28 - Projeção radiográfica mediolateral de fratura transversa da diáfise média da tíbia	página 39
Figura 29 – Estrutura de fixação esquelética externa, configuração tie-in, aplicada na resolução da fratura de fêmur, com recurso à técnica de redução aberta.	página 40
Figura 30 – Acompanhamento radiográfico de uma fratura de tíbia e fíbula	página 41
Figura 31 – Projeção radiográfica mediolateral da fratura transversa da tíbia no local da fratura anterior	página 42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Curva de força-deformação	página 3
Gráfico 2 – Curva de stress - estiramento.....	página 4
Gráfico 3 – Distribuição dos 47 casos de traumatologia ortopédica observados durante o estágio no CHVL	página 35
Gráfico 4 – Distribuição da utilização de fixadores esqueléticos externos na resolução de fraturas dos ossos longos	página 35
Gráfico 5 – Distribuição da colocação de fixadores esqueléticos externos, por espécie e local de fratura	página 36
Gráfico 6 – Distribuição da idade dos animais, segundo o local de fratura	página 36
Gráfico 7 – Acontecimentos traumáticos responsáveis pelas fraturas em estudo.....	página 37
Gráfico 8 – Complicações registadas ao longo das consultas de reavaliação	página 41
Gráfico 9 – Dispersão das datas de remoção dos fixadores esqueléticos externos	Página 42
Gráfico 10 – Incidência das fraturas dos ossos longos em clínica de animais de companhia. Resultados obtidos neste trabalho e valores descritos na bibliografia de referência	página 43

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo médio necessário para a união clínica	página 10
Tabela 2 - Resumo esquemático da nomenclatura básica de configuração dos Fixadores esqueléticos externos lineares.....	página 15

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1 – Fatores que contribuem para a perda prematura de cavilhas e a sua complexa inter-relação	página 31
Esquema 2 – Descrição das fraturas diagnosticadas nos diferentes ossos longos.	página 38
Esquema 3 – Configurações de fixação esquelética externa utilizadas na reparação das 12 fraturas de ossos longos em estudo	página 40

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

% - percentagem

® - marca registada

°C – graus centígrados

AO Vet/ ASIF - Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese und Association for the study of Internal Fixation

APEF - Acrylic Pin External Fixation

CHVL – Centro Hospitalar Veterinário Limiavet

CVVM – Centro Veterinário Vale do Minho

FeLV – Vírus da Leucemia Felina

FIV – Vírus da Imunodeficiência Felina

KE – Kirschner – Ehmer

kg – kilograma

m. - músculo

mm. – músculos

Nº - número

TM - Trade Mark

SF – Fixadores Standard

Capítulo I - Revisão Bibliográfica

1 - Introdução

Por vezes, as características de uma fratura específica ditam um método de reparação único ideal. No entanto, muito mais frequentemente, existe um certo número de métodos igualmente válidos para a resolução de uma fratura (Kraus, 2003).

O cirurgião tem de avaliar a fratura, o animal e o proprietário para identificar qual o implante que irá atingir a necessária estabilidade, durante o tempo adequado, para satisfazer os objetivos desejados (Johnson^a, 2013).

Os fixadores externos apresentam-se como uma opção versátil e acessível para o tratamento de fraturas dos ossos longos, osteotomias corretivas, artrodeses e imobilização temporária de articulações (Johnson^a, 2013). A estabilização, nestes implantes, é conseguida através de arames e/ou cavilhas percutâneas unidas por uma estrutura externa. (Marcellin-Little, 2003).

A fixação esquelética externa é o único método que tem como vantagem oferecer ajustabilidade após cirurgia. Sendo que, a estrutura pode ser criada para satisfazer as necessidades mecânicas iniciais de estabilização e subseqüentemente pode ser modificada ou destabilizada para promover uma fixação ótima ao longo do período de cura. Outra vantagem é o facto de ser menos invasiva que a fixação com placas, permitindo a aplicação do conceito de fixação biológica. Para além disso, permite um melhor acesso a feridas do que a coaptação externa (Marcellin-Little, 2003; Palmer, 2012; Johnson^a, 2013), tem uma aplicação relativamente fácil e rápida, para além de ser um método barato (Corr, 2005).

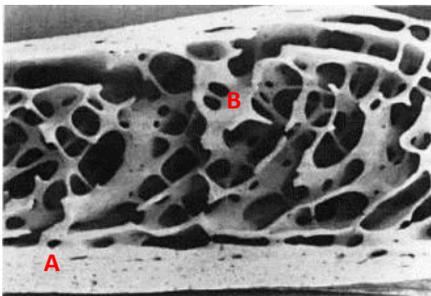
2 - A Natureza óssea

Os ossos formam uma parte essencial do sistema locomotor, agindo como alavanca durante o movimento e resistindo à força da gravidade, para além de suportarem e protegerem os tecidos e órgãos adjacentes. Em adição a esta função mecânica, os ossos têm ainda outras funções como a de reservatório mineral (Boskey, 2003) e de células estaminais (Hoggatt J, 2013).

O osso consiste num material viscoelástico composto por células (10%) (osteoblastos, osteócitos e osteoclastos), minerais, uma matriz orgânica (40%) e água (Hulse, 1995; Little, 2011).

A matriz orgânica é composta por fibras de colagénio (90% colagénio tipo I), dispostas paralelamente ao eixo longitudinal do osso, as quais são muito resistentes às forças de tensão. É, ainda, constituída, entre outros, por proteoglicanos, que são complexos de proteínas hidrofílicas que aumentam a resistência óssea às forças de compressão. Os principais minerais presentes no osso são o cálcio e o fósforo, que se encontram dispostos nas fibras de colagénio sob a forma de pequenos cristais de hidroxiapatita, e são muito resistentes às forças de compressão (Hulse, 1995; Little, 2011).

Podemos dividir o tecido ósseo em dois tipos: osso cortical e osso esponjoso ou trabecular (Figura 1). O osso esponjoso é mais poroso (porosidade de 50 – 95%) e encontra-se situado em áreas de maior stress, especialmente epífises e metáfises. Por sua vez, o osso cortical é mais compacto (porosidade de 5-10%). Este último deve a



sua porosidade especialmente aos canais de Havers e aos canais de Volkman, que contêm capilares e nervos (Doblaré, 2004; Little, 2011).

Figura 1 - Secção de osso mostrando osso cortical (A) e osso trabecular (B). (Adaptado de Doblaré, 2004)

Os ossos longos são divididos em três secções: epífise, metáfise e diáfise. A epífise situa-se na extremidade do osso, sendo revestida, na maioria dos casos, por cartilagem. A metáfise é a zona de transição entre a epífise e a diáfise, e onde se encontra, maioritariamente, o osso esponjoso. No organismo em crescimento, a metáfise encontra-se separada da epífise pela placa de crescimento. A diáfise apresenta uma estrutura cilíndrica e é formada pelo osso cortical. A superfície externa e interna do córtex são revestidas por um tecido conjuntivo especializado, o perióstio e o endóstio, respetivamente. O perióstio é uma membrana muito vascularizada e fibrosa, que fornece suporte sanguíneo a uma grande porção de osso, desempenhando, também, um importante papel no processo de formação óssea endocondral. É na cavidade medular revestida pelo endóstio que se encontra alojada a medula óssea (Jee, 1988; Sikavitsas, 2001).

2.1 - Mecanismo de fratura

Uma fratura é uma perda completa ou incompleta da continuidade do osso ou cartilagem (Piermattei, 2006).

Os ossos longos são sujeitos a forças fisiológicas ou intrínsecas e não fisiológicas ou extrínsecas. As forças não fisiológicas ocorrem em situações incomuns, como os traumas. Elas podem ser transmitidas ao osso diretamente e podem facilmente exceder o limite de resistência óssea, causando uma fratura. As forças fisiológicas resultam do apoio normal do peso corporal e da contração muscular associados à atividade física e, normalmente, não excedem a resistência máxima do osso, exceto em raros casos (Hulse, 2003).

2.1.1 – Conceitos básicos de biomecânica óssea

A compreensão dos aspectos básicos da biomecânica óssea permite entender a forma como os ossos fraturam quando as forças aplicadas excedem o ponto de quebra (Denny^c, 2008).

Quando uma estrutura é carregada por uma força ela fica deformada (medida como a mudança de comprimento) e a relação entre estes dois eventos pode ser medida e traçada como uma curva força-deformação (Gráfico 1) (Denny^c 2008).

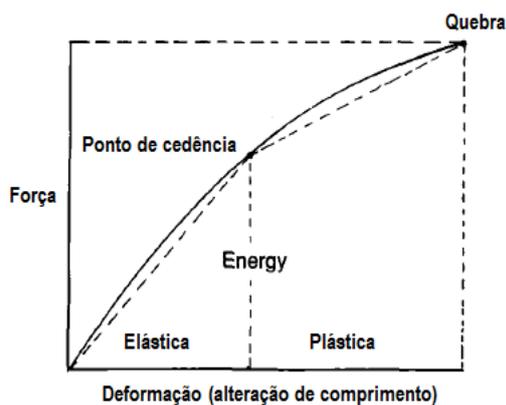


Gráfico 1 – Curva de força-deformação.
(Adaptado de Denny^c, 2008)

As características desta curva estão relacionadas com as propriedades estruturais do osso em causa. A área por baixo da curva corresponde à energia absorvida pela estrutura quando a força é aplicada (Denny^c, 2008).

Quando forças menores são aplicadas, ao serem removidas a estrutura retorna à sua forma inicial e esta parte da curva diz-se estar sob deformação elástica. Com o aumentar das forças, chegamos a um ponto, denominado ponto de cedência, a partir do qual a retirada das forças não leva a um retorno da estrutura à sua forma inicial. Isto é definido como deformação plástica. Quando a estrutura não é capaz de absorver toda a energia que lhe está a ser transmitida, a deformação resulta em quebra (no caso do osso fratura) (Hulse e Hyman, 2003; Denny^c, 2008).

A deformação dentro de uma estrutura pode ser referida como estiramento (alteração do comprimento por unidade de comprimento). Este estiramento gera forças

internas referidas como stress (força por unidade de área). As duas são matematicamente parecidas e vêm em duas formas, normal e tangencial ou de cisalhamento.

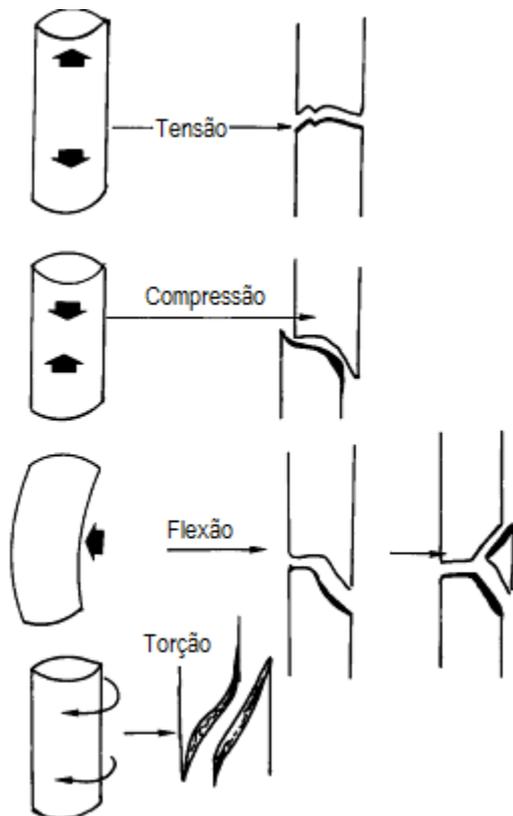


Figura 2 – Representação esquemática da relação ideal entre as principais forças aplicadas ao osso e o padrão de fratura resultante das mesmas. (Adaptado de Denny^c, 2008)

O estiramento normal causa compressão ou alongamento da estrutura com criação de stress que atua perpendicularmente à direção da força aplicada. Sob forças de tensão a linha de fratura deve ser transversa, enquanto que sob forças de compressão a linha de fratura deverá ser oblíqua (Figura 2) (Denny^c, 2008).

A tensão tangencial ou de cisalhamento causa torção ou deformação angular e cria stress que atua paralelamente à direção da força aplicada. Na flexão pura, a linha de fratura deverá começar transversalmente no lado sob tensão, tornando-se mais oblíqua à medida que as forças se tornam mais compressivas no lado oposto. As forças de torção tendem a produzir fraturas em espiral (Figura 2) (Hulse, 2003; Denny^c, 2008).

A relação entre o stress e o estiramento pode ser traçada como uma curva stress-estiramento (Gráfico 2) e as características desta estão relacionadas com as propriedades materiais do osso em questão.

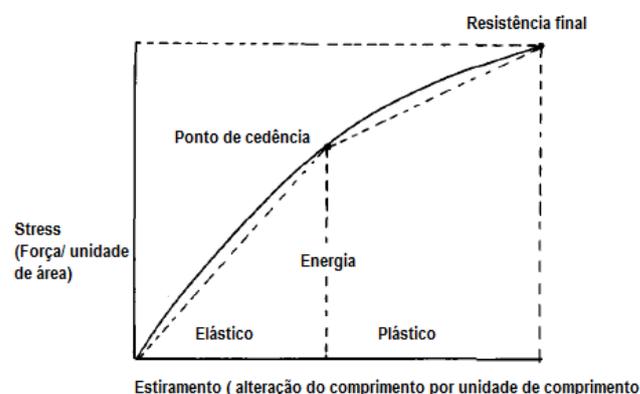


Gráfico 2 – Curva de stress - estiramento. (Adaptado de Denny & Butterworth, 2008)

O osso esponjoso tem uma rede trabecular semelhante a um favo-de-mel e, sob compressão, a sua curva stress-estiramento mostra primeiramente propriedades elásticas, à qual se sucede uma prolongada região de deformação plástica, criada pelo progressivo colapso da rede trabecular, antes da quebra. Sob condições de tensão, o osso esponjoso falha com cargas baixas devido à distração trabecular (Denny^c, 2008).

O osso cortical é muito mais denso do que o osso esponjoso e tem propriedades que variam de acordo com o grau e direção da carga (Denny^c, 2008).

Do ponto de vista clínico as forças aplicadas ao osso são uma combinação de compressão, tensão, flexão e torção, sendo frequentemente as fraturas daí resultantes uma mistura das situações acima descritas (Denny^c, 2008) (Figura 3).



Figura 3 – Imagens radiográficas demonstrando fraturas. Fratura transversa do radio/ulna (A), Fratura oblíqua da tíbia (B), Fratura em espiral do Úmero (C), Fratura altamente cominuta do Fémur. (Radiografias gentilmente cedidas por CHVL)

2.2 - Classificação de fraturas

As fraturas podem ser classificadas tendo em conta diversos componentes sendo que todos são úteis para descrever a fratura (Adans, 1978; Unger, 1990; citados por Piermattei, 2006). Estes componentes incluem: fatores causais; localização, morfologia e severidade da fratura; estabilidade da fratura após redução axial dos fragmentos; comunicação com o ambiente exterior (Houlton and Dunning, 2005; Piermattei^a, 2006).

2.2.1- Fatores causais

Traumatismo aplicado diretamente ao osso – estatísticas indicam que pelo menos 75% a 80% de todas as fraturas são causadas por acidentes de carro ou outros veículos motorizados (Piermattei^a, 2006).

Traumatismo indireto – a força é transmitida através do osso ou músculo a partir de um ponto distante de onde a fratura aconteceu (Piermattei^a, 2006).

Doença óssea - algumas doenças causam destruição ou enfraquecimento do osso a um grau que, um trauma ligeiro é capaz de produzir fratura (Piermattei^a, 2006).

Stress repetido - as fraturas por fadiga nos pequenos animais são mais frequentemente encontradas nos ossos dos membros torácicos ou nos ossos distais dos membros pélvicos (Piermattei^a, 2006).

2.2.2 - Comunicação com o ambiente exterior

Fraturas fechadas - quando a fratura não tem comunicação com o exterior.

Fraturas abertas - quando a fratura tem comunicação com o exterior. Estas fraturas são contaminadas ou infetadas (Piermattei, 2006).

2.2.3 - Localização, morfologia da fratura e severidade

O sistema usado para classificar a localização, morfologia e severidade de fraturas dos ossos longos é baseado no sistema de classificação adotado pela AO vet e que se baseia, por sua vez, no sistema usado pelo grupo Arbeitsgemeinschaft fur Osteosynthese and Association for the study of Internal Fixation (AO/ASIF), para documentação de fraturas humanas. Neste sistema as fraturas têm um código alfanumérico (Houlton and Dunning, 2005; Piermattei, 2006) (Figura 4).

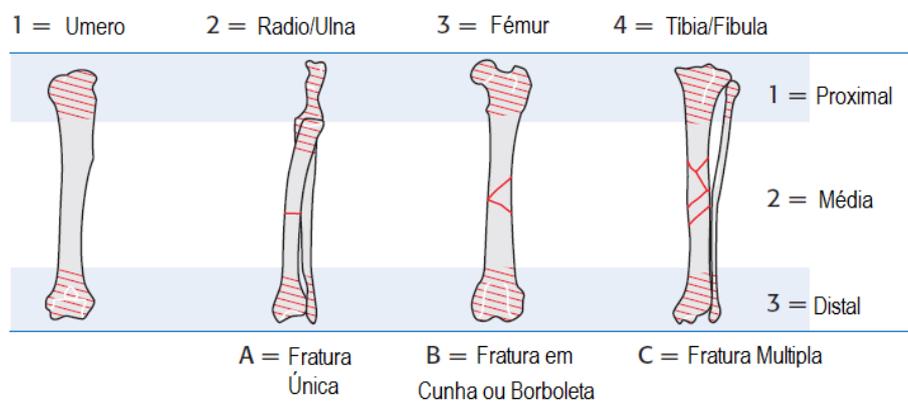


Figura 4 – Representação esquemática do sistema de código alfanumérico para diagnóstico de fraturas. (Adaptado de Houlton, 2005)

As fraturas da linha fisária são classificadas de acordo com o sistema de classificação Salter-Harris, que descreve a localização da fratura com referência à placa de crescimento (Houlton and Dunning, 2005) (Figura 5).

