

## Avaliação histológica da regeneração óssea do rádio e ulna em cães submetidos ao alongamento com o fixador de Ilizarov\*

### Microscopic evaluation of bone regenerate of radius and ulna in dogs submitted to the lengthening using the Ilizarov external ring fixator

Sheila Canevese RAHAL<sup>1</sup>; Reinaldo dos Santos VOLPI<sup>2</sup>;  
Paulo IAMAGUTI<sup>1</sup>; Anete UEDA<sup>3</sup>

CORRESPONDÊNCIA PARA:  
Sheila Canevese Rahal  
Departamento de Cirurgia e  
Anestesiologia Veterinária da  
Faculdade de Medicina Veterinária e  
Zootecnia da UNESP  
Distrito de Rubião Júnior, s/n  
18618-000 – Botucatu – SP  
e-mail: sheilacr@fmvz.unesp.br

1- Departamento de Cirurgia e  
Anestesiologia Veterinária da Faculdade  
de Medicina Veterinária e Zootecnia da  
UNESP, Botucatu – SP  
2- Departamento de Cirurgia e Ortopedia  
da Faculdade de Medicina da UNESP,  
Botucatu – SP  
3- Departamento de Patologia da  
Faculdade de Medicina da UNESP,  
Botucatu – SP

#### RESUMO

O objetivo do estudo foi analisar histologicamente a qualidade, tipo e orientação dos tecidos formados na área de regeneração óssea produzida durante alongamento simultâneo do rádio e da ulna, com fixador externo de Ilizarov, a partir de osteotomia subperiosteal diafisária distal, com dois incrementos diários de 0,5 mm. A montagem foi composta de dois anéis e quatro hastes telescópicas, sendo a distração óssea iniciada no sexto dia de pós-operatório. Utilizaram-se 15 cães, sem raça definida, adultos, com peso corpóreo entre 17 e 30 kg, divididos por sorteio em subgrupos (A, B, C, D e E) compostos por três animais, que foram submetidos a eutanásia após os seguintes procedimentos: A- oito dias de alongamento, B- 15 dias de alongamento, C- 22 dias de alongamento, D- 28 dias de alongamento e oito dias de fase neutra com o fixador, E- 28 dias de alongamento, 60 dias de fase neutra com fixador e 45 dias sem fixador. Os resultados obtidos mostram que o tipo e localização da osteotomia, bem como o ritmo de distração utilizado, não interferiram sobremaneira na regeneração óssea. A reparação óssea foi eficiente, notadamente intramembranosa, contudo nos subgrupos B e C foi observada a presença de cartilagem.

UNITERMOS: Alongamento ósseo; Regeneração óssea; Rádio (ossos); Cães.

#### INTRODUÇÃO

O alongamento dos ossos, conforme proposto por Ilizarov, deve observar quatro princípios: 1 - uma corticotomia percutânea especializada, metafisária; 2 - a aplicação do fixador externo circular com máxima estabilidade dos fragmentos ósseos; 3 - um período de latência antes do início do alongamento; 4 - uma distração óssea progressiva, seguida por um período de consolidação antes da remoção do fixador<sup>11,12,13</sup>. A qualidade e quantidade do osso regenerado dependem da rigorosa observação desses princípios<sup>11,12,13,20</sup>.

A corticotomia consiste na separação apenas do córtex ósseo, deixando o suprimento sanguíneo intramedular intacto, sendo o periosteio elevado e preservado durante o procedimento<sup>6,9</sup>. Quanto maior a preservação da medula óssea, melhor a qualidade do novo osso formado no local alongado<sup>13</sup>. De Bastiani et al.<sup>2</sup> empregaram um método de corticotomia subperiosteal, na qual inicialmente uma série de perfurações foi realizada nos dois terços anteriores da circunferência óssea e unidas com um osteótomo. Para completar a corticotomia, utilizaram um osteótomo para separação das corticais medial e lateral; com este procedimento é automaticamente quebrado o córtex posterior, deixando o periosteio intacto.

