

USO DO ULTRA-SOM DE BAIXA INTENSIDADE EM FALHAS ÓSSEAS PRODUZIDAS EXPERIMENTALMENTE EM RÁDIOS DE COELHOS, PREENCHIDAS OU NÃO COM CIMENTO DE FOSFATO DE CÁLCIO

Paola Castro Moraes¹, João Guilherme Padilha Filho², Júlio Carlos Canola², Luis Alberto dos Santos³, Affonso Luis Ferreira⁴, Ana Rosa Crisci⁵, Geison Morel Nogueira⁶, Isabela Cristina de Souza Marques⁷, Willian Alessandre de Oliveira Fermoseli⁷

RESUMO

Foi utilizado o ultra-som pulsado de baixa intensidade, com a finalidade de avaliar, experimentalmente, seus efeitos sobre a reparação de falhas ósseas produzidas em raios de coelhos, preenchidas ou não com o cimento de fosfato de cálcio adicionado com fibras de náilon. Para isso, 12 coelhos jovens da raça Nova Zelândia foram separados em dois grupos experimentais iguais (n=6) e escolhidos aleatoriamente (Grupo Tratado – GT e Grupo Controle – GC). As falhas ósseas aproximadamente de oito milímetros de extensão foram produzidas nas diáfises de ambos os raios, sendo que as dos membros direitos foram preenchidas com o cimento de fosfato de cálcio sob a forma granulada, e as dos esquerdos não preenchidas. Os animais do grupo tratado receberam estímulo pelo ultra-som pulsado de baixa intensidade durante 15 minutos nos primeiros cinco dias, e dez minutos nos cinco dias seguintes, em ambos os membros. Os animais do grupo controle não foram estimulados pelo ultra-som. O controle radiográfico foi realizado no pós-operatório imediato e aos sete, 15 e 30 dias, de acordo com o tempo de observação de cada subgrupo (15 e 30 dias). Após a eutanásia, as áreas que continham as falhas ósseas foram processadas para a avaliação histopatológica. Os resultados das análises radiográfica e histopatológica revelaram uma evolução mais rápida e

intensa da proliferação de tecido ósseo nas falhas preenchidas ou não pelo cimento nos animais estimulados pelo ultra-som. Os resultados obtidos sugerem que o ultra-som pulsado de baixa intensidade mostrou ser um recurso extremamente eficaz na aceleração do processo de ossificação e que, quando associado ao cimento de fosfato de cálcio com fibras de náilon, é intensificado, demonstrando assim o poder osteoindutor deste biomaterial.

Palavras-chave: Ultra-som pulsado de baixa intensidade, falhas ósseas, cimento ósseo, coelho.

INTRODUÇÃO

Desde épocas passadas, o homem tem-se preocupado em restaurar ou substituir partes danificadas do tecido ósseo humano. Em meados do século XVII, Fallopius implantou uma placa de ouro para restaurar um defeito craniano e, a partir daí, tem-se usado os implantes para a substituição de partes danificadas do sistema ósseo (SANAN; HAINES, 1997).

Dentre as diversas áreas que norteiam a medicina, estudos direcionados sobre a consolidação óssea, cada vez mais ganham ênfase dentro da ortopedia, principalmente no que concerne à diminuição no tempo de reparo (CROCI et al.,

¹ Médica Veterinária. Doutora. Av. Caramuru, 2100, ap. 424, Bairro República, Cep 14030-000, Ribeirão Preto-SP. E-mail: pcastromoraes@yahoo.com.br.

² Médico Veterinário. Professor Assistente Doutor. Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da FCAV-UNESP, Jaboticabal-SP
³ Engenheiro. Professor Doutor. Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

⁴ Médico. Professor Titular. Curso de Medicina do Centro Universitário Barão de Mauá, Ribeirão Preto-SP.

⁵ Biomédica. Professora Adjunta. Centro Universitário Barão de Mauá, Ribeirão Preto-SP.

⁶ Médico Veterinário. Campus Veterinário. Centro Universitário Barão de Mauá, Ribeirão Preto-SP.

⁷ Acadêmico do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário Barão de Mauá, Ribeirão Preto-SP.

2003). Relativamente à ortopedia veterinária esta necessidade mostra-se mais evidente em função da dificuldade de se promover um pós-operatório adequado aos pacientes e, dessa forma impedir sobrecarga precoce ao osso fraturado, mesmo após a osteossíntese.

