

VALÉRIA LIMA DE SOUSA

**Efeitos do ultra-som de baixa intensidade sobre a
consolidação óssea em fraturas de ossos longos (rádio e
ulna, fêmur, tíbia e fíbula) em cães
(*Canis familiaris*)**

São Paulo

2003

VALÉRIA LIMA DE SOUSA

Efeitos do ultra-som de baixa intensidade sobre a consolidação óssea em fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fíbula) em cães (*Canis familiaris*)

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre, junto à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

Departamento:

Cirurgia

Área de concentração:

Cirurgia

Orientador:

Prof. Dr. José de Alvarenga

São Paulo

200

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.1268 Sousa, Valéria Lima de
FMVZ Efeitos do ultra-som de baixa intensidade sobre a consolidação óssea em fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fíbula) em cães (*Canis familiaris*) / Valéria Lima de Sousa. – São Paulo : V. L. Sousa, 2003.
127 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, 2003.

Programa de Pós-graduação: Cirurgia.
Área de concentração: Cirurgia.

Orientador: Prof. Dr. José de Alvarenga.

1. Terapia ultra-sônica. 2. Consolidação óssea.
3. Fraturas. 4. Cães. I Título.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"

PARECER

Interessado: Valéria Lima de Sousa

Assunto: Protocolo de experimentação adotado em experimento já
concluído.

A Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, após analisar o projeto sob o número 247/2003, intitulado: "Efeitos do ultra-som de baixa intensidade sobre a consolidação óssea em fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tibia e fíbula) em cães (*Canis familiaris*)", foram utilizados 29 cães, sob responsabilidade do Prof. Dr. José de Alvarenga, constatou que o mesmo está sendo realizado empregando protocolo de experimentação compatível com os princípios de bioética, adotados por esta Comissão.

São Paulo, 27 de junho de 2003


Prof.ª Dr.ª Julia Maria Matera

Presidente da Comissão de Bioética

FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome do autor: SOUSA, Valéria Lima de

Título: Efeitos do ultra-som de baixa intensidade sobre a consolidação óssea em fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fíbula) em cães (*Canis familiaris*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre

Data: ___/___/___

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIAS

Aos meus pais, Isa e Reinaldo, pelo amor e apoio incondicionais em todos os momentos da vida, permitindo a concretização dos meus ideais.

Aos irmãos queridos, Andréa e Pedro, pelo exemplo de força de vontade e otimismo, tornando os dias mais iluminados.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José de Alvarenga, pelos ensinamentos, pela amizade, confiança, por seu incentivo e exemplo de profissionalismo e dedicação como orientador deste trabalho.

Ao Prof. Dr. João Guilherme Padilha Filho, co-orientador desta pesquisa, pelas oportunidades de aprendizado profissional, pela amizade e auxílio indispensável durante a realização deste estudo.

Ao Prof. Dr. Júlio Carlos Canola, pelo interesse, pela valiosa participação na análise dos exames radiográficos e sugestões.

Ao Prof. Dr. Luiz Romariz Duarte e ao Prof. Dr. José Marcos Alves pelos ensinamentos transmitidos e imprescindível colaboração na presente pesquisa.

Ao Prof. Dr. José Carlos Pereira, pela realização da análise estatística dos resultados deste trabalho.

Aos residentes do setor de Cirurgia da FCAV, Juliana, Sandro e Everton, pela amizade, convívio e pela realização dos procedimentos cirúrgicos, contribuindo para a concretização deste trabalho.

Aos amigos Rute, Ângela, Patrícia Popak, Patto, Márlis, Luiz Buquera, Ívia, Vânia Alexandra, Adriana, Márcio, Natalia, Luis Miguel, Lígia, Lígia Rocha, André, Tiago, Naida, pós-graduandos e residentes pelo precioso auxílio e momentos de descontração.

A todos os funcionários do Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel” pela colaboração durante a execução deste trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, por ter me acolhido.

À Profa. Dra. Júlia Maria Matera e ao Departamento de Cirurgia da FMVZ-USP, pela aprovação para a realização de parte desta pesquisa no Hospital Veterinário da FMVZ-USP.

Ao Prof. Dr. Cássio Ricardo Auada Ferrigno, pela dedicação, amizade e indispensável participação neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Franklin de Almeida Sternmann, pelo apoio e exemplo de determinação.

À Profa. Dra. Irvênia Prada, pela valiosa amizade e estímulo à luta pelo bem-estar dos animais.

Às médicas veterinárias do setor de Cirurgia do Hovet, Viviane, Andressa, Patrícia e Sandra, pela colaboração nesta pesquisa.

Aos residentes Paulo, Raquel, Letícia e Stela, pela boa vontade e auxílio para a execução deste estudo.

Aos funcionários do setor de Cirurgia do Hovet, Cledson Lélis, Jesus e Otávio, pela ajuda neste trabalho.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Aos médicos veterinários Rafael e Salvador, pela contribuição na presente pesquisa.

Às amigas Kátia Stracieri, Ana Bassit, Elisângela e Simone, pela valiosa amizade e apoio nos momentos difíceis.

Aos proprietários dos cães utilizados neste estudo, cuja cooperação e boa vontade foram fundamentais para a concretização deste estudo clínico.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa e apoio financeiro para a execução deste trabalho.

À Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, pela possibilidade de realizar esta pesquisa com o apoio do Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia.

À Maria Cláudia, Rosa Zani e ao Alexandre, membros da equipe da Biblioteca da FMVZ-USP, pelo apoio imprescindível na elaboração desta dissertação.

Aos meus pais, Isa e Reinaldo, pelo amor, educação e exemplo de vida.

Aos meus irmãos, Andréa e Pedro, pelo amor, companheirismo e incentivo.

A Deus, pelo dom da vida e por todas as maravilhosas oportunidades.

RESUMO

SOUSA, V. L. **Efeitos do ultra-som de baixa intensidade sobre a consolidação óssea em fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fibula) em cães (*Canis familiaris*).** [Low-intensity ultrasound effects on the healing of long bone fractures (radius and ulna, femur, tibia and fibula) in dogs (*Canis familiaris*)]. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado em Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Este trabalho teve como objetivo realizar a investigação clínica dos efeitos do ultra-som de baixa intensidade como tratamento adjuvante na consolidação óssea de fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fibula) em cães. Foram utilizados 29 cães de raças variadas, 17 fêmeas e 12 machos, com faixa etária entre seis e 72 meses, 2,3 a 43 kg de peso corporal, portadores de fraturas recentes em ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fibula), submetidos a procedimentos de osteossíntese (pinos intramedulares, fixação esquelética externa ou a associação destes métodos) e provenientes da rotina hospitalar de três instituições. Um dos cães apresentou fratura bilateral de tíbia e fibula, tendo sido consideradas 30 fraturas. Os animais foram divididos em três grupos, de acordo com o local da fratura: GI (rádio e ulna), GII (fêmur), e GIII (tíbia e fibula). Realizou-se o tratamento adjuvante de fraturas com ultra-som pulsado de baixa intensidade (30 mW/cm^2 , durante 20 minutos, por 21 dias consecutivos) em 12 cães e 17 animais foram utilizados como controle. Todos os pacientes foram avaliados por exames clínicos e radiográficos nos períodos pré-operatório, pós-operatório imediato e aos 30 e 60 dias posteriores ao procedimento cirúrgico. Nos exames radiográficos foram observadas características de consolidação óssea, incluindo a presença ou ausência

de reação periosteal, ponte cortical, linha de fratura e formação de calo ósseo. O teste estatístico não paramétrico bilateral de Mann-Whitney foi empregado para a análise dos resultados dos achados radiográficos constatados nos animais dos grupos controle e tratado, não tendo sido verificadas diferenças significativas entre eles. Apesar da ausência de comprovação estatística, a maioria das fraturas tratadas com estimulação ultra-sônica demonstrou sinais clínicos e radiográficos de evolução favorável ao processo de consolidação óssea. Conforme os resultados observados neste estudo, o ultra-som pulsado de baixa intensidade pode ser indicado como tratamento adjuvante de fraturas recentes de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fíbula), em animais da espécie canina.

Palavras-chave: Terapia ultra-sônica. Consolidação óssea. Fraturas. Cães.

ABSTRACT

SOUSA, V. L. **Low-intensity ultrasound effects on the healing of long bone fractures (radius and ulna, femur, tibia and fibula) in dogs (*Canis familiaris*).** [Efeitos do ultra-som de baixa intensidade sobre a consolidação óssea em fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fíbula) em cães (*Canis familiaris*)]. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado em Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

This research had the purpose of investigating the clinical effects of low-intensity ultrasound on the healing of long bone fractures (radius and ulna, femur, tibia and fibula) in dogs. Twenty-nine dogs of different breeds were included in this study, being 17 females and 12 males, with ages ranging from six to 72 months, and weight from 2.3 to 43 kg. These animals presented a clinical history of recent long bone fractures (radius and ulna, femur, tibia and fibula), and underwent osteosynthesis procedures (intramedullary pins, external skeletal fixation or the association of both). All of the animals originated from three different veterinary hospitals. One of the dogs presented bilateral tibial fracture, encompassing a total of 30 fractures in such group. The animals were divided into three groups, according to the fracture site: GI (radius and ulna), GII (femur), and GIII (tibia and fibula). The treatment with pulsed low-intensity ultrasound (30 mW/cm^2 , for 20 minutes, for 21 consecutive days) was performed on 12 dogs, using 17 animals as a control group. All patients were evaluated through physical and radiographic examination before surgery, immediately on the postoperative, and after 30 and 60 days from the osteosynthesis. Postoperative and follow-up radiographs were examined for periosteal reaction, cortical bridging, fracture line and callus. The non-parametric bilateral Mann-Whitney

Test was used to investigate the radiographic findings in the group undergoing treatment and in the control group. There were no significant statistical differences between them. In spite of these statistical results, most of the fractures treated with pulsed low-intensity ultrasound showed clinical and radiographic signs of bone healing in progress. According to these results, pulsed low-intensity ultrasound can be indicated as an adjunctive treatment for recent long bone fractures (radius and ulna, femur, tibia and fibula) in dogs.

Key-words: Ultrasound therapy. Bone healing. Fractures. Dogs.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PDGF - fator do crescimento derivado das plaquetas

EGF - fator do crescimento epidérmico

TGF- β - fator transformador do crescimento beta

EURO - estimulação ultra-sônica da regeneração óssea

W/cm² - watt por centímetro quadrado

mW/cm² - miliwatt por centímetro quadrado

mm - milímetro

kg - quilograma

mg/kg - miligrama por quilo

MHz - megahertz

μ s - microsegundo

kHz quilohertz

mA - miliampere

SRD - sem raça definida

LISTA DE SÍMBOLOS

% - porcentagem

p - Nível mínimo de significância

\geq - maior ou igual

$<$ - menor

$U_{Máx}$ - Variável de Mann-Whitney máxima.

$U_{Crít}$ - Variável de Mann-Whitney crítica.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 CONSOLIDAÇÃO ÓSSEA	21
2.1.1 Biologia da consolidação óssea secundária	21
2.1.2 Avaliação radiográfica da consolidação óssea secundária	25
2.2 EFEITOS DO ULTRA-SOM DE BAIXA INTENSIDADE NO TECIDO ÓSSEO. APLICAÇÕES EM ORTOPEDIA	26
2.2.1 Introdução	26
2.2.2 Mecanismo de ação do ultra-som de baixa intensidade no tecido ósseo	28
2.2.3 Estudos experimentais da EURO em animais	29
2.2.4 Estudos clínicos em tratamento de pseudoartroses em pacientes da espécie humana	34
2.2.5 Estudos clínicos em tratamento de fraturas com retardo de consolidação em pacientes da espécie humana	35
2.2.6 Estudos clínicos em tratamento de fraturas recentes em pacientes da espécie humana	37
2.3 FRATURAS DIAFISÁRIAS DE RÁDIO E ULNA EM CÃES	39
2.3.1 Introdução	39
2.3.2 Osteossíntese de fraturas diafisárias de rádio e ulna em cães com pinos e fios intramedulares	40
2.3.3 Osteossíntese de fraturas diafisárias de rádio e ulna em cães com fixadores externos do tipo Ia e do tipo II	42
2.4 FRATURAS DIAFISÁRIAS FEMORAIS EM CÃES	45

2.4.1 Introdução	45
2.4.2 Osteossíntese de fraturas diafisárias femorais em cães com pino intramedular de Steinmann	46
2.4.3 Osteossíntese de fraturas diafisárias femorais em cães com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular	47
2.5 FRATURAS DIAFISÁRIAS DE TÍBIA E FÍBULA EM CÃES	49
2.5.1 Introdução	49
2.5.2 Osteossíntese de fraturas diafisárias de tíbia e fíbula em cães com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular, com fixadores externos do tipo II e do tipo III	50
3 MATERIAIS E MÉTODOS	52
3.1 ANIMAIS	52
3.2 AVALIAÇÃO CLÍNICA DO PACIENTE	53
3.3 PROCEDIMENTOS ANESTÉSICOS	54
3.3.1 Procedimentos anestésicos utilizados no Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel”, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal	54
3.3.2 Procedimentos anestésicos utilizados no Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo	55
3.3.3 Procedimento anestésico utilizado no Hospital Veterinário Pompéia	56
3.4 PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS	56
3.4.1 Procedimentos cirúrgicos realizados no Hospital Veterinário da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal	57
3.4.1.1 Osteossíntese de rádio e ulna com pino intramedular de Steinmann	57
3.4.1.2 Osteossíntese de rádio e ulna com fixador externo do tipo Ia	58
3.4.1.3 Osteossíntese de fêmur com pino intramedular de Steinmann	59
3.4.1.4 Osteossíntese de fêmur com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann (método <i>tie-in</i>), fio de aço inoxidável ortopédico de cerclagem e parafuso de aço inoxidável	60
3.4.1.5 Osteossíntese de tíbia com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann (método <i>tie-in</i>)	62

3.4.1.6 Osteossíntese de tíbia com fixador externo do tipo II associado ao uso de rafusos de aço inoxidável	63
3.4.1.7 Osteossíntese de tíbia com fixador externo do tipo III	64
3.4.2 Procedimentos cirúrgicos realizados no Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo	66
3.4.2.1 Osteossíntese de rádio e ulna com fixador externo do tipo Ia.....	66
3.4.2.2 Osteossíntese de rádio e ulna com fixador externo do tipo II	68
3.4.2.3 Osteossíntese de fêmur com pino intramedular de Steinmann	69
3.4.2.4 Osteossíntese de fêmur com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann pelo método <i>tie-in</i>	70
3.4.3 Procedimento cirúrgico realizado no Hospital Veterinário Pompéia.....	71
3.4.3.1 Osteossíntese de fêmur com pino intramedular de Steinmann	71
3.5 PERÍODO PÓS-OPERATÓRIO	72
3.5.1 Protocolo pós-operatório realizado no Hospital Veterinário da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal	72
3.5.2 Protocolo pós-operatório realizado no Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo	74
3.5.3 Protocolo pós-operatório realizado no Hospital Veterinário Pompéia	74
3.6 ESTIMULAÇÃO ULTRA-SÔNICA DA REGENERAÇÃO ÓSSEA (EURO)	75
3.7 AVALIAÇÕES.....	78
3.7.1 Avaliação clínica pós-operatória	78
3.7.2 Exame radiográfico	79
3.7.3 Análise estatística	81

4 RESULTADOS	82
4.1 AVALIAÇÃO CLÍNICA	82
4.1.1 Pacientes portadores de fratura de rádio e ulna, grupo-controle (GI _C).....	83
4.1.2 Pacientes portadores de fratura de rádio e ulna, grupo-tratado (GI _T).....	83
4.1.3 Pacientes portadores de fratura de fêmur, grupo-controle (GII _C)	83
4.1.4 Pacientes portadores de fratura de fêmur, grupo-tratado (GII _T).....	84
4.1.5 Pacientes portadores de fratura de tíbia e fíbula, grupo-controle (GIII _C) .	84
4.1.6 Pacientes portadores de fratura de tíbia e fíbula, grupo-tratado (GIII _T) ...	85
4.2 EXAME RADIOGRÁFICO	86
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	99
5 DISCUSSÃO	101
6 CONCLUSÕES	119
REFERÊNCIAS	120

1 INTRODUÇÃO

As fraturas em ossos longos são freqüentes na rotina do médico veterinário. Os métodos de osteossíntese ou coaptação externa utilizados para a estabilização das fraturas têm como objetivo estabelecer a consolidação óssea, promovendo a recuperação funcional do paciente (BOUDRIEAU, 1991).

Fukada e Yasuda¹ (1957) apud Duarte (1983) demonstraram a propriedade piezoelétrica direta e indireta do osso, onde a energia mecânica é convertida em energia elétrica e vice-versa, possibilitando o surgimento de diversas pesquisas sobre o estímulo à osteogênese por meios físicos.

A influência do ultra-som de baixa intensidade sobre a consolidação óssea foi demonstrada em animais de várias espécies, incluindo coelhos (COOK et al., 2001; DUARTE, 1977; DUARTE, 1983; PILLA et al., 1990), ratos (AZUMA et al., 2001; WANG et al., 1994; YANG et al., 1996) eqüinos (LIPPIELO; SMALLEY, 1991) e cães (RAWOOL et al., 2003; SILVA, 1990; SILVA, 1998). Foram realizados diversos estudos clínicos em pacientes da espécie humana com a estimulação ultrasônica da regeneração óssea (COOK et al., 1997; DUARTE; XAVIER, 1996; EMANI et al., 1999; FRANKEL, 1998; FRANKEL; MIZUNO, 2001; FUJIOKA et al., 2000; HECKMAN et al., 1994; JENSEN et al., 1998; KRISTIANSEN et al., 1997; LANE et al., 1998; MAYR et al., 1998; NOLTE et al., 2001; PETRUCCELLI; OPPENHEIM; STRAUSS, 1998; RUBIN et al., 2001; XAVIER; DUARTE, 1983).

¹ FUKADA, E; YASUDA, I. On the piezoelectric effect of bone. *Journal of Physical Society of Japan*, v. 12, p. 10, 1957.

Apesar de inúmeros trabalhos experimentais comprovarem que o ultra-som de baixa intensidade promove a aceleração da osteogênese ainda não foi realizado nenhum estudo clínico sobre este tema em animais da espécie canina. A investigação clínica do uso do ultra-som de baixa intensidade como tratamento adjuvante na consolidação óssea de fraturas de ossos longos em cães é necessária para a indicação futura deste tratamento no período pós-operatório dos procedimentos de osteossíntese em cães. Assim, tal aspecto justifica a realização do presente estudo.

Este trabalho tem como objetivo realizar a investigação clínica dos efeitos do ultra-som pulsado de baixa intensidade como tratamento adjuvante na consolidação óssea de fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fíbula) em cães submetidos a procedimentos de osteossíntese (pinos intramedulares, fixação esquelética externa ou a associação destes métodos).

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo foi dividido em itens relacionados à literatura considerada relevante para esta investigação clínica.

2.1 CONSOLIDAÇÃO ÓSSEA

Este item foi subdividido em: biologia da consolidação óssea secundária e avaliação radiográfica da consolidação óssea secundária.

2.1.1 Biologia da consolidação óssea secundária

Após a ocorrência da fratura, definida como uma solução de continuidade no osso (SISSONS², 1979 apud SCHELLING, 1991), inicia-se uma série de eventos cujo auge é a notável capacidade que o osso apresenta para se regenerar e retornar à sua estrutura original (CREUSS; DUMONT³, 1975 apud REMEDIOS, 1999).

As células osteogênicas responsáveis pela transformação e remodelamento

² SISSONS, H. A. Bones. In: SYMMERS, W. (Ed.) **Systemic pathology** (2nd ed.). New York: Churchill-Livingstone, 1979. v.5, p. 2384-2491.

³ CREUSS, R. L.; DUMONT, J. Fracture healing. **Canine Journal Surgery**, v. 14, p. 403, 1975.

ósseo incluem osteoblastos, osteócitos e osteoclastos (REMEDIOS, 1999). Os osteoblastos têm origem mesenquimal e desempenham função importante na síntese e mineralização da matriz, na iniciação do processo de reabsorção óssea e na interação com os osteócitos (DENNY; BUTTERWORTH, 2000). Durante o processo de formação de matriz óssea não mineralizada, aproximadamente 10% dos osteoblastos ficam retidos na matriz convertendo-se em osteócitos (EURELL; VAN STICKLE⁴, 1998; MARKS, POPOFF, 1988⁵ apud REMEDIOS, 1999). Estas células estão organizadas em lacunas e são primariamente responsáveis pela manutenção da integridade da matriz óssea (MARKS; POPOFF, 1988⁶ apud REMEDIOS, 1999). Os osteoclastos se originam do sistema monócito-macrófago e estão relacionados ao processo de remodelamento e reabsorção do osso (DENNY; BUTTERWORTH, 2000).

A consolidação óssea é um processo extremamente complicado que pode ser dividido em três fases seqüenciais: inflamatória, reparo e remodelamento (CREUSS; DUMONT⁷, 1975 apud REMEDIOS, 1999).

A fase inflamatória começa imediatamente após a fratura e ocorre aproximadamente nas primeiras duas a três semanas após o traumatismo (CREUSS; DUMONT, 1975⁸; EURELL; VAN STICKLE⁹, 1998, apud REMEDIOS, 1999). No período de 48 horas o exsudato do hematoma da fratura contém vários mediadores da inflamação, fatores angiogênicos e do crescimento liberados pelas

⁴ EURELL, J. C.; VAN STICKLE, D. C. Connective and support tissue. In: DELLMAN, H. D.; EURELL, J. C. **Textbook of veterinary histology**. Baltimore: Willians & Wilkins, 1998. p. 32.

⁵ MARKS, S. C.; POPOFF, S. N. Bone cell biology: The regulation of development, struture, and function in the skeleton. **American Journal of Anatomy**, v. 183, p. 1, 1988.

⁶ Ibid., p.1.

⁷ CREUSS, R.L.; DUMONT, J. Fracture healing. **Canine Journal Surgery**, v. 14, p.403, 1975.

⁸ Ibid., p.403.

⁹ EURELL, J. C.; VAN STICKLE, D. C. Connective and support tissue. In: DELLMAN, H. D.; EURELL, J. C. **Textbook of veterinary histology**. Baltimore: Willians & Wilkins, 1998. p. 32.

plaquetas, células locais, mastócitos, neutrófilos, macrófagos e linfócitos. O fator do crescimento derivado das plaquetas (PDGF), o fator do crescimento epidérmico (EGF) e o fator transformador do crescimento beta (TGF- β) são exemplos de ativadores da formação do calo ósseo (BONEWALD; MUNDY, 1990¹⁰; HULTH, 1989¹¹; SIMMONS¹², 1985 apud BROWN; KRAMERS, 1996). Nesta fase os osteoclastos iniciam o processo de reabsorção e remoção de tecido ósseo morto (GOTHLIN; ERICSSON¹³, 1976 apud REMEDIOS, 1999).

Na fase de reparo ocorre o início da organização do hematoma pelas plaquetas e deposição de fibrina. Os macrófagos desempenham função importante na fibroplasia inicial (LEIBOVICH; ROSS¹⁴, 1975 apud REMEDIOS, 1999). As células progenitoras migram para o foco da fratura a partir do endósteo, canal medular e periósteo (ASHTON¹⁵ et al., 1980 apud REMEDIOS, 1999).

O processo de remodelamento ósseo ocorre quando a linha de fratura é preenchida pelo calo ósseo. Nesta fase a cartilagem mineralizada é transformada em tecido ósseo, que é modificado em osso lamelar com a organização do sistema haversiano. Neste processo, os osteoclastos removem o tecido ósseo e os osteoblastos depositam osso lamelar em volta do canal central do capilar (RAHN¹⁶ et al., 1971 apud REMEDIOS, 1999).

¹⁰ BONEWALD, L. F.; 1989; MUNDY, G. R. Role of transforming growth factor Beta in bone remodeling. 1990 **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 250, p. 261, 1990.

¹¹ HULTH, A. Currents concepts of fracture healing. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 249, p. 265, 1989.

¹² SIMMONS, D. J. Fracture healing perspectives. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 200, p. 100, 1985.

¹³ GOTHLIN, G.; ERICSSON, J. L. E. The osteoclast: Review of ultra-structure, origin, and structure-function relationship. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 120, p. 201, 1976.

¹⁴ LEIBOVICH, S. J. ROSS, R. The role of macrophage in wound repair: A study with hydrocortisone and antimacrophage serum. **American Journal of Pathology**, n. 78, p. 71, 1975.

¹⁵ ASHTON, B.A., ALLEN, T.D. HOWLETT, C.R.; EAGLESON, C.C.; HATTORI, A.; OWEN, N. M. . Formation of bone and cartilage by marrow stromal cells in diffusion chambers in vivo. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 151, p. 294, 1980.