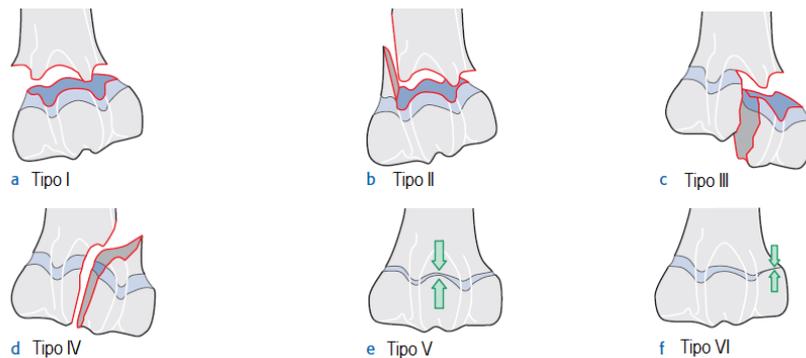


Figura 5 – Representação esquemática da classificação Salter-Harris para fraturas da linha fisária. (Adaptado de Houlton, 2005)

Salter-Harris tipo I - a fratura percorre a linha fisária, havendo uma separação completa da epífise e metáfise.

Salter-Harris tipo II - a fratura percorre a linha fisária e uma porção da metáfise, onde um fragmento metafisário permanece ligado à epífise.

Salter-Harris tipo III - a fratura ocorre parcialmente ao longo da linha fisária e epífise, sendo normalmente fraturas articulares.

Salter-Harris tipo IV - a fratura passa pela metáfise, linha fisária e atravessa a epífise. São fraturas articulares tal como as fraturas SH tipo III.

Salter-Harris tipo V - a fratura ocorre por compressão da linha fisária. Inicialmente não são radiograficamente visíveis mas, passadas algumas semanas, tornam-se evidentes quando a função da linha fisária termina, levando a alterações no crescimento.

Salter-Harris tipo VI - a fratura é caracterizada por um fechamento parcial da linha fisária (Piermattei, 1997; Johnson, 1994; citados por Houlton and Dunning, 2005).

2.2.4 - Estabilidade após recolocação na posição anatómica normal

Fratura estável – os fragmentos interligam-se e resistem a pequenas forças.

Fratura instável – os fragmentos ósseos não se interligam e deslizam entre si (Piermattei, 2006).

2.3 - Biologia do tratamento de fraturas

O objetivo final do tratamento de fraturas é estabelecer precocemente o regresso da locomoção e um completo retorno da função (Piermattei, 2006).

Os princípios de tratamento de fraturas segundo a AO/ASIF e citadas por Piermattei, 2006, são os seguintes:

- 1 - Redução anatómica dos fragmentos da fratura, especialmente em fraturas articulares.
- 2 - Fixação estável, adequada à situação biomecânica e clínica.
- 3 - Preservação do suprimento sanguíneo dos fragmentos ósseos e tecidos moles envolventes, através de redução e técnica cirúrgica não traumáticas.
- 4 - Início precoce da mobilização sem dor dos músculos e articulações adjacentes à fratura (Piermattei, 2006).

A cicatrização óssea depende de fatores biológicos (exemplo: localização da fratura em osso cortical, esponjoso, ou na cartilagem da linha fisária, suprimento sanguíneo, e lesões concorrentes nos tecidos moles) e mecânicos (exemplo: estabilidade dos segmentos e fragmentos ósseos depois da colocação do dispositivo de fixação) (Johnson, 2007).

2.3.1 - A circulação sanguínea do osso

Todos os processos que se desenvolvem dentro do osso, incluindo os processos reparadores de fraturas, dependem de uma adequada perfusão sanguínea. A circulação normal dos ossos longos consiste numa irrigação aferente a partir da artéria nutritiva principal, artérias metafisárias proximais e distais e artérias periósticas. Sob condições normais a pressão medular restringe o fluxo sanguíneo perióstico aos tecidos exteriores do córtex (Johnson, 2007). Normalmente, quando há fratura de um osso longo a circulação medular é interrompida e o sistema vascular aferente é estimulado, ficando assim hiperfrotado, aumentando o número e diâmetro dos vasos sanguíneos. Adicionalmente, a área fraturada recebe também sangue extra-ósseo temporário proveniente dos tecidos moles adjacentes. Com o processo da cicatrização óssea, a circulação medular é restabelecida e o suprimento sanguíneo extra-ósseo regride. (Piermattei, 2006; Johnson, 2007).

2.3.2 – Cicatrização indireta ou secundária

A cicatrização de fraturas instáveis é caracterizada pela formação de um calo intermédio prévio à formação óssea. Este tipo de consolidação é referenciado como cicatrização indireta ou secundária e é dividida em três fases que se sobrepõem: Fase inflamatória, fase de reparação, fase de remodelação (figura 6) (Griffon, 2005).

A formação de calo ósseo resulta da proliferação de células estaminais que se diferenciam em osteoblastos. O tamanho do calo é influenciado por muitos fatores incluindo: idade e localização, e existe uma relação direta entre o tamanho do calo e o

movimento intrafragmentário local (Kraus, 2003), isto é, o calo aumenta com a instabilidade (Griffon, 2005).

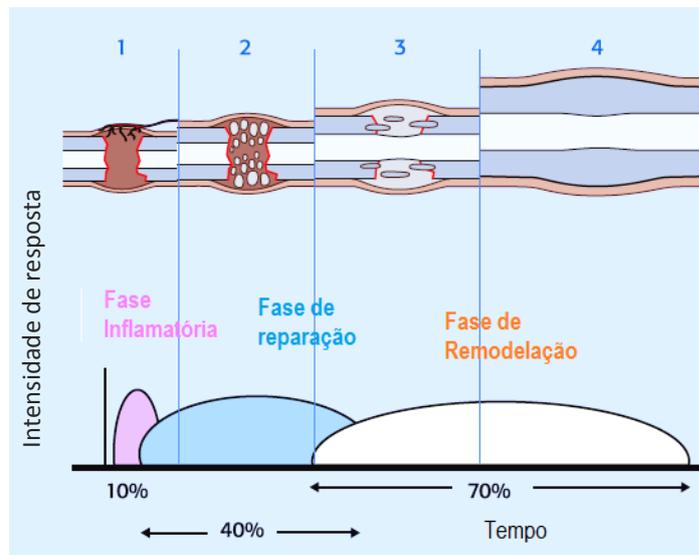


Figura 6 - Cicatrização óssea secundária em fraturas instáveis:
Fase inflamatória – o defeito é inicialmente preenchido com hematoma e há uma intensa inflamação (1).
Fase de reparação – rápida substituição por tecido de granulação (2).
Fase de remodelação – ao longo das semanas forma-se o calo fibrocartilaginoso (3).
 A mineralização leva à formação de um calo duro e que desaparece lentamente com o avançar da remodelação de Havers (4).
 (Adaptado de Griffon, 2005)

2.3.3 – Cicatrização primária

A cicatrização primária ocorre quando há um perfeito alinhamento anatômico entre os fragmentos ósseos, e a fixação da fratura confere uma estabilidade que não permite movimentos entre os fragmentos ósseos (Dimitriou, 2005; Griffon, 2005; Little, 2011; Marsell e Einhorn, 2011). Quando estes requisitos são atingidos, a cicatrização óssea ocorre pela forma direta, havendo remodelação interna dos canais de Harvers e dos vasos sanguíneos, sem que haja reabsorção dos fragmentos da fratura, nem formação de calo ósseo (Griffon, 2005; Piermattei, 2006; Marsell e Einhorn, 2011).

2.3.4 – Complicações na cicatrização óssea

Muitas complicações podem ocorrer durante o processo de reparação óssea. Estas podem resultar em atrasos de união, não-união, má-união, infecção óssea (Milles and Jackson, 2003).

Apesar das complicações não poderem ser completamente evitadas, elas normalmente ocorrem como resultado de um tratamento inadequado da fratura (Voss, 2009).

2.3.4.1 – Atrasos de União

Atraso de união é o termo utilizado para descrever uma reparação óssea mais lenta do que o esperado. O seu diagnóstico é subjetivo, porque o tempo de cura varia com muitos fatores (Tabela 1), tal como, a idade, o osso em questão, o tipo de trauma e fratura, e método de fixação (Piermattei, 2006; Voss, 2009).

Tempo Médio Necessário para a União Clínica		
Idade do Animal	Coaptação Externa, Fixação	Placa de Fixação
	Esquelética Externa, Cavilha Intramedular	
<3 meses	2 - 3 semanas	4 semanas
3 – 6 meses	4 – 6 semanas	6 – 12 semanas
6 – 12 meses	5 – 8 semanas	12 -16 semanas
> 12 meses	7 – 12 semanas	16 – 30 semanas

Tabela 1 – Tempo médio necessário para a união clínica. Tabela adaptada de Brinker, 1978, por Piermattei, 2006 & Denny^c, 2008.

2.3.4.2 – Não-união

Uma não-união é diagnosticada se o processo de reparação ósseo tiver visivelmente cessado. A possível causa de não-união é multifatorial. Podem contribuir para a não-união fatores como: comprometimento do suprimento sanguíneo, instabilidade da fratura, grandes lacunas de fratura, interposição de tecido mole na lacuna de fratura, e infecção (Voss, 2009).

As não-uniões são classificadas em viáveis e não viáveis (Figura 7), de acordo com a presença de sinais radiográficos de atividade biológica no local de fratura (Piermattei, 2006; Voss, 2009).

- As **não-uniões viáveis** têm suprimento sanguíneo e evidência de formação de novo osso no local de fratura, mas estes falham na reparação óssea, principalmente devido à instabilidade no local de fratura (Piermattei, 2006; Voss, 2009).
- As **não-uniões não viáveis** têm um suprimento sanguíneo pobre ou ausente, numa ou nas duas faces de fratura, resultando numa ausência de formação de novo osso (Piermattei, 2006; Voss, 2009).

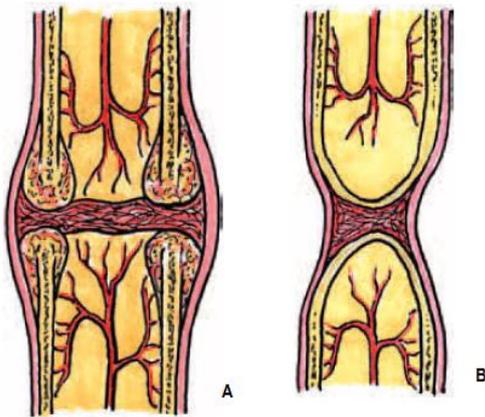


Figura 7 – Representação esquemática de uma não-união viável (A) e uma não-união não viável (B). (Adaptado de Voss, 2009)

Estas podem ser classificadas ainda como distróficas (uma ou ambas as faces de fratura são pobremente vascularizadas), necróticas (fragmentos ósseos não são incluídos no calo ósseo e permanecem na lacuna de fratura como um sequestro), de defeito (quando há perda de grandes fragmentos ósseos) ou atróficas (há reabsorção e arredondamento das faces de fratura e uma interrupção completa da atividade osteogénica) (Piermattei, 2006).

2.3.4.3 – Má-união

Ocorre quando os fragmentos de fratura cicatrizam numa posição não fisiológica (Voss, 2009).

2.3.4.4 – Osteomielite

Osteomielite é definida como a inflamação óssea envolvendo espaços de Havers, canais de Volkmann, e geralmente a cavidade medular e periosteio. Está normalmente associada com fraturas abertas, cirurgia óssea (especialmente envolvendo implantes metálicos) e doença sistémica (Piermattei, 2006).

Osteomielite aguda causa exsudação dos tecidos moles locais, dor e febre durante alguns dias. Na maioria dos casos não existem sinais radiográficos evidentes (Piermattei, 2006; Voss, 2009).

A osteomielite crónica é caracterizada pela formação de sequestro ósseo, desenvolvimento de tratos de drenagem, e atrasos de união ou não-uniões. Os sinais radiográficos incluem formação de novo osso periosteal, reabsorção do córtex e faces de fratura, e sequestro ósseo (Piermattei, 2006; Voss, 2009).

3 - Fixação esquelética externa

A fixação esquelética externa é utilizada para estabilizar segmentos ósseos ou articulações através de arame e/ou cavilhas percutâneas unidos por uma estrutura externa. Esta técnica permite o tratamento com sucesso de fraturas fechadas e abertas, deformações dos membros e não uniões, e estabilização de articulações durante o tratamento de luxações ou artrodeses (Marcellin-Little, 2003, Johnson^a, 2013).

3.1- História

A fixação externa tem sido utilizada para tratar fraturas desde a antiguidade, começou por ser utilizada de forma rudimentar e foi evoluindo ao longo dos tempos (Marcellin-Little, 2003)

O primeiro aperfeiçoamento dos princípios de fixação esquelética externa deu-se há cerca de 170 anos pelo trabalho do físico francês Jean-François Malgaigne. As primeiras aplicações práticas em pacientes começaram na viragem do século XX e atingiram o pico na Segunda Guerra Mundial. No entanto, as elevadas taxas de complicação, infeção, perda prematura das cavilhas, e não-uniões fizeram com que os fixadores esqueléticos externos comesçassem a cair em desuso por volta de 1950 (Harasen, 2012).

Os fixadores esqueléticos externos foram introduzidos na medicina veterinária na década de 30 e 40, mas só se tornaram populares nos anos 90, quando avanços técnicos, instrumentais e as oportunidades de treino permitiram aplica-los com morbidade reduzida dos animais (Palmer, 1992; citado por Palmer, 2012).

3.2 - Conceitos básicos

Um fixador esquelético externo consiste em 3 componentes primários, independentemente do dispositivo ou sistema utilizado (Harasen, 2012; Kraus, 2003). Estes elementos são: cavilhas de fixação, barra conetora, e rótula conectora ou outro meio de conexão cavilha-barra (Harasen, 2012).

3.2.1 – Cavilhas de fixação

As cavilhas de fixação podem ser o componente mais crítico do sistema de fixação esquelética externa (Harasen, 2012). Estes são dispositivos percutâneos que se fixam nos fragmentos ósseos maiores. Podem ser classificados como meia cavilha ou cavilha completa, o que define quer o desenho, quer o método de aplicação (Figuras 8). Uma meia cavilha penetra a pele e tecidos moles de um lado do osso e depois as duas corticais do osso a estabilizar, não avançando mais do que isto. As meias cavilhas são fixadas a uma barra conetora, apenas de um lado do membro. Uma cavilha completa penetra a pele e tecidos moles de um lado do osso, seguidamente as duas corticais do osso a fixar, prosseguindo através do membro, surgindo do lado oposto deste. Uma cavilha completa é fixada a duas barras conetoras, uma em cada lado do membro (Kraus, 2003).

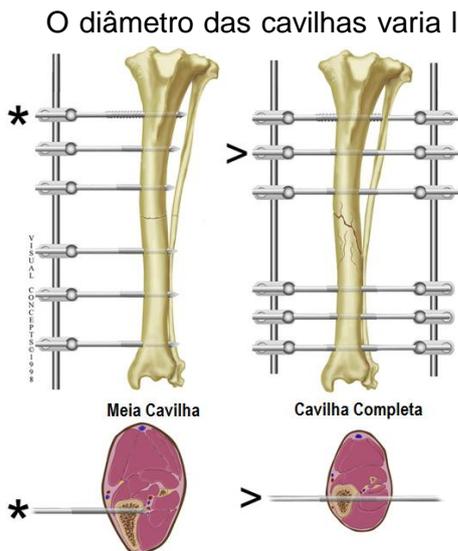


Figura 8 – Representação esquemática da aplicação de meia cavilha (*) e cavilha completa (>). (Adaptado de Palmer, 2012)

O diâmetro das cavilhas varia largamente, dependendo do tamanho do osso que é transfixado, desde 0.9 mm a 4 mm ou mais (Marcellin-Little, 2003).

As cavilhas podem ser lisas ou roscadas (Marcellin-Little, 2003) aumentando, assim, a interface cavilha-osso. Isto permite ainda que as cavilhas de fixação sejam colocadas paralelamente umas às outras e perpendicularmente ao osso longo (Kraus, 2003). As cavilhas roscadas apresentam uma porção lisa e uma porção com rosca que se localiza a meio da mesma (cavilha completa) ou no fim desta (meia cavilha) (Macellin-Little, 2003).

As cavilhas roscadas podem ter um perfil de rosca negativo ou positivo (Marcellin-Little, 2003). As cavilhas modernas, introduzidas no mercado veterinário nos anos 90, apresentam perfil positivo. Isto significa que, a rosca eleva-se acima do diâmetro do núcleo da cavilha, aumentando a sua rigidez, força ((Kraus, 2003); (Palmer,1991; Anderson, 1993; citados por Palmer, 2012)) e poder de fixação (Harasen, 2012), relativamente às cavilhas de perfil negativo (Kraus, 2003). A introdução deste perfil de rosca foi um dos desenvolvimentos mais significativos na tecnologia do fixador esquelético externo (Harasen, 2012).