Ao realizarem o alongamento tibial em coelhos por distração do calo, Kojimoto et al.<sup>16</sup> verificaram que a remoção do periosteio durante a operação interferia marcadamente na formação do calo, havendo insucesso no alongamento ósseo. A raspagem do endosteio, ao contrário, não teve um efeito pronunciado. Os resultados sugeriram que a preservação do periosteio é essencial e mais importante que a corticotomia cuidadosa.

Elkins et al.<sup>5</sup>, comparando a formação do osso regenerado após o emprego da corticotomia ou osteotomia na tíbia de cães, não observaram, em arteriogramas, diferenças no suprimento sanguíneo periosteal e endosteal entre os grupos; o vaso nutriente permaneceu intacto nos estudos pós-operatórios. Da mesma forma, Delloye et al.<sup>3</sup> não encontraram diferenças no tipo de cicatrização óssea e a quantidade de osso recém-formado, ao efetuarem, no antebraço de cães adultos, a corticotomia ou osteotomia com ou sem tampão de cera óssea reabsorvível na cavidade medular. A preservação da artéria medular no início do procedimento não pareceu ser um pré-requisito para sucesso do alongamento ósseo cortical. Frierson et al.<sup>8</sup>, ao confrontarem três métodos de secção da tíbia canina antes do alongamento pelo método de Ilizarov, concluíram que a osteotomia efetuada por meio de múltiplas perfurações e um osteótomo regenera o osso de forma indistinguível

\* Apoio Financeiro: FAPESP

da técnica de corticotomia; por outro lado, o uso de serra oscilatória pode levar a uma consolidação retardada.

De acordo com Elkins e Morandi<sup>6</sup>, a corticotomia deve ser efetuada na metáfise, mais vascular que o osso diafisário, e colocada à distância da artéria nutriente. Moseley<sup>19</sup> citou duas vantagens no alongamento metafisário. A primeira é que o osso esponjoso da metáfise é repleto de osteoblastos ativos, ao passo que o osso cortical da diáfise é muito menos ativo, conseqüentemente, a osteogênese metafisária seria mais homogênea e rápida que a diafisária. A segunda é que a força mecânica de uma estrutura varia com o seu diâmetro, e o diâmetro da metáfise é duas vezes aquele da diáfise.

Ilizarov<sup>12</sup> determinou que a magnitude adequada de alongamento encontra-se à razão de 1 mm por dia, subdividido em quatro incrementos de 0,25 mm. No entanto, verificou que quanto maior a frequência de incrementos, melhor é o êxito; para tanto, desenvolveu um aparelho motorizado que alonga automaticamente em tempo determinado e maior frequência<sup>10</sup>. Aronson e Shen<sup>1</sup>, ao compararem dois locais para a osteogênese em cães, adotaram a distração de 0,5 mm a cada 12 horas. Protocolos semelhantes foram também empregados por Elkins et al.<sup>7</sup> e Lewis et al.<sup>18</sup>

A regeneração óssea, segundo Paley<sup>20</sup>, é orientada longitudinalmente na direção do alongamento. Sempre se inicia no canal medular, podendo ocorrer diretamente das extremidades corticais, mais tardiamente. A formação do osso ocorre na ausência de cartilagem e tem semelhança com o processo intramembranoso<sup>11,20</sup>. Na fase de remodelação, um novo córtex é formado e o osso trabecular medular removido; o processo leva anos, sendo o resultado final um segmento cortical indistinguível do osso tubular normal<sup>20</sup>.

Ilizarov<sup>13</sup> afirmou que, após a corticotomia, há uma reação inflamatória e, com o início da distração, surgem fibroblastos. As fibras de colágeno produzidas alinham-se paralelamente ao vetor de alongamento. Subseqüentemente, formam-se capilares entre os feixes e, junto dos capilares, aparecem os osteoblastos produtores de osteóide. Com o passar do tempo, o novo osteóide transforma-se em osso lamelar contendo osteócitos, finalmente alcançando e combinando com o osso cortical nas extremidades do espaço de distração.