¹⁶ RAHN, B.A.; GALLINARO, P.; BALTENSBERGER, A.; PERREN, S.M. Primary bone healing. An experimental study in the rabbit. **The Journal of Bone & Joint Surgery (Am)** v. 53, p. 783, 1971.

Na consolidação óssea secundária ou indireta há micromovimentos no foco de fratura que estimulam a formação de calo ósseo (GOODSHIP; KENWRIGTH¹⁷, 1986 apud REMEDIOS, 1999), produzindo alterações piezoelétricas que promovem a liberação de fatores de crescimento e prostaglandina E₂, substâncias que favorecem a consolidação óssea (SOMJEN¹⁸ et al., 1980 apud REMEDIOS, 1999). Neste padrão de consolidação óssea a linha de fratura é inicialmente preenchida por um hematoma, o qual é substituído por tecido de granulação, e em seqüência por tecidos que aumentam a rigidez óssea (tecido conjuntivo fibroso, fibrocartilagem, osso lamelar). A formação e reabsorção contínuas de osso lamelar nos locais da fratura resultam em remodelamento do calo ósseo cortical (HULSE; JOHNSON, 2002). A osteossíntese de fraturas com fixadores externos, placas em ponte ou pinos intramedulares ou a estabilização das fraturas por talas externas é caracterizada pela formação de calo ósseo nas regiões periostal, intercortical e medular (PIERMATTEI; FLO, 1999).

Todos os processos fisiológicos envolvidos na consolidação de fraturas dependem de suprimento sangüíneo adequado. Os ossos longos apresentam suprimento aferente da artéria nutrizante principal, artérias metafisárias proximal e distal e artérias periostais que penetram no osso em áreas de forte ligação fascial. A direção do fluxo sangüíneo por meio da diáfise é centrífuga, direcionando-se do canal medular para o periósteo (HULSE; JOHNSON, 2002). A interrupção do aporte sangüíneo para o osso varia de acordo com a complexidade da fratura. Os componentes vasculares são estimulados e sofrem hipertrofia; ocorre desenvolvimento de um novo suprimento vascular denominado de aporte sangüíneo

¹⁷ GOODSHIP, A. E.; KENWRIGTH, J. The influence of induced micro-environment upon the healing of experimental tibia fracture. *The Journal of Bone & Joint Surgery (Br)*, v. 67-B, p. 650, 1986.

¹⁸ SOMJEN, D.; BINDERMAN, I.; BERGER, E.; HARREL, A. Bone remodeling induced by physical stress prostaglandin E₂-mediated. *Biochim Biophys Acta*. v. 627, p.91, 1980.

extra-ósseo do osso consolidado, que supre o calo ósseo em desenvolvimento e regride quando a continuidade da circulação medular é restabelecida (PIERMATTEI; FLO, 1999).

2.1.2 Avaliação radiográfica da consolidação óssea secundária

A evolução da consolidação óssea por exame radiográfico é amplamente utilizada. Toal (1994) descreveu as características radiográficas dos padrões de consolidação óssea primária e secundária. Nas fraturas com consolidação secundária, na imagem radiográfica na primeira semana após a fratura, observa-se perda das margens cortantes dos fragmentos, com aumento na falha óssea, o que resulta da combinação de movimento entre os fragmentos e crescimento vascular. Durante a segunda e terceira semanas são observadas quantidades variáveis de calo periosteal, endosteal e intercortical. O calo periosteal inicial é fracamente mineralizado e apresenta margens irregulares, localizando-se subjacente à cortical em cada fragmento. Em torno da quarta semana este calo apresenta-se mais regular e opaco, sendo vizibilizado como bainha óssea direcionando-se para unir a falha da fratura. Após a quarta semana a linha de fratura é gradualmente preenchida, o calo ósseo une a falha óssea e após 12 semanas o calo externo é remodelado até a regeneração da continuidade da cortical e da cavidade medular.

2.2 EFEITOS DO ULTRA-SOM DE BAIXA INTENSIDADE NO TECIDO ÓSSEO. APLICAÇÕES EM ORTOPEDIA

Este ítem foi subdividido em: introdução; mecanismo de ação do ultra-som de baixa intensidade no tecido ósseo; estudos experimentais da estimulação ultra-sônica da regeneração óssea (EURO) em animais; estudos clínicos em tratamento de pseudoartroses em pacientes da espécie humana; estudos clínicos em tratamento de fraturas com retardo de consolidação em pacientes da espécie humana; estudos clínicos em tratamento de fraturas recentes em pacientes da espécie humana.

2.2.1 Introdução

O ultra-som consiste em uma forma de energia mecânica que é transmitida em tecidos biológicos por ondas de pressão acústica, cujas frequências são imperceptíveis à audição humana, sendo amplamente empregado na medicina humana como método terapêutico, diagnóstico e em procedimentos cirúrgicos (MAYLIA; NOKES¹⁹, 1999; ZISKIN²⁰, 1987 apud RUBIN, 2001).

O ultra-som é utilizado como meio terapêutico em intensidades de 1 a 3 W/cm²; em procedimentos cirúrgicos a energia ultra-sônica apresenta intensidade

¹⁹ MAYLIA, E.; NOKES, L. D. The use of ultrasonics in orthopaedics – a review. **Technology Health Care**, v.7, p. 1-28, 1999.

²⁰ ZISKIN, M. C. Applications of ultrasound in medicine - comparison with other modalities. In: RAPACHOLI, M. H.; GRANDOLFO, N.; RINDI, A. (Ed.). **Ultrasound: medical applications, biological effects, and hazard potencial**. New York: Plenum Press, 1987. p. 49-59.

variável entre 5 a 300 W/cm² (WELLS²¹, 1985 apud RUBIN, 2001). Para fins diagnósticos a intensidade do ultra-som é empregada de 1 a 50 mW/cm² (KAUFMAN; EINHORN²², 1993 apud RUBIN, 2001). O uso do ultra-som pulsado de baixa intensidade (30 mW/cm²) para promover a aceleração da consolidação óssea foi proposto inicialmente por Duarte (1983). A estimulação ultra-sônica da regeneração óssea (EURO) foi aprovada pelo *Food and Drug Administration* (FDA) em 1994 para o tratamento de fraturas recentes e em 2000 para o tratamento de pseudoartroses (RUBIN, 2001).

A energia ultra-sônica atua como ondas de pressão acústica, promovendo forças micro-mecânicas no osso e tecidos adjacentes. A fisiologia e a consolidação ósseas podem ser influenciadas pela ação de forças mecânicas (FRANKEL, 1998). Wolff²³ (1892) apud Frankel (1998) demonstrou a resposta do osso esponjoso à aplicação de força mecânica, constatando a atuação desta sobre a fisiologia óssea, ao observar o remodelamento do tecido ósseo na direção e proporção das forças mecânicas aplicadas. Diversos autores pesquisaram os possíveis mecanismos envolvidos da reação do tecido ósseo às forças mecânicas fisiológicas, incluindo a estimulação da atividade vascular (GOODSHIP; KENWRIGHT²⁴, 1985; WALLACE et al., 1994²⁵; WOLFF²⁶, 1892 apud FRANKEL, 1998).

²¹ WELLS, P. N. T. Surgical applications of ultrasound. In: NYBORG, W. L.; ZISKIN, M. C. (Ed.). **Biological effects of ultrasound**. New York: Churchill Livingstone, 1985. p. 157-167.

²² KAUFMAN, J. J.; EINHORN, T. A. Ultrasound assessment **The Journal of Bone and Mineral Research**, v. 8, p. 517-525, 1993.

²³ WOLFF, J. The law of bone remodeling (Das gesetz der transformation der knochen). Originally published by Verlag von August Hirshwald, Berlin, 1892. English translation by MAQUET, P.; FULON, R. Berlin: Springer-Verlag, 1986.

²⁴ GOODSHIP, A. E.; KENWRIGHT, J. The influence of induced micro movement upon the healing of experimental tibial fractures. **The Journal of Bone & Joint Surgery**, v. 67-B, n. 4, p. 650-655, 1985.

²⁵ WALLACE A. L.; DRAPPER, E. R.; STRACHAN, R.K.; MCCARTHY, I.D.; HUGHES, S.P. The vascular response to fracture micro movement. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 301, p. 291-290, 1994.

²⁶ WOLFF, J. The law of bone remodeling (Das gesetz der transformation der knochen). Originally published by Verlag von August Hirshwald, Berlin, 1892. English translation by MAQUET, P.; FULON, R. Berlin: Springer-Verlag, 1986.

2.2.2 Mecanismo de ação do ultra-som de baixa intensidade no tecido ósseo

Duarte (1983) sugeriu que o mecanismo de ação da estimulação ultra-sônica de baixa intensidade no tecido ósseo deve-se à piezoelectricidade. O autor verificou que o ultra-som de baixa intensidade (49,6 ou 57 mW/cm²) não apresentava efeitos térmicos em fíbulas e fêmores de coelhos submetidos à osteotomia.

Ryaby et al. (1989) observaram o aumento da incorporação de íons de cálcio em culturas de células ósseas e condrócitos expostos à estimulação ultra-sônica de baixa intensidade (20 mW/cm²).

Yang et al. (1996) estudaram a ação do ultra-som de baixa intensidade (50 ou 100 mW/cm²) sobre a consolidação óssea em fraturas femorais de ratos. Os autores verificaram o aumento na resistência do calo ósseo nas fraturas tratadas com estimulação ultra-sônica por meio de testes biomecânicos. Na análise da expressão gênica de várias substâncias relacionadas à consolidação óssea foi constatado o aumento da expressão de uma proteína agregadora da matriz extracelular da cartilagem. Estes resultados sugeriram a influência do ultra-som de baixa intensidade no processo de formação de osso endocondral.

Masaya et al. (1998) observaram o estímulo à síntese dos fatores de crescimento angiogênicos em cultura de osteoblastos de células endoteliais de seres humanos expostas ao ultra-som de baixa intensidade (30 mW/cm²). Estes autores concluíram que o ultra-som de baixa intensidade tem a capacidade de acelerar o processo de consolidação óssea pela indução da secreção de variados fatores de crescimento pelos osteoblastos e células endoteliais *in vivo*.

Azuma et al. (2001) empregaram a estimulação ultra-sônica (30 mW/cm^2) em fraturas femorais de ratos para demonstrar que este tratamento promoveu o reparo ósseo nas fraturas tratadas. Os métodos de avaliação dos animais incluíram análises radiográficas, tomográficas, testes biomecânicos de torção, mensuração da área do calo ósseo e conteúdo mineral. Os resultados observados pelos pesquisadores sugeriram que o ultra-som de baixa intensidade atuou sobre cada fase de algumas reações celulares envolvidas no processo de consolidação óssea, incluindo reações inflamatórias, angiogênese, condrogênese, ossificação intramembranosa, ossificação endocondral e remodelamento ósseo.

Rawool et al. (2003) demonstraram que o ultra-som de baixa intensidade (30 mW/cm^2) estimulou a vascularização no sítio de osteotomias de ulna em cães. Os autores observaram que o aumento do fluxo sanguíneo no local de fratura continuou evidente após o término da estimulação ultra-sônica. Este incremento no fluxo sanguíneo foi monitorado por ultra-som *Power Doppler*, ocorrendo simultaneamente à formação de calo ósseo exuberante e evidente aumento da distribuição do fluxo sanguíneo em torno do foco de fratura.

2.2.3 Estudos experimentais da EURO em animais

Duarte (1977) foi o primeiro a demonstrar os efeitos da estimulação ultra-sônica de baixa intensidade sobre a consolidação óssea. O autor utilizou o ultra-som na intensidade de $0,001 \text{ W/cm}^2$ em fíbula, fêmur e costela de coelhos submetidos à osteotomia. Após exames radiográficos, histológicos e mensuração

da área do calo ósseo o autor constatou a aceleração da consolidação óssea nos sítios de osteotomia tratados com ultra-som de baixa intensidade. Em estudo posterior, Duarte (1983) empregou a estimulação ultra-sônica (intensidade de 49,6 ou 57 mW/cm², por 15 minutos diários, durante quatro a 18 dias) em 45 coelhos. Os animais foram submetidos à osteotomia bilateral de fíbula (n=23), ou à indução de falhas ósseas bilaterais na córtex lateral do fêmur (n=22). O pesquisador verificou o incremento do processo osteogênico em fíbula e córtex femoral tratados com estimulação ultra-sônica após avaliações histológicas, radiológicas e mensuração da área do calo ósseo.

Pilla et al. (1990) demonstraram que o uso do ultra-som (30 mW/cm², por 20 minutos diários, durante 14 a 28 dias) estimulou a consolidação óssea em fíbulas de 139 coelhos submetidos à osteotomia bilateral. O tratamento com a EURO foi realizado em uma das fíbulas e a contralateral foi utilizada como controle. Os autores observaram aumento estatisticamente significativo na resistência mecânica e rigidez do calo ósseo nas fíbulas tratadas em comparação às do grupo-controle no período do 14º até o 23º dia pós-operatório. Estes resultados foram constatados após exames radiográficos e testes mecânicos de torção.

Silva (1990) pesquisou a ação do ultra-som de baixa intensidade (20 mW/cm²) em ostectomias parciais (falhas ósseas de 7mm) produzidas bilateralmente na ulna de 12 cães. A terapia ultra-sônica foi realizada nos membros torácicos direitos, enquanto os esquerdos foram utilizados como controle. Foram realizadas aplicações diárias com duração de 20 minutos, durante períodos de 15, 30, 60, e 90 dias. As avaliações clínicas e radiográficas dos animais foram complementadas por análises histológicas e histoquímicas. De acordo com os resultados observados não foram constatadas diferenças entre as fraturas dos grupos tratado e controle.

Lippiello e Smalley (1991) relataram aumento do índice de reparação óssea em eqüinos (n=9) submetidos ao tratamento com energia ultra-sônica (20 a 30 mW/cm², por 20 minutos, durante sete semanas) em falhas ósseas bilaterais produzidas experimentalmente no terço médio do metacarpo. O resultado benéfico desta terapia foi mensurado por densitometria óssea quantitativa, indicando aumento de 16% na osteogênese no grupo tratado.

Wang et al. (1994) estudaram os efeitos da estimulação ultra-sônica de baixa intensidade (30 mW/cm², por 15 minutos, durante 14 dias) sobre a consolidação óssea de fraturas diafisárias femorais bilaterais induzidas em 16 ratos, tendo sido um membro tratado com ultra-som e o outro utilizado como controle. As fraturas foram estabilizadas com um fio de Kirchner. A avaliação do calo ósseo foi realizada no no 21º dia pós-operatório por exames radiográficos, histológicos e testes biomecânicos de torção. Os autores verificaram que os fêmores tratados apresentaram maior resistência biomecânica no foco de fratura quando comparados aos controles, em testes biomecânicos de torque.

Yang et al. (1996) utilizaram o ultra-som de baixa intensidade (50 ou 100 mW/cm², por 15 minutos, durante cinco, oito, dez ou 15 dias) em fraturas femorais bilaterais induzidas em ratos (n=79), estabilizadas com fio de Kirchner. Um membro foi tratado com estimulação ultra-sônica e o contralateral foi utilizado como controle. Os fêmores foram avaliados por testes de resistência biomecânica, análises bioquímicas e análise da expressão gênica. Os autores verificaram que nos membros tratados o calo ósseo apresentou maior resistência mecânica e sugeriram que o ultra-som de baixa intensidade promoveu a consolidação óssea pelo estímulo de proteínas específicas da cartilagem, com influência sobre os condrócitos e o processo de formação de osso endocondral.

Silva (1998) avaliou o efeito do ultra-som de baixa intensidade (20 mW/cm^2 , por 20 minutos, durante 21 dias) em fíbulas osteotomizadas bilateralmente em 10 cães. A fíbula esquerda recebeu tratamento com estimulação ultra-sônica e a fíbula direita foi usada como controle. Os animais foram avaliados por exames clínicos, radiográficos e cintilográficos. As fraturas tratadas demonstraram sinais radiográficos e cintilográficos de consolidação óssea mais precoces na maioria dos animais. Os resultados observados sugeriram que o tratamento com ultra-som de baixa intensidade demonstrou estimular os eventos iniciais do processo de consolidação óssea em cães.

Azuma et al. (2001) estudaram a influência da estimulação ultra-sônica (30 mW/cm^2 , por 20 minutos, em períodos de um a oito dias; nove a 16 dias e 17 a 24 dias) em fraturas femorais bilaterais em ratos, tendo constatado a aceleração da reparação óssea nos fêmores tratados por meio de exames radiográficos, histológicos e testes biomecânicos. O valor do torque máximo dos animais do grupo-tratado foi significativamente superior ao dos animais do grupo-controle. Os achados histológicos demonstraram que os tratamentos parciais (um a oito dias; nove a 16 dias) com a EURO foram capazes de acelerar a consolidação óssea, porém o tratamento mais longo (17 a 24 dias) foi mais eficiente.

Cook et al. (2001) avaliaram os efeitos do ultra-som de baixa intensidade (30 mW/cm^2) sobre falhas ósseas osteocondrais bilaterais induzidas experimentalmente no sulco patelar de 106 coelhos. As falhas ósseas do membro direito foram tratadas diariamente com EURO, enquanto o membro contralateral foi utilizado como controle. Os efeitos da terapia ultra-sônica foram observados nos períodos de quatro, oito, 12, 24 e 52 semanas após o procedimento cirúrgico. Os autores avaliaram os efeitos da duração do tratamento com EURO (cinco, dez, 40 minutos

diários), comparando-os com o tratamento padrão (20 minutos diários). O reparo da cartilagem foi analisado e mensurado macroscópica e histologicamente, conforme uma escala padronizada. Concluiu-se que o tratamento com a EURO promoveu estímulo significativo no processo de reparo da cartilagem por meio de achados morfológicos e histológicos, ao se comparar os animais dos grupos tratado e controle. Foi constatado o reparo precoce das falhas osteocondrais nos coelhos dos grupos tratados com ultra-som por um período mais prolongado (40 minutos diários). Neste modelo experimental foi constatado que o tratamento diário com ultra-som de baixa intensidade foi significativamente benéfico na consolidação de falhas osteocondrais.

Rawool et al. (2003) pesquisaram os efeitos do ultra-som de baixa intensidade (30 mW/cm^2 , por 20 minutos, durante oito semanas) em seis cães submetidos à osteotomia de ulna unilateral. O grupo-tratado (n=3) recebeu terapia ultra-sônica e três animais foram utilizados como grupo-controle. Os cães foram avaliados por exames radiográficos e por ultra-som *Power Doppler*. Os autores constataram maior índice de vascularização nos sítios de osteotomia tratados.

2.2.4 Estudos clínicos em tratamento de pseudoartroses em pacientes da espécie humana

Xavier e Duarte (1983) realizaram a primeira investigação clínica utilizando o ultra-som de baixa intensidade em 27 pacientes da espécie humana portadores de pseudoartroses em diversos sítios incluindo fêmur, tíbia, metatarso, clavícula, úmero, rádio e ulna e metacarpo, tendo obtido 70% de índice de cura, ou seja, de formação de calo ósseo. Posteriormente, os mesmos autores em 1996 observaram 85% de êxito no tratamento com a EURO em 380 pseudoartroses em tíbia, fêmur, clavícula, rádio, ulna e escafoide de seres humanos.

Mayr et al. (1998) estudaram a eficiência da terapia ultra-sônica em 40 pacientes portadores de pseudoartrose em acetábulo, fêmur, tíbia, calcâneo, metatarso, clavícula, úmero, rádio e ulna, escafoide, relatando taxa de sucesso em 90% dos casos.

Lane et al. (1998) observaram índice de 84% de sucesso utilizando a EURO em pacientes portadores de pseudoartroses, considerando-se 270 dias após a ocorrência da fratura.

Petrucelli, Oppenheim e Strauss (1998) relataram taxa de consolidação óssea de 86% em sete casos clínicos de pseudoartrose em ossos longos.

Frankel (1998) estudou a influência da EURO em pacientes portadores de pseudoartroses em ossos longos (considerando 270 dias após a ocorrência da fratura), incluindo fêmur, tíbia, fíbula, metatarso, úmero, rádio e ulna. Foi constatado que a taxa de consolidação óssea apresentou variação de 70% (úmero) a 96% (rádio e ulna).

Rubin et al. (2001) realizaram revisão dos registros dos dados para prescrição da EURO nos Estados Unidos em 2000, investigando os efeitos deste tratamento em 1546 pseudoartroses (considerando-se 255 dias após a ocorrência da fratura). Os autores observaram índice médio de consolidação óssea de 83% fêmur, úmero, metatarso, rádio, ulna, tibia e fíbula.

Frankel e Mizuno (2001) publicaram estudo multicêntrico sobre a influência da estimulação ultra-sônica no tratamento de pseudoartroses, constatando taxa de consolidação óssea com variação de 83% a 91% em diversos países (Holanda, Alemanha, Japão, e França) e 83% nos Estados Unidos. Foi observado que a EURO apresentou taxa de sucesso similar à dos procedimentos cirúrgicos no tratamento das pseudoartroses.

Nolte et al. (2001) realizaram estudo clínico empregando o ultra-som de baixa intensidade no tratamento de 29 pacientes portadores de pseudoartrose em tibia, fêmur, rádio, ulna, úmero, escafóide, metatarso e clavícula, tendo observado 86% de sucesso em pseudoartroses estabelecidas.

2.2.5 Estudos clínicos em tratamento de fraturas com retardo de consolidação em pacientes da espécie humana

Frankel (1998) relatou índice de consolidação óssea de 90% em ossos longos, exceto o úmero (82%) em pacientes com retardo de consolidação (91 a 150 dias após a fratura) tratados com EURO. Nos casos clínicos de retardo de consolidação óssea crônica (151 a 269 dias após a fratura) os índices de

regeneração óssea apresentados foram de 75% para o úmero e 85% para os demais ossos (fêmur, tíbia, fíbula, metatarso, rádio, ulna e escafóide).

Lane et al. (1998) constataram índice de sucesso de 91% em pacientes portadores de fraturas em ossos longos com retardo de consolidação (91 a 269 dias após a fratura), com tempo de tratamento médio de 122 dias com terapia ultrassônica de baixa intensidade.

Petrucelli, Oppenheim e Strauss (1998) avaliaram o resultado do tratamento com estimulação ultra-sônica de baixa intensidade em 11 casos clínicos de retardo de união (período médio de 161 dias após a fratura) em ossos longos com taxa de sucesso de 100%.

Fujioka et al. (2000) relataram o tratamento eficiente de retardo de consolidação em carpo, utilizando-se exclusivamente a EURO (30 mW/cm²), tendo sido observada a consolidação óssea por exame radiográfico e por tomografia computadorizada.

Rubin et al. (2001) observaram 91% de sucesso no tratamento de 1790 fraturas que apresentavam retardo de consolidação (considerando-se 91 a 150 dias após a ocorrência da fratura) e 89% de cura em 1370 pacientes (considerando-se 151 a 255 dias após a ocorrência da fratura), após o tratamento adjuvante com ultrassom de baixa intensidade. Estes dados foram compilados dos registros para a prescrição deste tratamento nos Estados Unidos em 2000.

2.2.6 Estudos clínicos em tratamento de fraturas recentes em pacientes da espécie humana

Heckman et al. (1994) realizaram avaliação aleatória do tipo “duplo-cego” em 67 pacientes portadores de fratura em diáfise tibial. A estimulação ultra-sônica foi realizada em 33 fraturas e o grupo-controle era constituído por 34 fraturas. Após análises clínica e radiográfica constataram que a terapia ultra-sônica (30 mW/cm², 20 minutos diários, durante 20 semanas) promoveu aceleração significativa na consolidação óssea dos pacientes tratados.

Cook et al. (1997) concluíram que o ultra-som de baixa intensidade (30 mW/cm²) reduziu o tempo para a consolidação óssea em pacientes com fraturas diafisárias tibiais e radiais distais.

Kristiansen et al. (1997) realizaram estudo clínico, multicêntrico, aleatório do tipo “duplo-cego” e controlado por placebo em 61 fraturas radiais distais, utilizando o ultra-som pulsado de baixa intensidade (30 mW/cm²) como tratamento adjuvante (20 minutos diários, durante dez semanas). Estes autores verificaram por meio de exame radiológico que os indivíduos do grupo tratado (n=30) apresentaram regeneração óssea mais acelerada em relação ao grupo controle (n=31).

Frankel (1998) realizou estudo nos Estados Unidos sobre os efeitos da prescrição da EURO (30 mW/cm²) abrangendo fraturas recentes, com retardo de união e não-união, no período de 1994 a 1997. As fraturas recentes, considerando-se o período de 0 a 90 dias após a ocorrência da fratura analisadas neste estudo incluíram fêmur, úmero, metatarso, escafóide, rádio, ulna, tibia e fíbula. Os pacientes foram tratados com ultra-som pulsado de baixa intensidade (30 mW/cm², 20 minutos diários, com período de tratamento de 95 a 139 dias). A taxa média de

consolidação óssea observada para estes ossos longos foi de 90%, com exceção do úmero (74%).