A rosca pode ser, ainda, adequada à colocação em osso cortical ou à colocação em



Figura 9 – Quatro cavilhas roscadas de aço inoxidável: Cavilha Orthofix standard (a), Cavilha Orthofix cobertura HA (b), Cavilha X-caliber (c), Cavilha X-caliber cobertura HA (d). (Adaptado de Moroni, 2008)

osso esponjoso ((Marcellin-Little, 2003); (Griffin, 2011; citado por Palmer, 2012)).

Muitas são as tentativas que se têm feito para melhorar as características mecânicas das cavilhas de fixação. Entre elas encontra-se o uso de coberturas de biocerâmicas como a hidróxiapatita (Magyar, 1997; Moroni, 2001; citados por Pizà, 2004) (Figura 9). A hidróxiapatita é uma molécula cristalina composta por fósforo e cálcio, e é um constituinte ósseo (Petit, 1993; citado por Saithna, 2010).

Em 2010, a IMEX™ Veterinary colocou no mercado as cavilhas DuraFace®, com uma rosca cônica excêntrica, que atenua o efeito do stress na junção da zona de rosca com a zona lisa (IMEXTM Catalog 2012/13; Palmer, 2012).

3.2.2 – Barras de conexão

As barras conetoras localizam-se exclusivamente no lado externo da pele. Estas providenciam um suporte global às cavilhas de fixação e à fratura. É no desenho da barra conetora que o sistema de fixação externa encontra a sua singularidade (Kraus, 2003).

As barras conetoras dos esqueletos de fixação externa podem ser lineares, circulares ou de forma livre. Estas últimas são uma alternativa simples e económica já que eliminam as barras conetoras e as rótulas conectoras. No entanto, esta técnica diminui a versatilidade do cirurgião para adaptar a construção, adicionando ou retirando cavilhas isoladas (Piermattei 2006; Harasen 2012).

O tamanho da barra é determinado pelo tamanho do osso a estabilizar e pelo tamanho das rótulas conectoras disponíveis (Johnson, 2007).

Pode ser aplicada mais do que uma barra conetora e podem ser usados dispositivos de ligação (articulações) para interconectá-las (Kraus, 2003).

No sistema original de Kirschner-Ehmer, a maior parte da elasticidade na construção provinha da barra conetora em aço inoxidável. O desenvolvimento do titânio e, especialmente, do alumínio e da fibra de carbono tem melhorado dramaticamente a rigidez das construções de fixadores esqueléticos externos (Harasen, 2012).

3.2.3 – Rótulas conectoras

As rótulas conectam fixamente as cavilhas de fixação à barra conetora. Estas variam ligeiramente de estilo, dependendo do fabricante. O desenho das novas rótulas torna-as mais fortes, mais convenientes e versáteis, de modo a poderem acomodar diferentes tamanhos e tipos de cavilhas e poderem ser aderidos à barra conetora “in situ”, sem desmontar as outras rótulas da barra (Snyder 2004, citado por Harasen 2012).

As diferentes rótulas serão abordadas no capítulo: Sistemas e Configurações.

3.3 – Sistemas e configurações

Uma das maiores vantagens dos fixadores externos é a sua capacidade de assumir uma vasta gama de diferentes, e por vezes imaginativas, configurações. Assim, não existe um sistema de classificação capaz de englobar todas as possibilidades de montagem. No entanto, classificações básicas (tabela 2) (Figuras 10 e 11) são geralmente utilizadas e aceites (Kraus, 2003).

Estrutura Linear	
Unilateral (Tipo I) Uma única barra conetora abrange a fratura e conecta as meias cavilhas de um lado do membro	Tipo Ia – É utilizada apenas uma única barra conetora unilateral
	Tipo Ib – São utilizadas duas estruturas unilaterais (tipo I), com ângulo de 60 a 90°, entre si
	Tipo I configuração Tie-in – Uma cavilha intramedular é conectada a um fixador unilateral
Bilateral Uniplanar (Tipo II) Pelo menos uma cavilha completa no segmento proximal e outro no segmento distal encontram-se conectados a 2 barras conetoras, uma em cada lado do membro.	
Multiplanar (Tipo III) Consiste numa estrutura Unilateral (Tipo I) adicionada uma estrutura Bilateral Uniplanar (Tipo II)	

Tabela 2 - Resumo esquemático da nomenclatura básica de configuração dos fixadores esqueléticos externos lineares. Fontes: (Kraus, 2003; Marcellin-Little, 2003; Palmer, 2012)

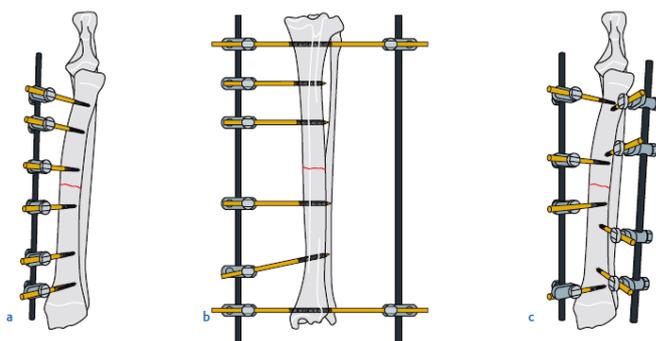


Figura 10 – Representação esquemática de algumas conformações de fixadores externos lineares: unilateral uniplanar (a); Bilateral uniplanar (b); Unilateral biplanar (c). (Adaptado de Johnson, 2005)

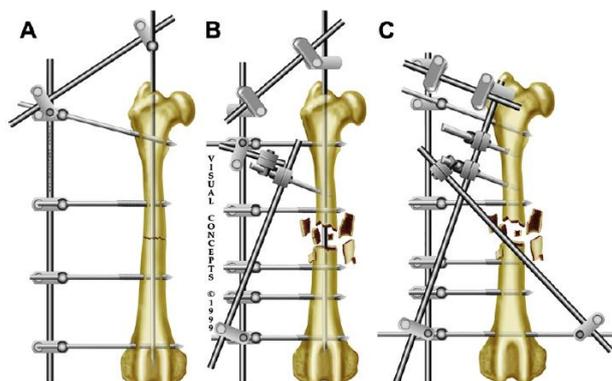


Figura 11 - Representação esquemática de algumas conformações de fixadores externos lineares aplicando estratégias de otimização. Configuração Tie-in (A); enlace de 2 estruturas tipo 1b juntamente com uma cavilha intramedular (B); enlace de 3 estruturas de configuração 1b. (Adaptado de Palmer, 2012)

Os fatores que determinam a configuração de uma estrutura são muito complexos. Incluem o número de cavilhas de fixação, a força das barras conetoras, o comprimento da falha óssea e a distância de uma cavilha de fixação, desde o osso até à barra conetora, bem como o tipo de fixador. Existem muitas outras configurações que não cabem na classificação aqui apresentada. No entanto, encontram-se descritas outras classificações e subclassificações, sendo esta apenas a mais frequentemente aplicada (Kraus, 2003).

3.3.1 - Sistemas comerciais de fixação esquelética externa

Hoje em dia os veterinários dispõem de uma vasta gama de fixadores esqueléticos externos. Estes novos dispositivos de fixação externa, podem ser classificados em lineares, circulares, forma livre e híbridos (Kraus, 2003; Palmer, 2012).

Encontramos no mercado uma vasta gama de soluções comerciais disponíveis. Ficam aqui indicados, a título de exemplo, os sistemas mais utilizados em veterinária e algumas variantes.

3.3.1.1 - Kirschner- Ehmer (KE) e Kirschner – Ehmer Plus (KE Plus)

O sistema comercial linear mais utilizado é o Kirschner- Ehmer (Marcellin-Little, 2003) que consiste em rótulas e barras de conexão retas (Kraus, 2003). Este sistema é de tal modo predominante em Medicina Veterinária que, o termo KE é quase um sinónimo de fixador externo (Farese, 2002; Anderson, 2003; citados por Palmer 2012). Este sistema é muito versátil. Tendo resistido ao teste do tempo, continua a ser o padrão da indústria. No entanto, uma limitação importante é a impossibilidade de inserir, através das rótulas padrão, cavilhas com perfil de rosca positivo. Assim, surgiu no mercado o sistema KE Plus (Figuras 12), especificamente desenvolvido para aumentar a gama de cavilhas que podem ser utilizadas, incluindo cavilhas com perfil de rosca positivo (Veterinary Instrumentation: www.vetinst.com, 2013).

O sistema Kirschner-Ermer apresenta como desvantagens gerais: o potencial aumento do tempo cirúrgico, a ajustabilidade pós-cirúrgica diminuída; o facto da estrutura do sistema Kirschner-Ehmer ser menos rígida do que a dos sistemas mais modernos; o facto das rótulas Kirschner-Ermer poderem ficar permanentemente deformadas após uma única utilização (Marcellin-Little, 2003).



Figura 12 – Rótula média do sistema KE Plus, com cavilha grande e perfil de rosca positivo. (Adaptado de www.vetinst.com)

3.3.1.2 – Fixadores Standard (SF)

Algumas das vantagens documentadas dos fixadores Standard (Figura 13), relativamente ao sistema KE são: melhor segurança angular das cavilhas; adaptado a uma ampla gama de cavilhas com perfil de rosca positivo e negativo; barras grossas para estruturas unilaterais (tipo I) fortes; capacidade de adicionar e remover rótulas em qualquer lugar da estrutura; construções simples, capazes de economizar tempo, dinheiro e morbidade (Veterinary Instrumentation: www.vetinst.com, 2013).



Figura 13 – Rótula SF (Adaptado de www.vetinst.com)

3.3.1.3 - IMEX - SK™ External Skeletal Fixation System e Securus External Fixation System

Estes sistemas (Figuras 14 e 15) foram desenhados para contornar os problemas do sistema KE (Kraus, 2003). Para além disto, estes sistemas suportam mangas de pré-perfuração e direcionamento das cavilhas de fixação (Kraus, 2003).



Figura 14 – Rótulas IMEX™ – SK (a) e sua representação esquemática (b). (Adaptado IMEX™ Catalog 2012/13)

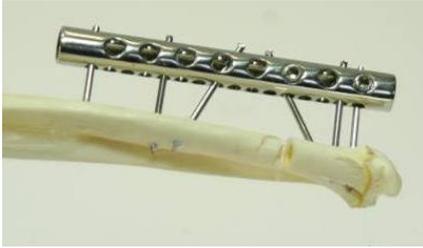
As estruturas construídas com estes sistemas são maiores do que as construídas com o sistema Kirschner-Ehmer, mas têm modularidade aumentada, e propriedades mecânicas melhoradas (Marcellin-Little, 2003).



Figura 15 – Sistema de fixação externa Securus®. Dispositivo de aplicação de cavilhas, em titânio. (Adaptado de Securus: www.securos-europe.eu, 2013)

3.3.1.4 – Fixador externo FESSA

A estrutura FESSA padrão, em aço inoxidável, é já por si muito leve. A sua estrutura tubular atua como rótula de conexão e como barra conetora (figura 16).



Existem também tubos em titânio (Haas, 2004).

Figura 16 – Fixador externo FESSA aplicado ao Úmero/Ulna distal de gato. (Adaptado de www.veterinary-instrumentation.co.uk)

3.3.1.5 – Rótulas de fixação Meynard

Tratam-se de fixadores externos de aço inoxidável, muito simples e muito baratos. Este sistema é amplamente utilizado, com sucesso, nos países do sul da Europa. As rótulas (Figura 17) dividem-se permitindo a colocação de cavilhas, tanto com perfil de rosca positivo como negativo. (Gilley, 2001; Veterinary Instrumentation: www.vetinst.com, 2013).

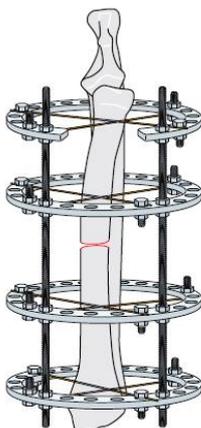


Figura 17 - Rótulas de fixação Meynard. (Fotografia gentilmente cedida por CHVL)

3.3.1.6 - Sistemas circulares

O método de colocação de estruturas circulares original é denominado de Método de Ilizarov (Figura 18). A estrutura é fixada ao osso com agulhas/arames de pequeno diâmetro sob tensão e, potencialmente, com meias cavilhas (Marcellin-Little, 2003).

Estas agulhas encontram-se presas a plataformas anelares ou semi-anelares. Estas plataformas são fixadas umas às outras por diversas barras conectoras roscadas (Farese, 2002; Anderson, 2003; citados por Palmer, 2012).



A fixação circular oferece uma adaptabilidade geométrica ilimitada. O anel (tamanho e número), haste roscada (tamanho, comprimento, e número) e agulhas/-cavilhas (tamanho, número e orientação) podem ser adaptados ao propósito de fixação e à anatomia do animal (Marcellin-Little, 2003; Veterinary Instrumentation: www.vetinst.com, 2013).

Figura 18 – Sistema de fixação externa circular, aplicado ao rádio/ulna. (Adaptado de Johnson, 2005)

Este sistema permite um grau de dinamização tal que, existem já no mercado sistemas circulares providos de motor capaz de implementar uma distração entre os anéis de 1mm por dia (Veterinary Instrumentation: www.vetinst.com, 2013).

3.3.1.7 – Sistemas livres

Nestes sistemas as cavilhas são interconectadas com um polímero, geralmente, polimetilmetacrilato, termoplásticos ou, ainda, com massa epóxi (Kraus, 2003).

São exemplos de kits comerciais para implementação de sistemas livres: Acrylic Pin External Fixation (APEF) System™; IMEX-Acrylx™; Epoxy ESF Putty (IMEX™ Catalog 2012/13; Veterinary Instrumentation: www.vetinst.com, 2013) (Figuras 19 e 20).

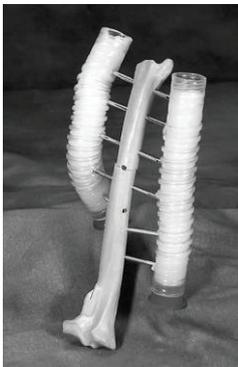


Figura 19 - Acrylic Pin External Fixation (APEF) System™
(Adaptado de www.vetinst.com)



Figura 20 - Epoxy ESF Putty
(Adaptado de www.vetinst.com)

3.3.1.8 - Sistemas híbridos

Vários tipos de fixadores podem ser misturados, formando fixadores esqueléticos externos híbridos. Os mais comuns são os que utilizam componentes de fixadores externos aplicados a um fragmento ósseo longo e um anel único de fixação externa circular aplicado a um pequenos segmento justa articular (Farese, 2002; Anderson, 2003; citados por Palmer, 2012).

3.4 - Decisão de colocação de fixadores esqueléticos externos

Existem quatro sistemas de fixação diferentes capazes de gerir fraturas dos ossos longos: sistema de fixação esquelética externa, sistema de placa e parafuso ósseo, e sistema de cavilha *interlocking* (Kraus, 2003) e o sistema de rótulas e barras de fixação interna (Koch, 2005). É necessária uma apreciação completa das vantagens e desvantagens do sistema de fixação esquelética externa de modo a selecionar os animais apropriados para este tratamento em detrimento de outros (Kraus, 2003).

3.4.1 - Vantagens da fixação esquelética externa

- É o único sistema que permite ajustamentos no alinhamento da fratura quer durante, quer após a cirurgia.
- É o único sistema de fixação que pode ser aplicado sem necessidade de abordar o local de fratura. Esta habilidade permite preservar os tecidos moles envolventes, maximizando o suprimento sanguíneo extraósseo da região de fratura.
- Os materiais estranhos do sistema de fixação não são colocados diretamente no local de fratura, o que pode ser vantajoso quando lidamos com fraturas contaminadas (exemplo: tiros de armas de fogo, feridas penetrantes).
- Possui a capacidade de se poder transferir progressivamente uma percentagem crescente das forças de suporte de peso. Isto permite acelerar o último estágio da cicatrização óssea. Este processo pode ser realizado sem necessidade de cirurgia ou anestesia geral.
- Possui vantagens económicas em relação a outros sistemas de fixação. As rótulas e barras conectoras da maioria dos sistemas de fixação externa são relativamente económicos e podem ser reutilizados. O preço dos instrumentos necessários para a aplicação de cada um dos três sistemas de fixação é menor para a fixação esquelética externa (Kraus, 2003).

3.4.2 - Desvantagens da fixação esquelética externa

- Os elementos conectores do sistema de fixação são colocados longe do eixo central do osso. Isto torna-se uma desvantagem quando confrontado com as forças disruptivas que atuam no local de fratura (Kraus, 2003; Palmer, 2012).
- O facto das cavilhas começarem fora do corpo e terem que penetrar os tecidos moles para transfixar o osso cria diversos desafios adicionais.
 - O trajeto da cavilha nos tecidos moles quebra a normal barreira de defesa física e oferece uma via de entrada para bactérias contaminantes.
 - Necessidade de uma atenção adicional ao trajeto anatómico de cada cavilha, de modo a evitar importantes feixes neuromusculares e uniões musculotendinosas (Kraus, 2003; Palmer, 2012).