A presença de tecido cartilaginoso dentro e ao redor da região de afastamento ósseo foi verificada, por Delloye et al.<sup>3</sup>, durante os dois primeiros meses após a cirurgia de alongamento do rádio e ulna em cães, pelo método de Ilizarov. Esse tecido foi substituído por uma ossificação endocondral atípica, deixando remanescentes de tecido cartilaginoso. Como a maior parte do novo osso foi formada por ossificação membranosa, não puderam comprovar se a cartilagem resultou de instabilidade ou foi uma parte do processo.

Elkins e Tajana<sup>4</sup>, ao analisarem a região de regeneração óssea em cães adultos, no alongamento tibial pela técnica de Ilizarov, observaram que a formação do tecido regenerado foi do tipo direto, com nenhuma fase de calo interposta. Karp et al.<sup>15</sup>, ao realizarem o alongamento na mandíbula de cães pelo processo de corticotomia e afastamento gradual do calo, notaram que o espaço entre as margens ósseas foi ocupado primeiro por tecido fibroso e, com o progresso do alongamento, tornou-se longitudinalmente orientado na direção da distração. A formação óssea avançou com

o tecido fibroso, iniciando-se das extremidades ósseas seccionadas. Finalmente, a área foi convertida a osso cortical maduro, sendo formado predominantemente por ossificação intramembranosa.

Karaharju et al.<sup>14</sup> estudaram, em carneiros, a formação óssea por distração da placa epifisária radial e após as osteotomias do rádio e mandíbula. Os resultados obtidos mostraram que a osteogênese foi similar em todos os grupos, com neoformação óssea a partir das extremidades seccionadas. Havia ilhas solitárias de grupos de células cartilaginosas entre o colágeno organizado e o novo osso. A estrutura do segmento alongado era trabecular lamelar e a corticalização ocorreu gradualmente após diversos meses.

O processo de formação óssea no alongamento mandibular com um fixador unilateral externo foi estudado, por Komuro et al.<sup>17</sup>, em coelhos. Histologicamente, o novo osso, formado por ossificação intramembranosa e endocondral, sofreu remodelação e resultou em osso cortical em oito a 10 semanas após o término do alongamento. Mencionaram que as formações cartilaginosas, verificadas nos estágios iniciais, podem ter ocorrido por instabilidade dos fragmentos ósseos, por serem dependentes da espécie, ou por influência da velocidade de afastamento ósseo (0,18 mm a cada 12 horas). Por sua vez, Frierson et al.<sup>8</sup> verificaram, tanto em grupo de cães submetidos à técnica de corticotomia quanto de osteotomia por múltiplas perfurações e um osteótomo, uma formação óssea primariamente membranosa; no entanto, quando utilizaram serra oscilatória, a aparência histológica dominante centralmente foi de grupos de fibrocartilagem e ausência de formação de novos vasos.

Como a corticotomia com preservação da circulação endosteal é de difícil execução, a metáfise nem sempre pode ser o sítio de osteotomia e o ritmo de distração de quatro incrementos requer disponibilidade de tempo, o trabalho teve por objetivo analisar histologicamente a qualidade, tipo e orientação dos tecidos formados na área de regeneração óssea produzida durante alongamento simultâneo do rádio e da ulna, a partir de osteotomia diafisária distal, com dois incrementos diários de 0,5 mm.

## MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados 15 cães clinicamente sadios, sem raça definida, sendo uma fêmea e 14 machos, com idade variando entre um ano e meio a quatro anos e peso corpóreo entre 17 e 27 kg, provenientes do Biotério Central do Campus de Botucatu – UNESP, divididos por sorteio em subgrupos de três animais (A, B, C, D e E). Os cães foram mantidos em jaulas individuais com solário e receberam ração comercial e água *ad libitum*.