Lane et al. (1998) analisaram os resultados do tratamento adjuvante com ultra-som de baixa intensidade em fraturas recentes, com retardo de união e não-união, totalizando 2126 casos clínicos em ossos longos, tendo observado taxa média de consolidação óssea de 95% em fraturas recentes.

Petrucci, Oppenheim e Strauss (1998) estudaram os efeitos da EURO em 56 pacientes portadores de fraturas em ossos longos (fêmur, tíbia, fíbula, úmero, rádio e ulna) considerando fraturas recentes, com retardo de união e não-união. O índice de sucesso na consolidação óssea em fraturas recentes tratadas (n=34) foi de 98%.

Jensen et al. (1998) relataram a eficiência do tratamento com estimulação ultra-sônica de baixa intensidade em um caso clínico de fratura por estresse em diáfise tibial, verificando a aceleração da reparação óssea e a recuperação do paciente em 21 dias de tratamento.

Emani et al. (1999) realizaram estudo clínico em 30 pacientes portadores de fraturas de tíbia submetidos à osteossíntese com dispositivo intramedular. Ao exame radiográfico e por análise quantitativa por meio de marcadores ósseos, os pesquisadores não observaram diferenças significativas no tempo de consolidação óssea entre os pacientes do grupo tratado com a EURO e os indivíduos do grupo placebo.

Rubin et al. (2001) relataram taxa de sucesso de 94% para o tratamento adjuvante com EURO em 5050 fraturas recentes em ossos longos. Estes dados foram compilados dos registros para prescrição da terapia ultra-sônica em pacientes

atendidos nos Estados Unidos em 2000.

2.3 FRATURAS DIAFISÁRIAS DE RÁDIO E ULNA EM CÃES

Este ítem foi subdividido em: introdução; osteossíntese de fraturas diafisárias de rádio e ulna em cães com pinos e fios intramedulares; osteossíntese de fraturas diafisárias de rádio e ulna em cães com fixadores externos do tipo Ia e do tipo II.

2.3.1 Introdução

As fraturas do rádio e ulna são comuns, abrangendo 8,5% a 18% de todas as fraturas de cães e gatos (PHILIPS, 1979²⁷; SUMNER-SMITH; CAWLEY²⁸, 1970, apud RUDD; WHITEHAIR, 1992) . Todos os tipos de fraturas podem ser observados envolvendo um ou ambos os ossos, rádio e ulna, em cães e gatos (PIERMATTEI; FLO, 1999). A maioria das fraturas do antebraço envolve o rádio e a ulna, e ocorrem no terço médio ou distal da diáfise (HULSE; JOHNSON, 2002; PROBST, 1996). O desenvolvimento de angulação e rotação no local da fratura, retardo de união e não-união são seqüelas comuns nas fraturas do terço distal de rádio e ulna e devem ser prevenidas (PIERMATTEI; FLO, 1999).

²⁷ PHILIPS, I. R. A survey of bone fractures in the dog and cat. **Journal Small Animal Practice**, v. 20, p. 661, 1979.

²⁸ SUMNER-SMITH, G.; CAWLEY, A. J. Nonunion of fractures in the dog. **Journal Small Animal Practice**, v. 11, p. 311, 1970.

A seleção do método de fixação depende da idade e porte do paciente, da estabilidade axial da fratura, de lesões músculo-esqueléticas concomitantes, e das condições dos tecidos moles associados (EGGER, 1998). Os sistemas de fixação aplicáveis a fraturas diafisárias de rádio e ulna incluem coaptação externa, pinos intramedulares, fixação esquelética externa e placas e parafusos (HULSE; JOHNSON, 2002; PIERMATTEI; FLO, 1999).

2.3.2 Osteossíntese de fraturas diafisárias de rádio e ulna em cães com pinos e fios intramedulares

A osteossíntese com pino intramedular nas fraturas radiais tem sido, há muitos anos, método estabelecido de tratamento das fraturas do antebraço. Contudo, são relatadas complicações como retardo de união e não-união por inúmeras razões (LAPPIN et al., 1983).

Devido ao fato de o rádio ser relativamente reto, apresentar ambas as extremidades recobertas completamente com cartilagem articular e canal medular muito estreito na direção crânio-caudal, este osso não é tão receptivo à fixação por pinos intramedulares como o são os demais ossos longos (PIERMATTEI; FLO, 1999).

O rádio apresenta canal medular pequeno e ovalado, o que limita o diâmetro do pino e conseqüentemente a sua resistência às forças de flexão. Os pinos intramedulares não são intrinsecamente resistentes à compressão axial e assim seu uso em fraturas instáveis freqüentemente resulta num colapso da fratura. A aplicação do pino compromete a irrigação sangüínea endostal de um osso que é

notório pelas não-uniões avasculares, particularmente em cães de raça de pequeno porte. A inserção do pino é difícil sem que haja lesão ou limitação da função articular (EGGER, 1998; HULSE; JOHNSON, 2002).

Não é recomendável a utilização de pino intramedular em fraturas de rádio, porque há a possibilidade do uso de outros meios de fixação mais adequados mecânica e biologicamente (EGGER, 1998; PROBST, 1996). As complicações associadas à colocação de pino intramedular no rádio compreendem angulação, separação, rotação, osteomielite, retardo na consolidação e moléstia articular degenerativa do cotovelo e carpo (LAPPIN, 1983). Em cães de raças de pequeno porte este método de osteossíntese redundante em causa comum de retardo de união e não-união (DE ANGELIS; OLDS²⁹, 1973, apud PIERMATTEI; FLO, 1999).

Em cães de raças de pequeno porte o pino intramedular pode ser utilizado para auxiliar a manter o alinhamento do eixo ósseo em fraturas estáveis. Geralmente o pino que é inserido é muito pequeno para ser comparado em tamanho à cavidade medular. Este tipo de fixação deve sempre ser suplementado pela coaptação externa (PIERMATTEI; FLO, 1999). A fixação interna de fraturas de rádio e ulna com pinos intramedulares é praticável apenas em cães de raça de grande porte, com coaptação externa complementar (PIERMATTEI; FLO, 1999).

²⁹ DE ANGELIS, M.; OLDS, R. B. Repair of fractures of the radius and ulna in small dogs. **Journal of American Animal Hospital Association**, v. 9, p. 436-441, 1973.

2.3.3 Osteossíntese de fraturas diafisárias de rádio e ulna em cães com fixadores externos do tipo Ia e do tipo II

A fixação esquelética externa é utilizada para a osteossíntese de fraturas diafisárias de rádio e ulna (DENNY; BUTTERWORTH, 2000; HULSE; JOHNSON, 2002), sendo empregada principalmente nos casos de fraturas instáveis e expostas (EGGER, 1998).

O fixador externo pode ser aplicado após abordagem cirúrgica aberta, redução aberta limitada ou por redução fechada (DENNY; BUTTERWORTH, 2000; EGGER, 1998; GORSE, 1998; PROBST, 1996; RUDD; WHITEHAIR, 1992). Probst (1996) recomendou abordagem crânio-medial limitada à diáfise radial. Gorse (1998) preconizou a abordagem cirúrgica aberta para fraturas simples e a redução aberta limitada ou redução fechada para fraturas cominutivas.

Johnson, Kneller e Weigel (1989) relataram menor tempo para a consolidação da fratura com redução fechada. Os autores avaliaram 13 cães portadores de fraturas de rádio e ulna tratados com transfixação externa, constatando que os pacientes submetidos à osteossíntese com redução fechada apresentaram consolidação óssea mais rápida.

O fixador externo do tipo Ia (unilateral, uniplanar) é um método de osteossíntese eficiente para o tratamento de fraturas diafisárias de rádio e ulna, transversas ou oblíquas curtas, relativamente estáveis em cães (PROBST, 1996). De acordo com Piermattei e Flo (1999) a configuração do fixador externo do tipo Ia (unilateral, uniplanar) é adequada para a maioria das fraturas diafisárias de rádio e ulna em cães. Este método de osteossíntese se limita ao tratamento de fraturas

estáveis, sem expectativas de complicações na consolidação óssea (DE CAMP; BRINKER; SOUTAS-LITTLE³⁰, 1988 apud RUDD; WHITEHAIR, 1992) ou como método suplementar à fixação interna.

Fraturas diafisárias de rádio e ulna simples e relativamente estáveis podem ser tratadas adequadamente com fixador externo de configuração bilateral, uniplanar, tipo II (EGGER, 1998; RUDD; WHITEHAIR, 1992). Grande parte das fraturas diafisárias de rádio e ulna envolvem perda de tecidos moles e ósseo; logo esta configuração é adequada devido à sua resistência às forças axiais compressivas e à sua capacidade para prevenir o colapso da fratura (EGGER, 1998). Em cães de raças de grande porte, portadores de fratura com fragmento curto distal de rádio, esta configuração promove maior estabilidade (DENNY; BUTTERWORTH, 2000).

O fixador externo do tipo II em fraturas diafisárias radiais apresenta vantagem durante a redução fechada do foco de fratura; caso haja dificuldade neste procedimento, é geralmente possível realizar abordagem aberta limitada à diafise radial ou ulnar, com traumatismo cirúrgico mínimo, preservando a máxima vascularização dos segmentos de fratura (GORSE, 1998; PIERMATTEI; FLO 1999). Fraturas cominutivas graves devem ser reduzidas de maneira fechada (HULSE; JOHNSON, 2002; JOHNSON; SEITZ; SMITH, 1996). Johnson, Seitz e Smith (1996) verificaram boa evolução clínica em nove cães portadores de fraturas cominutivas de terço médio de rádio e ulna com o uso de fixador externo do tipo II e redução fechada. Laverty et al. (2002) relataram bons resultados clínicos com o uso de fixador externo do tipo II em fraturas diafisárias de rádio e ulna. Foram avaliados 24

³⁰DE CAMP, C. E.; BRINKER, W. O. SOUTAS-LITTLE, R. W. Porous titanium-surfaced pins for external skeletal fixation. *Journal of American Animal Hospital Association*, v. 24, p. 295 1988.

casos de fraturas completas simples e 20 pacientes portadores de fraturas cominutivas, constatando-se a eficiência deste tipo de configuração para o tratamento de fraturas diafisárias de rádio e ulna em cães.

As complicações pós-operatórias associadas à fixação esquelética externa incluem: drenagem em torno dos pinos de fixação, infecção no trajeto do pinos de fixação, afrouxamento do pino de fixação na área de interface entre o pino e o osso e fratura iatrogênica por meio dos orifícios de pinos de fixação (EGGER, 1998), que podem resultar em retardo de consolidação ou não-união (JOHNSON; DECAMP, 1999).

2.4 FRATURAS DIAFISÁRIAS FEMORAIS EM CÃES

Este ítem foi subdividido em: introdução; osteossíntese de fraturas diafisárias femorais em cães com pino intramedular de Steinmann; osteossíntese de fraturas diafisárias femorais em cães com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular.

2.4.1 Introdução

As fraturas femorais representam 45% de todas as fraturas de ossos longos do corpo (UNGER; MONTAVON; HEIM³¹, 1990, apud PIERMATTEI; FLO, 1999). O fêmur apresenta a maior incidência de não união e de osteomielite de todas as fraturas. A redução aberta e fixação interna são indicadas como tratamento em praticamente todas as fraturas femorais (PIERMATTEI; FLO, 1999).

As fraturas femorais diafisárias geralmente são causadas por traumatismo direto e são acompanhadas por vários graus de lesão de tecidos moles e hematoma. O padrão de fratura pode ser bem variado: transverso, oblíquo, espiral, cominutivo (MILTON, 1998; PIERMATTEI; FLO, 1999). Os métodos de fixação interna incluem o uso de pino intramedular de Steinmann, pino intramedular de Steinmann com fixação auxiliar, pino de conexão intramedular, fixador externo unilateral uniplanar associado ao uso de pino intramedular, placas com ou sem parafusos compressivos

³¹ UNGER, M.; MONTAVON, P. M.; HEIM, U. F. A. Classification of fractures of the long bones in the dog and cat: Introduction and clinical application. *Veterinary Comparative Orthopaedic Traumatology*, v. 3, p. 41-50, 1990.

ou fios metálicos de cerclagem (HULSE; JOHNSON, 2002; MILTON, 1998; PIERMATTEI; FLO, 1999).

2.4.2 Osteossíntese de fraturas diafisárias femorais em cães com pino intramedular de Steinmann

O uso do pino intramedular de Steinmann como único método de fixação é utilizado em fraturas femorais diafisárias estáveis, do tipo incompleta ou completa transversa (DENNY; BUTTERWORTH, 2000; GILMORE, 1996; MILTON, 1998; PIERMATTEI; FLO, 1999). Os pinos de Steinmann podem ser usados para fraturas instáveis apenas com fixação complementar, como fixador externo, pinos múltiplos, fio metálico de cerclagem ou parafusos compressivos (PIERMATTEI; FLO, 1999).

A vantagem biomecânica do pino intramedular consiste em sua resistência às forças de flexão; porém este implante apresenta pouca resistência às forças axiais (compressivas) e rotacionais, com perda de fixação na superfície óssea (HULSE; JOHNSON, 2002). A capacidade de um pino intramedular em resistir a forças de flexão é diretamente proporcional ao seu diâmetro e também à relação entre os diâmetros do pino e da cavidade medular (DE YOUNG; PROBST, 1998). O pino intramedular deve ocupar 70% a 80% do canal medular (HULSE; JOHNSON, 2002). A força de rotação não é efetivamente neutralizada por um único pino intramedular, independentemente do seu diâmetro (VASSEUR; PAUL; CRUMLEY, 1984). O uso de vários pinos intramedulares auxilia na contraposição às forças rotacionais (DALLMAN et al., 1990).

BRADEN et al. (1995) realizaram estudo clínico retrospectivo sobre as características das fraturas de fêmur em cães e gatos. Foram compilados dados incluindo o tipo de fratura e métodos de osteossíntese empregados em 1000 animais. A osteossíntese com pino intramedular foi realizada em 29% dos casos, na maioria das vezes em cães e gatos de pequeno porte.

As complicações pós-operatórias relacionadas a este procedimento cirúrgico estão associadas à migração do pino intramedular (PIERMATTEI; FLO, 1999). A migração proximal dos pinos é indicação do movimento devido à estabilidade insuficiente no foco de fratura, com reabsorção óssea e subsequente afrouxamento do pino. A migração distal do pino para as articulações indica que o pino penetrou distalmente na cartilagem no momento da inserção (PIERMATTEI; FLO, 1999).

2.4.3 Osteossíntese de fraturas diafisárias femorais em cães com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular

O fixador externo é acrescentado à fixação por pino intramedular para auxiliar a aumentar a estabilidade pela redução da movimentação e rotação no foco de fratura (DENNY; BUTTERWORTH, 2000; FOLAND; SCHWARZ; SALMAN, 1991; PIERMATTEI; FLO, 1999). Geralmente a fixação esquelética externa está associada ao pino intramedular em fraturas diafisárias femorais transversas, oblíquas curtas e minimamente cominutivas (WHITEHAIR; VASSEUR, 1992).

A combinação do suporte fornecido pelo pino intramedular para a neutralização das forças de encurvamento associada ao suporte fornecido pelo fixador externo para a neutralização das forças axiais e rotacionais no foco de fratura

é eficiente durante o processo de consolidação óssea (ANDERSON; ARON, 1998; HULSE; JOHNSON, 2002).

McPherron, Schwartz e Histan (1992) realizaram estudo biomecânico avaliando a resistência de pinos intramedulares associados ao uso de fixadores externos do tipo Ia com dois, três e quatro pinos em comparação à resistência de fixadores externos do tipo Ia com quatro pinos em 50 fêmores de cães com 23 a 43 kg. Os pesquisadores concluíram que o uso de pino intramedular associado ao fixador externo do tipo Ia com quatro pinos apresentou maior resistência biomecânica às forças de torção. O fixador unilateral do tipo Ia de dois pinos é utilizado para fraturas transversas e fraturas oblíquas curtas, e o fixador de quatro ou seis pinos é indicado para fraturas cominutivas, em associação com o pino intramedular (PIERMATTEI; FLO, 1999).

No procedimento de osteossíntese com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular pelo método *tie-in* a extremidade proximal do pino é conectada ao aparelho de fixação esquelética externa (ARON et al., 1991; HULSE; JOHNSON, 2002). Aron et al.(1991) realizaram estudo biomecânico *in vitro* para avaliar a eficiência deste procedimento em 11 fêmores de cães com peso corporal entre 15 e 25 kg e observaram bons resultados. Estes autores realizaram a aplicação clínica deste método de osteossíntese em cães portadores de fraturas de fêmur, com evolução pós-operatória favorável.

2.5 FRATURAS DIAFISÁRIAS DE TÍBIA E FÍBULA EM CÃES

Este ítem foi subdividido em: introdução; osteossíntese de fraturas diafisárias de tibia e fíbula em cães com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular, com fixadores externos do tipo II e do tipo III.

2.5.1 Introdução

As fraturas da tibia são comuns em cães e gatos, abrangendo 20% das fraturas de ossos longos e ocorrem principalmente devido a traumatismos (BOONE et al., 1986; JOHNSON; KNELLER; WEIGEL, 1989). A tibia está sujeita a várias forças mecânicas podendo ser observadas fraturas por avulsão, transversas, oblíquas, espirais e cominutivas, sendo alta a incidência de fraturas expostas (HULSE; JOHNSON, 2002). Os padrões de fratura oblíquos e em espiral são os mais comuns em animais de todas as idades, enquanto as fraturas multifragmentárias e expostas são observadas em cães adultos (BOONE, 1986).

Todos os métodos de fixação interna e externa são aplicáveis a estas fraturas (PIERMATTEI; FLO, 1999), incluindo pinos intramedulares, fios de Kirchner, fio metálico ortopédico, fixação esquelética externa, placas e parafusos e coaptação externa (JOHNSON; BOONE, 1998).

2.5.2 Osteossíntese de fraturas diafisárias de tíbia e fíbula em cães com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular, com fixadores externos do tipo II e do tipo III

A fixação esquelética externa é particularmente útil no tratamento de uma grande variedade de fraturas da diáfise tibial (HULSE; JOHNSON, 2002; ROUSH, 1992).

A abordagem utilizada para a osteossíntese de diáfise tibial com fixadores externos pode ser aberta, aberta limitada ou em redução fechada (GORSE, 1998; HULSE; JOHNSON, 2002). Johnson, Kneller e Weigel (1989) relataram a ocorrência de consolidação óssea mais precoce em 15 fraturas de tíbia em cães tratados com transfixação externa por redução fechada. Gorse (1998) recomendou a redução aberta em fraturas simples e a redução fechada ou aberta limitada para fraturas cominutivas diafisárias de tíbia.

Fraturas transversas ou oblíquas curtas da tíbia podem ser estabilizadas pela associação entre pino intramedular e fixador externo do tipo Ia. Fraturas oblíquas longas ou cominutivas são adequadamente tratadas com esta combinação de implantes associada ao uso de fio de cerclagem para promover compressão interfragmentar (HULSE; JOHNSON, 2002). Shanir e Shahr (2002) verificaram excelentes resultados clínicos após o tratamento de fraturas diafisárias de tíbia e fíbula com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular em dez cães portadores de fraturas dos tipos transversa, oblíqua e cominutiva. Os fixadores externos foram elaborados com barras conectoras de acrílico autopolimerizável e a abordagem cirúrgica utilizada foi a minimamente invasiva.

O fixador externo do tipo II é indicado em fraturas de tíbia e fíbula complexas, com esquírolas, não redutíveis onde não é possível a divisão de cargas

(PIERMATTEI; FLO, 1999; ROUSH, 1992). Diversos autores recomendam este tipo de transfixação externa por meio de redução fechada em fraturas cominutivas de tibia com múltiplos fragmentos (GORSE, 1998; HULSE; JOHNSON, 2002; JOHNSON; SEITZ; SMITH 1996). Johnson Seitz e Smith (1996) relataram evolução clínica favorável em 14 fraturas de tibia e fíbula tratadas com fixador externo do tipo II utilizando a redução fechada em cães.

O fixador externo do tipo III bilateral biplanar é utilizado quando há um segmento distal ou proximal muito curto em fraturas de diáfise tibial (PIERMATTEI; FLO, 1999). Hulse e Johnson (2002) preconizaram o uso desta configuração associada à redução fechada em fraturas cominutivas com múltiplos fragmentos. Foland e Egger (1991) utilizaram o fixador externo do tipo III para o tratamento de 14 fraturas cominutivas de tibia em cães, com abordagem cirúrgica aberta limitada, tendo verificado resultados clínicos satisfatórios.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este item foi dividido em: animais; avaliação clínica do paciente; procedimentos anestésicos; procedimentos cirúrgicos; período pós-operatório; estimulação ultra-sônica da regeneração óssea (EURO) e avaliações.

3.1 ANIMAIS

Foram utilizados 29 cães provenientes da rotina hospitalar de três instituições: Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel”, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal (n= 24); Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (n=4) e Hospital Veterinário Pompéia (n=1). Os animais foram de raças variadas, 12 machos e 17 fêmeas, com faixa etária entre seis e 72 meses, peso corpóreo entre 2,3 e 43 kg, alimentados com ração comercial e portadores de fraturas fechadas recentes em ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fíbula). Um dos pacientes apresentou fratura bilateral de tíbia e fíbula (observações clínicas n^{os} 27 e 29), tendo sido consideradas 30 fraturas, enumeradas como observações clínicas nos Quadros 1 a 6. As observações clínicas n^{os} 3, 5, 13, 14 e 15 consistiram em casos clínicos retrospectivos.

Os cães foram divididos em três grupos (GI, GII e GIII), de acordo com o

local da fratura (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fíbula); 17 animais pertenceram a grupo-controle, ou seja, não tratados com EURO (GI_C, GII_C e GIII_C) e 12 pacientes receberam o tratamento com estimulação ultra-sônica (GI_T, GII_T e GIII_T). Os referidos grupos estão descritos a seguir:

GI - Animais portadores de fratura de rádio e ulna (n=12).

GI_C - Animais portadores de fratura de rádio e ulna, grupo-controle (n=7).

GI_T - Animais portadores de fratura de rádio e ulna, grupo-tratado (n=5).

GII - Animais portadores de fratura de fêmur (n=8)

GII_C - Animais portadores de fratura de fêmur, grupo-controle (n=5).

GII_T - Animais portadores de fratura de fêmur, grupo-tratado (n=3).

GIII - Animais portadores de fratura de tíbia e fíbula (n=9).

GIII_C - Animais portadores de fratura de tíbia e fíbula, grupo-controle (n=5).

GIII_T - Animais portadores de fratura de tíbia e fíbula, grupo-tratado (n=4).

3.2 AVALIAÇÃO CLÍNICA DO PACIENTE

Durante a anamnese foram compilados dados relacionados à raça, idade, sexo, tipo de alimentação, data de ocorrência da fratura, procedimentos de osteossíntese anteriores e ocorrência de traumatismos sobre o animal.

No exame clínico os animais foram avaliados tendo sido determinados os seguintes parâmetros junto ao foco de fratura: dor ou sensibilidade localizada, impotência funcional (sinais subjetivos), deformidade ou alteração da angulação, tumefação local, crepitação e mobilidade anormal (sinais objetivos).

Após a anamnese e o exame clínico os animais foram encaminhados para a realização de exames radiográficos pré-operatórios.

3.3 PROCEDIMENTOS ANESTÉSICOS

Após jejum alimentar de 12 horas e hídrico de duas a seis horas, os animais receberam a medicação pré-anestésica e foram submetidos à anestesia geral inalatória conforme os protocolos anestésicos utilizados na rotina hospitalar das referidas instituições.

3.3.1 Procedimentos anestésicos utilizados no Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel”, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal

Após jejum alimentar de 12 horas e hídrico de duas horas os animais (n=24) receberam como medicação pré-anestésica levomepromazina³² (1 mg/kg), por via intravenosa e buprenorfina³³ (0,01 mg/kg), por via intramuscular. Decorridos 15 minutos da aplicação dos fármacos, os cães foram induzidos à anestesia geral pela administração de tiopental³⁴ (n=17) na dose de 12,5 mg/kg, ou propofol³⁵ (n=7) na dose de 5 mg/kg, ambos por via intravenosa. Ato contínuo, os animais foram intubados com sonda de Magill de diâmetro adequado ao porte do animal e

³² Neozine – Rhodia.

³³ Temgesic - Shering Plough.

³⁴ Thionembatal - Abbotts Labs do Brasil Ltda.

³⁵ Diprivan - Ici-Welcome.

submetidos à anestesia geral inalatória pelo halotano³⁶ (n=16), isoflurano³⁷ (n=3) ou sevoflurano³⁸ (n=5), administrados na concentração anestésica necessária para manter os animais em plano cirúrgico por meio de circuito anestésico com reinalação parcial de gases³⁹, dotado de vaporizador universal⁴⁰.