3.5 - Princípios de colocação

A resposta biológica ao esqueleto de fixação externa pode ser melhorada por um cuidadoso planejamento pré-operatório e colocação, incluindo avaliação radiográfica, escolha da estrutura e avaliação do quadro do animal (Marcellin-Little, 2003).

3.5.1 - Escolha da estrutura

As estruturas lineares são mais simples de utilizar do que as circulares e são idealmente utilizadas no tratamento de fraturas dos ossos longos, especialmente rádio e tíbia. As estruturas circulares, por seu lado, são idealmente utilizadas no tratamento de deformações da tíbia e rádio, não uniões, fraturas justa-articulares e fraturas altamente cominutas. Na fixação linear não é necessária a pré-montagem da estrutura. Sendo, este o passo crítico na preparação para a aplicação das estruturas circulares (Marcellin-Little, 2003).

3.5.2- Redução da fratura

A redução de fraturas dos membros é o mais importante e, frequentemente, mais difícil aspecto da reparação de fraturas (Kraus, 2003). Consiste em restabelecer a anatomia normal dos fragmentos ósseos ou restaurar o alinhamento normal do membro (Figura 21), mantendo a orientação espacial do membro (Johnson^a, 2013).

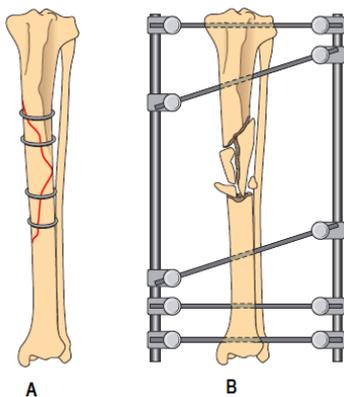
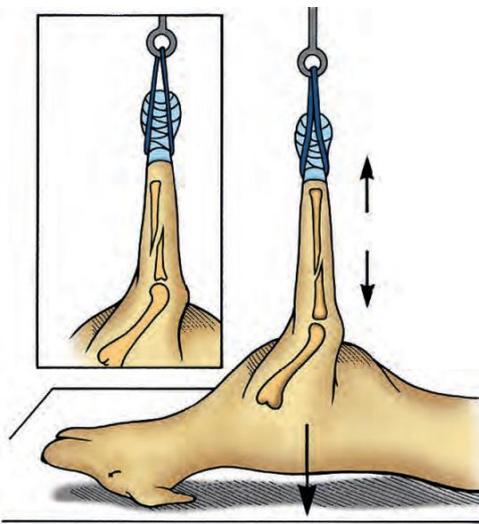


Figura 21 – Representação esquemática da redução de fraturas da tíbia. Reconstrução anatômica (A); Alinhamento normal do membro (B). (Adaptado de Johnson^a, 2013)

3.5.2.1 - Redução de fraturas com abordagem fechada - Técnica de suspensão do membro

Esta técnica consiste em suspender o membro acima da mesa de cirurgia. A suspensão tende a reduzir a fratura, os tecidos moles são distendidos e os fragmentos ósseos alinhados (Kraus, 2003; Palmer 2012) (Figura 22). A tração constante exercida no local de fratura pode melhorar o alinhamento axial do membro (Marcellin-Little, 2003), corrigindo deformidades rotacionais (Kraus, 2003). Tudo isto facilita a colocação do fixador (Marcellin-Little, 2003).



O equipamento necessário para a

Figura 22 – Representação esquemática da redução de fraturas pela técnica de suspensão do membro. (Adaptado de Johnson^a, 2013)

suspensão do membro é:

- Gancho colocado diretamente acima da mesa de cirurgia
- Mesa de cirurgia de altura ajustável
- Halteres ou outra forma de peso para o gancho (Kraus, 2003)

Fraturas distais dos membros, altamente cominutas, podem ser efetivamente reparadas com fixadores externos sem uma abordagem aberta. Isto porque, múltiplos fragmentos pequenos não se prestam a redução e a exposição de múltiplas linhas de fratura não ajudará na redução da fratura. A exposição da fratura irá, ainda, destruir os tecidos moles e o suprimento sanguíneo desses fragmentos, aumentando a possibilidade de sequestro e retardamento do processo de cicatrização. Por estas razões, fraturas distais dos membros, altamente cominutas, são estabilizadas sem uma abordagem aberta (Kraus, 2003).

3.5.2.2 - Redução de fraturas simples, com uma abordagem limitada

O perióstio é a primeira fonte de células estaminais necessárias à reparação óssea e os tecidos moles envolventes irão encorajar um rápido e temporário suprimento sanguíneo extra-ósseo (Kraus, 2003).

O objetivo da abordagem limitada é ver a linha de fratura mas não invadir o seu ambiente biológico. O perióstio e os tecidos moles devem ser deixados o mais intactos possível e não devem ser elevados do osso (Kraus, 2003).

Assim, uma aproximação cirúrgica limitada pode estar indicada quando o deslocamento de fragmentos é significativo, quando é colocado um excerto de osso esponjoso autólogo no local de fratura, ou quando é realizada uma osteotomia (Marcellin-Little, 2003).

3.5.3 - Aplicação das cavilhas de fixação

A estrutura é colocada preferencialmente pela técnica fechada, especialmente para estabilização de fraturas ((Marcellin-Little, 2003); (Palmer, 1991; Anderson, 1993; citados por Palmer, 2012)).

Todas as cavilhas têm que ser colocadas tendo em consideração os limites de segurança, riscos e os corredores inseguros descritos por Marti e Miller, 1994 (Kraus, 2003; Palmer, 2012), sem atravessar largas massas musculares ou feixes neurovasculares (Marcellin-Little, 2003; Palmer, 2012). No entanto, a natureza anatômica do membro e a natureza do fixador esquelético externo é tal que, este ideal nem sempre é possível (Kraus, 2003).

Para maximizar a resistência à carga axial do osso a reparar, e minimizar a transfiguração de tecidos moles, as cavilhas de fixação são colocadas perpendicularmente ao eixo longo do osso. Isto apenas pode ser conseguido utilizando cavilhas de fixação roscadas, que são inerentemente resistentes à deslocação no osso. A utilização de cavilhas lisas requer sempre um grau de angulação divergente ou convergente da cavilha. Assim, o seu uso encontra-se limitado a fraturas com fragmentos relativamente longos (Kraus, 2003).

Está recomendado que se utilizem cavilhas com tamanho entre 20% a 30% (25% segundo Palmer, 2012) do diâmetro do osso (Harari, 1992; Johnson, 1992; citados por Knudsen, 2012).

A colocação de uma cavilha de fixação resulta em dois defeitos corticais, o que logicamente tem um grande efeito na redução da resistência óssea. A colocação de duas cavilhas juntas forma 4 defeitos corticais num espaço relativamente próximo e pode provocar um significativo enfraquecimento localizado do osso (Palmer, 1992; citado por Knudsen, 2012).

A maioria dos autores recomenda o uso de pelo menos 3 cavilhas por segmento ósseo (Egger, 1991; Harari, 1996; Johnson, 1996; citados por Knudsen, 2012). Sempre que for mecanicamente vantajosa a colocação de cavilhas perto da zona de fratura, estas não devem ser colocadas a uma distância inferior a uma vez o diâmetro do osso nessa zona (Palmer, 2012).

Relativamente à ordem ótima de colocação das cavilhas, para estruturas lineares unilaterais e bilaterais, o Professor Doutor Denis Marcellin-Little prefere colocar a cavilha mais proximal e o mais distal primeiro, seguidamente conectar as barras conectoras, depois colocar as cavilhas mais próximas do local de fratura ou osteotomia e por fim colocar as cavilhas em posição central dos fragmentos ósseos (Marcellin-Little, 2003).

Para as estruturas de forma-livre, Denis Marcellin-Little prefere colocar todas as cavilhas e depois coloca o material conector (Marcellin-Little, 2003).

Nas estruturas circulares, o Professor Dr. Denis Marcellin-Little coloca uma agulha no anel mais distal e uma agulha no anel mais proximal e seguidamente as cavilhas/agulhas restantes destes anéis. Por fim, as cavilhas/agulhas nos restantes anéis (Marcellin-Little, 2003).

3.5.3.1 - Colocação de meias cavilhas

- Libertar os tecidos moles – fazer uma pequena incisão na pele (1cm), e, através de dissecação romba, criar um túnel desde a pele até ao osso.

- Proteger os tecidos moles – a utilização de um protetor de tecidos moles/guia de broca é recomendada.
- Fazer os orifícios no osso e colocar as cavilhas de fixação – é feito um orifício com 98% do diâmetro da cavilha ou 0,1 mm menor do que o diâmetro da cavilha. A cavilha de fixação é colocada com uma ferramenta a baixa velocidade.
- As meias cavilhas roscadas devem sempre atravessar completamente as duas corticais do osso a transfixar e sair na cortical distal a uma distância de 2 a 3 mm.
- Aliviar a tensão na pele. – é importante que a pele não seja deixada sob tensão em volta da cavilha (Figura 23) (Kraus, 2003; Johnson 2013).



Figura 23 – Exemplo da tensão exercida na pele por uma cavilha de fixação. (Fotografia gentilmente cedida por CHVL)

3.5.3.2 - Colocação de cavilhas completas

Os fundamentos da técnica são idênticos à colocação de meias cavilhas. No entanto, o grau de compromisso requerido na utilização de cavilhas completas é maior, pois existem muito poucas localizações onde é possível colocar cavilhas completas através de corredores seguros (Kraus, 2003).

Uma segunda dificuldade específica associada ao uso de cavilhas completas é geométrica e relaciona-se com o uso de múltiplas cavilhas completas em construções de fixação esquelética externa. Tais estruturas exigem alinhamento cuidadoso de todas as cavilhas completas no mesmo exato plano, se todas as cavilhas forem destinadas a serem conectadas às mesmas duas barras conectoras. Uma solução é a colocação de uma segunda barra conectora temporária, exatamente paralela à outra. No entanto, esta técnica é incômoda e laboriosa e na prática dá resultados decepcionantes. Existem, contudo, sistemas de já cobrem essa dificuldade como é o caso do Sistema de Fixação Securus (Kraus, 2003).

3.5.4 – Colocação da barra de fixação

A barra de fixação deve ser colocada o mais próximo possível do osso, de forma a aumentar a rigidez do sistema. Quanto menor for a distância, menor a flexibilidade e menores os movimentos na interface cavilha-osso. Contudo, deve existir uma distância de 10 a 13 mm entre a barra externa de conexão e a pele, uma vez que o edema pós cirúrgico pode deixar os tecidos moles em contacto com a barra e levar à necrose dos

mesmos. De um modo prático pode referir-se esse espaço como o necessário para a inserção de um dedo do cirurgião entre a barra conectora e a pele (Piermattei, 2006; Johnson^a, 2013).

A barra de fixação deve estender-se por todo o comprimento do osso (princípio “far-near-near-far”) (Harari, 1992; Palmer, 1992; Bouvy, 1993; citados por Knusen, 2012).

3.6 - Cuidados de colocação

O conceito de colocar uma cavilha num osso é extremamente simples, ainda que, tal como muitas das práticas da fixação externa o problema está no detalhe. A qualidade, integridade e longevidade da interface cavilha-osso é seriamente influenciada por variações muito pequenas na técnica (Kraus, 2003).

3.6.1 - Evitar a lesão térmica do osso

A perda prematura de cavilhas relacionada com lesão térmica do osso é uma complicação muito comum dos esqueletos de fixação externa, mas frequentemente ignorada. O osso, quando exposto a temperaturas a partir dos 50°C, pode experimentar danos microvasculares, subsequente reabsorção, e substituição por um colar de tecido conetivo fibroso, permitindo micromovimentos da cavilha. É relativamente fácil alcançar tais temperaturas através do calor produzido pela fricção gerada aquando da colocação das cavilhas de fixação (Kraus, 2003).

A maioria das cavilhas de fixação utilizadas hoje são armadas de uma ponta em trocar, que é muito ineficiente a cortar osso. O potencial para a ponta em trocar aquecer o osso é exacerbada pelo facto dos fragmentos ósseos produzidos pelo corte do osso não terem um forma fácil de escapar e, portanto, começam a impactar à volta da cavilha em rotação (Kraus, 2003).

Várias estratégias têm sido desenvolvidas para prevenir, ou pelo menos moderar, a quantidade de calor friccional gerado durante a colocação das cavilhas (Kraus, 2003).

Colocação manual – demasiado lenta e laboriosa; é inevitável um certo grau de oscilação durante o processo (Clary e Roe, 1996);

Irrigação continua durante a colocação da cavilha - laboriosa; pouco prática; não-efetiva quando a cavilha é colocada através dos tecidos moles profundos (Clary e Roe, 1996);

Velocidade de inserção dos berbequins mantida abaixo das 50rpm

Técnica de pré-perfuração – situação ótima; consiste em fazer um orifício utilizando uma broca com cerca de 98% do diâmetro da cavilha de fixação (Kraus, 2003) ou 0.1mm menor do que o diâmetro da porção roscada da cavilha de fixação (Palmer, 2012; Johnson^a, 2013). Seguidamente a cavilha é conduzida no orifício pré-feito, curetando uma precisa e fina camada de osso. A cavilha fica, desta forma, adjacente ao osso vivo (Kraus, 2003). A abertura do orifício guia melhora o aperto e a resistência à saída da cavilha de fixação com rosca positiva em 25% e 13.5%, respetivamente, quando comparada com os casos em que não há pré-perfuração (Clary e Roe, 1996).

3.6.2 - Evitar stress local excessivo

O stress excessivo da interface cavilha-osso pode ser atenuado de diversas formas, muitas das quais visam aumentar a área de contacto entre o osso e a(s) cavilha(s) de fixação. A área de contacto da interface cavilha-osso é proporcionalmente maior quanto maior o diâmetro da cavilha. Contudo, cavilhas maiores do que 30% do diâmetro do osso irão enfraquecê-lo, podendo causar fraturas patológicas. Portanto, cavilhas excessivamente grandes devem ser evitadas (Kraus, 2003).

Aumentar o número de cavilhas colocadas em cada fragmento de fratura irá reduzir o stress em cada uma das interfaces cavilha-osso ((Bouvy, 1993; Kraus, 2003); (Brinker, 1985; citado por Palmer, 2012)).

Cavilhas roscadas têm vantagem relativamente às cavilhas lisas. A rosca aumenta a área de contacto entre a cavilha e o osso e portanto reduz o stress nessa área (Kraus, 2003).

O aumento da distância entre as cavilhas de fixação no mesmo fragmento, de modo a ficarem o mais próximo possível da extremidade do osso e da linha de fratura, aumenta a rigidez da estrutura (Bouvy, 1993; Piermattei, 2006).

A rigidez da cavilha também influencia o stress da interface cavilha-osso. Cavilhas relativamente mais rígidas tendem a distribuir as cargas mais uniformemente. Cavilhas mais flexíveis tendem a dobrar, sobrecarregando o córtex próximo. Isto provoca reabsorção óssea e pode contribuir para a perda da cavilha. O mesmo argumento pode ser aplicado à barra conectora (Kraus, 2003).

O revestimento das cavilhas de fixação com hidroxiapatita aumenta também a interface cavilha-osso, diminuindo assim a incidência clínica de casos em que há saída da cavilha de fixação (Saithna, 2010).

3.6.3 - Evitar a interferência do fixador externo na utilização do membro

Na opinião de Denis Marcellin-Little, a regra mais importante para o sucesso da fixação com esqueleto externo é construir estruturas que permitam uma completa sustentação do peso, sem interferir na utilização do membro (Marcellin-Little, 2003).

As formas mais comuns de interferência são: restrição na amplitude de movimento das articulações proximal e distal à estrutura; interferência com a parede do corpo durante a locomoção (Marcellin-Little, 2003).

3.7 - Cuidados pós-operatórios

Cuidados pós-operatórios apropriados são vitais para minimizar a morbidade das cavilhas relacionada com fixadores esqueléticos externos (Aron and Dewey, 1992; Palmer, 1992; citados por Knusen, 2012).

3.7.1 - Bandagem

Após a cirurgia, o fixador deve ser envolvido e no caso dos membros distais todo o membro deve ser ligado (Kraus, 2003).

Ligar o fixador ajuda a prevenir que este fique preso na jaula, mobiliário, cercas, entre outros, o que pode levar, por exemplo, à quebra do fixador. Ajuda a prevenir o movimento excessivo da pele em redor do fixador e as consequentes feridas no local de inserção da cavilha. Pode ser útil, ainda, para evitar que o proprietário se magoe (Kraus, 2003). Esta bandagem deve ser mudada diariamente (Jonhson, 2013).

Após a tumefação do membro desaparecer, normalmente entre 1 semana a 10 dias, quando a sutura, se presente, é removida, apenas o fixador é envolvido (Kraus, 2003).

Alguns cirurgiões não envolvem os fixadores após a tumefação do membro ter desaparecido, justificando que a bandagem neste estágio não é necessária e não previne problemas do local das cavilhas. Argumentam, ainda que, a bandagem atrapalha a observação e limpeza das cavilhas e, quando saturada, pode promover infeções (Kraus, 2003).