A pré-anestesia foi realizada com acepromazina na dose de 0,2 mg/kg por via intravenosa e a anestesia cirúrgica com pentobarbital sódico na dose inicial de 15 mg/kg por via intravenosa.

Para o alongamento simultâneo do rádio e da ulna na mesma proporção, foi utilizada uma montagem de dois anéis circulares de 100 mm de diâmetro, colocados um de cada lado das extremidades ósseas e ligados entre si por meio de quatro hastes telescópicas para alongamento. Os fios (1,5 mm) foram colocados com perfurador elétrico em plano perpendicular ao eixo longitudinal dos ossos e tensionados em 100 kg. Para proceder à osteotomia transversa da diáfise radial distal, realizou-se uma incisão longitudinal da pele e tecido subcutâneo na face medial, os

músculos foram afastados e a superfície externa do rádio atingida. O periósteo foi incisado longitudinalmente num comprimento em torno de 1 cm e afastado. Foram realizadas algumas perfurações ósseas com broca em plano transversal e completou-se a secção com o emprego de osteótomo de 4 mm de largura e martelo. O periósteo não foi suturado e a síntese da pele, com pontos simples isolados, foi efetuada com fio de náilon 4-0 agulhado. A osteotomia da diáfise ulnar distal foi realizada pela face lateral, sendo o procedimento semelhante ao efetuado no rádio.

Foi aplicada penicilina G benzatina na dose de 40.000 UI/kg pela via subcutânea, 24 horas antes do procedimento cirúrgico e a cada três dias, num total de três. O antiinflamatório utilizado foi o flunixin meglumina na dose de 1 mg/kg por via subcutânea, durante no mínimo três dias. O alongamento foi iniciado, após um período de latência de cinco dias, na magnitude de 1 mm por dia dividido em dois incrementos de 0,5 mm (início da manhã e final da tarde). Os animais foram submetidos: subgrupo A, oito dias de alongamento; subgrupo B, 15 dias de alongamento; subgrupo C, 22 dias de alongamento; subgrupo D, 28 dias de alongamento e oito dias de fase neutra com o fixador; subgrupo E, 28 dias de alongamento, 60 dias de fase neutra com o fixador e 45 dias sem o fixador.

Para a realização do exame histopatológico, os animais dos subgrupos A, B, C, D, E foram submetidos a eutanásia, utilizando-se pentobarbital sódico, respectivamente com 14, 21, 28, 42 e 139 dias de pós-operatório. O preparo e a análise do material para histopatologia foram efetuados no Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina de Botucatu - UNESP. O rádio e a ulna foram retirados em bloco e fixados em formalina a 10%. Após a secção longitudinal, a peça foi descalcificada em solução de Bouin por 10 a 15 dias. Foi realizado desenho do contorno ósseo, por meio de cópia sobreposta em transparência, para facilitar a identificação após o processamento. Em seguida, foram retirados segmentos transversais de 1 a 1,5 cm da área de regeneração óssea e suas margens, em toda a extensão longitudinal. Esses segmentos foram numerados e, após a inclusão em parafina, foram cortados em micrótomo comum (secções de 4 a 5  $\mu$ ). Foram utilizadas as colorações de Hematoxilina-Eosina (HE) e Alcian-Ponceau (AP). As amostras foram avaliadas quanto aos tipos de tecidos proliferados e sua orientação.