3.3.2 Procedimentos anestésicos utilizados no Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

Após jejum alimentar de 12 horas e hídrico de seis horas os animais receberam a medicação pré-anestésica feita com acepromazina a 0,2%⁴¹ na dose de 0,05 a 0,1 mg/kg em associação com a meperidina⁴² na dose de 2 mg/kg, por via intramuscular.

Decorridos 15 minutos da aplicação dos fármacos, os animais foram induzidos à anestesia geral pela administração de propofol⁴³ na dose de 5 mg/kg, por via intravenosa. Ato contínuo, os animais foram intubados com sonda de Magill de diâmetro adequado ao porte do animal e submetidos à anestesia geral inalatória pelo isoflurano⁴⁴, administrado na concentração anestésica necessária para manter

³⁶ Halotano - Hoeschst do Brasil.

³⁷ Isoforine – Cristália.

³⁸ Sevoflurano - Abbott

³⁹ TAKAOKA – mod. Sansei KT13 – São Paulo, SP, Brasil.

⁴⁰ TAKAOKA – mod. 1400 – São Paulo, SP, Brasil.

⁴¹ Acepran 0,2%- Univet – Uso veterinário.

⁴² Meperidina-Cristália

⁴³ Diprivan-Ici-Wellcome.

⁴⁴ Isoforine-Cristália

os animais em plano cirúrgico por meio de circuito anestésico com reinalação parcial de gases⁴⁵, dotado de vaporizador universal⁴⁶.

3.3.3. Procedimento anestésico utilizado no Hospital Veterinário Pompéia

Após jejum alimentar de 12 horas e hídrico de seis horas o animal recebeu a medicação pré-anestésica feita com acepromazina a 0,2%⁴⁷ na dose de 0,05 mg/kg em associação com a meperidina⁴⁸ na dose de 2 mg/kg, por via intramuscular. Decorridos 15 minutos da aplicação dos fármacos, o animal foi induzido à anestesia geral pela administração de propofol⁴⁹ na dose de 5 mg/kg por via intravenosa. Ato contínuo, o animal foi intubado com sonda de Magill de diâmetro adequado ao seu porte e submetido à anestesia geral inalatória pelo isoflurano⁵⁰, administrado na concentração anestésica necessária para mantê-lo em plano cirúrgico por meio de circuito anestésico com reinalação parcial de gases⁵¹, dotado de vaporizador universal⁵².

3.4 PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS

Os pacientes portadores de fraturas em ossos longos foram submetidos aos procedimentos de osteossíntese realizados na rotina hospitalar das referidas instituições.

⁴⁵ TAKAOKA – mod. 2700 – São Paulo, SP, Brasil.

⁴⁶ TAKAOKA – mod. 1425 plus - São Paulo, SP, Brasil.

⁴⁷ Acepran 0,2%- Univet – Uso veterinário.

⁴⁸ Meperidina-Cristália

⁴⁹ Diprivan-Ici-Welcome.

⁵⁰ Isoforine-Cristália

⁵¹ TAKAOKA – mod. 2604 – São Paulo, SP, Brasil.

⁵² Vaporizador universal – Oxygel.

3.4.1 Procedimentos cirúrgicos realizados no Hospital Veterinário da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal

Nesta instituição foram realizados os seguintes procedimentos cirúrgicos: osteossíntese de rádio e ulna com pino intramedular de Steinmann (n=5); osteossíntese de rádio e ulna com fixador externo do tipo Ia (n= 5); osteossíntese de fêmur com pino intramedular de Steinmann (n=3); osteossíntese de fêmur com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann pelo método *tie-in* (n=2); osteossíntese de tíbia com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann pelo método *tie-in* (n=5); osteossíntese de tíbia com fixador externo do tipo II (n=1); osteossíntese de tíbia com fixador externo do tipo III (n=4).

3.4.1.1 Osteossíntese de rádio e ulna com pino intramedular de Steinmann

O animal foi colocado em decúbito dorsal. Após tricotomia da região abrangendo a diáfise do rádio e ulna até o terço distal foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%.⁵³ O campo operatório foi protegido por panos esterilizados.

O acesso à diáfise radial foi realizado pela incisão cutânea lateral, de acordo com Piermattei (1993), e constou das seguintes etapas cirúrgicas: incisão cutânea

⁵³ Polivinilpirrolidona iodo 1% - Indústria Farmacêutica Rioquímica Ltda.

na margem lateral do rádio, iniciando-se na cabeça radial e estendendo-se até o terço distal do rádio; o tecido subcutâneo e a fáscia antebraquial foram incisadas da mesma forma; incisão da fáscia antebraquial profunda ao longo da borda cranial do músculo extensor digital comum; exposição da diáfise do rádio pelo afastamento do músculo extensor lateral dos dedos, extensor digital comum e extensor radial do carpo. Após a elevação do periósteo na região do foco de fratura, a inserção do pino intramedular de Steinmann⁵⁴ foi realizada em sentido normógrado projetando-se na região da articulação rádio-cárpica. Após a redução do foco de fratura, o pino intramedular foi introduzido no segmento proximal da diáfise radial em sentido retrógrado. A porção excedente do pino intramedular foi seccionada. A pele foi suturada com fio de nylon 2-0⁵⁵ agulhado em padrão simples separado.

3.4.1.2 Osteossíntese de rádio e ulna com fixador externo do tipo Ia

O animal foi colocado em decúbito dorsal. Após tricotomia da região abrangendo a diáfise do rádio e ulna até o terço distal foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%.⁵⁶ O campo operatório foi protegido por panos esterilizados. O acesso à diáfise radial foi realizado pela incisão cutânea lateral, conforme Piermattei (1993). Após a elevação do periósteo na região do foco de

⁵⁴ Pino intramedular de Steinmann - Impol.

⁵⁵ Mononylon - Ethicon

⁵⁶ Polivinilpirrolidona iodo 1% - Indústria Farmacêutica Rioquímica Ltda

fratura, os pinos de Schanz (roscas de perfil negativo em uma das pontas)⁵⁷ foram colocados na região cranial da diáfise radial. Foram utilizados dois a três pinos proximais e dois pinos distais ao foco de fratura. Após a redução do foco de fratura realizou-se o encurvamento adequado dos pinos para fixação com resina acrílica autopolimerizável,⁵⁸ elaborando-se um fixador externo do tipo Ia (unilateral uniplanar). A pele foi suturada com fio de nylon 2-0 agulhado⁵⁹ em padrão simples separado.

3.4.1.3 Osteossíntese de fêmur com pino intramedular de Steinmann

O animal foi colocado em decúbito lateral oposto ao membro pélvico a ser operado. Após tricotomia da região abrangendo desde o trocânter maior até a superfície lateral da patela foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%.⁶⁰ O sítio operatório foi revestido por panos cirúrgicos esterilizados.

A abordagem cirúrgica à diáfise femoral foi realizada conforme Piermattei (1993) e constou das seguintes etapas cirúrgicas: após incisão cutânea longitudinal desde o trocânter maior até a superfície lateral da patela, a inserção da borda cranial do músculo bíceps femoral com a fáscia lata foi seccionada. O músculo bíceps femoral foi rebatido caudalmente e o vasto lateral rebatido cranialmente, com exposição da diáfise femoral.

⁵⁷ Pinos de Schanz – Impol.

⁵⁸ Acrílico auto polimerizante JET Clássico Indústria Brasileira.

⁵⁹ Mononylon- Ethicon.

⁶⁰ Polivinilpirrolidona iodo 1% - Indústria Farmacêutica Rioquímica Ltda.

A inserção do pino intramedular de Steinmann⁶¹ (foram utilizados dois pinos em cada animal) foi realizada em sentido retrógrado projetando-se na região da fossa trocantérica, de acordo com Piermattei e Flo (1999). Após a redução do foco de fratura os pinos intramedulares foram introduzidos no segmento distal da diáfise femoral em sentido normógrado. As porções excedentes dos pinos intramedulares foram seccionadas. A fásia lata foi suturada com fio de nylon 2-0 agulhado⁶² em padrão simples contínuo e a pele com fio de nylon 2-0 agulhado⁶³ em padrão simples separado.

3.4.1.4 Osteossíntese de fêmur com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann (método *tie-in*), fio de aço inoxidável ortopédico de cerclagem e parafuso de aço inoxidável

O animal foi colocado em decúbito lateral oposto ao membro pélvico a ser operado. Após tricotomia da região abrangendo desde o trocânter maior até a superfície lateral da patela, foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%.⁶⁴ O sítio operatório foi revestido por panos cirúrgicos esterilizados.

A abordagem cirúrgica à diáfise femoral foi realizada conforme Piermattei (1993). A inserção do pino intramedular de Steinmann⁶⁵ foi realizada em sentido retrógrado projetando-se na região da fossa trocantérica de acordo com Piermattei e Flo (1999). Após a redução do foco de fratura, o pino intramedular foi introduzido no

⁶¹ Pino intramedular de Steinmann – Impol.

⁶² Mononylon- Ethicon.

⁶³ Mononylon- Ethicon.

⁶⁴ Polivinilpirrolidona iodo 1% - Indústria Farmacêutica Rioquímica Ltda.

⁶⁵ Pino intramedular de Steinmann – Impol.

segmento distal da diáfise femoral em sentido normógrado. A esquirola foi estabilizada com parafuso naval autotarraxante de aço inoxidável da série 304 L e com a aplicação de dois fios de aço inoxidável ortopédico⁶⁶ de cerclagem. Foram colocados um pino de Schanz (roscas de perfil negativo em uma das pontas)⁶⁷ proximal ao foco de fratura e dois destes pinos distais ao foco de fratura, na face lateral da diáfise femoral. A ponta excedente do pino intramedular foi encurvada e fixada juntamente aos pinos de Schanz com resina acrílica autopolimerizável⁶⁸ elaborando-se um fixador externo em bloco do tipo Ia (unilateral uniplanar) associado ao pino intramedular pelo método *tie-in* descrito por Hulse e Johnson (2002). A fáscia lata foi suturada com fio de nylon 2-0⁶⁹ agulhado em padrão simples contínuo e a pele com fio de nylon 2-0⁷⁰ agulhado em padrão simples separado.

Este procedimento foi utilizado em outro paciente portador de fratura de fêmur sem o uso de fio de aço inoxidável ortopédico de cerclagem e parafuso de aço inoxidável.

⁶⁶ Impol.

⁶⁷ Pino de Schanz – Impol.

⁶⁸ Acrílico auto polimerizante JET Clássico Indústria Brasileira.

⁶⁹ Mononylon- Ethicon

⁷⁰ Mononylon- Ethicon

3.4.1.5 Osteossíntese de tíbia com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann (método *tie-in*)

O animal foi colocado em decúbito lateral oposto ao membro pélvico a ser operado. Após tricotomia da região abrangendo a superfície lateral da patela até o terço distal da tíbia, foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%.⁷¹ O campo operatório foi protegido por panos esterilizados.

Realizou-se incisão cutânea na superfície medial da tíbia, desde o côndilo medial tibial até o maléolo medial, seguida pela incisão da fáscia crural profunda, com exposição da diáfise medial da tíbia, de acordo com Piermattei (1993). Após a elevação do periósteo na região do foco de fratura, o pino intramedular de Steinmann⁷² foi introduzido em sentido normógrado, após confecção de orifício com broca junto à porção proximal da tíbia. Após a redução do foco de fratura o pino intramedular foi recalçado. Os pinos de Schanz (roscas de perfil negativo em uma das pontas)⁷³ foram colocados na região medial da diáfise tibial, sendo um proximal e dois distais ao foco de fratura. Após o encurvamento adequado dos pinos foi aplicada a resina acrílica autopolimerizável,⁷⁴ elaborando-se um fixador externo do tipo Ia (unilateral uniplanar) associado ao pino intramedular, cuja extremidade proximal foi encurvada e fixada juntamente aos pinos de Schanz, formando um bloco (método *tie-in* descrito por HULSE; JOHNSON, 2002). A pele foi suturada com fio de nylon 2-0 agulhado⁷⁵ em padrão simples separado.

⁷¹ Polivinilpirrolidona iodo 1% - Indústria Farmacêutica Rioquímica Ltda.

⁷² Pino intramedular de Steinmann – Impol.

⁷³ Pinos de Schanz – Impol.

⁷⁴ Acrílico auto polimerizante JET Clássico Indústria Brasileira.

⁷⁵ Mononylon- Ethicon

Em um dos cães portadores de fratura de tíbia e fíbula este método de osteossíntese foi utilizado associado ao uso de fio de aço inoxidável ortopédico de cerclagem⁷⁶.

3.4.1.6 Osteossíntese de tíbia com fixador externo do tipo II associado ao uso de parafusos de aço inoxidável

O animal foi colocado em decúbito lateral oposto ao membro pélvico a ser operado. Após tricotomia da região abrangendo a superfície lateral da patela até o terço distal da tíbia, foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%.⁷⁷ O campo operatório foi protegido por panos esterilizados.

O acesso à diáfise tibial foi realizado pela incisão cutânea medial da tíbia conforme Piermattei (1993). Os fragmentos ósseos no terço médio da tíbia foram estabilizados com três parafusos navais autotarraxantes de aço inoxidável da série 304 L. Após a elevação do periósteo na região do foco de fratura foram colocados pinos de rosca central de perfil positivo⁷⁸ nas extremidades proximal e distal do sítio de fratura. Os pinos de Schanz (roscas de perfil negativo em uma das pontas)⁷⁹ foram inseridos a aproximadamente 1,5 cm do foco de fratura, um pino proximal e outro distal, em ambos os segmentos ósseos. Após o encurvamento adequado dos pinos foi aplicada a resina acrílica autopolimerizável,⁸⁰ elaborando-se um fixador

⁷⁶ Impol.

⁷⁷ Polivinilpirrolidona iodo 1% - Indústria Farmacêutica Rioquímica Ltda.

⁷⁸ Pino de rosca central - Impol.

⁷⁹ Pino de Schanz - Impol.

⁸⁰ Acrílico auto polimerizante JET Clássico Indústria Brasileira.

externo do tipo II (bilateral uniplanar). A pele foi suturada com fio de nylon 2-0 agulhado⁸¹ em padrão simples separado.

3.4.1.7 Osteossíntese de tíbia com fixador externo do tipo III

O animal foi colocado em decúbito lateral oposto ao membro pélvico a ser operado. O alinhamento do eixo ósseo da diáfise tibial foi obtido por um aparelho de Thomas modificado, previamente colocado para a coaptação dos fragmentos ósseos. Este aparelho de Thomas foi conservado durante o procedimento cirúrgico, com o objetivo de manter a redução do foco de fratura, devido ao fato da realização da osteossíntese por redução fechada, ou seja, com a pele íntegra, sem utilização de incisões cutâneas, de acordo com Piermattei e Flo (1999) .

Após tricotomia da região abrangendo a superfície lateral da patela até o terço distal da tíbia, foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%.⁸² O campo operatório foi protegido por panos esterilizados. Foram introduzidos dois pinos de rosca central de perfil positivo⁸³ nas metáfises proximal e distal da tíbia, paralelos às suas respectivas superfícies articulares. Um pino de Schanz (com rosca de perfil negativo em uma das pontas)⁸⁴ foi inserido na face medial da tíbia e dois pinos de Schanz foram colocados na face cranial da tíbia, em plano crânio-caudal, em cada segmento ósseo. Após o encurvamento adequado dos pinos foi aplicada a resina acrílica autopolimerizável,⁸⁵ elaborando-se um fixador externo bilateral biplanar, tipo III (Figura 1).

⁸¹ Mononylon - Ethicon

⁸² Polivinilpirrolidona iodo 1% - Indústria Farmacêutica Rioquímica Ltda.

⁸³ Pino de rosca central - Impol.

⁸⁴ Pinos de Schanz - Impol.

⁸⁵ Acrílico auto polimerizante JET Clássico Indústria Brasileira.



Figura 1 - Imagem fotográfica ilustrativa de fixador externo bilateral biplanar (tipoIII) utilizado para osteossíntese de tíbia e fíbula em cão

3.4.2 Procedimentos cirúrgicos realizados no Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

Nesta instituição foram realizados os seguintes procedimentos cirúrgicos: osteossíntese de rádio e ulna com fixador externo do tipo Ia (n=1); osteossíntese de rádio e ulna com fixador externo do tipo II (n=1); osteossíntese de fêmur com pino intramedular de Steinmann (n=1); osteossíntese de fêmur com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann pelo método *tie-in* (n=1).

3.4.2.1 Osteossíntese de rádio e ulna com fixador externo do tipo Ia

O animal foi colocado em decúbito lateral oposto ao membro torácico a ser operado. Após tricotomia da região abrangendo a diáfise do rádio e ulna até o terço distal foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%.⁸⁶ O campo operatório foi protegido por panos esterilizados. O acesso à diáfise radial foi realizado pela incisão cutânea medial com abordagem cirúrgica minimamente invasiva, de acordo com Piermattei e Flo (1999). Após a elevação do periósteo na região do foco de fratura, dois pinos de Schanz (roscas de perfil positivo em uma das pontas)⁸⁷ foram introduzidos na região cranial da diáfise radial, nos segmentos proximal e distal ao foco de fratura e realizou-se a redução da mesma.

⁸⁶ Laboriodine PVPI degermante – Laboratórios Biosintética Ltda.

⁸⁷ Pino de Schanz-Ortovet

A barra conectora foi acoplada aos pinos de Schanz e foram apertados os grampos do fixador externo. Foram colocados um pino de Schanz e um pino de Steinmann⁸⁸ no segmento proximal da fratura, e um pino de Steinmann no fragmento distal, com posterior estabilização do fixador externo unilateral uniplanar,⁸⁹ tipo Ia (Figura 2). A pele foi suturada com fio de nylon 2-0 agulhado⁹⁰ em padrão simples separado.



Figura 2 - Imagem fotográfica ilustrativa de fixador externo uniplanar unilateral (tipo Ia) utilizado para osteossíntese de rádio e ulna em cão da raça Terrier Brasileiro, macho, 12 meses de idade (observação clínica nº10)

⁸⁸ Pino intramedular de Steinmann - Ortovet

⁸⁹ Fixo Mini, Sistema de Fixação Externa Dinâmico - Baumer S.A

⁹⁰ Mononylon- Ethicon

3.4.2.2 Osteossíntese de rádio e ulna com fixador externo do tipo II

O animal foi posicionado em decúbito lateral oposto ao membro torácico a ser operado. Após tricotomia da região abrangendo a diáfise do rádio e ulna até o terço distal foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%.⁹¹ O campo operatório foi protegido por panos esterilizados. O acesso à diáfise radial foi realizado pela incisão cutânea medial com abordagem cirúrgica minimamente invasiva, de acordo com Piermattei e Flo (1999). Após a elevação do periósteo na região do foco de fratura, dois pinos de Steinmann⁹² foram introduzidos de forma transfixante na diáfise radial, nos segmentos proximal e distal ao local da fratura, e realizou-se a redução da mesma. A barra conectora foi acoplada aos pinos de Steinmann e foram aplicados os grampos do fixador externo bilateral uniplanar,⁹³ tipo II. Foram colocados dois pinos de Schanz (roscas de perfil positivo em uma das pontas)⁹⁴ no fragmento proximal e um pino de Schanz no segmento distal a aproximadamente 1,5 cm do foco de fratura, com posterior estabilização do fixador externo. A pele foi suturada com fio de nylon 2-0 agulhado⁹⁵ em padrão simples separado.

⁹¹ Laboriodine PVPI degermante - Laboratórios Biosintética Ltda..

⁹² Pino intramedular de Steinmann - Ortovet.

⁹³ Fixo Maxi, Sistema de Fixação Externa Dinâmico - Baumer S.A

⁹⁴ Pino de Schanz- Ortovet

⁹⁵ Mononylon- Ethicon

3.4.2.3 Osteossíntese de fêmur com pino intramedular de Steinmann

O animal foi colocado em decúbito lateral oposto ao membro pélvico a ser operado. Após tricotomia da região abrangendo desde o trocânter maior até a superfície lateral da patela, foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%.⁹⁶ O sítio operatório foi revestido por panos cirúrgicos esterilizados.

A abordagem cirúrgica à diáfise femoral foi realizada conforme Piermattei (1993). A inserção do pino intramedular de Steinmann⁹⁷ foi realizada em sentido retrógrado projetando-se na região da fossa trocantérica, de acordo com Piermattei e Flo (1999). Após a redução do foco de fratura, o pino intramedular foi introduzido no segmento distal da diáfise femoral em sentido normógrado e a porção excedente do pino foi seccionada. A fáscia lata foi suturada com fio de nylon 2-0⁹⁸ agulhado em padrão simples contínuo, e a pele com fio de nylon 2-0 agulhado⁹⁹ em padrão simples separado.

⁹⁶ Laboriodine PVPI degermante - Laboratórios Biosintética Ltda.

⁹⁷ Pino intramedular de Steinmann - Ortovet

⁹⁸ Mononylon- Ethicon

⁹⁹ Mononylon- Ethicon

3.4.2.4 Osteossíntese de fêmur com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann pelo método *tie-in*

O animal foi posicionado em decúbito lateral oposto ao membro pélvico a ser operado. Após tricotomia da região abrangendo desde o trocânter maior até a superfície lateral da patela, foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%¹⁰⁰. O sítio operatório foi revestido por panos cirúrgicos esterilizados.

A abordagem cirúrgica à diáfise femoral foi realizada conforme Piermattei (1993). A inserção do pino intramedular de Steinmann¹⁰¹ foi realizada em sentido retrógrado projetando-se na região da fossa trocântérica, de acordo com Piermattei e Flo (1999). Após a redução do foco de fratura, o pino intramedular foi introduzido no segmento distal da diáfise femoral em sentido normógrado. Foram colocados dois pinos de Schanz (rosca de perfil positivo em uma das pontas)¹⁰² na face lateral da diáfise femoral, um pino proximal e outro distal ao foco de fratura. A barra conectora e os grampos do fixador externo unilateral uniplanar¹⁰³ (tipo Ia) foram ajustados conectando-se ao pino intramedular pelo método *tie-in*, descrito por Hulse e Johnson (2002). A fáscia lata foi suturada com fio de nylon 3-0¹⁰⁴ agulhado em padrão simples contínuo e a pele com fio de nylon 3-0¹⁰⁵ agulhado em padrão simples separado.

¹⁰⁰ Laboriodine PVPI degermante - Laboratórios Biosintética Ltda.

¹⁰¹ Pino intramedular de Steinmann – Ortovet.

¹⁰² Pino de Schanz-Ortovet.

¹⁰³ Fixo Mini, Sistema de Fixação Externa Dinâmico - Baumer S.A.

¹⁰⁴ Mononylon- Ethicon.

¹⁰⁵ Mononylon- Ethicon.

3.4.3 Procedimento cirúrgico realizado no Hospital Veterinário Pompéia

Nesta instituição foi realizada a osteossíntese de fêmur com pino intramedular de Steinmann (n=1).

3.4.3.1 Osteossíntese de fêmur com pino intramedular de Steinmann

O animal foi colocado em decúbito lateral oposto ao membro pélvico a ser operado. Após tricotomia da região abrangendo desde o trocânter maior até a superfície lateral da patela, foi feita anti-sepsia com polivinilpirrolidona iodo 1%¹⁰⁶. O sítio operatório foi revestido por panos cirúrgicos esterilizados.

A abordagem cirúrgica à diáfise femoral foi realizada conforme Piermattei (1993). A inserção do pino intramedular de Steinmann¹⁰⁷ foi realizada em sentido retrógrado projetando-se na região da fossa trocântérica. Após a redução do foco de fratura, o pino intramedular foi introduzido no segmento distal da diáfise femoral em sentido normógrado de acordo com Piermattei e Flo (1999). A porção excedente do pino foi seccionada. A fáscia lata foi suturada com fio de nylon 2-0¹⁰⁸ agulhado em padrão simples contínuo, e a pele com fio de nylon 2-0 agulhado¹⁰⁹ em padrão simples separado.

¹⁰⁶ Laboriodine PVPI degermante - Laboratórios Biosintética Ltda.

¹⁰⁷ Pino intramedular de Steinmann – Ortovet.

¹⁰⁸ Mononylon- Ethicon.

¹⁰⁹ Mononylon- Ethicon.

3.5 PERÍODO PÓS-OPERATÓRIO

Todos os cães foram medicados com antibióticos e analgésicos conforme os protocolos utilizados na rotina hospitalar das referidas instituições. Os animais receberam colar elizabetano até a completa cicatrização da ferida cirúrgica cutânea ou até a remoção dos fixadores externos. Todos os proprietários receberam orientações para que os cães fossem mantidos em repouso, com restrição de espaço durante os 60 dias pós-operatórios.

3.5.1 Protocolo pós-operatório realizado no Hospital Veterinário da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal

Os cães submetidos à internação em ambiente hospitalar receberam ceftiofur sódico¹¹⁰ por via subcutânea na dose de 2 mg/kg a cada 24 horas, durante dez dias e ketoprofeno¹¹¹ por via subcutânea na dose de 1 mg/kg a cada 24 horas, durante três dias.