3.7.2 - Restrição de exercício

Os animais não entendem a natureza da lesão que sofreram e tornam-se ativos num curto período de tempo. A restrição de exercício é de suprema importância. Isto significa: confinamento dentro de casa, não saltar, não correr, não subir nem descer escadas. Quando sai de casa para urinar e defecar, tem de o fazer de trela e após terminar deve regressar imediatamente a casa. Quando deixado sozinho, deve ser confinado a uma área onde não seja possível que se magoe. Este tipo de

confinamento é especialmente importante durante as primeiras 3-4 semanas e deve ser continuado durante as 6 a 8 semanas de período convalescente (Kraus, 2003).



Falhas de restrição de exercício podem levar a reincidências e/ou outras complicações (Figura 24) e em última instância à necessidade de repetir o procedimento cirúrgico. Isto acarreta desconforto adicional para o animal e custos adicionais para o proprietário (Kraus, 2003).

Figura 24 – Complicação secundária à falta de restrição de exercício. (Fotografia gentilmente cedida por CHVL)

3.7.3 - Avaliação radiográfica pós-operatória

Uma cuidada avaliação de corretas exposições radiográficas no pós-cirúrgico imediato, e em intervalos de tempo apropriados após a cirurgia, é um passo crítico para um correto manejo pós-operatório do animal com fatura (Kraus, 2003).

A cada exame radiográfico, devem ser efetuadas no mínimo duas vistas ortogonais, normalmente, uma projeção lateral e uma craneocaudal. Devem ser incluídos, em cada radiografia, o osso afetado e as articulações imediatamente acima e abaixo deste (Kraus, 2003).

O esquema AAAA é um método sistemático que encoraja uma avaliação completa das radiografias pós-operativas de fixação de fraturas. Os quatro As neste esquemas são de: alinhamento, aposição, aparelhos e atividade (Kraus, 2003).

Alinhamento – é avaliado relativamente ao perfil normal do osso previamente à fratura. Avalia o grau de restauração desse perfil normal após a cirurgia e se esse tem sido mantido ou não pela fixação, durante a cicatrização óssea. Radiografias do membro contralateral podem ser uma comparação útil para a avaliação do alinhamento. A projeção craneocaudal é usada para avaliar o alinhamento linear no plano mediolateral. A projeção lateral é usada para avaliar o alinhamento linear no plano craneocaudal (Kraus, 2003).

As articulações imediatamente acima e abaixo do osso fraturado devem estar ambas, em simultâneo, numa verdadeira posição lateral ou numa verdadeira posição craneocaudal (Kraus, 2003).

Aposição – é avaliada em relação ao grau de redução que os fragmentos ósseos sofreram. Quando existe uma aposição perfeita, não são visíveis radiograficamente grandes lacunas na fratura. Quando comparadas radiografias mais recentes com as suas prévias, se verifica perda de aposição é indicativo de inadequada técnica de fixação (Kraus, 2003).

Em fraturas altamente cominutas, uma aposição perfeita é uma meta impossível, especialmente naquelas tratadas com técnica de redução e fixação fechada, “biologicamente” (Kraus, 2003).

Aparelhos – são avaliados em relação a guias estabelecidos para a correta aplicação do sistema de fixação utilizado.

No estudo radiográfico realizado do pós-operatório imediato devem ser colocadas questões relativas ao número de cavilhas utilizadas, ao tamanho das cavilhas, localização das cavilhas no osso e configuração da estrutura utilizada (Kraus, 2003).

Em exames radiográficos de controlo, são avaliadas possíveis alterações de posição e integridade do fixador. Nas cavilhas de fixação e restantes elementos da estrutura do fixador externo, devem ser pesquisadas evidências de perda, curvamento, ou quebra (Kraus, 2003).

Atividade – É avaliada relativamente à atividade biológica espectável durante os vários estádios da cicatrização óssea. Devem ser pesquisadas, ainda, evidências de reabsorção óssea, quer a nível da interface cavilha-osso, quer a nível da linha de fratura_ (Kraus, 2003).

3.8 - Complicações da fixação esquelética externa

As complicações da fixação esquelética externa são comuns (Marcellin-Little, 2003) e incluem lise do trajeto da cavilha, exsudação, hemorragia, inflamação, perda prematura da cavilha, fratura da cavilha, osteomielite e mal-união/ não-união ((Johnson, 1989; Kraus, 1998; Gemmill, 2004); (Egger, 1991; Harari, 1992; Dudley, 1997; Beck and Pead, 2003; citados por Knusen, 2012)).

Nos últimos anos tem havido uma compreensão de que muitas destas complicações são na verdade uma consequência inevitável de erros técnicos cometidos pelo cirurgião aquando da aplicação do fixador. Apesar da fixação externa ser maravilhosamente simples no seu conceito, permanece muito suscetível às menores das variações ou dos erros (Kraus, 2003).

O tratamento da maioria das complicações não requer cirurgia adicional, nem acarreta efeitos negativos para o tratamento (Marcellin-Little, 2003).

Algumas complicações têm origem mecânica, como por exemplo: deformação plástica das cavilhas ou fraca biomecânica da estrutura – osso. A estrutura tanto pode ser demasiado fraca como demasiado rígida. Estas complicações, e ainda as originadas na interface cavilha-osso, podem ser evitadas por observação estrita dos princípios cirúrgicos da fixação esquelética externa relativamente ao tamanho das cavilhas, número, localização e orientação (Marcellin-Little, 2003).

Outras complicações têm origem biológica, como por exemplo: irritação da pele; exsudação no trajeto da cavilha; osteomielite; não – união/ mal-união; fratura; sequestro ósseo; hemorragia imediata ou retardada; neuropraxia; perda do ângulo de movimento; atrofia muscular; contractura (Marcellin-Little, 2003).

3.8.1 - Falha na manutenção da estabilidade adequada

O termo estabilidade adequada pode ser definido como o controlo efetivo das forças que podem danificar a cicatrização da fratura. Estabilidade adequada não implica estabilidade absoluta (Kraus, 2003).

3.8.2 - Falha da estrutura

É quase sempre resultado de erro técnico. Construção de estruturas demasiado pequenas ou insuficientemente rígidas e fortes para resistir às forças a que serão expostas durante a cicatrização óssea (Kraus, 2003).

3.8.3 - Quebra de cavilhas

Sempre que promovido um tamanho adequado das cavilhas, a quebra de cavilhas é rara. As cavilhas de perfil negativo aparentam ter uma tendência para a quebra através das junções entre as porções roscadas e não roscadas (Kraus, 2003).

A manutenção de casos de quebra de cavilhas de fixação envolve uma atempada remoção da cavilha (Kraus, 2003).

3.8.4 – Deslocação de cavilhas

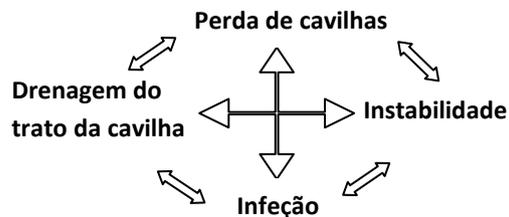
Está principalmente relacionado com cavilhas de fixação lisas que são colocadas paralelamente umas às outras (Kraus, 2003).

3.8.5 – Perda prematura de cavilhas

Uma cavilha de fixação deve permanecer firme no osso até que o cirurgião escolha removê-la. Qualquer cavilha que se tenha solto antes da eleição da sua remoção deve ser definida como uma perda prematura (Kraus, 2003). Estudos com cavilhas de metal

standard reportam percentagens de perda prematura de cavilhas de 80% ((Pizà, 2004); (Ahlborg, 1999; citado por Moroni, 2008)).

Os fatores que contribuem para a perda de cavilhas e a sua complexa inter-relação encontram-se sumariados no Esquema 1.



Esquema 1 – Fatores que contribuem para a perda prematura de cavilhas e a sua complexa inter-relação. (Adaptado de Kraus, 2003)

3.8.6 - Fraturas ósseas secundárias à fixação esquelética externa

As fraturas ósseas causadas por fixadores esqueléticos externos são uma complicação incomum, mas significativa, que pode ocorrer antes ou depois da remoção do fixador externo (Seguin, 1997; Bruce, 1999; Owen, 2000; McCartney, 2010; citados por Knudsen, 2012). As fraturas ocorrem quer através do trajeto da cavilha, quer em orifícios de brocagem vazios (Knudsen, 2012).

Uma fratura pós-operatória é uma complicação catastrófica, que normalmente requer nova cirurgia e aumenta consideravelmente a mobilidade, duração e custo do tratamento (Knudsen, 2012).

As estruturas com configuração tie-in podem predispor a fraturas do osso devido às forças serem concentradas no fim do fixador (Kraus, 2003; Knudsen, 2012).

3.8.7 - Invasão dos tecidos moles

A perfuração de tendões, vasos e nervos durante a colocação das cavilhas tem que ser evitada (Kraus, 2003).

A perfuração de tendões por colocação inapropriada de cavilhas não acarreta, normalmente, danos funcionais permanentes significativos. Já a lesão de nervos periféricos, apesar de raramente observada, é uma complicação séria. Tal lesão pode ser muito severa, sendo uma mistura de trituração e alongamento e envolvendo um comprimento significativo de nervo. Nesta situação, raramente há potencial para recuperar ou restaurar a função neurológica. O uso de guias de broca e protetores de tecidos, em conjunto com o conhecimento da anatomia neural, minimizam o este risco (Kraus, 2003).

A perfuração de músculo, durante a colocação de cavilhas de fixação externa, é inevitável. A anatomia distal do membro é tal que, na tíbia e radio, existem apenas

duas pequenas regiões com osso diretamente subcutâneo que permita a aplicação de cavilhas de fixação sem ferir o músculo. Problemas funcionais significativos podem ocorrer se a cavilha atravessar a secção média do músculo ou se a mobilidade normal do músculo é fixada ao osso subjacente (Kraus, 2003).

Hemorragia aguda – Um vaso sanguíneo de grande calibre só é encontrado se as cavilhas forem colocadas em local inapropriado (Kraus, 2003).

Hemorragia retardada – É tipicamente observada entre 7 dias a 6 semanas após a colocação das cavilhas. Encontra-se mais frequentemente associada à saída medial de cavilhas completas colocados através do rádio proximal. A hemorragia é quase sempre devida à erosão de um ramo da artéria mediana contra a cavilha de fixação (Kraus, 2003).

3.8.8 - Complicações relacionadas com infeção

3.9.8.1 - Osteomielite

A verdadeira osteomielite como complicação da fixação externa é notavelmente incomum. De facto, a fixação externa oferece uma das maneiras mais efetivas de estabilização óssea durante o tratamento de osteomielite que se tenha originado, por exemplo, após a colocação de uma cavilha intramedular ou uma placa óssea (Kraus, 2003).

3.8.8.2 - Sequestro ósseo

A formação de sequestro ósseo na linha de fratura é pouco frequente, e mais uma vez, a fixação externa tem-se revelado útil no controlo do sequestro ósseo, que tenha surgido como complicação de fixação com cavilha ou placa em fraturas abertas infetadas (Kraus, 2003).

O anel de sequestro tem sido reportado como uma complicação específica da fixação externa. Este surge como resultado de uma significativa necrose térmica do osso durante a colocação da cavilha. O calcâneo é, por ventura, a localização mais comum de anel de sequestro, e isto provavelmente reflete o facto de o calcâneo ser um osso particularmente duro e denso (Kraus, 2003).

O tratamento do anel de sequestro envolve a remoção da cavilha afetado seguido pela curetagem do orifício da cavilha. Ocasionalmente, orifícios terrivelmente grandes surgem no osso, e esses podem justificar um tratamento com enxerto autógeno de osso esponjoso (Kraus, 2003).

3.8.8.3 – Infeções do trajeto das cavilhas

As infecções dos trajetos das cavilhas de fixação podem ser divididas em infecções maiores ou menores de acordo com o grau de inflamação, tipo de exsudado e desconforto do animal (Harari, 1992).

A infecção maior do trajeto das cavilhas de fixação é uma complicação relativamente comum dos fixadores externos e está invariavelmente associada a perda prematura de cavilhas. É caracterizada por: colonização bacteriana na interface cavilha-osso; dor; secreção purulenta em torno da cavilha; perda prematura da cavilha. O tratamento consiste na remoção da cavilha afetada e medicação com antibióticos. O orifício da cavilha é deixado aberto e é encorajada a livre drenagem. Um passo chave no manejo desta complicação é a revisão da força e rigidez da construção do fixador externo (Kraus, 2003).

A infecção menor do trajeto das cavilhas de fixação é observada em quase todos os casos de fixação externa, e é mais notável quando a cavilha perfura uma maior espessura de tecido mole. Quando as cavilhas de fixação são colocadas em osso subcutâneo, a interface cavilha-pele fecha-se por si própria sem qualquer sinal de inflamação, infecção, granulação ou descargas. A infecção menor do trajeto das cavilhas de fixação é caracterizada por: contaminação bacteriana da superfície cavilha-pele, formação limitada de tecido de granulação; descarga ligeiramente serosa; ausência de dor; ausência de perda prematura de cavilhas (Kraus, 2003).

Esta não é uma verdadeira complicação, antes uma consequência inevitável e auto-limitante da transfixação dos tecidos moles. Não está indicado nenhum tratamento específico para além da higiene de rotina (Kraus, 2003).

3.9 – Cicatrização óssea com fixador esquelético externo

A união óssea secundária (indireta) é a forma mais comum de reparação óssea na fixação esquelética externa. Isto ocorre devido à presença de movimentos e lacunas intrafragmentárias. Apesar dos fixadores poderem ser muito rígidos, eles normalmente não são aplicados com compressão intrafragmentária da linha de fratura. Felizmente, os fixadores externos são bastante adequados ao suporte da ossificação secundária, já que, preservam o suprimento sanguíneo e não interferem com o ambiente biológico e mecânico necessário a esta forma de ossificação (Kraus, 2003).

Como já foi referido no ponto 2.3.2, maior movimento no local de formação do calo ósseo resulta num maior calo. Uma fixação demasiado rígida irá neutralizar completamente as forças axiais através da fratura. Foi demonstrado, por exemplo, que quando colocado um fixador muito rígido numa tíbia intacta, esta começa a perder conteúdo mineral, progredindo em direção à osteopatia, em apenas algumas

semanas. O mesmo acontece aquando da ossificação secundária. Temos a formação de um pequeno calo inicial, que raramente aumenta o seu conteúdo mineral, e irá progressivamente perdê-lo, tornando-se radiotransparente (Kraus, 2003).

Por outro lado, demasiado movimento através da lacuna de fratura não permitirá uma correta osteossíntese. Em geral, uma fratura pode tolerar movimentos até 2% da área de fratura. Por exemplo; uma fratura transversa com uma lacuna de fratura de 2mm tolera movimentos até 0.04mm (Kraus, 2003).

Portanto, algum grau de movimento intrafragmentário ou carga é aceitável se a fratura poder ser estabilizada de modo a que haja um comprometimento mínimo dos tecidos moles e do suprimento vascular do osso (Piermattei, 2006).

3.10 – Dinamização e remoção da estrutura

A dinamização da estrutura é o processo que envolve a modificação da estrutura rígida inicial, de modo a permitir carga compressiva no local de fratura. A dinamização pode aumentar a hipertrofia e remodelação do calo ósseo providenciando proteção contra as forças de stress excessivas que podem ser causa de reincidência da fratura (Piermattei, 2006; Johnson^a, 2013). Estudos demonstraram que a exposição da fratura a cargas crescentes entre as 6 e as 8 semanas pode ser benéfica no esqueleto de cão adulto (Edger, 1993; Larsson, 2001; citados por Palmer, 2012). Este conceito é principalmente útil em fraturas que requereram uma estrutura de fixação inicial relativamente rígida, ou quando um fixador muito rígido foi deixado no local demasiado tempo. Por exemplo, uma estrutura la pode ser dinamizada trocando uma barra conectora grande por uma mais pequena. Outro exemplo é a dinamização de uma estrutura lb transformando-a numa estrutura la (Johnson^a, 2013).

A cicatrização óssea pode ser verificada por palpação e radiograficamente (Aron 1995; citado por Palmer, 2012). O fixador pode ser removido completamente se existir suficiente calo ósseo preenchendo a lacuna de fratura, a radiodensidade do calo se aproximar da do osso adjacente e o animal apoiar algum peso. Se a causa de não apoio de peso for a perda cavilhas, então a remoção da estrutura, removerá a causa de claudicação (Kraus, 2003).

A estrutura é retirada cortando ou desconectando a barra conectora. Em seguida são retiradas as cavilhas de fixação com um punho de Jacobs ou com um berbequim elétrico. As cavilhas completas são cortadas junto à pele de um dos lados e puxadas ou desenroscadas do lado oposto (Kraus, 2003). A necessidade de anestesia geral para este processo não é consensual entre os autores. O animal deve estar pelo menos sedado. (Kraus, 2003; Johnson^a, 2013).

CAPÍTULO II - CASOS CLÍNICOS

No decorrer dos 6 meses de estágio no Centro Hospital Veterinário Limiavet (CHVL), tive a oportunidade de contactar com 47 casos de traumatologia ortopédica em animais de companhia (cão e gato). A distribuição da casuística encontra-se descrita no Gráfico 3.