Nesse contexto, a área de pesquisa relacionada à engenharia de biomateriais vem crescendo significativamente, na busca de materiais que facilitem a regeneração óssea em fraturas ou em casos de falhas ósseas decorrentes de não-uniões e neoplasias. Apesar do grande número de estudos relacionados a estes materiais, ainda não foi descrito um produto que seja ideal, quando utilizado isoladamente. O cimento de fosfato de cálcio tem sido empregado em diversos estudos para esta finalidade, sendo comprovada sua biocompatibilidade em diferentes modelos experimentais (ARINZEH et al., 2003; MORAES et al., 2004; ORIÁ, 2005).

Santos (2002) desenvolveu um novo tipo de cimento de fosfato de cálcio, contendo um sistema de polimerização composto por acrilamida, obtendo um a-fosfato tricálcico (a-TCP) de dupla pega. Segundo Carrodéguas et al. (1999) trata-se de um sistema de polimerização que permite maior controle dos tempos de pegadas inicial e final, devido a presença da acrilamida. A composição do cimento foi denominada de “dupla pega”, em virtude da resistência mecânica inicial dar-se por polimerização do sistema de polímeros hidrossolúveis e a final, por precipitação de compostos de fosfato de cálcio.

Diversos autores estudaram a biocompatibilidade de diferentes fibras, em diversos modelos experimentais objetivando a substituição de tecidos. As fibras de náilon são conhecidas devido a sua eficácia, conforme estudos realizados por Peterson et al. (1986) e John et al (2001).

Devido à presença de ligações do tipo ponte de hidrogênio dos grupos amida, o náilon 66 absorve cerca de 9% de água à temperatura ambiente e 100% de umidade relativa. Outra propriedade desse material decorrente das ligações do tipo hidrogênio é a sua degradabilidade quando em condições “in vivo”, sendo muito utilizado como material de sutura (PARK, 1984).

Moraes (2002) avaliou a biocompatibilidade do a-TCP adicionado com fibras de carbono, náilon e polipropileno, em raios de coelhos. O implante compacto de forma cilíndrica não foi reabsorvido durante o período máximo de observação pós-operatória (26 semanas), apenas uma discreta desmineralização ocorreu naqueles onde havia

adição de fibras, principalmente as de náilon e polipropileno. As fibras de náilon foram liberadas em conseqüência da desmineralização do cimento, e envolvidas por uma fina camada de tecido conjuntivo, demonstrando sua biocompatibilidade. Este tipo de cimento desenvolvido por Santos et al. (2000) mostrou-se mais resistente do que o a-TCP sem adição de fibras, no entanto, a porosidade do cimento não foi adequada para que houvesse infiltração de células para a reabsorção do material.

Assim, terapias alternativas que possam auxiliar na recuperação de fraturas ou acelerar o crescimento ósseo no caso de falhas segmentares são muito importantes, por minimizarem em tempo e custo do tratamento, garantindo retorno precoce da função do membro acometido. O ultra-som pulsado de baixa intensidade tem sido empregado em diversos estudos com este objetivo, e seus efeitos biológicos comprovados na reparação de fraturas (CARRO, 1998; SOUSA, 2003; LIRANI, 2004), lesões musculares (MELO et al, 2005), tendíneas e em nervos periféricos (CRISCI; FERREIRA, 2002).

A habilidade do ultra-som em interagir com tecidos e produzir mudanças biológicas é conhecida há muito tempo. O primeiro efeito produzido nos tecidos em conseqüência das ondas ultra-sônicas é de natureza mecânica. As vibrações requerem um meio deformável elástico para sua propagação, o que causa compressão e expansão no tecido, além de produzir micro massagem. Têm sido demonstradas mudanças nas permeabilidades das membranas celulares para o cálcio e outros íons, aumento na permeabilidade vascular, na angiogênese e desgranulação de mastócitos (LEITE, 2005).

Diversos estudos “in vivo” têm sido realizados para comprovarem os efeitos do ultra-som na reparação óssea. Dyson; Brokes (1983) avaliaram o tratamento de fraturas de ratas com ultra-som, durante as fases de calo ósseo primário até remodelação. Os resultados indicaram que o tratamento com o ultra-som é mais efetivo durante as duas primeiras semanas após a osteotomia, ou seja, durante as fases inflamatória e proliferativa do processo de reparação.

Este trabalho objetivou-se avaliar a eficácia do ultra-som pulsado de baixa intensidade, em falhas ósseas produzidas experimentalmente em raios de coelhos, preenchidas ou não com cimento à base de fosfato de cálcio associado a fibras de náilon.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da Universidade Estadual Paulista-UNESP, Jaboticabal-SP, em 12 coelhos da raça Nova Zelândia, brancos, jovens e pesando entre 2,5 e 3,4kg.