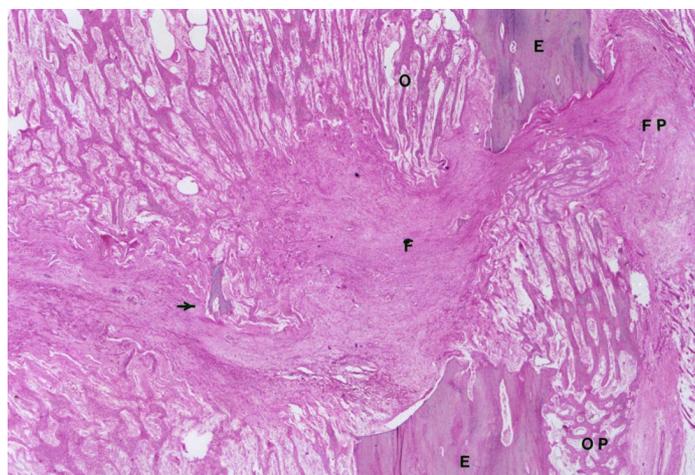
## RESULTADOS

Os exames microscópicos dos três animais do subgrupo A apresentaram aspectos semelhantes, incluindo fibrose na porção central do espaço de distração, que se estendia para o periósteo, com fibras colágenas em direção transversa ou em várias direções e vasos pequenos com paredes delgadas. Às vezes, havia, em meio à fibrose central, fragmentos ósseos necróticos ou acúmulo de fibrina. Dentro da medula óssea e no periósteo, verificou-se proliferação de tecido ósseo imaturo, com tendência a disposição longitudinal (Fig. 1).

Nos cães do subgrupo B os achados assemelharam-se aos do subgrupo A, isto é, fibrose na região central do local de distração com fibras colágenas em várias direções ou com tendência longitudinal, vasos em disposição longitudinal, proliferação óssea intramedular e periosteal. A diferença observada foi a presença de cartilagem neoformada no periósteo e na periferia da fibrose

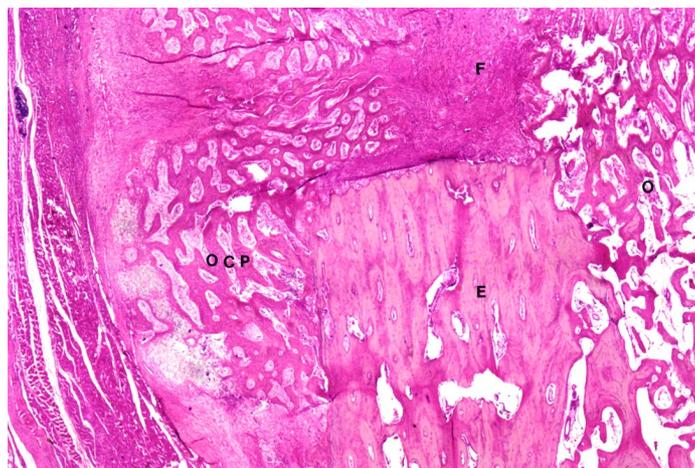
central. A neoformação, tanto óssea como cartilaginosa, ocorria às vezes em apenas um lado do periósteo (Fig. 2).

No espaço de distração do subgrupo C havia ossificação intramembranosa e fibrose; a proliferação óssea do interior da medula óssea avançava para a área central de alongamento em direção longitudinal. No periósteo, verificou-se ossificação endocondral com pequena quantidade de cartilagem, em comparação ao subgrupo B. Em um animal foi observado processo inflamatório, em meio à fibrose, na medula óssea e nas partes moles periféricas; nos outros dois cães, a inflamação ocorreu apenas nas partes moles periféricas.



**Figura 1**

Subgrupo A. Porção central do espaço de distração: - fibrose com fibras colágenas em direção transversa ou em várias direções (F); - pequeno fragmento ósseo necrótico (seta). Medula óssea: - neoformação óssea (osso imaturo) em direção longitudinal (O). Periósteo: - neoformação óssea (osso imaturo) com tendência longitudinal (OP) e fibrose (FP). Extremidades ósseas primárias (E). (HE - 5x, AO) – Botucatu, 2001.



**Figura 2**

Subgrupo B. Região alongada, da esquerda para a direita: neoformação osteocartilaginosa periosteal (OCP); extremidade óssea primária (E) e fibrose central (F); neoformação óssea medular (O). (HE - 5x, AO) – Botucatu, 2001.

Os cães do subgrupo D apresentaram, no centro da distração, proliferação óssea em processo de organização e maturação, com espaços entre as trabéculas sem hematopoese. Nas proximidades do córtex primário, as trabéculas ósseas estavam mais organizadas e maduras. No subgrupo E, o osso neoformado mostrou tendência à organização, com maturação e presença de hematopoese na medula óssea.