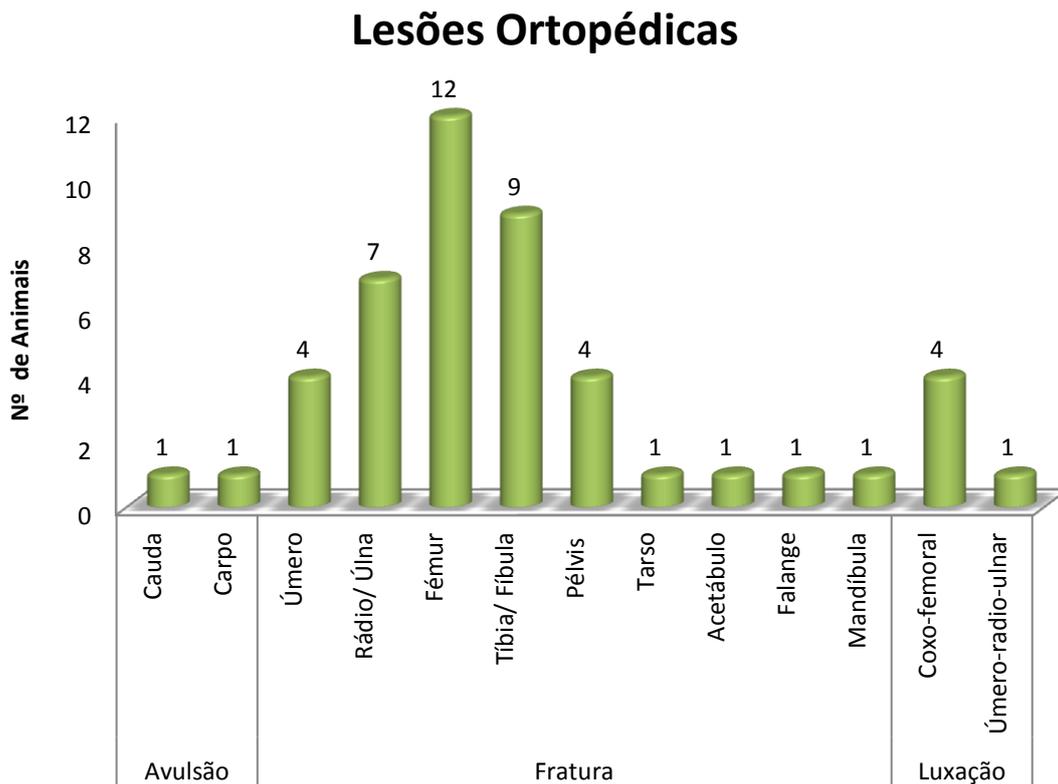


Gráfico 3 – Distribuição dos 47 casos de traumatologia ortopédica observados durante o estágio no CHVL.

Dos 47 casos de traumatologia ortopédica registados, 12 (25,53%) foram sujeitos a cirurgia de reparação, com recurso a fixadores esqueléticos externos (Gráfico 4). Estes 12 casos referem-se a fraturas de ossos longos.

Utilização de Fixadores Esqueléticos Externos

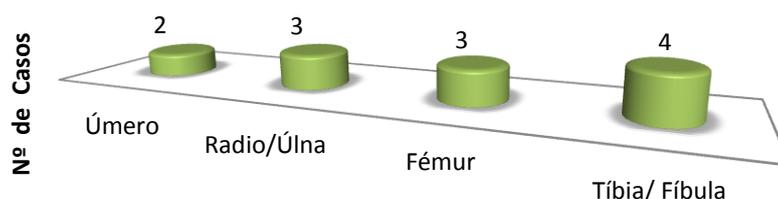


Gráfico 4 – Distribuição da utilização de fixadores esqueléticos externos na resolução de fraturas dos ossos longos.

Dos 12 casos clínicos, 4 (33,33%) dizem respeito a resolução de fraturas de tibia/fíbula, 3 (25%) de fémur, outros 3 (25%) de rádio/ulna e 2 (16,67%) de úmero.

Os fixadores esqueléticos externos foram aplicados em 8 cães (66,67%) e 4 gatos (33,33%) (Gráfico 5), com uma idade compreendida entre os 4 meses e os 10 anos (Gráfico 6) e peso compreendido entre os 1,5kg e 4,2 kg, no caso dos gatos, e os 2,1kg e 32 kg, no caso dos cães.

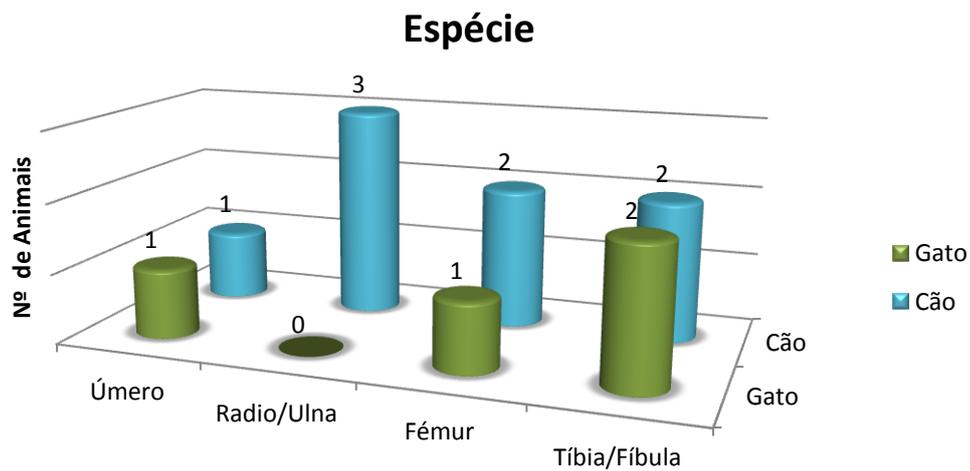


Gráfico 5 – Distribuição da colocação de fixadores esqueléticos externos, por espécie e local de fratura.

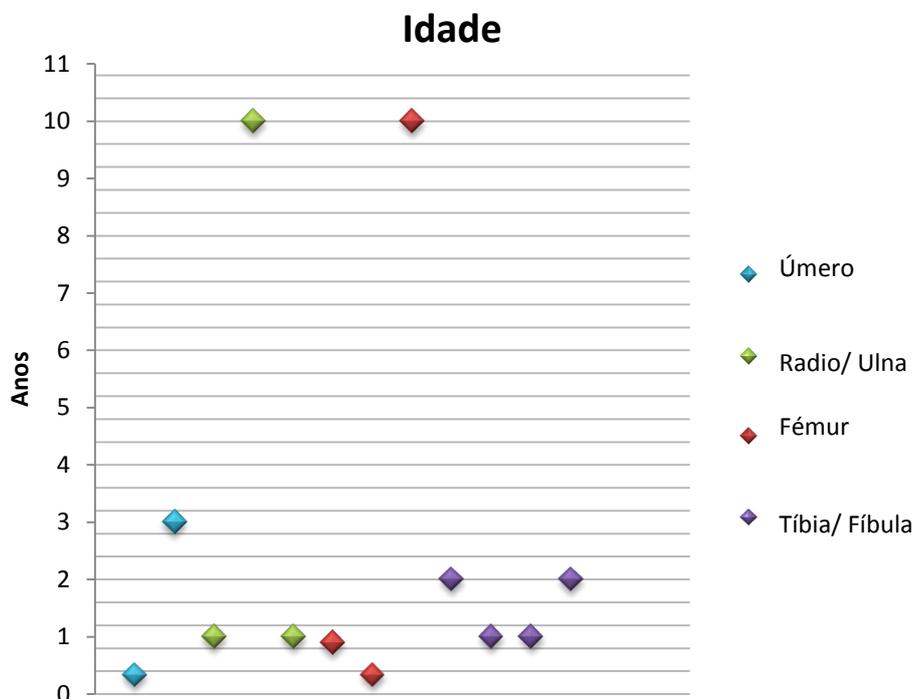


Gráfico 6 – Distribuição da idade dos animais, segundo o local de fratura.

1. Apresentação clínica

Aquando da apresentação do animal a consulta, o médico veterinário procedeu à anamnese, exame físico, ortopédico e neurológico, e estudo radiográfico do mesmo. Em alguns animais o exame ortopédico e neurológico não foi possível de realizar nesta fase, devido à dor extrema apresentada.

Os acontecimentos traumáticos registados encontram-se no Gráfico 7.

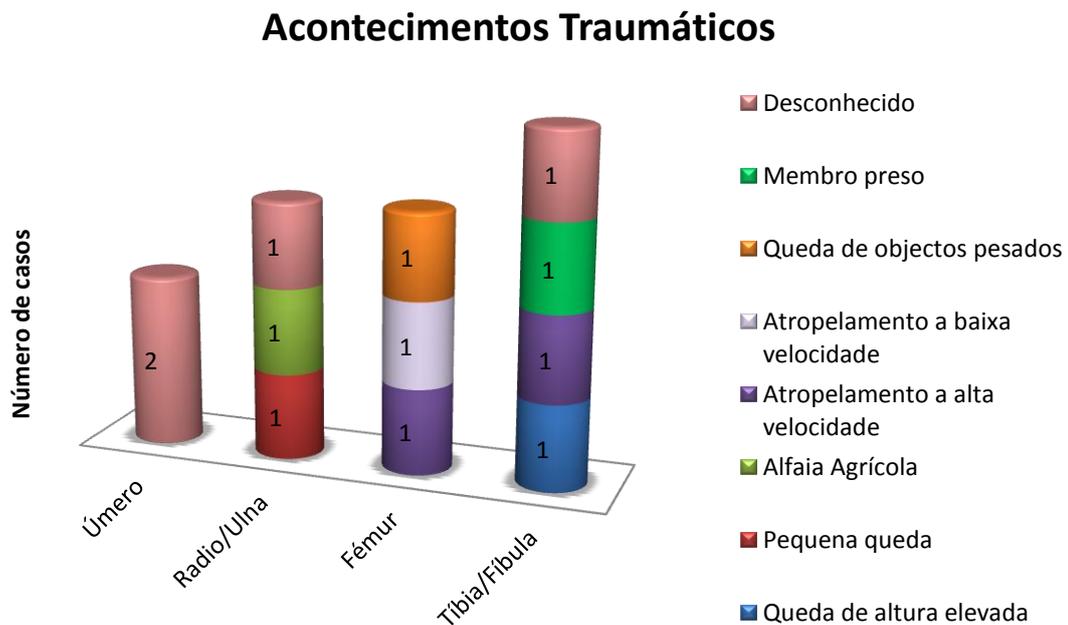


Gráfico 7 – Acontecimentos traumáticos responsáveis pelas fraturas em estudo.

Ao exame físico, todos os animais apresentavam dor à manipulação e incapacidade de suportar peso no membro afetado. Outras alterações encontradas em alguns exames físicos foram: taquicardia, taquipneia, temperatura corporal elevada, tumor, rubor e hematoma do membro afetado. Dois dos animais exibiam, ainda, fraturas expostas.

O exame ortopédico permitiu diagnosticar a existência de fratura em 7 casos e foi sugestivo da existência de fratura em 5 outros casos. O exame neurológico foi indicativo de lesão num caso apenas, no qual se verificaram défices neurológicos relacionados com o nervo radial.

2. Exames complementares

Todos os animais foram sujeitos a um exame radiográfico, onde se obtiveram as projeções craneocaudal e mediolateral do membro afetado. As fraturas diagnosticadas encontram-se sumariadas no Esquema 2.

Úmero

- Fratura supracondilar, em cunha (Figura 25)
- Fratura umeral distal dicondilar

Radio/Ulna

- Fratura transversa da diáfise média do rádio e ulna
- Fratura ligeiramente oblíqua da diáfise média do rádio e ulna (Figura 26)
- Fratura transversa da diáfise distal do rádio e ulna

Fémur

- Fratura segmentar da diáfise (Figura 27)
- Fratura ligeiramente oblíqua da diáfise média
- Fratura oblíqua longa da diáfise

Tíbia/ Fíbula

- Fratura ligeiramente oblíqua da diáfise média da tíbia e fíbula
- Fratura em espiral da diáfise média da tíbia e fratura transversa da fíbula
- Fratura transversa da diáfise da tíbia e fíbula (Figura 28)

Esquema 2 – Descrição das fraturas diagnosticadas nos diferentes ossos longos.



Figura 25 - Projeção radiográfica mediolateral da fratura supracondilar, em cunha, do úmero. (Imagem gentilmente cedida por CHVL)



Figura 26 - Projeção radiográfica mediolateral da fratura ligeiramente oblíqua da diáfise média do rádio e ulna (Imagem gentilmente cedida por CHVL)



Figura 27 - Projeção radiográfica mediolateral da fratura segmentar da diáfise femoral (Imagem gentilmente cedida por CHVL)



Figura 28 - Projeção radiográfica mediolateral da fratura transversa da diáfise média da tíbia (Imagem gentilmente cedida por CHVL)

Os 4 gatos em estudo foram sujeitos a exames sorológicos para despiste das doenças FIV e FeLV, apresentando resultados negativos.

3. Procedimento pré-cirúrgico

Os animais foram colocados a fluidoterapia, por via endovenosa, sendo ainda, pré-medicados com um analgésico e anti-inflamatório não-esteróide, carprofeno e, excecionalmente, meloxican nos casos dos dois animais com 10 anos de idade. Nos casos em que se verificou dor extrema, foi administrada buprenorfina.

Os animais foram sedados com um derivado fenotiazínico, acepromazina, com exceção dos dois animais com 10 anos de idade que foram sedados com uma benzodiazepina, diazepam.

Efetou-se a tricotomia e a assepsia do membro. Em alguns casos, este procedimento apenas se pôde realizar após a indução anestésica.

Seguiu-se a indução da anestesia geral com recurso a um barbitúrico, tiopental sódico. A manutenção anestésica foi realizada por via inalatória, com recurso a isoflurano.

4. Procedimento cirúrgico

Iniciou-se a redução das fraturas com a técnica de suspensão do membro. Em quatro dos casos procedeu-se a um novo estudo radiográfico do membro fraturado, obtendo-se as projeções craneocaudal e mediolateral dos mesmos.

Na resolução das fraturas de rádio/ ulna e tibia/fíbula optou-se, preferencialmente, pela colocação das cavilhas de transfixação através de técnica de redução fechada. Excepcionalmente, procedeu-se à redução aberta nos dois casos de fraturas expostas.

As fraturas de úmero e fémur (Figura 29) foram sujeitas a redução aberta, segundo os acessos cirúrgicos descritos por Piermattei, 2004, para fraturas destes ossos longos.

As fraturas foram fixadas com recurso a meias cavilhas e cavilhas completas, com perfil de rosca positivo, conectados a barras de fixação externa metálicas, através de rótulas de conexão Meynard. Utilizou-se numa das situações de fratura de rádio e ulna, barras conectoras em metacrilato. As configurações utilizadas encontram-se sumariadas no Esquema 3.

Úmero	Rádio/Ulna	Fémur	Tibia/Fíbula
• la tie-in	• II	• la tie-in	• II

Esquema 3 – Configurações de fixação esquelética externa utilizadas na reparação das 12 fraturas de ossos longos em estudo.



Figura 29 – Estrutura de fixação esquelética externa, configuração tie-in, aplicada na resolução da fratura de fémur, com recurso à técnica de redução aberta. (Fotografia gentilmente cedida pelo CHVL)

Após as cirurgias foi realizado um estudo radiográfico das fraturas fixadas, obtendo-se as projeções craneocaudal e mediolateral do osso com o fixador colocado.

5. Evolução

Os animais foram reavaliados semanalmente. Cerca das 4 semanas foi efetuada a primeira reavaliação radiográfica da fratura. Pelas 8 semanas procedeu-se à segunda reavaliação radiográfica. Estes estudos radiográficos permitiram avaliar a formação de calo ósseo, bem como o alinhamento ósseo (Figura 30).

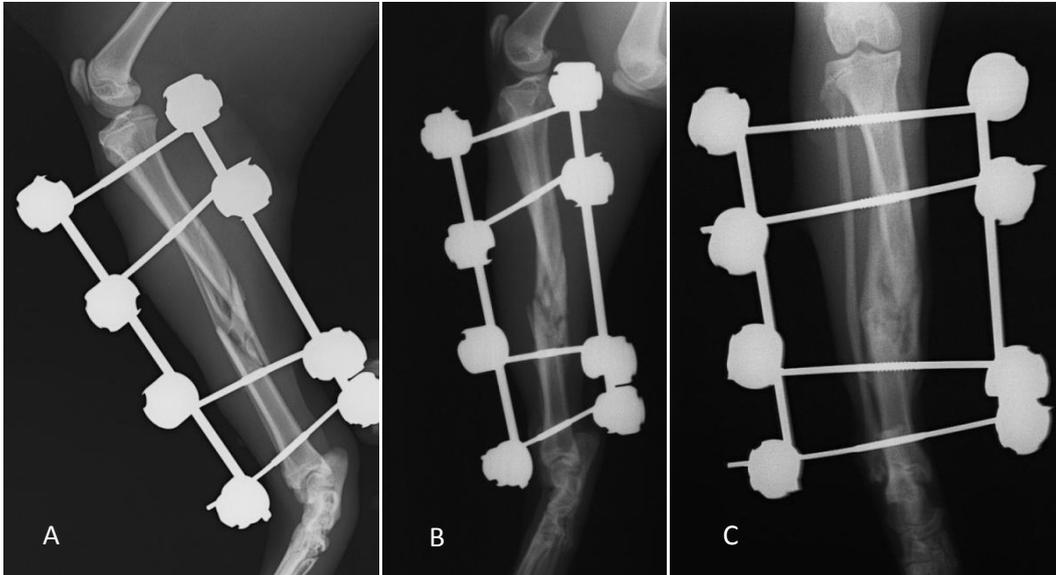


Figura 30 – Acompanhamento radiográfico de uma fratura de tíbia e fíbula. (A) Momento pós-cirúrgico, (B) 4ª semana pós-cirúrgica, (C) 8ª semana pós-cirúrgica. (Radiografias gentilmente cedidas pelo CHVL)

As complicações registadas ao longo das consultas de reavaliação encontram-se representadas no Gráfico 8.