Os animais foram submetidos à anestesia dissociativa à base de cloridrato de quetamina, na dose de 25mg/kg, associado à xilazina na dose de 5mg/kg, diluídos em uma mesma seringa, administrado por via intramuscular, na região do músculo quadríceps femural, dez minutos após a aplicação de 0,5 mg de sulfato de atropina por animal. A falha óssea foi induzida cirurgicamente, em ambos os raios, pela remoção de um segmento osteoperiosteal em todo seu diâmetro, com oito milímetros de comprimento, localizado a 3,0cm da articulação rádio-ulnar-cárpica, por intermédio de micro-serra oscilante (Micro Serra Sagital- Dentscler- Ribeirão Preto-SP). A estabilização do rádio não foi necessária devido a sinostose com a ulna. As extremidades das falhas foram inspecionadas, lavadas com solução fisiológica e preenchidas com o cimento de fosfato de cálcio adicionado de fibras de náilon, sob a forma granulada, nos raios dos antímeros direitos. O mesmo procedimento foi realizado nos membros torácicos contra laterais (esquerdos), com exceção do preenchimento de falhas ósseas com cimentos, sendo que estas permaneceram não preenchidas (Figura 1).

Os coelhos foram distribuídos em dois grupos de seis animais, denominados grupo tratado (GT) e grupo controle (GC). Cada grupo foi subdividido em dois, de acordo com o tempo de observação pós-operatória de 15 e 30 dias. Os animais do grupo tratado receberam estímulo pelo ultra-som pulsado de baixa intensidade após 24 horas do procedimento cirúrgico, durante 15 minutos nos cinco primeiros dias e dez minutos durante mais cinco dias, totalizando dez dias de tratamento (Figura 2). Os animais do grupo controle não receberam o estímulo pelo ultra-som, mas foram submetidos a mesma manipulação que os demais, garantindo, assim, que os animais dos grupos tratado e controle fossem rigorosamente submetidos às mesmas condições experimentais e de manipulação, com exceção do estímulo ultra-sônico.

A avaliação radiográfica foi realizada em projeções médiolaterais bilaterais, no pós-operatório imediato e semanalmente. Foi avaliado o aspecto das falhas ósseas preenchidas ou não pelo cimento ósseo, principalmente nas interfaces proximal e distal dos raios em questão.

Para a avaliação histopatológica foram coletados os raios de todos os animais, fixados em formol tamponado e colocados em solução descalcificadora, incluídos em resina e submetidos a cortes longitudinais, envolvendo as áreas das falhas ósseas. Em seguida, corados por hematoxilina/eosina (HE). Avaliou-se o comportamento dos implantes (membros direitos), aspectos das falhas ósseas, presença de osso novo formado e tipo de tecido em cada tempo do pós-operatório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se notou quaisquer complicações durante os procedimentos cirúrgicos. Os animais foram mantidos em gaiolas isoladas durante todo o período experimental, onde eram observados diariamente. Todos os animais apresentaram bom estado geral, ausência de sinais de infecção ou alterações que pudessem ser atribuídas ao biomaterial utilizado. Não apresentaram claudicação em nenhum momento, com as funções dos membros preservadas, logo após à cirurgia. Durante o tratamento com o ultra-som não foi observado nenhum efeito indesejável, sendo que os animais permaneceram tranquilos e sem alterações comportamentais. Estes achados corroboram com os de Guirro (1995); Carro (1998); Del Carlo et al. (2003) e Silva et al. (2003), ao realizarem estudos envolvendo falhas ósseas segmentares em coelhos, utilizando como preenchimento diferentes tipos de biomateriais.

A escolha do cimento ósseo, sob a forma granulada deve-se à existência de trabalhos publicados sobre o assunto, mostrando ser o biomaterial granulada melhor indutor do que na forma compacta, pois apresenta maior área de superfície de contato, o que estimula a osteoindução. Diversas pesquisas relatam que o cimento ósseo sob a forma moldada atrasou a reabsorção do implante, devido sua baixa porosidade (GUIRRO, 1995; CARRO, 1998; MORAES, 2002; MORAES et al., 2004; ORIÁ, 2005). Neste estudo, o cimento sob a forma granulada fez com que a reabsorção ocorresse de maneira mais intensa, mesmo sem a estimulação pelo ultra-som, concordando, portanto, com os autores anteriormente citados.

Decorridas 24 horas do procedimento cirúrgico foram realizadas as radiografias, em posição médiolateral dos membros operados, para avaliar o aspecto das osteotomias. As imagens mostraram que as osteotomias estavam na localização desejada e apresentavam as dimensões previstas. Guirro (1995) e Carro (1998) obtiveram os mesmos resul-

tados quando utilizaram hidroxiapatita e matriz óssea desmineralizada, respectivamente como materiais de preenchimento em falhas ósseas produzidas em rádios de coelhos.