Os pacientes que permaneceram na residência do proprietário receberam cefalexina¹¹² por via oral na dose de 25 mg/kg a cada 12 horas, durante dez dias e ketoprofeno¹¹³ por via oral na dose de 1 mg/kg a cada 24 horas, durante três dias.

¹¹⁰ Excenel-Rhodia-Mérieux. Uso veterinário.

¹¹¹ Ketofen -Rhodia-Mérieux. Uso veterinário.

¹¹² Cefalexina - Eurofarma.

¹¹³ Ketofen - Rhodia-Mérieux. Uso veterinário.

Após as osteossínteses de rádio e ulna com pino intramedular de Steinmann os pacientes receberam imobilização externa com aparelho de Thomas modificado ou bandagem esparadrapada.

O manejo pós-operatório dos fixadores externos (em rádio e ulna e tíbia e fíbula) consistiu na limpeza diária dos pinos com solução fisiológica, aplicação de rifamicina tópica¹¹⁴ e compressas de gaze esterilizada em volta de cada pino. Os fixadores externos foram protegidos por bandagens elaboradas com algodão ortopédico, ataduras ortopédicas e esparadrapo (Figura 3).



Figura 3 - Imagem fotográfica ilustrativa de cão sem raça definida (SRD), fêmea, 72 meses de idade, após osteossíntese de tíbia e fíbula com fixador externo bilateral biplanar, tipo III (observação clínica nº 30)

¹¹⁴ Rifocina Spray - Aventis.

3.5.2 Protocolo pós-operatório realizado no Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

Os cães receberam cefalexina¹¹⁵ por via oral na dose de 25 mg/kg a cada 12 horas durante dez dias e ketoprofeno¹¹⁶ por via oral na dose de 1 mg/kg a cada 24 horas, durante três dias.

Após as osteossínteses de fêmur com pino intramedular de Steinmann a ferida cirúrgica cutânea foi tratada com rifamicina tópica¹¹⁷ três vezes ao dia.

O manejo pós-operatório dos fixadores externos em rádio e ulna consistiu na limpeza diária dos pinos com solução fisiológica, aplicação de rifamicina tópica¹¹⁸ e compressas de gaze esterilizada em volta de cada pino. Os fixadores externos foram protegidos por bandagens elaboradas com algodão ortopédico, ataduras ortopédicas e esparadrapo.

3.5.3 Protocolo pós-operatório realizado no Hospital Veterinário Pompéia

O cão recebeu cefalexina¹¹⁹ por via oral na dose de 25 mg/kg a cada 12 horas durante dez dias e ketoprofeno¹²⁰ por via oral na dose de 1 mg/kg a cada 24 horas, durante três dias.

A ferida cirúrgica cutânea foi recoberta com bandagem esterilizada.

¹¹⁵ Cefalexina - Eurofarma.

¹¹⁶ Ketofen - Rhodia-Mérieux. Uso veterinário.

¹¹⁷ Rifocina Spray - Aventis

¹¹⁸ Rifocina Spray - Aventis

¹¹⁹ Cefalexina-Eurofarma.

¹²⁰ Ketofen - Rhodia-Mérieux. Uso veterinário.

3.6 ESTIMULAÇÃO ULTRA-SÔNICA DA REGENERAÇÃO ÓSSEA (EURO)

Os aparelhos de ultra-som utilizados^{121,122} apresentaram frequência de onda de 1,5 MHz, largura de pulso de 200 μ s e frequência de repetição de 1 kHz, com intensidade de 30 mW/cm² (Figuras 4 e 5).

A intensidade do ultra-som foi medida com dosímetro¹²³ no laboratório do Grupo de Bioengenharia do Departamento de Engenharia de Materiais, Aeronáutica e Automobilística da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC-USP).

O transdutor foi posicionado e mantido fixo sobre o foco de fratura após aplicação de gel acoplante hidrossolúvel,¹²⁴ com a pele do animal previamente tricotomizada (Figura 6). A estimulação ultra-sônica da regeneração óssea (EURO) foi realizada durante 20 minutos, por 21 dias consecutivos, de acordo com Silva (1998).

No grupo de pacientes portadores de fraturas de rádio e ulna tratados com EURO ou seja, GI_T, (n=5), o tratamento com estimulação ultra-sônica de baixa intensidade foi iniciado no 1º dia pós-operatório (observações clínicas nºs 8, 11 e 12), no 2º dia pós-operatório (observação clínica nº 10) e no 5º dia pós-operatório (observação clínica nº 9).

No grupo de pacientes portadores de fraturas de fêmur tratados com EURO, denominado de GII_T (n=3), o tratamento com estimulação ultra-sônica de baixa

¹²¹ Estimulador ultra-sônico para crescimento ósseo 1131-E-Imbrassom Ind. e Com.

¹²² Estimulador ultra-sônico para crescimento ósseo- EESC-USP.

¹²³ Dosímetro modelo UPM-DT1 – Ohmics Instruments, EUA.

¹²⁴ Carbogel Ind. e Com. Ltda.

intensidade foi iniciado no 3º dia pós-operatório (observação clínica nº 20), no 7º dia pós-operatório (observação clínica nº 18) e no 9º dia pós-operatório (observação clínica nº 19).

No grupo de pacientes portadores de fraturas de tíbia e fíbula tratados com EURO, ou seja, GIII_T (n=4), o tratamento com estimulação ultra-sônica de baixa intensidade foi iniciado no 1º dia pós-operatório (observações clínicas nºs 26, 27 e 29) e no 2º dia pós-operatório (observações clínicas nºs 28 e 30). Um dos cães deste grupo apresentou fratura bilateral de tíbia e fíbula (observações clínicas nºs 27 e 29).



Figura 4 - Imagem fotográfica ilustrativa de aparelho de ultra-som com frequência de onda de 1,5 MHz, largura de pulso de 200 μ s e frequência de repetição de 1 kHz, com intensidade de 30 mW/cm², modelo 1131-E (Imbrassom Ind. e Com.) e gel acoplante hidrossolúvel



Figura 5 - Imagem fotográfica ilustrativa de aparelho de ultra-som com freqüência de onda de 1,5 MHz, largura de pulso de 200 μ s e freqüência de repetição de 1 kHz, com intensidade de 30 mW/cm², EESC-USP e gel acoplante hidrossolúvel



Figura 6: Imagem fotográfica ilustrativa do tratamento adjuvante de fratura com ultra-som de baixa intensidade (30 mW/cm²), em cão da raça Akita, macho, sete meses de idade, portador de fratura de tibia e fíbula, submetido à osteossíntese com fixador externo unilateral uniplanar (tipo Ia) associado ao uso de pino intramedular pelo método *tie-in* (observação clínica nº 26)

3.7 AVALIAÇÕES

Foram realizadas avaliações clínicas e radiográficas em todos os cães, descritas a seguir. Os resultados dos achados radiográficos aos 30 e 60 dias pós-operatórios nos cães dos grupos tratado e controle foram submetidos à análise estatística.

3.7.1 Avaliação clínica pós-operatória

A avaliação pós-operatória dos pacientes dos grupos tratados com EURO (GI_T, GII_T e GIII_T) consistiu no acompanhamento dos animais até o 21º dia de estimulação ultra-sônica da regeneração óssea, tendo-se observado a capacidade de deambulação, aspecto das feridas cirúrgicas cutâneas, dor local, temperatura corporal, estado geral dos animais e período de tempo necessário para início do apoio do membro operado no solo. Nos pacientes dos grupos-controle (GI_C, GII_C e GIII_C) a avaliação clínica foi realizada nos retornos após 30 e 60 dias pós-operatórios.

3.7.2 Exame radiográfico

Foram realizados exames radiográficos em duas projeções (médio-lateral e crânio-caudal) dos membros operados de cada animal no período pré-operatório, após a prática da osteossíntese e aos 30 e 60 dias do período pós-operatório. A classificação do tipo de fratura foi realizada conforme os critérios de Toal (1994).

A análise da imagem radiográfica foi feita sob critério padronizado, pelo mesmo operador, considerando-se os seguintes parâmetros: tempo e intensidade da reação periostal, presença ou ausência de calo ósseo e radiotransparência na falha entre os fragmentos.

Foi realizada uma classificação qualitativa de acordo com a evolução da consolidação óssea, conforme Toal (1994), considerando-se a seguinte escala estabelecida por Silva (1998):

- 1 - Irregularidade nas linhas dos fragmentos.
- 2 - Proliferação periostal inicial.
- 3 - Proliferação periostal marcada.
- 4 - Ponte cortical parcial.
- 5 - Ponte cortical completa / Linha radiotransparente na falha entre os fragmentos.
- 6- Ponte cortical completa / Sem linha radiotransparente.

O equipamento utilizado para exame radiológico no Hospital Veterinário da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, foi o aparelho de raios X da marca Dresden, modelo Tur D

800-3,¹²⁵ com capacidade para 800 mA, equipado com grade antidifusora *Potter-Bucky*, empregando-se filme T-MAT¹²⁶ montado em chassi metálico com par de écrans intensificador Lanex Regular¹²⁷. A revelação e a fixação dos filmes, previamente identificados por impressão luminosa, foram realizadas em processadora automática¹²⁸ modelo X-OMAT 2000 Processor.

O equipamento utilizado para exame radiológico no Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo foi o aparelho de radiodiagnóstico marca CGR, com capacidade para 500mA, equipado com mesa radiológica com grade e sistema *Potter-Bucky* recipromático tipo *Par Speed*, ampola de raios X de ânodo giratório. Foram utilizados filmes radiográficos RA T-MAT^{TM129} colocados em chassi metálico com écrans intensificadores de imagem Lanex.¹³⁰ A revelação e a fixação dos filmes, identificados por impressão luminosa, foram efetuadas em processadora automática RPX-OMAT Processor.¹³¹

O cão atendido no Hospital Veterinário Pompéia foi encaminhado ao Instituto Veterinário de Imagem (IVI) para a realização dos exames radiográficos, utilizando o equipamento da marca TECNO-DESING modelo TD500 HF¹³², equipado com mesa radiológica de tampo flutuante e sistema *Potter-Bucky*. Foram empregados filmes da marca Kodak MXG/PLUS¹³³ em chassis metálicos com intensificadores de imagem écrans Lanex.^{TM134} Os filmes foram revelados e fixados em Processadora Automática Macrotec – MX-2,¹³⁵ após identificação luminosa apropriada.

¹²⁵ Aparelho Tur Dresden – Mod. Tur D800/3

¹²⁶ Filme Raios-x Diagnóstico - Eastman Kodak Company, Rochester, New York.

¹²⁷ Ecran – Intensifying Screens Lanex Regular - Eastman Kodak Company, Rochester, New York.

¹²⁸ Reveladora Kodak - Eastman Kodak Company, Rochester, New York.

¹²⁹ Kodak Brasileira Com. e Ind. Ltda.

¹³⁰ Kodak Brasileira Com. e Ind. Ltda.

¹³¹ Eastman Kodak Company.

¹³² TECNO-DESING Ind. e Com. Ltda.

¹³³ KODAK Brasileira Com. e Ind. Ltda.

¹³⁴ KODAK Brasileira Com. e Ind. Ltda.

¹³⁵ MACROTEC Ind e Com. De Equipamentos Ltda.

3.7.3 Análise estatística

Foi utilizado o teste estatístico não paramétrico bilateral de Mann-Whitney (ZAR, 1984) com nível de significância igual a 5% para a análise dos resultados da avaliação radiográfica aos 30 e 60 dias pós-operatórios nos cães dos grupos GI, GII e GIII.

4 RESULTADOS

Os resultados das avaliações clínicas e radiográficas dos animais dos grupos GI, GII e GIII estão expostos nos Quadros 1 a 6.

4.1 AVALIAÇÃO CLÍNICA

Não foram observadas alterações sistêmicas ou locais que pudessem estar associadas a insucessos cirúrgicos, tanto nos animais dos grupos-controle quanto nos tratados. Os cães dos grupos tratados permitiram o contato do transdutor do aparelho ultra-sônico para o tratamento diário, sem demonstração de dor ou desconforto.

A avaliação do apoio do membro operado no solo é descrita em cada grupo separadamente, com os resultados expostos nos Quadros 1 a 6.

4.1.1 Pacientes portadores de fratura de rádio e ulna, grupo-controle (GI_C)

Neste grupo (n=7) dois pacientes apresentaram apoio pleno do membro operado no solo no 30^o e no 60^o dia pós-operatório (observações clínicas n^{os} 3 e 4), e cinco cães demonstraram apoio intermitente do membro operado no solo durante este período (observações clínicas n^{os} 1, 2, 5, 6 e 7) e apoio pleno no 60^o dia pós-operatório, com exceção da observação clínica n^o 6, que apresentou apoio intermitente (Quadro 1).

4.1.2. Pacientes portadores de fratura de rádio e ulna, grupo-tratado (GI_T)

Neste grupo (n=5) um dos pacientes apresentou apoio pleno do membro operado no solo no 10^o dia pós-operatório (observação clínica n^o 8). Observou-se apoio intermitente do membro operado nos demais cães até o 30^o dia pós-operatório, e apoio pleno no 60^o dia pós-operatório (observações clínicas n^{os} 9 a 12, Quadro 2).

4.1.3 Pacientes portadores de fratura de fêmur, grupo-controle (GII_C)

Os pacientes portadores de fratura de fêmur do grupo-controle GII_C (n=5) apresentaram apoio pleno do membro operado no solo no 30º dia pós-operatório (observações clínicas nºs 13 a 17). Aos 60 dias pós-operatórios todos os animais demonstraram apoio pleno (Quadro 3).

4.1.4. Pacientes portadores de fratura de fêmur, grupo-tratado (GII_T)

Os pacientes portadores de fratura de fêmur do grupo-tratado GII_T (n=3) apresentaram apoio pleno do membro operado no solo no 6º dia pós-operatório (observação clínica nº 18), no 10º dia pós-operatório (observação clínica nº 20) e no 15º dia pós-operatório (observação clínica nº 19). Aos 30 e 60 dias pós-operatórios todos os pacientes apresentaram apoio pleno do membro (Quadro 4).

4.1.5 Pacientes portadores de fratura de tíbia e fíbula, grupo-controle (GIII_C)

Neste grupo (n=5) ao 30º dia pós-operatório três pacientes apresentaram apoio pleno do membro operado no solo (observações clínicas nºs 23, 24 e 25).

Os outros dois cães apresentaram apoio intermitente neste período (observações clínicas nºs 21 e 22). No 60º dia pós-operatório verificou-se o mesmo quadro clínico na observação clínica nº 21 e impotência funcional do membro operado na observação clínica nº 22. Os demais pacientes apresentaram apoio pleno do membro (Quadro 5).

4.1.6. Pacientes portadores de fratura de tíbia e fíbula, grupo-tratado (GIII_T)

Este grupo foi constituído por quatro animais. Um deles apresentou fratura bilateral de tíbia e fíbula (observações clínicas nºs 27 e 29), tendo sido consideradas cinco fraturas neste grupo.

Os pacientes portadores de fratura de tíbia e fíbula do grupo-tratado GIII_T (n=4) apresentaram apoio pleno do membro operado no solo no 6º dia pós-operatório (observação clínica nº 26), no 10º dia pós-operatório (observações clínicas nºs 27 e 29), e 12º dia pós-operatório (observações clínicas nºs 28 e 30). Aos 30 dias pós-operatórios todos os cães demonstraram apoio pleno do membro. Aos 60 dias pós-operatórios observou-se apoio pleno do membro em todos os animais, com exceção da observação clínica nº 29 (Quadro 6).

4.2 EXAME RADIOGRÁFICO

As fraturas foram avaliadas radiograficamente nos períodos de 30 e 60 dias pós-operatórios, tendo sido classificadas em seis graduações, com os resultados nos Quadros 1 a 6.

No grupo I, constituído por pacientes portadores de fraturas de rádio e ulna, a maioria dos animais do grupo-controle GI_C (Quadro 1) apresentou ponte cortical parcial (grau 4) no 30º dia pós-operatório, evoluindo para ponte cortical completa com linha radiotransparente na falha entre os fragmentos (grau 5) no 60º dia pós-operatório (Figura 7). A observação clínica nº 1 apresentou proliferação periostal marcante (grau 3) e ponte cortical parcial (grau 4) neste período. A observação clínica nº 6 não demonstrou sinais de consolidação óssea (grau 1).

As fraturas de rádio e ulna tratadas com estimulação ultra-sônica de baixa intensidade (grupo-tratado GI_T, Quadro 2) demonstraram sinais radiográficos de consolidação óssea mais precoces nas observações clínicas nºs 8 e 10, que apresentaram ponte cortical completa com linha radiotransparente na falha entre os fragmentos (grau 5) no 30º dia pós-operatório, e ponte cortical completa sem linha radiotransparente (grau 6) no 60º dia pós-operatório (Figura 8). As observações clínicas nºs 9 e 11 apresentaram graus 1 e 2, respectivamente, aos 30 dias pós-operatórios, e graus 5 e 3 aos 60 dias pós-operatórios. A observação clínica nº 12 apresentou graus 4 e 6 neste período de avaliação.

No grupo II, constituído por pacientes portadores de fraturas de fêmur, no grupo-controle GII_C (Quadro 3) a maioria dos cães apresentou presença de ponte

cortical parcial (grau 4) no 30º dia pós-operatório e ponte cortical completa com linha radiotransparente na falha entre os fragmentos (grau 5) no 60º dia pós-operatório. Na observação clínica nº 17 foram constatados graus 5 e 6 neste período.

Os animais portadores de fratura de fêmur do grupo-tratado GII_T (Quadro 4) apresentaram os seguintes resultados: a observação clínica nº 18 mostrou ponte cortical parcial (grau 4) e ponte cortical completa com linha radiotransparente na falha entre os fragmentos (grau 5) aos 30 e 60 dias pós-operatórios, respectivamente (Figura 9). A observação clínica nº 19 apresentou grau 5 aos 30 e 60 dias pós-operatórios; neste período não foram observados sinais radiográficos de consolidação óssea na observação clínica nº 20 (grau 1).

No grupo III, formado por pacientes portadores de fraturas de tíbia e fíbula, no grupo-controle GIII_C (Quadro 5) a maior parte das observações clínicas apresentou ponte cortical parcial (grau 4), no 30º dia pós-operatório, evoluindo para ponte cortical completa com linha radiotransparente na falha entre os fragmentos (grau 5) no 60º dia pós-operatório. Na observação clínica nº 22 verificou-se presença de proliferação periosteal inicial (grau 2) neste período de avaliação (Figura 10).

Foram observados sinais radiográficos de consolidação óssea mais precoces na maioria das fraturas de tíbia e fíbula do grupo-tratado GIII_T (Quadro 6) com grau 4 ou 5 no 30º dia pós-operatório, e grau 5 ou 6 no 60º dia pós-operatório (Figura 11). A observação nº 29 não apresentou sinais radiológicos de consolidação (grau 1) neste período.

Observação clínica nº	Raça	Sexo	Idade (meses)	Peso (kg)	Tipo de fratura/ região	Método de osteossíntese	Avaliação clínica (dias)		Avaliação radiográfica (dias)	
							30	60	Graduação radiográfica	
									30	60
1	Poodle	M	6	2,6	Transversa Terço médio	Pino intramedular de Steinmann	AI	AP	3	4
2	Pinscher	F	12	2,8	Transversa Terço distal	Pino intramedular de Steinmann	AI	AP	4	6
3*	Poodle	M	24	11	Transversa Terço distal	Pino intramedular de Steinmann	AP	AP	4	5
4	Terrier Brasileiro	F	8	2,5	Transversa Terço distal	Fixador externo Ia	AP	AP	4	5
5*	Poodle	M	11	5	Transversa Terço distal	Fixador externo Ia	AI	AP	4	5
6	SRD	F	12	4,5	Transversa Terço distal	Fixador externo Ia	AI	AI	1	1
7	SRD	F	36	5	Transversa Terço distal	Fixador externo Ia	AI	AP	4	5

Legenda 1:

SRD - Sem raça definida
M - Macho
F - Fêmea
kg - Quilograma
AI - Apoio intermitente do membro operado no solo
AP - Apoio pleno do membro operado no solo

Legenda 2 - Análise radiográfica:

1- Irregularidade nas linhas dos fragmentos
2- Proliferação periosteal inicial
3- Proliferação periosteal marcada
4- Ponte cortical parcial
5- Ponte cortical completa/ Linha radiotransparente na falha entre os fragmentos
6- Ponte cortical completa/ Sem linha radiotransparente

Quadro 1 - Grupo-controle de pacientes portadores de fratura de rádio e ulna (GI_C)
Hospital Veterinário "Governador Laudo Natel", FCAV, UNESP, Jaboticabal – mar. -2001/nov.-2002

* Levantamento de casos clínicos retrospectivos.

Observação clínica nº	Raça	Sexo	Idade (meses)	Peso (kg)	Tipo de fratura/ região	Método de osteossíntese	Avaliação clínica (dias)		Avaliação radiográfica (dias)	
							30	60	Graduação radiográfica	
8	Poodle	F	8	2,5	Oblíqua Terço distal	Pino intramedular de Steinmann	AP: 10º dia PO	AP	5	6
9	SRD	F	24	11	Transversa Terço distal	Pino intramedular de Steinmann	AI	AP	1	5
10*	Terrier Brasileiro	M	12	6	Transversa Terço distal	Fixador externo Ia	AI	AP	5	6
11	Pastor Alemão	F	72	32	Cominutiva Terço distal	Fixador externo Ia	AI	AP	2	3
12*	Pit Bull	F	24	21	Transversa com 2 esquirolas Terço distal	Fixador externo II	AI	AP	4	6

Legenda 1:

SRD - Sem raça definida

M - Macho

F - Fêmea

kg - Quilograma

AI - Apoio intermitente do membro operado no solo

AP - Apoio pleno do membro operado no solo

PO - Pós-operatório

Legenda 2 - Análise radiográfica:

1 - Irregularidade nas linhas dos fragmentos

2 - Proliferação periosteal inicial

3 - Proliferação periosteal marcada

4 - Ponte cortical parcial

5 - Ponte cortical completa/ Linha radiotransparente na falha entre os fragmentos

6 - Ponte cortical completa/ Sem linha radiotransparente

Quadro 2 - Grupo-tratado de pacientes portadores de fratura de rádio e ulna (GI_T)

Hospital Veterinário "Governador Laudo Natel", FCAV, UNESP, Jaboticabal – mar. -2001/nov.-2002

*Hospital Veterinário (HOVET), FMVZ, USP, São Paulo – jan. -2003/abr.- 2003

Observação clínica nº	Raça	Sexo	Idade (meses)	Peso (kg)	Tipo de fratura/ região	Método de osteossíntese	Avaliação clínica (dias)		Avaliação radiográfica (dias)	
							30	60	Graduação radiográfica	
13*	SRD	M	9	10	Transversa Terço proximal	2 Pinos intramedulares de Steinmann	AP	AP	4	5
14*	SRD	M	12	13	Transversa Terço médio	2 Pinos intramedulares de Steinmann	AP	AP	4	5
15*	SRD	M	48	10	Transversa Terço médio	2 Pinos intramedulares de Steinmann	AP	AP	4	5
16	Pit Bull	F	9	18	Cominutiva Terço médio	Fixador externo Ia + Pino intramedular de Steinmann	AP	AP	4	5
17	Boxer	F	12	27	Fragmentar Terço médio	Fixador externo Ia + Pino intramedular de Steinmann	AP	AP	5	6

Legenda 1:

SRD - Sem raça definida
M - Macho
F - Fêmea
kg - Quilograma
AP - Apoio pleno do membro operado no solo

Legenda 2 - Análise radiográfica:

1 - Irregularidade nas linhas dos fragmentos
2 - Proliferação periosteal inicial
3 - Proliferação periosteal marcada
4 - Ponte cortical parcial
5 - Ponte cortical completa/ Linha radiotransparente na falha entre os fragmentos
6 - Ponte cortical completa/ Sem linha radiotransparente

Quadro 3 - Grupo-controle de pacientes portadores de fratura de fêmur (GII_C)

Hospital Veterinário "Governador Laudo Natel", FCAV, UNESP, Jaboticabal – mar. -2001/nov.-2002

* Levantamento de casos clínicos retrospectivos

Observação clínica nº	Raça	Sexo	Idade (meses)	Peso (kg)	Tipo de fratura/ região	Método de osteossíntese	Avaliação clínica (dias)		Avaliação radiográfica (dias)	
							30	60	Graduação radiográfica	
								30	60	
18	Poodle	M	12	8	Transversa Terço distal	1 Pino intramedular de Steinmann	AP: 6º dia PO	AP	4	5
19*	Poodle	F	72	10	Transversa Terço médio	1 Pino intramedular de Steinmann	AP: 15º dia PO	AP	5	5
20	Pinscher	F	24	2,3	Transversa com 2 esquirolas Terço médio	Fixador externo Ia + Pino intramedular de Steinmann	AP: 10º dia PO	AP	1	1