## DISCUSSÃO

Apesar de a corticotomia pelo método de Ilizarov proporcionar maior preservação da medula óssea<sup>6,9,13</sup>, foi usada no experimento a secção óssea baseada em uma modificação da técnica descrita por De Bastiani et al.<sup>2</sup> O procedimento foi idêntico ao deste autor no cuidado de se preservar o perióstio, descolando-o sob visão direta, mas diferiu quanto ao procedimento ósseo propriamente dito, uma vez que as múltiplas perfurações realizadas com broca e furadeira elétrica transfixaram o osso cortical de lado a lado, conseqüentemente transfixando também a medula e o endóstio. Além de ser tecnicamente mais fácil de executar, diversos pesquisadores<sup>3,5,8</sup> não verificaram diferenças na vascularidade e na formação do osso regenerado em animais submetidos a corticotomia ou osteotomia, desde que não se use serra oscilatória que, de acordo com Frierson et al.<sup>8</sup>, pode levar a uma consolidação retardada. Também, como reportado por Kojimoto et al.<sup>16</sup>, a preservação do perióstio é essencial e mais importante que a corticotomia cuidadosa.

Mesmo tendo sido comprovado que a metafise tem um maior potencial osteogênico e as osteotomias aí realizadas consolidam mais rápido e com um osso neoformado de melhor qualidade<sup>6,19</sup>, foi possível observar no experimento que a osteotomia subperiosteal realizada na região diafisária não inviabilizou o alongamento. Isto é importante porque em casos clínicos muitas vezes há limitações para a realização do afastamento ósseo metafisário.

Ilizarov<sup>11,12,13</sup> preconizou que, para uma ótima formação do novo osso e neo-histogênese, o alongamento deve ser realizado no ritmo de 1 mm por dia, com incrementos de no mínimo 0,25 mm a cada seis horas; entretanto, por causa das dificuldades no manejo noturno dos animais, empregou-se uma velocidade de 0,5 mm duas vezes ao dia, esquema que foi igualmente utilizado por outros pesquisadores por razões práticas<sup>1,18</sup> ou para conveniência do proprietário<sup>7</sup>. Uma opção para evitar este inconveniente seria a utilização de um alongador motorizado, que também possibilita, como referido por Ilizarov<sup>10</sup>, maior frequência de incrementos sem alteração do ritmo e, conseqüentemente, melhor osteogênese.

Ilizarov demonstrou que, em condições apropriadas, a formação do osso regenerado ocorre na ausência de cartilagem, assemelhando-se a formação óssea intramembranosa<sup>11,13,20</sup>, fato que foi reproduzido em outros estudos<sup>4</sup>. Conquanto tenha ocorrido uma

ossificação predominantemente intramembranosa, observou-se no exame histopatológico dos cães dos subgrupos B e C a presença de cartilagem neoformada. Outros autores têm igualmente citado o desenvolvimento precoce ou tardio de quantidades variáveis de cartilagem dentro e ao redor da região alongada<sup>3,8,14,17</sup>.

A presença da cartilagem, especialmente no perióstio e periferia da fibrose central, pode estar associada a diversos fatores. A montagem utilizada pode não ter sido rígida o suficiente; como referido por Ilizarov<sup>11</sup>, a estabilidade do fixador é um fator determinante do tipo de tecido que preenche o espaço de distração. A frequência dos incrementos de 2 em vez de 4 vezes ao dia, uma das suposições levantadas também por Komuro et al.<sup>17</sup> em seu experimento, já que um alongamento muito rápido promove isquemia na área de distração. Também podem ter contribuído a secção óssea por osteotomia, com menor preservação do suprimento sanguíneo medular em relação a corticotomia<sup>6</sup>, ou mesmo o trauma cirúrgico, visto que a presença de cartilagem ocorria às vezes em apenas um lado do perióstio, correspondente ao local de acesso. Vale salientar que, embora a qualidade da regeneração óssea seja dependente do rigor com que são seguidos os princípios de Ilizarov<sup>11,12,13,20</sup>, a presença da cartilagem não foi impedimento ao alongamento, já que nos grupos com maior tempo de observação havia predomínio da ossificação intramembranosa (grupo C) ou osso formado em fase de maturação (grupos D e E).