Complicações

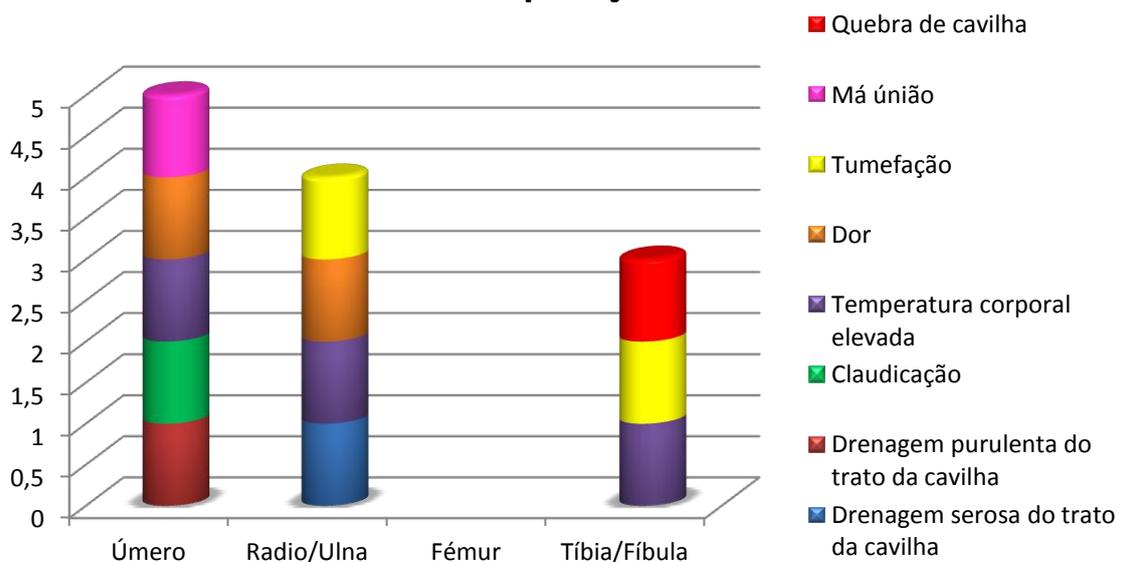


Gráfico 8 – Complicações registadas ao longo das consultas de reavaliação.

O tempo médio entre a cirurgia de fixação e a remoção dos fixadores esqueléticos externos foi de 8 semanas. A dispersão das datas de remoção da fixação esquelética externa encontra-se representada no Gráfico 9.

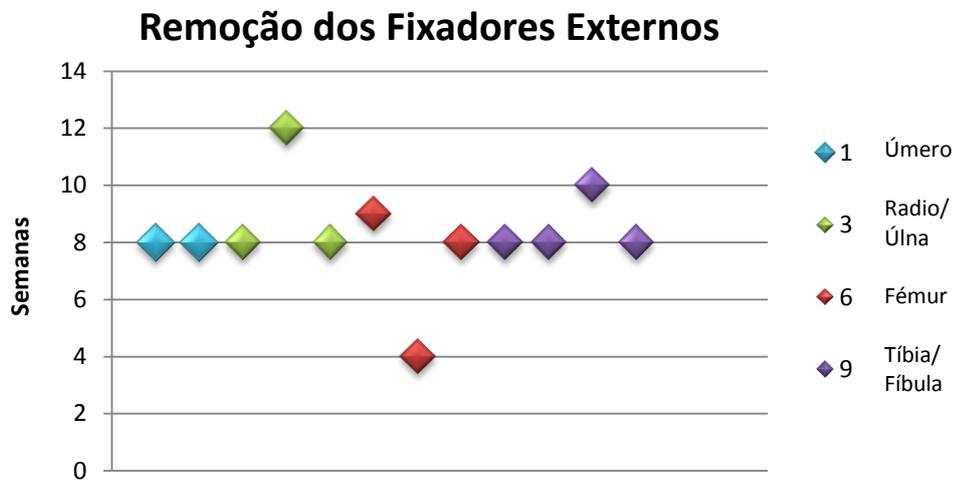


Gráfico 9 – Dispersão das datas de remoção dos fixadores esqueléticos externos.

Dez (83,33%) dos animais apresentaram um rápido retorno da função do membro, caminhando com facilidade após a remoção das estruturas de fixação. Um dos animais com fratura de radio e ulna, após a remoção do fixador esquelético externo, apresentou perda da mobilidade da articulação úmero-radio-ulnar. O animal com fratura umeral distal dicondilar apresentou défices proprioceptivos no membro lesionado.

Um dos casos de fratura de tíbia e fíbula deu reentrada no centro hospitalar, quatro meses após a remoção da estrutura de fixação esquelética externa, apresentando reincidência da anterior fratura transversa da tíbia (Figura 31).



O animal foi sujeito a nova intervenção cirúrgica, com a colocação de uma cavilha intramedular e cerclages, e recuperou bem.

Figura 31 – Projeção radiográfica mediolateral da fratura transversa da tíbia no local da fratura anterior (Radiografia gentilmente cedida pelo CHVL)

CAPÍTULO III - DISCUSSÃO

Apesar do reduzido número de casos deste estudo, podemos verificar que, a tendência dos valores obtidos, relativamente à incidência das fraturas dos ossos longos, vai de encontro à apresentada na bibliografia de referência. Dentro das fraturas dos ossos longos, as fraturas de fêmur apresentaram-se como as mais frequentes (38%) e as de úmero como as menos frequentes (13%). Segundo Unger, 1990, citado por Piermattei^d, 2006, a incidência de fraturas de fêmur é de 20% a 25% de todas as fraturas, representado, ainda, 45% de todas as fraturas de ossos longos. Por seu lado, as fraturas de úmero representam 4,4% das fraturas em gatos e 5,4 a 7,7% das fraturas em cães ((Ljunggren, 1971; Phillips, 1979); citados por Tomlinson, 2003).

Apesar de em ambos os casos de fraturas de úmero, aqui apresentados, desconhecer-se a causa de fratura, é possível apontar como origens prováveis do traumatismo: acidentes com veículos motorizados e quedas de alturas elevadas, já que ambos são a causa mais comum de fraturas de úmero ((Bardet, 1983 citado por Tomlinson, 2003); (Johnson^b, 2013)).

Sabemos que as fraturas de radio e ulna resultam normalmente de traumas menores (Welch, 1997; Summer-Smith, 1974; citados por Cabassu, 2012) e são atribuídas geralmente a quedas. Um exemplo muito comum são os saltos dos braços do proprietário, nas raças mini e toy (Asimus, 2012; Johnson^b, 2013). Um dos casos em estudo tratava-se de um animal adulto com 2.1kg que caiu dos braços do dono.

Lesões a alta velocidade são o tipo mais comum de causa de fratura femoral em pacientes veterinários, sendo que a maioria resulta de acidentes de carro (Johnson^b, 2013). Das três fraturas de fêmur em estudo, duas envolveram acidentes com carros, sendo que destas, apenas uma envolveu alta velocidade.

As causas de fratura de tibia e fíbula observadas nos casos em estudo foram: atropelamento a alta velocidade, membro preso e queda de local elevado. Todas estas se encontram entre as causas mais frequentes de fratura de tibia e fíbula ((Denny^b, 2008); (Brunnberg, 2003; Whitney, 1987; citados por Voss^b, 2009); (Jonhson^b, 2013)).

Relativamente à localização das fraturas, nos dois casos de fraturas de úmero apresentados, estas encontram-se na metade distal do osso.

A forma cónica deste osso longo, com o grande diâmetro da sua metáfise proximal, que lhe providencia alta resistência às forças angulares, e o pequeno diâmetro da metáfise distal, predispõe a que esta segunda seja a localização preferencial de fraturas (Piermattei^b, 2006; Schwarz, 2013).

Os três casos de fratura de radio e ulna, aqui apresentados, referem-se a fraturas dos dois terços distais destes ossos. Destas, dois são do terço distal e uma do terço médio.

Na maioria dos casos, as fraturas de rádio e ulna ocorrem através dos terços médio e distal (85% no terço distal) destes ossos. Normalmente ambos os ossos são fraturados, mas por vezes existe uma fratura isolada de um dos ossos (rádio ou ulna) ((Ness & Armstrong, 1995; citado por Denny^a, 2008); (Phillips, 1979; Rudd, 1992; citados por Boudrieau, 2003); (Brinker, 1974; Lappin, 1983; citados por Piermattei^c, 2006); (Asimus, 2012); (Welch, 1997; Summer-Smith, 1974; citados por Cabassu, 2012)).

Podem ser observados os mais variados tipos de fraturas envolvendo, em conjunto, o rádio e a ulna, ou menos frequentemente apenas um dos ossos (Brinker, 1974; Harrison, 1984; citados por Piermattei^c, 2006), o mesmo se verificou nos nossos casos. Nos casos apresentados deparamo-nos com fraturas transversas e fraturas ligeiramente oblíquas. Esta morfologia de fraturas nestes ossos é muito característica em raças toy (Asimus, 2012).

As fraturas comuns da diáfise femoral incluem: fraturas transversas, ligeiramente oblíqua, oblíquas longas, em espiral, segmentares e cominutas múltiplas (Braden, 1995; citado por Simpson, 2003). Nos casos em estudo as fraturas observadas encontram-se dentro desta lista.

Na tíbia, as fraturas que podem ser encontradas são: fraturas de avulsão, transversas, oblíquas, em espiral, cominutas, ou severamente cominutas (Johnson^b, 2013). Neste trabalho, fixaram-se duas fraturas transversas, uma ligeiramente oblíqua e uma em espiral.

A estrutura escolhida para a resolução da fratura supracondilar, em cunha do úmero, foi o fixador externo tipo la configuração tie-in.

Esta estrutura encontra-se descrita como sendo bem tolerada na espécie em causa (gato) para fraturas supracondilares e de diáfise (Rovesti, 2012) sendo uma estratégia frequentemente aplicada a este osso em particular (Dewey, 1994; Radke, 2006; citados por Palmer, 2012). Esta estrutura permitiu-nos contrariar quer as forças de compressão e flexão, quer as forças rotacionais, através da conexão estabelecida entre a barra de fixação externa e a cavilha intramedular. A impossibilidade de introdução da cavilha intramedular através do côndilo medial foi um desafio pois imponha um limitado suporte ósseo distal. A associação do fixador externo à cavilha intramedular veio, também, colmatar esta limitação.

A estrutura escolhida para a resolução da fratura umeral distal dicondilar foi o fixador externo tipo la configuração tie-in, conjuntamente com um parafuso de compressão intercondilar e cerclage. Esta fratura é uma das mais problemáticas da articulação do cotovelo, pois requer um realinhamento perfeito da cartilagem articular e compressão através da fratura intra-articular, para além da necessidade de fixar rigidamente os fragmentos ósseos metafisários reconstruídos com a diáfise (Boudrieau, 2012; Ness, 2012).

Apesar da resolução desta fratura poder ser feita de diversas formas (exemplos: cavilha intramedular ou interlocking nails com ou sem fixador esquelético externo; placa óssea),

ortopedistas conceituados como Randy Boudrieau, Malcolm Ness e James Tomlinson, recomendam o uso de uma ou duas placas de fixação óssea (Tomlinson, 2003; Boudrieau, 2012; Ness, 2012).

A escolha do implante a usar e da configuração da estrutura a aplicar nos casos das fraturas transversas e fraturas ligeiramente oblíquas da diáfise do rádio e ulna foi um desafio especial. Isto porque, estávamos perante dois cães de porte mini e um cão com uma fratura exposta.

Os fixadores esqueléticos externos apresentavam-se como uma opção viável para os três casos de fraturas de rádio e ulna. Por um lado a falta de musculatura envolvente que permitia um acesso quase ilimitado para a colocação das cavilhas de fixação. Por outro, este método permitia a colocação dos implantes através de técnica fechada. Evitava-se assim uma maior disrupção da área de fratura, preservando melhor o suprimento sanguíneo regional. Estas vantagens encontram-se descritas por Harari, 1996; Johnson, 1996; citados por Boudrieau, 2003. A resolução da fratura através de fixação externa permitia ainda evitar a invasão do local de fratura aberta com o material de implante.

Neste trabalho, em todos os casos de fratura de rádio e ulna, foram utilizadas estruturas do tipo II.

Os fixadores tipo Ib e II são os mais frequentemente utilizados em fraturas de rádio e ulna (Boudrieau, 2003). Victor Muntanyola, num estudo sobre o uso de fixadores externos bilaterais no tratamento de fraturas distais de rádio e ulna em gatos e cães pequenos, obteve 87% de fraturas que curaram de forma consideravelmente adequada (Muntanyola, 2010). Um estudo recente conclui que a fixação esquelética externa circular é uma alternativa para o tratamento de fraturas de rádio e ulna em raças toy (Piras, 2011).

Para a resolução das fraturas segmentar, ligeiramente oblíqua e oblíqua longa da diáfise femoral recorreu-se à combinação tie-in de um fixador esquelético externo com uma cavilha intramedular. Esta combinação permite melhorar significativamente o perfil biodinâmico da fixação (Aron, 1991; Aron, 1995; Langley-Hobbs, 1996; Whitehair, 1992; citados por Simpson, 2003). O fixador externo permite melhorar a estabilidade pela redução da rotação no local de fratura, ajudando a manter o comprimento do osso (Alcantara, 1975; Braden, 1973; Braden, 1995; citados por Piermattei^d, 2006), para além de evitar a deslocação craneal da cavilha intramedular. A cavilha, por sua vez, permitiu controlar as forças angulares, para além de diminuir o stress a nível das cavilhas de fixação, sem que para tal fosse necessário aumentar ao número de cavilhas.

As fraturas transversas ou ligeiramente oblíquas do fémur foram fixadas com recurso a uma combinação de um fixador externo com uma cavilha intramedular. Esta combinação é uma alternativa aceitável, no entanto, está associada a um retorno à função normal mais

longo e à existência de uma grande morbidade pós-operatória (Aron, 1991; Braden, 1973; Foland, 1991; citados por Simpson, 2003). As placas de compressão dinâmica são frequentemente utilizadas, nestas situações, porque permitem uma rápida restauração do suporte de peso com morbidade mínima do paciente (Aron, 1991; citado por Simpson, 2003).

Em fraturas oblíquas longas da diáfise femoral, com uma configuração simples de 2 peças, o melhor método é aquele que providencie uma estabilidade rígida, de preferência com compressão a nível da linha de fratura (Simpson, 2003).

Em fraturas segmentares, a escolha do método de estabilização destas fraturas deve ter em consideração o suprimento sanguíneo do segmento intermédio. (Simpson, 2003).

Para estabilizar fraturas da tíbia, é fiável aplicar uma variedade de métodos, nomeadamente, talas, cavilhas intramedulares, fixadores esqueléticos externos, e placas ósseas e parafusos (Denny^b, 2008).

No caso em estudo tínhamos fraturas transversa, ligeiramente oblíqua e em espiral da diáfise média da tíbia e a escolha dos fixadores externos a utilizar na sua resolução baseou-se na capacidade deste método de virtualmente poder ser aplicado na resolução de todo o tipo de fraturas da tíbia; capacidade de fixar sem invadir o local de fratura com metal; capacidade do implante de poder ser retirado facilmente, desejável nas fraturas deste osso devido ao escasso tecido mole envolvente, tal como é descrito por Johnson^b, 2013.

Relativamente ao tempo de remoção da estrutura de fixação esquelética externa, verificamos que dois dos casos em estudo desviam-se, consideravelmente, da média das restantes estruturas de fixação. Num dos casos a estrutura foi retirada às 4 semanas e no outro às 12 semanas. A cicatrização precoce no primeiro caso e demorada no segundo pode estar associada à idade dos animais em questão. O animal cujo fixador foi retirado às 4 semanas tinha, à data de fratura, apenas 4 meses e meio de idade. Por seu lado, o animal cujo fixador foi retirado às 12 semanas tinha 10 anos de idade. Segundo Piermattei, 2006 e Denny^c, 2008, sabemos que, geralmente, o tempo médio necessário para a união clínica varia numa relação direta com a idade. Isto é, animais mais jovens tendem a apresentar um processo de cicatrização óssea mais rápido do que animais mais velhos.

Neste trabalho, o osso que apresentou maior número de complicações foi o úmero, sendo que não há registo de complicações a nível do fémur. Na bibliografia está descrito um elevado número de complicações frequentemente observadas nestes dois ossos. Estas relacionam-se especialmente com a interferência das cavilhas na musculatura envolvente do osso (Piermattei^b,2006; Piermattei^d, 2006; Johnson^b, 2013). No caso específico de fraturas da porção distal do úmero, com envolvimento articular, é descrita uma elevada incidência de

complicações relacionadas com falha da técnica cirúrgica a nível do plano articular da fratura (exemplos: osteoartrites, incapacidade de suporte de peso) (Ness, 2012).

Entre as complicações observadas em fraturas de rádio e ulna, neste trabalho, está a drenagem serosa do trato da cavilha. Como causas possíveis, nestes animais, temos a utilização de estrutura do tipo II, que não evita a penetração de massas musculares maiores.