Legenda 1:

M - Macho
 F - Fêmea
 kg - Quilograma
 AP - Apoio pleno do membro operado no solo
 PO - Pós-operatório

Legenda 2 - Análise radiográfica:

1 - Irregularidade nas linhas dos fragmentos
 2 - Proliferação periostal inicial
 3 - Proliferação periostal marcada
 4 - Ponte cortical parcial
 5 - Ponte cortical completa/ Linha radiotransparente na falha entre os fragmentos
 6 - Ponte cortical completa/ Sem linha radiotransparente

Quadro 4 – Grupo-tratado de pacientes portadores de fratura de fêmur (GII_T)
 Hospital Veterinário (HOVET), FMVZ, USP, São Paulo – jan. -2003/abr.- 2003
 *Hospital Veterinário Pompéia, São Paulo – jan. -2003

Observação clínica nº	Raça	Sexo	Idade (meses)	Peso (kg)	Tipo de fratura/ região	Método de osteossíntese	Avaliação clínica (dias)		Avaliação radiográfica (dias)	
							30	60	Graduação radiográfica	
									30	60
21	Rottweiler	M	12	40	Transversa Terço médio	Fixador externo Ia + Pino intramedular de Steinmann	AI	AI	4	5
22	SRD	F	24	17	Transversa Terço médio	Fixador externo Ia + Pino intramedular de Steinmann	AI	IP	2	2
23	SRD	F	12	26	Obliqua Terço distal	Fixador externo tipo III	AP	AP	4	5
24	Rottweiler	M	24	43	Obliqua Terço médio	Fixador externo tipo III	AP	AP	4	4
25	Pit Bull	F	36	28	Cominutiva Terço médio	Fixador externo tipo III	AP	AP	5	5

Legenda 1:

SRD Sem raça definida

M - Macho

F - Fêmea

kg - Quilograma

AI - Apoio intermitente do membro operado no solo

AP - Apoio pleno do membro operado no solo

IP - Impotência funcional do membro operado

Legenda 2 - Análise radiográfica:

1- Irregularidade nas linhas dos fragmentos

2 - Proliferação periostal inicial

3 - Proliferação periostal marcada

4 - Ponte cortical parcial

5 - Ponte cortical completa/ Linha radiotransparente na falha entre os fragmentos

6 - Ponte cortical completa/ Sem linha radiotransparente

Quadro 5 – Grupo–controle de pacientes portadores de fratura de tíbia e fíbula (GIII_C)

Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel”, FCAV, UNESP, Jaboticabal – mar. -2001/nov.-2002

Observação clínica nº	Raça	Sexo	Idade (meses)	Peso (kg)	Tipo de fratura/ região	Método de osteossíntese	Avaliação clínica (dias)		Avaliação radiográfica (dias)	
							30	60	Graduação radiográfica	
							30	60	30	60
26	Akita	M	7	26	Transversa Terço médio	Fixador externo Ia + Pino intramedular de Steinmann	AP: 6º dia PO	AP	5	6
27	Terrier Brasileiro	M	9	7,5	Cominutiva Terço distal	Fixador externo Ia + Pino intramedular de Steinmann	AP: 10º dia PO	AP	4	5
28	Pastor Belga	F	24	25	Cominutiva Terço médio e distal	Fixador externo Ia + Pino intramedular de Steinmann	AP: 12º dia PO	AP	5	6
29	Terrier Brasileiro	M	9	7,5	Cominutiva Terço médio	Fixador externo tipo II	AP: 10º dia PO	IP	1	1
30	SRD	F	72	26	Cominutiva Terço médio	Fixador externo tipo III	AP: 12º dia PO	AP	5	5

Legenda 1:

SRD - Sem raça definida
kg - Quilograma
AP - Apoio pleno do membro operado no solo
IP - Impotência funcional do membro operado
PO - Pós-operatório

Legenda 2 - Análise radiográfica:

1 - Irregularidade nas linhas dos fragmentos
2 - Proliferação periostal inicial
3 - Proliferação periostal marcada
4 - Ponte cortical parcial
5 - Ponte cortical completa/ Linha radiotransparente na falha entre os fragmentos
6 - Ponte cortical completa/ Sem linha radiotransparente

Quadro 6 – Grupo-tratado de pacientes portadores de fratura de tíbia e fíbula (GIII_T)

Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel”, FCAV, UNESP, Jaboticabal – mar. -2001/nov.-2002.

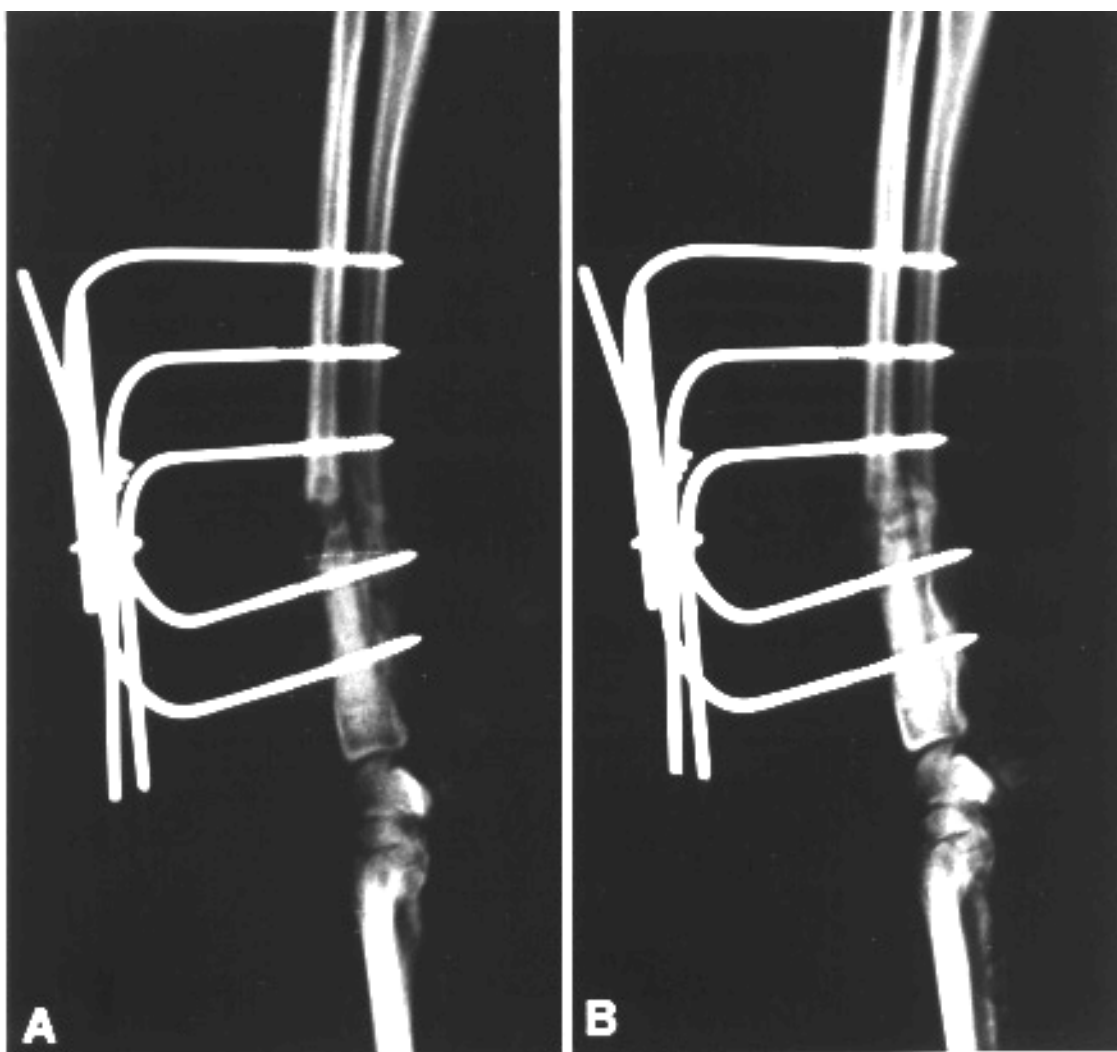


Figura 7 - Imagens radiográficas em projeção médio-lateral de fratura transversa em terço distal de rádio e ulna em cão sem raça definida, fêmea, 36 meses de idade, tratado com osteossíntese com fixador externo unilateral uniplanar, tipo Ia (observação clínica nº 7), do grupo-controle GI_C. A - Aos 30 dias pós-operatórios observa-se ponte cortical parcial (grau 4). B - Aos 60 dias pós-operatórios observa-se ponte cortical completa, com linha radiotransparente na falha entre os fragmentos (grau 5)

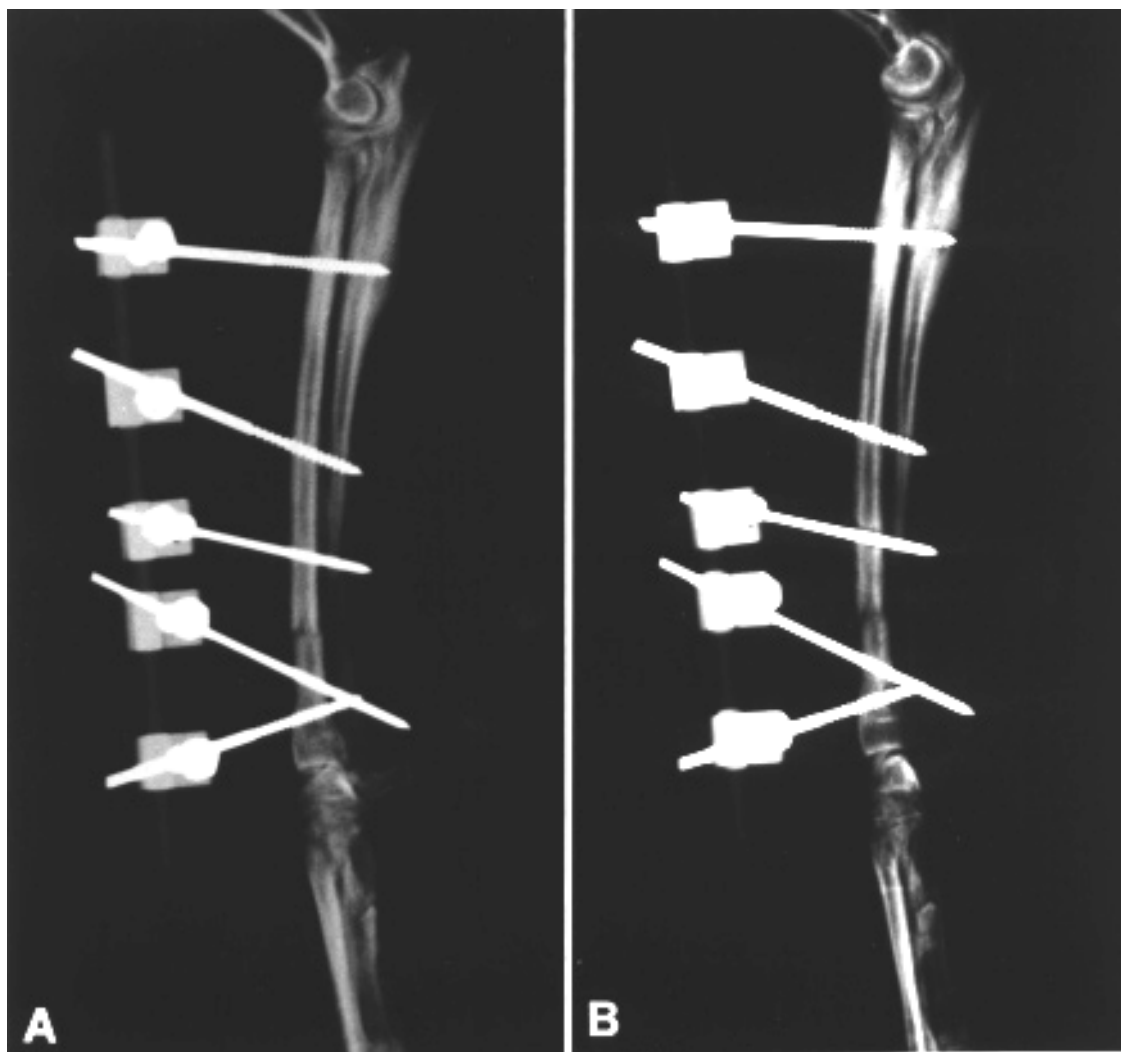


Figura 8 - Imagens radiográficas em projeção médio-lateral de fratura transversa em terço distal de rádio e ulna em cão da raça Terrier Brasileiro, macho, 12 meses de idade, tratado com osteossíntese com fixador externo unilateral uniplanar, tipo Ia (observação clínica nº 10), do grupo-tratado GI_T. A - Aos 30 dias pós-operatórios observa-se ponte cortical completa, com linha radiotransparente na falha entre os fragmentos (grau 5). B - Aos 60 dias pós-operatórios observa-se ponte cortical completa, sem linha radiotransparente (grau 6)



Figura 9 - Imagens radiográficas em projeções crânio-caudal e médio-lateral de fratura transversa em terço distal de fêmur em cão da raça Poodle, macho, 12 meses de idade, tratado com osteossíntese com pino intramedular de Steinmann (observação clínica nº 18), do grupo-tratado GII_T. A, B - Aos 30 dias pós-operatórios observa-se ponte cortical parcial (grau 4). C, D - Aos 60 dias pós-operatórios observa-se ponte cortical completa, com linha radiotransparente na falha entre os fragmentos (grau 5)

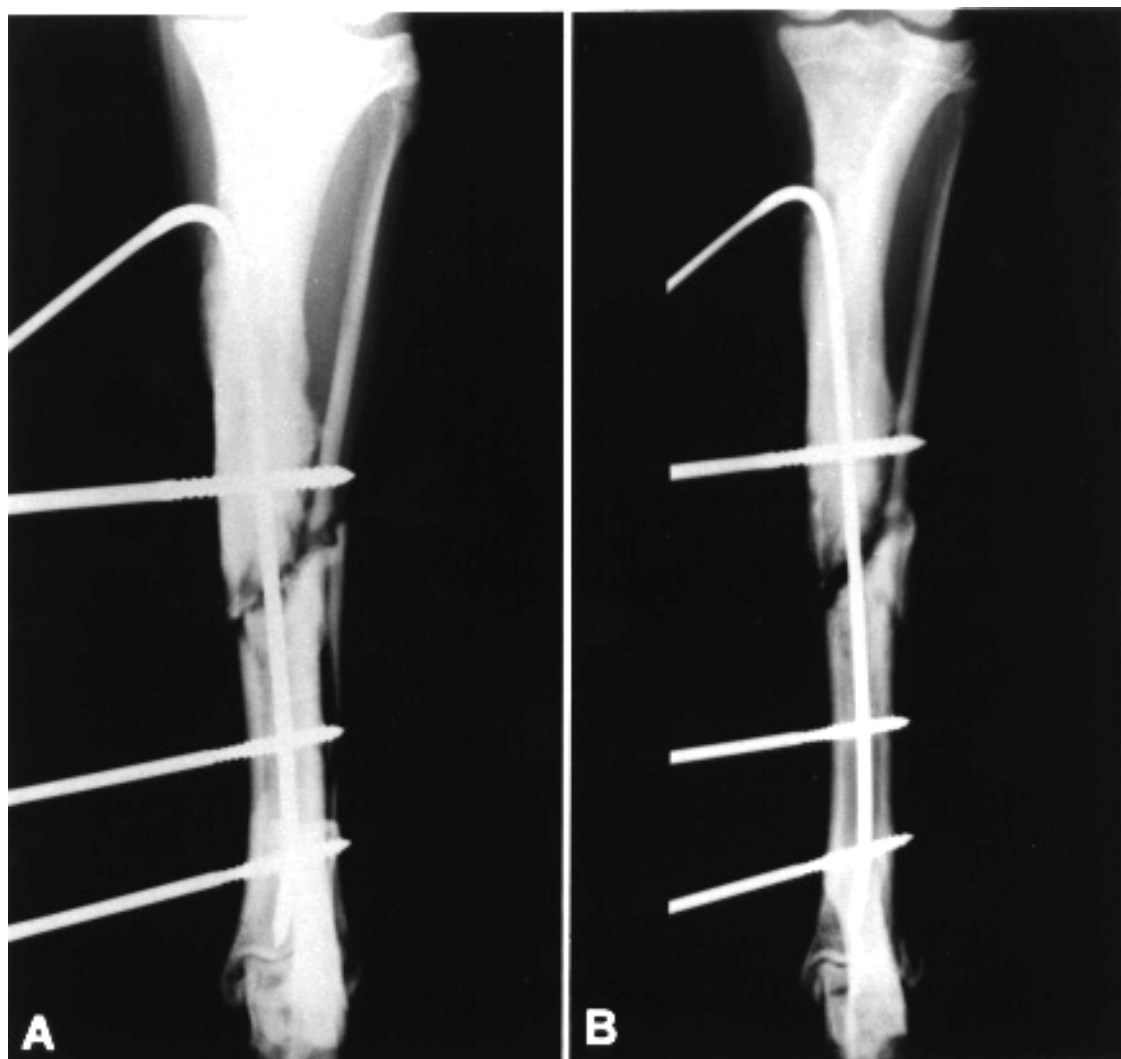


Figura 10 - Imagens radiográficas em projeção crânio-caudal de fratura transversa em terço médio de tibia e fíbula em cão sem raça definida, fêmea, 24 meses de idade, tratado com osteossíntese com fixador externo unilateral uniplanar, tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann pelo método *tie-in* (observação clínica nº 22), do grupo-controle GIII_C. A - Aos 30 dias pós-operatórios observa-se proliferação periosteal inicial (grau 2). B - Aos 60 dias pós-operatórios observa-se proliferação periosteal inicial (grau 2)

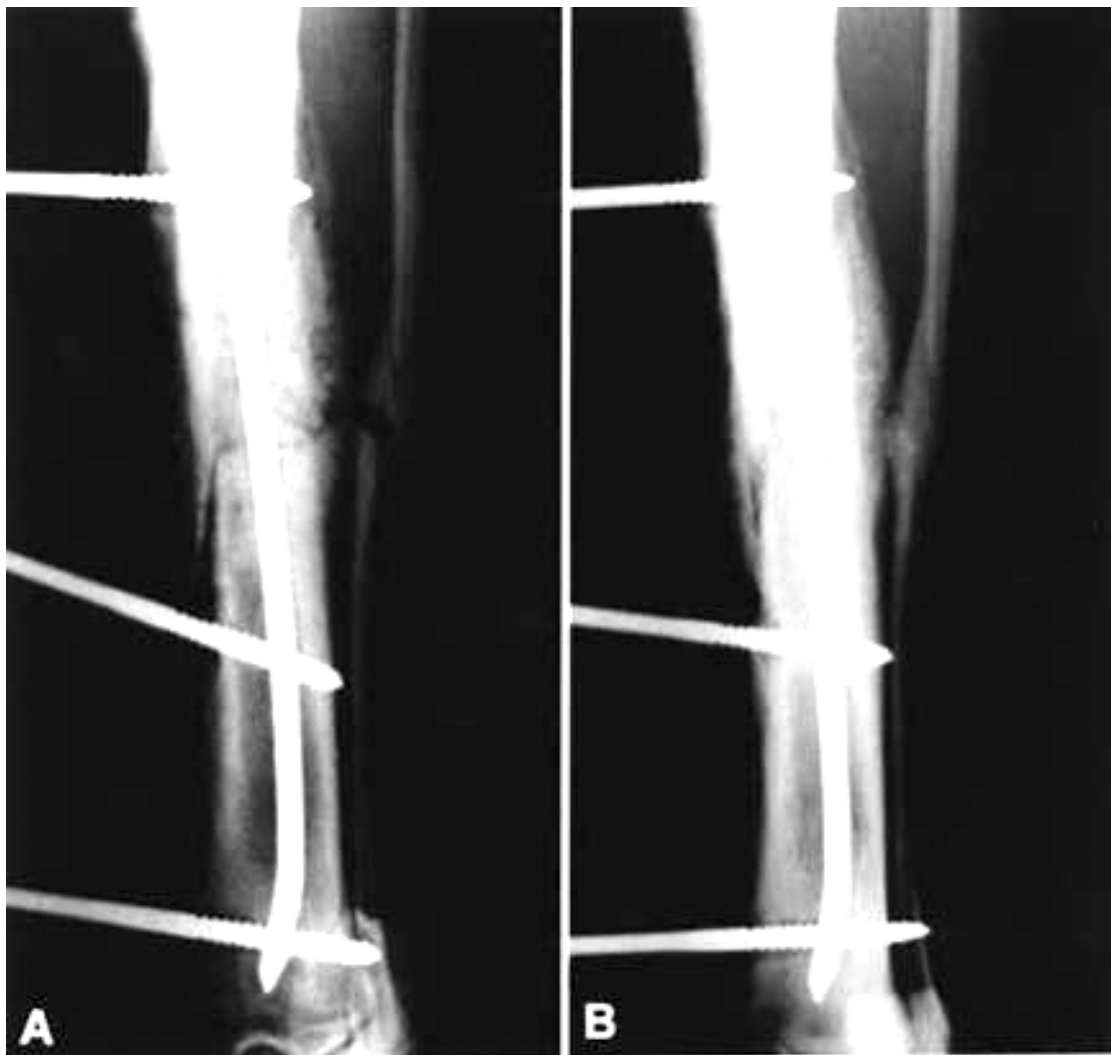


Figura 11 - Imagens radiográficas em projeção crânio-caudal de fratura transversa em terço médio de tíbia e fíbula em cão da raça Akita, macho, sete meses de idade, tratado com osteossíntese com fixador externo unilateral uniplanar, tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann pelo método *tie-in* (observação clínica nº 26), do grupo-tratado GIII_T. A - Aos 30 dias pós-operatórios observa-se ponte cortical completa, com linha radiotransparente na falha entre os fragmentos (grau 5). B - Aos 60 dias pós-operatórios observa-se ponte cortical completa, sem linha radiotransparente (grau 6)

4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados da análise estatística dos resultados da avaliação radiográfica aos 30 e 60 dias pós-operatórios dos animais dos grupos GI, GII e GIII estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise estatística dos resultados das avaliações radiográficas aos 30 e 60 dias pós-operatórios dos animais dos grupos GI, GII e GIII pelo Teste estatístico não paramétrico bilateral de Mann-Whitney e o nível mínimo de significância entre parênteses

Grupo	$U_{Máx} / U_{Crít}$	
	30 dias	60 dias
G _I	0,666 (p=0,7551)	0,816 (p=0,2677)
G _{II}	0,566 (p=0,7857)	0,733 (p=0,3929)
G _{III}	0,695 (p=0,5476)	0,739 (p=0,4206)

p<0,05: significativo a 5%
p≥0,05: não significativo a 5%

Legenda

$U_{Máx}$ - Variável de Mann-Whitney máxima.

$U_{Crít}$ - Variável de Mann-Whitney crítica.

p - Nível mínimo de significância

GI - Grupo de cães portadores de fratura de rádio e ulna

GI - Grupo de cães portadores de fratura de fêmur

GIII - Grupo de cães portadores de fratura de tíbia e fibula

Para que as amostras sejam consideradas estatisticamente diferentes, a relação $U_{Máx}/U_{Crít}$ deve ser maior ou igual a um (ZAR, 1984). Os valores de $U_{Máx}/U_{Crít}$ para todos os grupos foram inferiores a um aos 30 e aos 60 dias pós-operatórios, porém, com tendência para um. Não foi observada diferença significativa entre os animais dos grupos controle e tratado ($p>0,05$). Verificou-se um progresso para as diferenças realçadas entre os grupos controle e tratado aos 60 dias pós-operatórios.

5 DISCUSSÃO

Os mecanismos de ação sugeridos para justificar a estimulação da consolidação óssea pelo ultra-som de baixa intensidade incluem a piezoelectricidade (DUARTE, 1983), o aumento da incorporação de íons de cálcio em culturas de osteócitos e condrócitos (RYABY et al., 1989), estímulo à expressão de proteína agregadora de matriz extracelular (YANG et al., 1996), estímulo à síntese de fatores de crescimento (MASAYA et al., 1998), influência sobre reações celulares envolvidas na consolidação óssea (AZUMA et al., 2001), promovendo a otimização de processos biológicos e biofísicos relacionados à osteogênese (RUBIN et al., 2001). Silva (1998) constatou as diferenças entre fraturas bilaterais de fíbulas de cães nos grupos tratado e controle nas fases iniciais da consolidação óssea, aproximadamente entre a 4^a e 6^a semanas na análise cintilográfica. Rawool et al. (2003) verificaram que a estimulação ultra-sônica de baixa intensidade promoveu o incremento da vascularização no local de osteotomias em ulna de cães, ocorrendo simultaneamente à formação de calo ósseo exuberante e evidente aumento da distribuição do fluxo sangüíneo na região do foco de fratura. Neste trabalho o método de avaliação das fraturas não permitiu a análise dos mecanismos de ação da estimulação ultra-sônica de baixa intensidade sobre a consolidação óssea.