Por meio dos subgrupos A, B e C, verificou-se que a proliferação óssea avançou das extremidades ósseas para a área central de distração que continha tecido fibroso, fato similarmente denotado por Karp et al.<sup>15</sup> no alongamento da mandíbula. A formação óssea foi vista nos subgrupos A, B e C tanto pela medula óssea como pelo perióstio e, segundo Paley<sup>20</sup>, embora o novo osso sempre inicie do canal medular, também ocorre formação óssea diretamente das extremidades corticais.

De forma semelhante ao referido por Paley<sup>20</sup>, Ilizarov<sup>11,13</sup> e Karp et al.<sup>15</sup>, com o progresso do alongamento, as fibras colágenas, vasos sanguíneos e neoformação óssea organizaram-se longitudinalmente na direção da distração. Após o término da fase de distração, a região regenerada entrou em um processo de organização e maturação, que ocorreu em intensidades diferentes nos cães dos subgrupos D e E; contudo, de acordo com Paley<sup>20</sup>, esta fase de remodelação pode levar anos, sendo o resultado final um segmento cortical indistinguível do osso tubular normal.

## CONCLUSÕES

Foi possível concluir que o tipo e a localização da osteotomia, bem como o ritmo de distração utilizados, não interferiram sobremaneira na regeneração óssea. Embora tenha sido observada a presença de tecido cartilaginoso, a neoformação óssea foi notadamente intramembranosa.

## SUMMARY

The aim of this study was to evaluate, by microscopic analysis, the quality, the type and orientation of the tissue developed in bone regeneration area, during simultaneous lengthening of radius and ulna using the Ilizarov external fixator. A subperiosteal osteotomy of the distal diaphysis was performed and the bone distraction was performed at rate of 0.5 mm twice a day. A two-ring and four telescopic rod configuration was used and bone distraction started at day six after surgery. Fifteen adult crossbreed dogs weighing from 17 to 30 kg

were used. These dogs were divided in five subgroups (A, B, C, D, E.) each containing three animals, which were submitted to euthanasia after the following procedure: A- eight days of distraction, B- 15 days of distraction, C- 22 days of distraction, D- 28 days of distraction and eight days of neutral fixation, E- 28 days of distraction, 60 days of neutral fixation, and 45 days with the external fixator removed. No interference in bone regeneration seemed to occur because of the type and location of the osteotomy, as well as the rate of distraction. Bone repair was efficient and it was predominantly formed by intramembranous ossification, although the presence of cartilage was observed in subgroups B and C.

UNITERMOS: Bone lengthening; Bone regeneration; Radius; Dogs.