No entanto, normalmente não é um problema severo o suficiente para justificar a remoção do implante até à fratura estar curada (Johnson^b, 2013), tal como aconteceu nos casos em estudo.

O fémur é, ainda, o osso mais frequentemente afetado por não-uniões e osteomielites no cão e gato que se tenham submetido a cirurgia de reparação de fratura (Caywood, 1978; Cechner, 1977; Hunt, 1980; Smith, 1978; citados por Simpson, 2003). Outras complicações específicas de fraturas da diáfise femoral incluem contratura do quadríceps femoral, erros de alinhamento resultando em má-união, neuropráxia ou neurotenes do nervo ciático, e perda do comprimento do osso (Simpson, 2003). Nos animais do estudo com fraturas de fémur não se observou qualquer complicação.

Uma das desvantagens específicas da fixação esquelética externa no fémur é a morbidade associada com a interferência das cavilhas na volumosa massa muscular, especialmente junto das articulações do joelho (Simpson, 2003; Voss^c, 2009). Esta complicação pode ser evitada tendo-se especial atenção à colocação das cavilhas nestas zonas.

Uma análise retrospectiva de casos reportados de 106 gatos com fratura da diáfise femoral corrigidos cirurgicamente usando fixadores externos, placas ósseas, ou “plate rod construct” publicado em 2013, não encontrou diferenças estatisticamente significativas em termos de tempo de reparação óssea mas, houve uma diferença significativa na taxa de complicações categorizadas entre os grupos. O grupo de fixação externa teve o maior número de complicações em geral (Könning, 2013).

Complicações com fraturas da tíbia incluem osteomielites, irritação dos tecidos moles, má-união, atrasos de união e não-união (Johnson^b, 2013). A aplicação de fixadores externos na tíbia resulta em algumas complicações devido à limitada musculatura do local (Piermattei^e, 2006). Nos casos em estudo, as complicações observadas foram: tumefação do membro fraturado, temperatura corporal elevada e quebra de uma cavilha de fixação.

A quebra de cavilhas de fixação é uma complicação relativamente rara. Esta quebra é ainda mais rara em cavilhas com perfil de rosca positiva, como a cavilha em questão. Fatores predisponentes para esta falha poderão ter sido a falta de repouso do animal e a utilização de uma estrutura insuficientemente forte para um animal com 18kg e muito enérgico.

Apesar de normalmente ser recomendada a remoção da cavilha danificada, a opção escolhida de manter a cavilha também se encontra descrita por Kraus, 2003, não se esperando complicações significativas.

A reincidência de uma fratura da tíbia, quatro meses após se retirar o fixador externo é um exemplo muito interessante.

Sabemos que a reparação óssea completa não está finalizada quando se retira o sistema de fixação, mas encontramos-nos sim na fase de remodelação óssea. Esta fase final da reparação de fraturas é caracterizada pela adaptação morfológica do osso para recuperar a função e resistência ótimas. Trata-se de um processo lento e que em humanos se pode arrastar por 6 a 9 anos, representando 70% do tempo total de reparação óssea (Remedios, 1999; Wendeborg, 1961; citados por Griffon, 2005). É assim compreensível que a tíbia, quando confrontada com uma situação de forças traumáticas, tenha fraturado no local de maior fragilidade, ou seja, o local da primeira fratura que ainda se encontrava em remodelação.

CAPÍTULO IV - CONCLUSÃO

Com este trabalho, concluiu-se que, a fixação esquelética externa é um método útil na reparação de fraturas dos ossos longos. No entanto, a sua utilização deve ser pautada de acordo, não só, com as características anatômicas e biomecânicas da fratura em causa, mas também, pelo temperamento do animal, as aspirações e a disponibilidade do proprietário. Trata-se de um método que requer um envolvimento pós-operatório cuidadoso por parte do proprietário.

Conclui-se, ainda, que foram alcançados os objetivos propostos para esta dissertação. Nomeadamente, o aprofundamento dos conhecimentos sobre a utilização dos fixadores esqueléticos externos, o acompanhamento da sua aplicabilidade prática na resolução de fraturas em animais de companhia, e a aquisição de novos conhecimentos a nível da cirurgia geral e ortopédica.



CAPÍTULO V - BIBLIOGRAFIA

- Asimus, E. **Distal radial fractures in toy breed dogs**. 16th ESVOT Congress 2012, Bologna (Italy). pp 40-41.
- Boskey, A. L. (2003). **Connective Tissues of the Musculoskeletal System** (125). In: Slatter DH. Textbook of Small Animal Surgery. vol. 2. 3rd edition. (pp. 1774-1784). USA. Saunders.
- Bouvy, B. M., Markel, M. D., Chelikani, S., Egger, E. L., Piermattei, D. L. & Vanderby, R. (1993). **Ex vivo biomechanics of Kirschner-Ehmer external skeletal fixation applied to canine Tibiae**. Veterinary Surgery 22 (3). (abstract)
- Boudrieau, R (2003). **Fracture of the radius and ulna** (139). In: Slatter DH Textbook of Small Animal Surgery. vol. 2. 3rd edition.. (pp. 1953 - 1973). USA. Saunders.
- Boudrieau^b, R (2003) Fractures of the tibia and fibula (149). In: Slatter DH. Textbook of Small Animal Surgery. vol. 2. 3rd edition. (pp. 2144 - 2157). USA. Saunders
- Boudrieau, R. **Elbow fractures (Alternate implants)**. 16th ESVOT Congress 2012, Bologna (Italy). pp 92-94.
- Cabassu, J.B. **Complications in the surgical treatment of fractures of the distal radius and ulna in small animals**. 16th ESVOT Congress 2012, Bologna (Italy). pp 132-133.
- Denny^a, H. R., Butterworth S.J. (2008). **The Radius and Ulna** (34). In: Denny & Butterworth. A Guide to Canine and Feline Orthopedic Surgery. 4th edition. (pp. 389-408). UK. Blackwell.
- Denny^b, H. R., Butterworth S.J (2008). **Tibia and Fibula** (43). In: Denny & Butterworth. A Guide to canine and feline orthopedic surgery. 4th edition. (pp. 554-574). UK. Blackwell.
- Denny^c, H. R., Butterworth S.J (2008). **Fracture Healing** (1). In: Denny & Butterworth. A Guide to Canine and Feline Orthopedic Surgery. 4th edition. (pp. 1-38). UK. Blackwell Science.
- Dimitriou R., Tsiridis E. and Giannoudis P.V. (2005). **Current concepts of molecular aspects of bone healing**. Injury 36 (12). (pp. 1392-1404)
- Doblaré, M., García, J., & Gómez, M. (2004). **Modelling bone tissue fracture and healing: a review**. Engineering Fracture Mechanics 71 (13-14). (pp. 1809–1840)
- Fitzpatrick, N. **New approaches to old problems in feline joint, long bone and spinal trauma**. 16th ESVOT Congress 2012, Bologna (Italy). pp 167 – 173.
- Gemmill, T. J., Cave, T. A., Clements, D. N., Clarke, S. P., Bennett, D. & Carmichael, S. (2004) **Treatment of canine and feline diaphyseal radial and tibial fractures with low-stiffness external skeletal fixation**. Journal of Small Animal Practice 45, (abstract)
- Gilley, R.S, Bourgeault C.A., Wallace, L.J., Bechtold J. E. (2001). **A Comparative Mechanical Study of 3 External Fixator Clamps**. Veterinary Surgery 30 (4). (pp. 341-350)

- Griffon DJ (2005). **Fracture healing**. In: Johnson AL, Houlton JE and Vannini R. Switzerland. AO Principles of Fractures Management in the Dog and Cat. Thieme. (pp. 73-98)
- Haas, B. Montavon, P.M. **The tubular external fixators (F.E.S.S.A) for the treatment of fractures in the cat**. 12th ESVOT Congress, Munich, 2004. pp 54-55
- Harasen, G. (2012). **Orthopedic Hardware and Equipment for beginner. Part 3: External Skeletal Fixators**. The Canadian Veterinary Journal 53. (pp. 201-203)
- Hoggatt J.; Mohammad K.; Singh P.; Hoggatt A.; Chitteti B.; Speth J.; Hu P.; Poteat B.; Stilger K.; Farraro F.; Silberstein L.; Wong F.; Farag S.; Czader M.; Milne G.; Breyer R.; Serezani C.; Scadden D.; Guise T.; Srour E.; Pelus L. (2013). **Differential stem- and progenitor-cell trafficking by prostaglandin E2**. Nature 495. Epub.
- Houlton J., Dunning D. (2005) **Perioperative patient management (1)**. In: Johnson AL, Houlton JE and Vannini R. AO Principles of Fractures Management in the Dog and Cat. Switzerland. Thieme. (pp. 1-25)
- Hulse, D., Hyman, W. (1995). **Practical Biomechanics**. Small Animal Orthopedics 1st edition. Olmstead M. (pp. 57-73). Mosby.
- Hulse, D., Hyman, B. (2003). **Fracture Biology and Biomechanics (126)**. In: Slatter DH. Textbook of Small Animal Surgery. Vol. 2. 3rd edition. (pp. 1785-1792). USA. Saunders.
- Jee, W. (1988). **The skeletal tissues**. In: L. Weiss, Cell and tissues Biology. A Textbook of Histology (pp. 221-254). USA: Urban & Schwarzenberg.
- Johnson, A. L., Kneller, S. K. and Weigel, R. M. (1989) **Radial and tibial fracture repair with external skeletal fixation. Effects of fracture type, reduction and complications on healing**. Veterinary Surgery 18. (pp. 367-372)
- Johnson^a, A. (2005). **T or Y Fractures of the Distal Humerus (57)**. In: Johnson & Dunning. Atlas of orthopedic surgical procedures of the dog and cat. 1st edition. (pp. 152-153). USA. Elsevier.
- Johnson^b, A. (2005). **Application of an External Fixator to the Radius (62)**. In: Johnson & Dunning. Atlas of orthopedic surgical procedures of the dog and cat. 1st edition. (pp. 168-169). USA. Elsevier.
- Johnson, A. L. (2007). **Fundamentals of Orthopedic Surgery and Fracture Management (28)**. In: Fossum T. W. Small Animal Surgery Textbook. 3rd edition. (pp. 930-1014). USA. Elsevier Health Sciences.
- Johnson^a, A. L. (2013) **Fundamentals of Orthopedic Surgery and Fracture Management (32)**. In: Fossum T. W. Small Animals surgery textbook. 4th edition. (pp. 1033-1005) USA. Elsevier Health Sciences.
- Johnson^b, A. (2013) **Management of Specific Fractures (33)**. In: Fossum T. W. Small Animals Surgery Textbook. 4th edition. (pp. 1106 - 1214) USA. Elsevier Health Sciences.
- Knudsen, C. S., Arthurs, G. I., Hayes, G. M., & Langley-Hobbs, S. J. (2012). **Long bone fracture as a complication following external skeletal fixation: 11 cases**. BSAVA Journal of small animal practice. vol 53 . (pp. 687 – 692).
- Koch, D (2005). **Screws and plates**. In: Johnson AL, Houlton JE and Vannini R. Switzerland. AO Principles of Fractures Management in the Dog and Cat. Thieme. (pp. 47)

- Könning, T., Maarschalkerweerd, R.J., Endenburg, N., Theyse L. F. H. (2013) **A comparison between fixation methods of femoral diaphyseal fractures in cats – a retrospective study**. Journal of Small Animal Practice. BSAVA. Vol. 54 (4). Epub.
- Kraus, K. H., Wotton, H. M., Boudrieau, R. J., Schwarz, L., Diamond, D. and Minihan, A. (1998). **Type-II external fixation, using new clamps and positive-profile threaded pins, for treatment of fractures of the radius and tibia in dogs**. Journal of the American Veterinary Medical Association 212. (pp. 1267-1270)
- Kraus, K. H., Toombs, J. P., & Ness, M. G. (2003). **External Fixation in Small Animal Practice**. 1st edition. UK. Blackwell Science.
- Little N, Rogers B e Flannery M (2011). **Bone formation, remodelling and healing**. Surgery (Oxford) 29 (4). (pp. 141-145)
- Marcellin-Little, D. J. (2003). **External Skeletal Fixation** (129). In: Slatter DH. Textbook of Small Animal Surgery vol.2 3rd edition. USA. Saunders. (pp.1818-1834)
- Marsell R and Einhorn TA (2011). **The biology of fracture healing**. Injury 42 (6): (pp. 551-555)
- Milles, D.L.; Jackson, A. M. (2003). **Delayed Union, Nonunion, and Malunion**. (131) In: Slatter DH. Textbook of Small Animal Surgery vol. 2. 3rd edition. USA. Saunders. (pp. 1849-1861)
- Moroni, A., Cadossi, M., Romagnoli, M., Faldini, C., & Giannini, S. (2008). **A Biomechanical and Histological Analysis of Standard Versus Hydroxyapatite-Coated Pins for External Fixation**. Wiley InterScience 86 (2). (abstract)
- Muntanyola, V.T. (2010). **Use of the biplanar external fixator in the treatment of the distal radial and ulnar fractures in small dogs and cats**. 3rdWorld Veterinary Orthopaedic Congress, ESVOT-VOS 15th ESVOT Congress. (pp. 691-692)
- Ness, Malcolm (2012). **Management of Y-T fractures of the distal humerus using SOP**. 16th ESVOT Congress 2012, Bologna (Italy). p 261
- Palmer, R. H. (2012). **External Fixators and Minimally Invasive Osteosynthesis in Small Animal Veterinary Medicine**. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice 42 (5). (pp. 913-934)
- Piermattei, D.L, Johnson, K. A. (2004). **An Atlas of Surgical Approaches to the Bones and Joints of the Dog and Cat**. 4th edition. USA. Saunders.
- Piermattei^a, D., Flo, G., & DeCamp, C. (2006). **Fractures: Classification, Diagnosis, and Treatment** (5). In: Piermattei. Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair. (pp. 25-159)USA. Saunders.
- Piermattei^b, D., Flo, G., & DeCamp, C. (2006). **Fractures of the Humerus** (11). In Piermattei. Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair. (pp. 297-324). USA. Saunders.
- Piermattei^c, D., Flo, G., & DeCamp, C. (2006). **Fractures of the radius and ulna**. (13). In Piermattei. Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair. (pp. 359-381) USA. Saunders

- Piermattei^d, D., Flo, G., & DeCamp, C. (2006). **Fractures of the Femur and Patella** . (17). In Piermattei. Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair. (pp. 512-560) USA. Saunders
- Piermattei^e, D., Flo, G., & DeCamp, C. (2006). **Fractures of the Tibia and Fibula**. (19). In Piermattei. Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair. (pp. 633-660) USA. Saunders
- Piras, L.; Cappellari, F.; Peirone, B.; Ferretti, A. (2011) **Treatment of fractures of the distal radius and ulna in toy breed dogs with circular external skeletal fixation: a retrospective study**. Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 24(3). (pp. 228-35). Abstract.
- Pizà, G., Caja, V. L., González-Viejo, M. A., & Navarro, A. (2004). **Hydroxyapatite-coated external-fixation pins - the effect on pin loosening and pin-track infection in leg lengthening for short stature**. Journal of Bone Joint Surgery (Br). vol. 86 (6). (pp. 892-897)
- Rovesti, G. L. **Fracture treatment with radiolucent external fixators**. 16th ESVOT Congress 2012, Bologna (Italy). pp 384-385.
- Saithna, A. (2010). **The influence of hydroxyapatite coating of external fixator pins on pin loosening and pin track infection: A systematic review**. Injury, Int. J. Care Injured 41. (pp. 128–132)
- Sikavitsas, V., Temenoff, J., & Mikos, A. (2001). **Biomaterials and bone mechanotransduction**. Biomaterials volume 22, issues 19 , 2581-2593.
- Schwarz, G. **Metaphyseal fractures**. 16th ESVOT Congress 2012, Bologna (Italy). pp 399 – 400.
- Simpson D. J, Lewis D. (2003). **Fractures of the Femur** (146). In: Slatter DH. Textbook of Small Animal Surgery. vol. 2. 3rd edition. (pp. 2059-2089). USA. Saunders.
- Tomlinson, J. (2003). **Fractures of the Humerus** (136). In: Slatter DH. Textbook of Small Animal Surgery. vol. 2. 3rd edition. (pp. 1905-1918). USA. Saunders
- Voss. K (2009). **Fractures** (13). In: Montavon P.M., Voss K., Langley-Hobbs S.J. Feline Orthopedic Surgery and Musculoskeletal Disease.1st editon. USA. Saunders. (pp. 129-152)
- Voss^b, K., Langley-Hobbs, S.J, Montevon P. M (2009). **Tibia and Fibula** (39). In: Montavon P.M., Voss K., Langley-Hobbs S.J. Feline Orthopedic Surgery and Musculoskeletal Disease.1st editon. USA. Saunders. (pp. 491-505)
- Voss^c, K., Langley-Hobbs, S.J, Montevon P. M (2009). **Femur** (37). In: Montavon P.M., Voss K., Langley-Hobbs S.J. Feline Orthopedic Surgery and Musculoskeletal Disease.1st editon. USA. Saunders. (pp. 455-473)

- Secures® : www.securus_europe.eu, Março 2013
- Veterinary Instrumentation: www.vetinst.com, Março de 2013
www.veterinary-instrumentation.co.uk, Março 2013
- IMEX™VETERINARY, INC (catalog) : www.imexvet.com/products/external-skeletal-fixation, Março de 2013.