No presente estudo foi utilizado o ultra-som pulsado de baixa intensidade (30 mW/cm²), cujos efeitos benéficos para a consolidação óssea foram comprovados em estudos experimentais em animais de diversas espécies, incluindo coelhos (COOK, 2001; DUARTE, 1977; DUARTE, 1983; PILLA et al., 1990), ratos (AZUMA et al., 2001; WANG et al., 1994; YANG et al., 1996) eqüinos (LIPPIELO; SMALLEY, 1991)

e cães (RAWOOL et al., 2003; SILVA, 1998). O tratamento adjuvante de fraturas utilizando a estimulação ultra-sônica foi aprovado para a realização de diversos estudos clínicos em pacientes da espécie humana (COOK et al., 1997; DUARTE;XAVIER, 1996; EMANI et al., 1999; FRANKEL, 1998; FRANKEL; MIZUNO, 2001; FUJIOKA et al., 2000; HECKMAN et al., 1994; JENSEN et al., 1998; KRISTIANSEN et al., 1997; LANE et al., 1998; MAYR et al., 1998; NOLTE et al., 2001; PETRUCELLI; OPPENHEIM; STRAUSS, 1998; RUBIN et al., 2001; XAVIER; DUARTE, 1983).

O tempo de estimulação ultra-sônica apresenta grande variação na literatura consultada. Duarte (1983) utilizou 15 minutos de terapia ultra-sônica em fíbulas e fêmores de coelhos de quatro a 18 dias; Pilla et al. (1990) empregaram 20 minutos diários, durante 14 a 28 dias, em fíbulas de coelhos; Silva (1990) aplicou a terapia ultra-sônica durante 20 minutos diários, por períodos de 15, 30, 60 e 90 dias em ulnas osteotomizadas de cães; Lippielo e Smalley (1991) utilizaram 20 minutos de estimulação ultra-sônica durante sete semanas em eqüinos submetidos à indução de falhas ósseas bilaterais produzidas experimentalmente no terço médio do metacarpo; Wang et al. (1994) empregaram 15 minutos de EURO durante 14 dias em fraturas femorais de ratos. Yang et al. (1996) realizaram o tratamento com o ultra-som de baixa intensidade por 15 minutos, durante cinco, oito, dez ou 15 dias em fraturas femorais de ratos. Silva (1998) empregou 20 minutos diários por 21 dias em cães submetidos à osteotomia bilateral de fíbula; Azuma et al. (2001) utilizaram 20 minutos diários durante diferentes períodos de tratamento em fraturas de fêmur em ratos com haste intramedular, incluindo um a oito dias, nove a 16 dias, 17 a 24 dias do período pós-cirúrgico; Cook et al. (2001) empregaram cinco, dez, 20 e 40 minutos diários de terapia ultra-sônica para o tratamento de falha óssea

osteocondral de coelhos durante diferentes períodos de tratamento, abrangendo quatro, oito, 12, 24 e 52 semanas do período pós-operatório.

Em estudos clínicos em pacientes da espécie humana o tratamento de fraturas com estimulação ultra-sônica de baixa intensidade é de 20 minutos diários, e o período de tratamento varia de 21 a 180 dias, conforme o tempo de evolução da fratura (fratura recente, retardo de união ou pseudoartrose), de acordo com estudos clínicos (COOK et al., 1997; DUARTE;XAVIER, 1996; EMANI et al., 1999; FRANKEL, 1998; FRANKEL; MIZUNO, 2001; 1998; FUJIOKA et al., 2000; JENSEN et al., 1998; HECKMAN et al., 1994; KRISTIANSEN et al., 1997; LANE et al., 1998; MAYR et al., 1998; NOLTE et al., 2001; PETRUCCELLI, OPPENHEIM; STRAUSS, 1998; RUBIN et al., 2001; XAVIER; DUARTE, 1983).

O trabalho de Silva (1998), foi o que apresentou maior semelhança com este estudo, considerando-se os parâmetros de tratamento de fraturas com estimulação ultra-sônica de baixa intensidade estabelecidos para animais da espécie canina. A autora utilizou 20 mW/cm^2 , durante 20 minutos por 21 dias consecutivos após a fratura nas fíbulas de cães osteotomizadas bilateralmente. A fíbula esquerda recebeu tratamento com a EURO e a fíbula direita foi utilizada como controle. Após avaliações radiográfica e cintilográfica, as fraturas tratadas demonstraram sinais radiográficos de consolidação mais precocemente na maioria dos animais. De acordo com os resultados obtidos pela autora, o tratamento com ultra-som de baixa intensidade demonstrou estimular os eventos iniciais do processo de consolidação óssea em cães. Diante dos resultados observados no trabalho de Silva (1998), neste estudo optou-se por esta metodologia em relação ao tratamento de fraturas recentes com estimulação ultra-sônica de baixa intensidade (30 mW/cm^2) durante 20 minutos diários, por 21 dias consecutivos.

No trabalho em pauta foram observados os efeitos do ultra-som de baixa intensidade sobre a consolidação óssea em cães portadores de fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur e tibia), fechadas recentes, apresentando variações de raça, idade (seis a 72 meses), peso corpóreo (2,3 a 43 kg), submetidos a variados métodos de osteossíntese (pino intramedular de Steinmann, fixação esquelética externa dos tipos Ia, II e III, fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular), provenientes da rotina hospitalar de três instituições. Na literatura consultada não foi encontrado nenhum estudo clínico com estas características relatando o tratamento adjuvante de fraturas de ossos longos com a EURO em cães. Nestes aspectos este estudo é pioneiro, sem referências bibliográficas para comparação dos resultados.

As fraturas de rádio e ulna são comuns em cães e gatos, abrangendo um ou ambos os ossos (PIERMATTEI; FLO, 1999), e ocorrem principalmente no terço médio ou distal da diáfise (HULSE; JOHNSON, 2002; PROBST, 1996). Todos os tipos de fraturas podem ser observados na diáfise radial e ulnar (PIERMATTEI; FLO, 1999) Neste estudo clínico o grupo I, constituído por 12 fraturas de rádio e ulna, classificadas como transversa (n=9), transversa com esquirola (n=1), oblíqua (n=1) e cominutiva (n=1) localizadas em terço médio (n=1) ou terço distal (n=11) de rádio e ulna, em cães de raças variadas, faixa etária entre seis e 72 meses, e 2,5 a 32 kg de peso corpóreo. Verificou-se nesta amostra que a maioria das fraturas de rádio e ulna foram classificadas em transversas, localizadas em terço distal, e ocorreram em cães de raças variadas (Poodle, Pinscher, Terrier Brasileiro e sem raça definida), com faixa etária entre 8 e 12 meses e peso corpóreo entre 2,5 e 6 kg.

A osteossíntese de rádio e ulna com pinos ou fios intramedulares é um procedimento questionado por muitos autores (EGGER, 1998; HULSE; JOHNSON,

2002; LAPPIN et al.,1983; PROBST, 1996). Lappin et al. (1983) avaliaram aos resultados deste procedimento cirúrgico em 15 cães de raças variadas, faixa etária entre três meses e 11 anos e peso corpóreo entre 1,5 kg e 30 kg, portadores de fratura de rádio e ulna expostas ou fechadas, classificadas como simples ou cominutivas, localizadas em terço médio (n=9) ou distal (n=6). Estes autores observaram complicações pós-operatórias em 80% dos casos, incluindo angulação, separação, rotação, osteomielite, retardo na consolidação e moléstia articular degenerativa do cotovelo e carpo. No grupo I (n=12), constituído por cães portadores de fratura em rádio e ulna, a osteossíntese com pino intramedular de Steinmann foi utilizada em cinco fraturas, classificadas como transversa (n=4) e oblíqua (n=1), localizadas em terço médio (n=1) e terço distal (n=4) em cães com faixa etária entre seis e 24 meses de idade, com peso corpóreo entre 2,6 e 11 kg. Apesar das complicações como retardo de união e não união associadas ao uso de pino intramedular para a osteossíntese de rádio e ulna em cães, principalmente em cães de raças de pequeno porte (DEANGELIS¹³⁶ et al., 1973, apud PIERMATTEI; FLO, 1999; LAPPIN, 1983), neste trabalho os animais portadores de fraturas de rádio e ulna tratados com este procedimento não apresentaram as referidas complicações.

A osteossíntese com pino intramedular em rádio e ulna é aplicável apenas em cães de raça de grande porte e deve ser suplementada com coaptação externa (PIERMATTEI; FLO, 1999). Neste estudo a coaptação externa com bandagem esparadrapada ou aparelho de Thomas modificado foi utilizada em todos os cães portadores de fratura de rádio e ulna tratados com este procedimento. Estes

¹³⁶ DE ANGELIS, M.; OLDS, R. B. Repair of fractures of the radius and ulna in small dogs. *Journal of American Animal Hospital Association*, v. 9, p. 436-441, 1973.

pacientes apresentaram boa evolução clínica nos grupos tratado e controle, não tendo sido observadas as complicações como angulação, separação, rotação, osteomielite, retardo na consolidação e moléstia articular degenerativa do cotovelo e carpo, inclusive em cães de raças de pequeno porte, como os resultados citados por Lappin et al. (1983).

A osteossíntese de rádio e ulna com fixação esquelética externa é amplamente empregada na medicina veterinária (HULSE; JOHNSON, 2002; JOHNSON; KNELLER; WEIGEL, 1989; PIERMATTEI; FLO, 1999). O fixador externo unilateral uniplanar (tipo Ia) é indicado para fraturas de rádio e ulna estáveis, transversas ou oblíquas, (PROBST, 1996), sem expectativas de alterações no processo de reparo ósseo (DE CAMP; BRINKER; SOUTAS-LITTLE¹³⁷, 1988 apud RUDD; WHITEHAIR, 1992). Neste estudo clínico os animais tratados com fixação esquelética externa unilateral uniplanar (tipo Ia) incluíram seis fraturas classificadas como transversa (n=5) ou cominutiva (n=1), localizadas em terço distal de rádio e ulna, em cães com faixa etária entre oito e 72 meses, e peso corpóreo entre 2,5 e 32 kg.

Os fixadores externos bilaterais uniplanares (tipo II) são utilizados para a osteossíntese de fraturas diafisárias de rádio e ulna simples, relativamente estáveis (EGGER, 1998; RUDD; WHITEHAIR, 1992), fraturas com fragmento distal curto (DENNY; BUTTERWORTH, 2000), e fraturas cominutivas graves (HULSE; JOHNSON, 2002; JOHNSON, SEITZ; SMITH 1996; LAVERTY, 2002). Laverty et al. (2002) utilizaram este método de osteossíntese em 24 fraturas de rádio e ulna classificadas como simples, em cães de raças variadas, com faixa etária entre um e

¹³⁷ DE CAMP, C. E.; BRINKER, W. O. SOUTAS-LITTLE, R. W. Porous titanium-surfaced pins for external skeletal fixation. *Journal of. American Animal Hospital Association*, v. 24, p. 295 1988.

dez anos e 2 a 54 kg de peso corpóreo, e em 20 fraturas cominutivas em animais com faixa etária entre sete meses e nove anos e 1,4 a 59 kg de peso corpóreo. As complicações pós-operatórias constatadas nestes pacientes incluíram reabsorção óssea no foco de fratura, retardo de consolidação óssea e osteomielite, principalmente em cães com peso corporal inferior a 5 kg. Neste trabalho o paciente submetido à osteossíntese com fixação esquelética externa uniplanar bilateral (tipo II) pertenceu ao grupo-tratado GI_T (observação clínica nº 12), portador de fratura transversa com duas esquirolas no foco de fratura, em terço distal de rádio e ulna, cão de raça Pit Bull, 24 meses de idade e 21 kg de peso corpóreo. Este cão apresentou boa evolução clínica pós-operatória, sem as complicações citadas por Laverty et al. (2002).

As fraturas de diáfise femoral abrangem aproximadamente 45% das fraturas de ossos longos, (UNGER¹³⁸ et al., 1990 apud PIERMATTEI; FLO, 1999). É indicado o tratamento destas fraturas com redução aberta e fixação interna (PIERMATTEI; FLO, 1999). Estas podem ser transversas, oblíquas, em espiral ou cominutivas (MILTON, 1998; PIERMATTEI; FLO, 1999). No grupo II, constituído por oito fraturas de fêmur verificou-se a ocorrência de fraturas classificadas como transversas (n=5), transversa com esquirola (n=1), fragmentar (n=1) e cominutiva (n=1) localizadas em terço proximal (n=1), terço médio (n=6) ou terço distal (n=1) em cães de raças variadas, faixa etária entre nove e 72 meses e 2,3 a 27 kg de peso corpóreo.

As fraturas de fêmur estáveis, do tipo incompleta ou completa transversa podem ser tratadas por osteossíntese com pino intramedular (DENNY; BUTTERWORTH, 2000; GILMORE, 1996; HULSE; JOHNSON 2002; MILTON, 1998;

¹³⁸ UNGER, M.; MONTAVON, P. M.; HEIM, U. F. A. Classification of fractures of the long bones in the dog and cat: Introduction and clinical application. *Veterinary Comparative Orthopaedic Traumatology*, v. 3, p. 41-50, 1990.

PIERMATTEI; FLO,1999). Braden et al (1995) verificaram em estudo retrospectivo a utilização deste método de osteossíntese principalmente em cães e gatos de pequeno porte, de raças variadas, com peso corporal entre 3 e 14 kg. No grupo II (n=8), formado por pacientes portadores de fraturas de fêmur, a osteossíntese com um pino intramedular foi empregada em duas fraturas, classificadas como transversas, localizadas em terço médio (n=1) e distal (n=1), em cães da raça Poodle, com 12 e 72 meses de idade e 8 e 10 kg de peso corpóreo, respectivamente. Os pacientes apresentaram boa evolução clínica pós-operatória, apesar dos resultados referidos por Vasseur ,Paul e Crumley (1984), sobre a ineficiência do uso de um único pino intramedular para neutralizar as forças biomecânicas de rotação no foco de fratura. No estudo biomecânico realizado por Dallman et al. (1990) concluiu-se pela vantagem na utilização de mais de um pino intramedular para o controle das forças rotacionais no foco de fratura. A osteossíntese com dois pinos intramedulares foi aqui utilizada em três fraturas, classificadas como transversas, localizadas em terço proximal (n=1), e médio (n=2) em cães sem raça definida, com faixa etária entre nove e 48 meses, e peso corpóreo entre 10 e 13 kg, com evolução clínica satisfatória em todos os casos.

O fixador externo é associado ao uso do pino intramedular para promover maior estabilidade no foco de fratura, pela redução da movimentação e rotação no foco de fratura (DENNY; BUTTERWORTH, 2000; FOLAND; SCHWARZ; SALMAN, 1991; PIERMATTEI; FLO, 1999) pela neutralização das forças axiais e rotacionais, sendo eficiente durante o processo de consolidação óssea (ANDERSON; ARON, 1998; HULSE; JOHNSON, 2002). Este procedimento de osteossíntese é geralmente utilizado em fraturas diafisárias femorais transversas, oblíquas curtas e minimamente cominutivas (WHITEHAIR; VASSEUR, 1992). Aron et al. (1991) utilizaram o fixador

externo (tipo Ia) associado ao uso de pino intramedular de Steinmann pelo método *tie-in* em 14 cães com faixa etária entre três meses e oito anos, portadores de fraturas de fêmur classificadas como transversa (n=6), cominutiva (n=5), fragmentar (n=1), espiral (n=1) ou oblíqua (n=1) localizadas em terço proximal (n=1) médio (n=9) ou distal (n=4). Neste trabalho a fixação esquelética externa associada ao uso de pino intramedular de Steinmann pelo método *tie-in* foi utilizada em três fraturas de fêmur, classificadas como transversa com esquirola (n=1), cominutiva (n=1) ou fragmentar (n=1), localizadas em terço médio do fêmur em cães com faixa etária entre nove e 24 meses, apresentando 2,3 a 27 kg de peso corpóreo. Todos os pacientes apresentaram evolução clínica satisfatória, conforme os resultados observados por Aron et al. (1991).

As fraturas da diáfise tibial são comuns em cães e gatos, abrangendo 20% das fraturas de ossos longos (BOONE, 1986; JOHNSON; KNELLER; WEIGEL, 1989). As fraturas oblíquas, em espiral, cominutivas e expostas são as mais observadas (BOONE, 1986). O grupo III foi constituído de fraturas de tíbia e fíbula, classificadas como transversa (n=3), oblíqua (n=2) e cominutiva (n=5), localizadas em terço médio (n=8) e distal (n=3), em cães de raças variadas, com faixa etária entre sete e 72 meses, e peso corpóreo entre 7,5 e 43 kg. As fraturas de tíbia e fíbula são tratadas satisfatoriamente com o uso da transfixação externa, empregando-se diversas configurações (HULSE; JOHNSON, 2002; PIERMATTEI; FLO, 1999). No trabalho em pauta os cães foram submetidos à osteossíntese com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann, fixador externo do tipo II e tipo III com resultados clínicos favoráveis.

A fixação esquelética externa do tipo Ia associada ao pino intramedular é indicada em fraturas transversas ou oblíquas curtas de tíbia e fíbula. Fraturas oblíquas longas ou cominutivas são adequadamente tratadas com a combinação destes implantes associada ao uso de fio de cerclagem para promover compressão interfragmentar (HULSE; JOHNSON, 2002). Shanir e Shahar (2002) constataram excelentes resultados clínicos com a utilização deste procedimento para a osteossíntese de fraturas diafisárias de tíbia e fíbula em dez cães de raças variadas, faixa etária entre cinco meses a dez anos, 6 kg a 70 kg de peso corporal, portadores de fraturas do tipo transversa, oblíqua e cominutiva, localizadas em terço médio ou distal. A presença de infecção na região do pino de transfixação proximal foi observada em dois cães. No presente estudo a osteossíntese com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular de Steinmann foi empregada pelo método *tie-in* em cinco fraturas classificadas como transversa (n=3) e cominutiva (n=2), em cães com faixa etária entre sete e 24 meses, e 7,5 a 40 kg de peso corpóreo. Todos os animais apresentaram bons resultados clínicos com este método de osteossíntese. Constatou-se a ocorrência de osteólise moderada em um dos pinos de transfixação externa nas observações clínicas n^{os} 22 e 26. Este achado radiográfico não foi relacionado à presença de infecção óssea, referida por Shanir e Shahar (2002) em dois cães, e também não comprometeu a estabilidade do fixador externo.

A osteossíntese de tíbia e fíbula com fixação esquelética externa do tipo II é recomendada em fraturas complexas, com esquírolas, não redutíveis, onde não é possível a divisão de cargas (ROUSH, 1992; PIERMATTEI; FLO,1999). Johnson Seitz e Smith (1996) realizaram estudo clínico empregando este procedimento em 14 cães, constatando a sua eficiência em fraturas de tíbia e fíbula. Neste estudo,a

osteossíntese com fixador externo bilateral uniplanar (tipo II) associada ao uso de parafusos foi realizada na observação clínica nº 29, fratura cominutiva, localizada em terço médio, em cão de raça Terrier Brasileiro, nove meses de idade e 7,5 kg. Este paciente apresentou fratura de tíbia e fíbula bilateral (observações clínicas nºs 27 e 29), com osteólise acentuada nos pinos transfixantes proximal e distal ao foco de fratura (observação clínica nº 29) no 30º dia pós-operatório, e quebra dos dois pinos no 60º dia após o procedimento cirúrgico. Provavelmente este fato ocorreu devido à ausência do repouso recomendado no período pós-operatório.

A fixação esquelética externa bilateral biplanar (tipo III) é recomendada para a osteossíntese de fraturas de tíbia e fíbula com segmento distal ou proximal muito curtos (PIERMATTEI; FLO, 1999) e em fraturas cominutivas (HULSE; JOHNSON, 2002). Foland e Egger (1991) realizaram a osteossíntese com esta configuração em 14 fraturas de tíbia e fíbula, classificadas como oblíqua ou cominutiva, localizadas em terço proximal, médio ou distal, em cães com faixa etária entre seis meses a 11 anos, com peso corporal entre 15kg e 40kg, observando resultados clínicos satisfatórios, com a evolução do apoio do membro operado no solo. A ocorrência de secreção acentuada na área dos pinos de fixação foi a complicação mais comum. Neste trabalho a transfixação externa bilateral biplanar (tipo III) foi utilizada em quatro fraturas de diáfise tibial, classificadas como oblíqua (n=2) e cominutiva (n=2), localizadas em terço médio (n=3) e distal (n=1), em cães com faixa etária entre 12 e 72 meses, com 26 a 43 kg de peso corpóreo, com boa evolução clínica pós-operatória, conforme os resultados constatados por Foland e Egger (1991).

O padrão de consolidação óssea varia conforme as condições mecânicas presentes na região da linha de fratura (PIERMATTEI; FLO, 1999). A consolidação óssea secundária ou indireta ocorre em áreas de contato ósseo intermitente (PIERMATTEI; FLO, 1999), onde há micromovimentos no foco de fratura que estimulam a formação de calo ósseo (GOODSHIP; KENWRIGTH¹³⁹ 1986 apud REMEDIOS, 1999). No trabalho em pauta o padrão de consolidação óssea observado foi a secundária ou indireta, em fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tíbia e fíbula), em cães submetidos à osteossíntese com pinos intramedulares, fixadores externos e fixação esquelética externa associada ao uso de pino intramedular, conforme Piermattei e Flo (1999).

O exame radiográfico foi amplamente utilizado para a avaliação da evolução da consolidação óssea com o tratamento adjuvante do ultra-som de baixa intensidade, tendo sido empregado em estudos experimentais em animais (AZUMA, et al., 2001; DUARTE, 1977; DUARTE, 1983; PILLA et al., 1990; RAWOOL et al., 2003; SILVA, 1990; SILVA, 1998; WANG et al., 1994) e em estudos clínicos em pacientes da espécie humana (COOK et al., 1997; DUARTE; XAVIER, 1996; FRANKEL, 1998; FRANKEL; MIZUNO, 2001; FUJIOKA et al., 2000; HECKMAN et al., 1994; JENSEN et al., 1998; KRISTIANSEN et al., 1997; LANE, et al., 1998; MAYR et al., 1998; NOLTE et al., 2001; PETRUCCELLI; OPPENHEIM; STRAUSS, 1998; XAVIER; DUARTE, 1983).

Toal (1994) descreveu características radiográficas para a consolidação óssea secundária. Conforme estas observações, Silva (1998) estabeleceu seis graus de evolução da consolidação óssea, abrangendo as alterações iniciais de

¹³⁹ GOODSHIP, A. E.; KENWRIGTH, J. The influence of induced micro-environment upon the healing of experimental tibia fracture. **The Journal of Bone & Joint Surgery (Br)**, v. 67-B, p. 650, 1986.

irregularidade nas linhas entre os fragmentos (grau 1), as reações de ponte cortical (graus 2 a 5), e as observações de preenchimento da linha de fratura com calo endosteal, caracterizada pela presença ou ausência da linha radiotransparente entre os fragmentos (graus 5 e 6). No presente estudo clínico as fraturas dos animais dos grupos tratado e controle foram avaliadas radiograficamente, conforme a pontuação da escala utilizada por Silva (1998).

Ao avaliar os achados radiográficos das fraturas bilaterais de fíbula dos grupos tratado e controle, Silva (1998) constatou que na maioria dos animais as fraturas tratadas com estimulação ultra-sônica de baixa intensidade demonstraram sinais radiográficos de evolução para consolidação mais precocemente que as fraturas não tratadas. Neste estudo clínico, em conformidade com os resultados de Silva (1998) observou-se que a maioria dos animais tratados com ultra-som de baixa intensidade apresentou sinais radiográficos de consolidação óssea (graus 4 a 6) até o 60º dia pós-operatório, exceto nas observações clínicas nºs 11, 20 e 29, com graus 1 a 3 neste período (Quadros 1 a 6).

Nos pacientes portadores de fratura de rádio e ulna submetidos à osteossíntese com pino intramedular, a análise qualitativa dos exames radiográficos demonstrou sinais precoces de consolidação óssea na observação clínica nº 8, com presença de ponte cortical completa (grau 5) aos 30 dias pós-operatórios e consolidação óssea (grau 6) aos 60 dias pós-operatórios, em cão da raça Poodle, com oito meses de idade e 2,5 kg de peso corporal, portador de fratura oblíqua em terço distal de rádio e ulna, tratado com estimulação ultra-sônica de baixa intensidade. Na maioria das fraturas do grupo-controle GI_C tratadas com este procedimento cirúrgico (observações clínicas nºs 1 a 3) verificou-se ponte cortical

parcial (grau 4) no 30º dia pós-operatório e graus com variação de 4 a 6 no 60º dia pós-operatório.