## REFERÊNCIAS

- 1- ARONSON, J.; SHEN, X. Experimental healing of distraction osteogenesis comparing metaphyseal with diaphyseal sites. **Clin. Orthop.**, n. 301, p. 25-30, 1994.
- 2- DE BASTIANI, G.; ALDEGHERI, R.; RENZI-BRIVIO, L.; TRIVELLA, G. Limb lengthening by callus distraction (callotaxis). **J. Pediatr. Orthop.**, v. 7, n. 2, p. 129-134, 1987.
- 3- DELLOYE, C.; DELEFORTRIE, G.; COULTELIER, L.; VINCENT, A. Bone regenerate formation in cortical bone during distraction lengthening. An experimental study. **Clin. Orthop.**, n. 250, p. 34-42, 1990.
- 4- ELKINS, A. D.; TAJANA, G. Analysis of distraction osteogenesis using circular external fixation in the dog. **Vet. Surg.**, v. 19, n. 1, p. 63-64, 1990.
- 5- ELKINS, A. D.; ZEMBO, M.; HOLMER, R. Radiographic analysis of regenerate bone formation following tibial distraction osteosynthesis by the method of Ilizarov with a circular external fixator in a canine model. **Vet. Surg.**, v. 19, n. 1, p. 64, 1990.
- 6- ELKINS, A. D.; MORANDI, M. The Ilizarov external ring fixator: principles, techniques, and uses. In: SLATTER, D. **Textbook of small animal surgery**. 2.ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 1993. p. 1656-1661.
- 7- ELKINS, A. D.; MORANDI, M.; ZEMBO, M. Distraction osteogenesis in the dog using the Ilizarov external ring fixator. **J. Am. Anim. Hosp. Assoc.**, v. 29, n. 5, p. 419-426, 1993.
- 8- FRIERSON, M.; IBRAHIM, K.; BOLES, M.; BOTE, H.; GANEY, T. Distraction osteogenesis. A comparison of corticotomy techniques. **Clin. Orthop.**, n. 301, p. 19-24, 1994.
- 9- GREEN, S. A. Editorial comment. **Clin. Orthop.**, n. 280, p. 2-6, 1992.
- 10- ILIZAROV, G. A. The principles of the Ilizarov method. **Bull. Hosp. Jt. Dis.**, v. 48, n. 1, p. 1-11, 1988.
- 11- ILIZAROV, G. A. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I - The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. **Clin. Orthop.**, n. 238, p. 249-281, 1989.
- 12- ILIZAROV, G. A. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part II - The influence of the rate and frequency of distraction. **Clin. Orthop.**, n. 239, p. 263-285, 1989.
- 13- ILIZAROV, G. A. Clinical application on the tension-stress effect for limb lengthening. **Clin. Orthop.**, n. 250, p. 8-26, 1990.
- 14- KARAHARJU, E. O.; AALTO, K.; KAHRI, A.; LINDBERG, L. A.; KALLIO, T.; KARAHARSU-SUVANTO, T.; VAUHKONEN, M.; PELTONEN, J. Distraction bone healing. **Clin. Orthop.**, n. 297, p. 38-43, 1993.
- 15- KARP, N. S.; MCCARTHY, J. G.; SCHREIBER, J. S.; SISSONS, H. A.; THORNE, C. H. Membranous bone lengthening: a serial histological study. **Ann. Plast. Surg.**, v. 29, n. 1, p. 2-7, 1992.
- 16- KOJIMOTO, H.; YASUI, N.; GOTO, T.; MATSUDA, S.; SHIMOMURA, Y. Bone lengthening in rabbits by callus distraction. The role of periosteum and endosteum. **J. Bone Joint Surg. Br.**, v. 70, n. 4, p. 543-549, 1988.
- 17- KOMURO, Y.; TAKATO, T.; HARI, K.; YONEMARA, Y. The histologic analysis of distraction osteogenesis of the mandible in rabbits. **Plast. Reconstr. Surg.**, v. 94, n. 1, p. 152-159, 1994.
- 18- LEWIS, D. D.; RADASCH, R. M.; BEALE, B. S.; STALLINGS, J. T.; WELCH, R. D.; SAMCHUKOV, M. L.; LANZ, O. J. Initial clinical experience with the IMEX™ Circular external skeletal fixation system. Part II - Use in bone lengthening and correction of angular and rotational deformities. **Vet. Comp. Orthop. Traumatol.**, v. 12, n. 3, p. 118-127, 1999.
- 19- MOSELEY, C. F. Leg lengthening. A review of 30 years. **Clin. Orthop.**, n. 247, p. 38-43, 1989.
- 20- PALEY, D. Current techniques of limb lengthening. **J. Pediatr. Orthop.**, v. 8, n. 1, p. 73-92, 1988.

Recebido para publicação: 13/07/2000

Aprovado para publicação: 08/10/2001