Nos animais do grupo-tratado GI_T submetidos à osteossíntese com fixação esquelética externa do tipo Ia observaram-se sinais radiográficos precoces de consolidação óssea (graus 5 e 6, aos 30 e 60 dias pós-operatórios, respectivamente) na observação clínica nº 10, fratura classificada como transversa, localizada em terço distal, em cão da raça Terrier Brasileiro, com 12 meses de idade e 6 kg de peso corpóreo. Na observação clínica nº 11 a fratura classificada como cominutiva, localizada em terço distal, em cão da raça Pastor Alemão, 72 meses de idade e 32 kg foram constatados, no exame radiográfico, graus 2 (proliferação periostal inicial) e 3 (proliferação periostal marcada) aos 30 e 60 dias pós-operatórios, respectivamente. No grupo-controle GI_C a maioria das fraturas de rádio e ulna estabilizadas com este método de osteossíntese (observações clínicas nºs 4 a 7) demonstraram graus 4 e 5 nestes períodos, respectivamente, com exceção da observação clínica nº 6, com grau 1 (irregularidade nas linhas dos fragmentos) até o 60º dia pós-operatório.

O paciente submetido à osteossíntese de rádio e ulna com fixação esquelética externa bilateral uniplanar (tipo II) pertenceu ao grupo-tratado GI_T, (observação clínica nº 12), portador de fratura transversa com duas esquirolas no foco de fratura, em terço distal de rádio e ulna, cão de raça Pit Bull, 24 meses de idade e 21 kg de peso corpóreo. Este animal apresentou ponte cortical parcial (grau 4) no 30º dia pós-operatório, e consolidação óssea (grau 6) no 60º dia pós-operatório.

Nos pacientes do grupo II tratados com osteossíntese com pino intramedular de Steinmann e estimulação ultra-sônica, na análise radiográfica qualitativa, na observação clínica nº 18 (fratura transversa, em terço distal de fêmur, em cão da raça Poodle, com 12 meses de idade e 8 kg de peso corporal) foram observados graus 4 e 5 aos 30 e 60 dias pós-operatórios, respectivamente. A observação clínica nº 19 (fratura transversa, em terço médio de fêmur, em cão da raça Poodle, com 72 meses de idade e 10 kg de peso corporal) apresentou ponte cortical completa (grau 5) aos 30 e 60 dias pós-operatórios. Todos os cães do grupo-controle GII_C, cuja osteossíntese foi realizada com o uso de dois pinos intramedulares (observações clínicas nºs 13 a 15), apresentaram graus 4 e 5 aos 30 e 60 dias pós-operatórios, respectivamente.

A fratura de fêmur submetida à osteossíntese com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular pelo método *tie-in* e tratamento adjuvante com EURO, em cão da raça Pinscher, 24 meses de idade e 2,3 kg (observação clínica nº 20) não apresentou sinais radiográficos de consolidação óssea até o 60º dia pós-operatório (grau 1). Este paciente apresentou fratura transversa com duas esquirolas no terço médio da diáfise femoral. A falha óssea se apresentou na córtex óssea medial tendo sido mensurada em aproximadamente 10 mm. De acordo com os achados de Silva (1990), a estimulação ultra-sônica de baixa intensidade não promoveu a consolidação óssea em ulnas de cães submetidos a osteotomias com 7mm de falha óssea. No grupo-controle GII_C as fraturas tratadas com este método de osteossíntese (observações clínicas nºs 16 e 17) demonstraram graus 4 e 5 no 30º dia pós-operatório e graus 5 e 6 no 60º dia pós-operatório, respectivamente.

No grupo III as fraturas de tíbia e fíbula estabilizadas com fixador externo do tipo Ia associado ao uso de pino intramedular pelo método *tie-in* tratadas com EURO apresentaram sinais radiográficos de consolidação óssea. As observações clínicas n^{os} 26 e 28 apresentaram ponte cortical completa (grau 5) no 30^o dia pós-operatório, evoluindo para a consolidação óssea (grau 6) no 60^o dia pós-operatório. A observação clínica n^o 27 demonstrou graus 4 e 5 respectivamente, neste período. Nas observações clínicas n^{os} 21 e 22 (fraturas do grupo-controle GIII_C submetidas a este tipo de osteossíntese) verificaram-se graus 4 e 2 no 30^o dia pós-operatório, e graus 5 e 2 no 60^o dia pós-operatório, respectivamente.

A osteossíntese de tíbia e fíbula com fixador externo bilateral uniplanar (tipo II) associada ao uso de parafusos foi realizada n^o 29, cominutiva, localizada em terço médio, em cão de raça Terrier Brasileiro, com nove meses de idade e 7,5, kg de peso corporal. Este paciente apresentou fratura de tíbia e fíbula bilateral (observações clínicas n^{os} 27 e 29). O tratamento adjuvante com o ultra-som de baixa intensidade não promoveu sinais radiológicos de consolidação óssea (grau 1) até o 60^o dia pós-operatório na observação clínica n^o 29. Aos 60 dias pós-operatórios foi constatada a quebra de dois pinos proximal e distal ao foco de fratura. Esta situação de instabilidade no foco de fratura justifica a ausência de consolidação óssea neste cão, de acordo com Egger (1998).

A osteossíntese de tíbia e fíbula com fixação esquelética externa bilateral biplanar (tipo III) foi realizada na observação clínica n^o 30, (fratura cominutiva, em terço médio, em cão sem raça definida, com 72 meses de idade e 26 kg, tratado com EURO). Este cão apresentou ponte cortical completa (grau 5) aos 30 e 60 dias pós-operatórios. A maioria das fraturas dos animais do grupo-controle GIII_C estabilizadas com este procedimento em cães de raças variadas, com 11 a 36

meses de idade e 12 a 43 Kg (observações clínicas n^{os} 23 a 25) apresentaram graus com variação de 4 a 5 aos 30 e 60 dias pós-operatórios, respectivamente.

No presente trabalho não foi observada diferença significativa entre os animais dos grupos tratado e controle na análise estatística dos resultados das avaliações radiográficas nos 30^o e 60^o dias pós-operatórios, utilizando o teste não paramétrico bilateral de Mann-Whitney (Tabela 1). Nos períodos de avaliação observados constatou-se uma tendência para o progresso para as diferenças realçadas entre os pacientes dos grupos tratado e controle. Provavelmente estas diferenças seriam evidenciadas em um período de avaliação mais longo. Apesar da ausência de comprovação estatística, os cães tratados com o ultra-som pulsado de baixa intensidade apresentaram sinais clínicos e radiográficos de consolidação óssea, em conformidade com os resultados de estudos experimentais realizados em animais (AZUMA, et al., 2001; DUARTE, 1977; DUARTE, 1983; PILLA et al., 1990; SILVA, 1998; WANG et al., 1994, YANG et al., 1996) e estudos clínicos em pacientes da espécie humana (COOK et al., 1997; DUARTE; XAVIER, 1996; FRANKEL, 1998; FRANKEL; MIZUNO, 2001; FUJIOKA et al., 2000; HECKMAN et al., 1994; JENSEN et al., 1998; KRISTIANSEN et al., 1997; LANE et al., 1998; MAYR et al., 1998; NOLTE et al., 2001; PETRUCCELLI, OPPENHEIM; STRAUSS, 1998; RUBIN et al., 2001; XAVIER; DUARTE, 1983).

Inúmeros aspectos do tratamento adjuvante de fraturas de ossos longos em cães com o uso do ultra-som de baixa intensidade ainda devem ser esclarecidos. A implementação de protocolos de tratamento determinando o número de aplicações de estimulação ultra-sônica necessárias para a consolidação óssea, considerando-se a influência de variáveis como raça, idade e peso do paciente, localização e classificação das fraturas, e métodos de osteossíntese seria possível pela

continuidade deste campo de pesquisa em estudos clínicos abrangendo um número maior de pacientes. A utilização deste procedimento em fraturas com expectativas de complicações, principalmente em casos de retardo ou ausência de consolidação óssea deve ser incentivada na rotina hospitalar veterinária. A associação de técnicas de avaliação clínica, radiográfica e cintilográfica poderiam possibilitar uma análise mais apurada dos efeitos deste tratamento adjuvante em pacientes da espécie canina, em estudos clínicos futuros.

Na área da ortopedia de pequenos animais a estimulação ultra-sônica de baixa intensidade como tratamento adjuvante de fraturas em ossos longos é uma tecnologia promissora, representando uma vasta linha de pesquisa no processo de aceleração da consolidação óssea.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados observados neste estudo clínico pode-se concluir:

1- A estimulação ultra-sônica de baixa intensidade é tratamento adjuvante de fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur tibia e fíbula) de execução viável em animais da espécie canina.

2- A aplicação do ultra-som pulsado de baixa intensidade (30 mW/cm^2) em fraturas de ossos longos recentes, durante 20 minutos diários, por 21 dias consecutivos promove sinais radiográficos aparentes de consolidação óssea na maioria das fraturas tratadas, em animais da espécie canina.

3- O exame radiográfico, aliado ao exame clínico, é eficiente para a avaliação da evolução da consolidação óssea em animais da espécie canina portadores de fraturas de ossos longos (rádio e ulna, fêmur, tibia e fíbula), submetidos à estimulação ultra-sônica de baixa intensidade.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. A.; ARON, D. N. Repairing humeral and femoral fractures with external skeletal fixation. **Veterinary Medicine**, p. 455-461, may 1998.

ARON, D.N.; FOUTZ, T.L.; KELLER,W.G.; BROWN,J. Experimental and clinical experience with an IM pim external skeletal fixator tie-in configuration. **Veterinary Comparative Orthopaedic Traumatology**, v. 4, p. 86-94, 1991.

AZUMA, Y.; ITO, M.; HARADA, Y.; TAKAGI, H.; OHTA, T.; JINGUSHI, S. Low-intensity pulsed ultrasound accelerates rat femoral fracture healing by acting on the various cellular reactions in the fracture callus. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 16, n. 4, p. 671-680, 2001.

BOUDRIEAU, R. J. Foreword. **Seminars in Veterinary Medicine and Surgery (Small Animal)**, v. 6, n. 1, p. 1-3, Feb.1991.

BOONE, E. G.; JOHNSON, A. L.; MONTAVON, P.; HOHN, R. B. Fractures of the tibial diaphysis in dogs and cats. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 188, n. 1, p. 41-45, Jan. 1986.

BRADEN, T. D.; EICKER, S. W.; ABDINOOR, D.; PRIEUR,W. D. Characteristics of 1000 femur fractures in the dog and cat . **Veterinary Comparative Orthopaedic Traumatology**, v. 8, p. 203-209, 1995.

BROWN, S. G.; KRAMERS, P. C. Consolidação óssea indireta (secundária). In: BOJRAB, M. J. **Mecanismos da moléstia na cirurgia dos pequenos animais**. São Paulo: Manole, 1996. p. 783-790.

COOK, S. D.; RYABY, J. P.; MCCABE, J.; FREY, J. J.; HECKAMN, J. B.; KRISTIANSEN, T. K. Acceleration of tibia and distal radius fracture healing in patients who smoke. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 337, p. 198-207, 1997.

COOK, S. D.; SALKED, S. L.; POPICH-PATRON, L. S.; RYABY, J. P.; JONES, D. G.; BARRACK, R. L. Improved cartilage repair after treatment with low-intensity pulsed ultrasound. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 391S, p. S231-S243, 2001.

DALLMAN, M. J.; MARTIN, R. A.; BRIAN, P.; SELF, B. S.; WALLACE GRANT, J. Rotational strength of double-pinning techniques in repair of transverse fractures in femurs of dogs. **American Journal Veterinary Research**, v. 51, p. 123-127, 1990.

DENNY, H. R.; BUTTERWORTH, S. J. Fracture healing. In:_____. **A guide to canine and feline orthopedic surgery**. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 3-23.

DENNY, H. R.; BUTTERWORTH, S. J. The femur. In:_____. **A guide to canine and feline orthopedic surgery**. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 501-511.

DENNY, H. R.; BUTTERWORTH, S. J. The radius and ulna. In:_____. **A guide to canine and feline orthopedic surgery**. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 389-408.

DE YOUNG, D. J.; PROBST, C. W. Métodos de fixação interna das fraturas. In: SLATTER, D. H. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Manole, 1998. v.1, p. 1909-1933.

DUARTE, L. R. **Estimulação ultra-sônica do calo ósseo**. 1977. 115 f. Tese (Livre-Docência na Disciplina Materiais para Implantes do Departamento de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1977.

DUARTE, L. R. The stimulation of bone growth by ultrasound. **Archives of Orthopaedic and Traumatic Surgery**, v. 101, p. 153-159, 1983.

DUARTE, L. R.; XAVIER, C. Review of non-unions treated by low level ultrasound. In: WORLD CONGRESS SICOT, 20.,1996, Amsterdam. **Final Programme...** Amsterdam, 1996. p. 2.110.

EGGER, E. L. Fixação esquelética externa. Princípios gerais. In: SLATTER, D. H. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Manole, 1998. v. 1, p. 1944-1966.

EGGER, E. L. Fraturas do rádio e ulna. In: SLATTER, D.H. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Manole, 1998. v. 1, p. 2062-2067.

EMANI, A.; LARSSON, A.; PETREN-MALLMIN, M.; LARSSON, S. Serum bone markers after intramedullary fixed tibial fractures. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 368, p. 220-229-207, 1999.

FOLAND, M. A.; EGGER, E. L. Application of tipe III external fixators: A review of 23 clinical fractures in 20 dogs and two cats. **Journal of American Animal Hospital Association**, v. 27, p. 193-202, 1991.

FOLAND, M. A.; SCHWARZ, P. D.; SALMAN, M. D. The adjunctive use of half-pin (tipe I) external skeletal fixators in combination with intramedullary pins for femoral fracture fixation. **Veterinary Comparative Orthopaedic Traumatology**, v.4, p. 77-85, 1991.

FRANKEL, V. H. Results of prescription use of pulse ultrasound therapy in fracture management. **Surgical technology International VII**, p. 389-393, 1998.

FRANKEL, V. H.; MIZUNO, K. Management of non-union with pulsed, low-intensity ultrasound therapy-International results. **Surgical technology International X**, p. 1-6, 2001.

FUJIOKA, H.; TSUNODA, M.; NODA, M.; MATSUI, N.; MIZUNO, K. Treatment of ununited fracture of the hook of hamate by low-intensity ultrasound: a case report. **The Journal of Hand Surgery**, v. 25A, n. 1, p. 77-79, 2000.

GILMORE, D. R. Membro pélvico. In: BOJRAB, M. J.; BIRCHARD, S. J.; TOMLINSON, J. L. **Técnicas atuais em cirurgia de pequenos animais** 3.ed. São Paulo: Roca, 1996, p. 646-648.

GORSE, M. J. Using external skeletal fixation for fractures of the radius and ulna and tibia **Veterinary Medicine**, p. 463-467, may 1998.

HECKMAN, J. D.; RYABY, J. P.; MCCABE, J.; FREY, J. J.; KILCOYNE, R. F. Acceleration of tibial fracture-healing by non-invasive, low intensity pulsed ultrasound. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 76-a, n. 1, p. 26-34, 1994.

HULSE, D. A.; JOHNSON, A. L. Tratamento de fraturas específicas. In: FOSSUM, T. W. **Cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Roca, 2002. p. 892-900, 947-958, 963-974.

HULSE, D. A.; JOHNSON, A. L. Fundamentos da cirurgia ortopédica e tratamento de fraturas. In: FOSSUM, T. W. **Cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Roca, 2002. p. 787, 820-829.

JENSEN, J. E. Stress fracture in the world class athlete: a case study. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 4, p. 783-787, 1998.

JOHNSON, A. L.; BOONE, E. G. Fraturas da tíbia e fíbula. In: SLATTER, D. H. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Manole, 1998. v.1, p. 2202-2213.

JOHNSON, A. L.; DECAMP, C. E. External skeletal fixation.: Linear fixators. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 29, n. 5, p. 1135-1151, Sept.,1999.

JOHNSON, A. L.; KNELLER, S. K.; WEIGEL, R. M. Radial and tibial fracture with external skeletal fixation. Effects of fracture type, reduction, and complications on healing. **Veterinary Surgery**, v. 18, n. 5, p. 367-372, 1989.

JOHNSON, A. L.; SEITZ, S. E.; SMITH, C. W. Closed reduction and type 2 external fixation of comminuted fracture of the radius and tibia in dogs: 23 cases (1990-1994). **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 209, p. 1445-1448, 1996.

KRISTIANSEN, T. K.; RYABY, J. P.; MC CABE, J.; FREY, J. J.; ROE, L. R. Accelerated healing of distal radial fractures with the use of specific, low-intensity ultrasound. A multicenter, prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 79, n. 7, p. 916-973, 1997.

LANE, J. M.; PETERSON, M.; RYABY, J. P.; TESTA, F. L. Ultrasound treatment of 2126 fractures. In: MEETING OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR FRACTURE REPAIR, 6., 1998, Strasbourg. **Proceedings...** Não paginado.

LAPPIN, M. R.; ARON, D. N.; HERRON, H. L.; MALNATI, G. Fractures of the radius end ulna in the dog. **Journal of American Animal Hospital Association**, v. 19, p. 643-650, 1983.

LAVERTY, P. H.; JOHNSON, A. L.; TOOMBS, J. P.; SCHAEFFER, D. J. Simple and multiple fractures of the radius treated with an external fixator. **Veterinary Comparative Orthopaedic Traumatology**, v. 15, n. 2, p. 97-103, 2002.

LIPPIELLO, L.; SMALLEY, L. Densitometric assessment of equine bone repair following pulsed ultrasound therapy. **Equine Practice**, v. 13, n. 4, p. 17-24, 1991.

MASAYA, I.; YOSHIKI, A.; TOMOHIRO O.; KEIJI, K. Effects of ultrasound on the co-culture of osteoblasts with endothelial cells. In: MEETING OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR FRACTURE REPAIR, 6., 1998, Strasbourg. **Proceedings...** Não paginado.

MAYR, E.; GEBAUER, D.; ORTHNER, E. Nonunions treated by low-intensity ultrasound. In: MEETING OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR FRACTURE REPAIR, 6., 1998, Strasbourg. **Proceedings...**, 1998 (Não paginado).

MCPHERRON, M. A.; SCHWARTZ, P. D.; HISTAND, M. B. Mechanical evaluation of half-pin (type I) external skeletal fixation in combination with a single intramedullary pin. **Veterinary Surgery**, v. 21, n. 3, p. 178-182, 1992.

MILTON, J. L. Fraturas do fêmur. In: SLATTER, D.H. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Manole, 1998. v.1., p. 2141-2144.

NOLTE, P. A.; VAN DER KRANS, A.; PATKA, P.; JANSSEN, M. C.; RYABY, J. P.; ALBERS, R. Low-intensity pulsed ultrasound in the treatment of non-unions. **The Journal of Trauma® Injury, Infection, and Critical Care**, v. 51, n. 4, p. 693-703, 2001.

PETRUCELLI, R.; OPPENHEIM, W.; STRAUSS, E. Fracture healing with non-invasive pulsed low-intensity ultrasound. In: MEETING OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR FRACTURE REPAIR, 6., 1998, Strasbourg. **Proceedings...**Não paginado.

PIERMATTEI, D. L. Approach to the shaft of the femur. In:_____. An atlas to surgical approaches to the bones and joints of the dog and cat. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1993. p. 270-271.

PIERMATTEI, D. L. Approach to the shaft of the radius through a lateral incision. In:_____. An atlas to surgical approaches to the bones and joints of the dog and cat. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1993. p. 201-203.

PIERMATTEI, D. L. Approach to the shaft of the tibia. In:_____. An atlas to surgical approaches to the bones and joints of the dog and cat, 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1993. p. 298-301.

PIERMATTEI, D. L.; FLO, G. L. Fraturas: Classificação, diagnóstico e tratamento. In: BRINKER W.O.; PIERMATTEI, D.L.; FLO, G. L. **Manual de ortopedia e tratamento de fraturas dos pequenos animais.** São Paulo: Manole, 1999. p. 28-30.

PIERMATTEI, D. L.; FLO, G. L. Fraturas de rádio e ulna. In: BRINKER W.O.; PIERMATTEI, D.L.; FLO, G. L. **Manual de ortopedia e tratamento de fraturas dos pequenos animais.** São Paulo: Manole, 1999. p. 301-321.

PIERMATTEI, D. L.; FLO, G. L. Fraturas do fêmur e patela. In: BRINKER W.O.; PIERMATTEI, D.L.; FLO, G. L. **Manual de ortopedia e tratamento de fraturas dos pequenos animais.** São Paulo: Manole, 1999. p. 437-479.

PIERMATTEI, D. L.; FLO, G. L. Fraturas da tíbia e fíbula. In: BRINKER W.O.; PIERMATTEI, D.L.; FLO, G. L. **Manual de ortopedia e tratamento de fraturas dos pequenos animais.** São Paulo: Manole, 1999. p. 539-563.

PILLA, A. A.; MONT, M. A.; NASSER, P. R.; KHAN, S. A.; FIGUEIREDO, M.; KAUFMAN, J. J.; SIFFERT, R. S. Non-invasive low-intensity pulsed ultrasound accelerates bone healing in the rabbit. **Journal of Orthopaedic Trauma**, v. 4, n. 3, p. 246-253, 1990.

PROBST, C. W. Membro torácico. In: BOJRAB, M. J.; BIRCHARD, S. J.; TOMLINSON, J. L. **Técnicas atuais em cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Roca, 1996. p. 742-745.

RAWOOL, N. M.; GOLDBERG, B. B.; FORSBERG, F.; WINDER, A. A.; HUME, E. Power doppler assesment of vascular changes during fracture treatment with low-intensity ultrasound. **Journal of Ultrasound in Medicine**, v. 22, p. 145-153, 2003.

REMEDIOS, A. Bone and bone healing. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 29, n. 5, p. 1029-1044, Sept.1999.

ROUSH, J. K. Fractures of the tibia. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 22, n. 1, p. 161-170, Jan. 1992.

RUBIN, C.; BOLANDER, M.; RYABY, J. P.; HADHARGYROU, M. The use of low-intensity pulsed ultrasound to accelerate the healing of fractures. **The Journal of Bone & Joint Surgery**, v. 83-A, p. 259-270, 2001.

RUDD, R. G.; WHITEHAIR, J. G. Fractures of the radius and ulna. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 22, n. 1, p. 135-147, Jan. 1992.

RYABY, J. T.; BACHNER, E. J.; BENDO, J. A.; DALTON, P. F.; TANNEMBAUM, S.; PILLA, A. A. Low-intensity pulsed ultrasound increases calcium incorporation in both differentiating cartilage and bone cell cultures. **Transactions Orthopaedic Research Society**, v. 14, p. 15, 1989.

SCHELLING, S. H. Secondary (classical) bone healing. **Seminars in Veterinary Medicine and Surgery (Small Animal)**, v. 6, n. 1, p. 16-20, Feb. 1991.

SHANIR, J.; SHAHAR, R. The unilateral external fixator and acrylic connecting bar, combined with I.M pin, for the treatment of tibial fractures. **Veterinary Comparative Orthopaedic Traumatology**, v. 15, p. 104-110, 2002.

SILVA, A. R. C. **Estudo experimental da ação do ultra-som na regeneração óssea de ostectomias parciais em ulna de cães.** 1990. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

SILVA, M. F. A. **Efeitos do ultra-som de baixa intensidade sobre a cicatrização óssea de fraturas experimentais produzidas nas fíbulas de cães (*Canis familiaris*).** 1998. 72 f. Tese (Doutorado em Cirurgia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

TOAL, R. L. Fracture healing and complications. In: THRALL, D. E. **Textbook of veterinary diagnostic radiology.** 2. ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 1994. p. 105-123.

VASSEUR, H. A.; PAUL, H. A.; CRUMLEY, L. Evaluation of fixation devices for prevention of rotation in transverse fractures of the canine femoral shaft: An in vitro study. **American Journal Veterinary Research**, v. 45, p. 1504-1507, 1984.

WANG, S.; LEWALLEN, D. J.; BOLANDER, M. E.; CHAO, E. Y. S.; ILSTRUP, D. M.; GREELEAF, J. F. Low-intensity ultrasound increases strenght in a rat femoral fracture model. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 12, n. 1, p. 40-47, 1994.

WHITEHAIR, J. G.; VASSEUR, P. B. Fractures of the fêmur. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 1, n. 5, p. 149-159, Jan. 1992.

XAVIER, C. A. M.; DUARTE, L. R. Estimulação ultra-sônica do calo ósseo: aplicação clínica. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 18, n. 3, p. 73-80, 1983.

YANG, K.; PARVIZI, J.; WANG, S.; LEWALLEN, D. J.; KINNICK, R. R.; GREELEAF, J. F.; BOLANDER, M. E. Exposure to low-intensity ultrasound increases aggrecan gene expression in a rat femoral fracture model. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 14, n. 5, p. 802-809, 1996.

ZAR, G. H. Two sample hyphotheses. In:_____. **Biostatistical analisis.** 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1984. p. 138-146.