Quando as falhas ósseas foram deixadas vazias, o aspecto radiográfico imediato foi a transparência total do tecido ósseo ao exame radiográfico. Já em casos, onde foi utilizado o cimento de fosfato de cálcio, este era evidenciado nas radiografias, como uma imagem mais radiopaca e granulosa. Nenhum caso evoluiu, no decorrer da avaliação pós-operatória, com fratura de ulna ou reabsorção óssea. À medida que o tempo evoluía, principalmente no grupo tratado, a radiopacidade aumentava na região das falhas ósseas, com ou sem o preenchimento com o a-TCP. Radiograficamente, nos dois grupos, as falhas ósseas tinham aos 30 dias de pós-operatório, imagens sugerindo um crescimento ósseo superior aos das falhas preenchidas pelo cimento. No entanto, a avaliação histológica demonstrou que nos dois grupos, o cimento ósseo atuou efetivamente, acelerando o processo de reparo. Sugerimos, portanto, que a radiopacidade do cimento visibilizada desde o pós-operatório imediato possa ter sido confundida com a radiopacidade encontrada na proliferação de tecido ósseo, facilmente observada nas falhas ósseas vazias. Segundo Croci et al. (2003), o calo ósseo primário é também visível nas radiografias conferindo uma indicação de que a fratura está se consolidando.

De um modo geral, no grupo onde não houve estimulação pelo ultra-som, a evolução ocorreu com menor intensidade e velocidade do que nos animais onde houve o estímulo (Figuras 3 e 4). Guirro (1995) e Carro (1998) realizaram o tratamento com o ultra-som pulsado de baixa intensidade e concluíram que a estimulação induzia o crescimento ósseo em todas as situações, independente do material utilizado para o preenchimento, na avaliação radiográfica, situação semelhante a que constatamos no presente experimento.

Na avaliação histopatológica observou-se que as falhas ósseas estimuladas pelo ultra-som, nos dois períodos observados, em ambos os membros, apresentaram um processo de reparação óssea superior àquele encontrado nas falhas não estimuladas (Figura 5). Outros estudos corroboram com estes achados, sendo o ultra-som eficaz para a aceleração de fraturas ou remodelamento ósseo no caso de grandes falhas (GUIRRO, 1995; CARRO, 1998; SOUSA, 2003).

CONCLUSÃO

Nas condições em que este trabalho foi conduzido pode-se concluir que, o ultra-som pulsado de baixa intensidade mostrou ser um recurso extremamente eficaz na aceleração do processo de ossificação. Além disso, o ultra-som associado ao cimento de fosfato de cálcio com fibras de náilon intensifica este processo demonstrando assim, o poder osteoindutor deste biomaterial.

Use of the low intensity ultrasound at bone defects produced experimentally in radius of rabbits, filled or not with calcium phosphate cement

ABSTRACT

The low intensity pulsed ultrasound was used in the present research with aim of evaluating, experimentally, its effects on the bone defect produced in rabbit's radius, filled in or not with calcium phosphate cement incorporated with nylon fibers. The experiment included the utilization of 12 rabbits, from the New Zealand lineage, sorted out in two equal experimental groups, and aleatoricly selected. Eight millimeters bone gaps were surgically created in the radius bone diaphysis and filled with the cement (right radius). The lefts bone gaps remained empty. The animals of the treated group received pulsed ultrasonic stimulus for 15 minutes during five days and ten minutes during more five days, in both radius. Radiological control was made in the immediate postoperative and seven, 15 and 30 days, according with the postoperative follow-up (15 and 30 days). The bone defects were collected and optical microscopy performed. The results showed an increase and faster evolution of ossification's process in the bone defects, filled or not with the bone cement, but that received stimulus by ultrasound. These results suggest that the low-intensity pulsed ultrasound is an effective resort in the ossification's process acceleration and, when used with the calcium phosphate cement, the effect is increased.

Keywords: Low-intensity pulsed ultrasound, bone cement, bone defects, rabbit.

REFERÊNCIAS

ARINZEH, T.L.; PETER, S.J.; ARCHAMBAULT, M.P.; VAN DE BOS, C.; GORDON, S.; KRAUS, K.;

SMITH, A.; KADIYALA, S. Allogeneic mesenchymal stem cells regenerate bone in a critical size canine segmental defect. **Journal of Bone and Joint Surgery American**, v. 85-A, n. 10, p. 1927-1935, 2003.

CARRO, A.P.M.C. **Uso de matriz óssea desmineralizada associada a estimulação ultra sônica pulsada de baixa intensidade na correção de falha óssea. Estudo experimental em coelhos.** 1998. 49f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

CARRODÉGUAS R.G.; DÉJAR, S.P.; SANTOS, L.A.; RIGO, E.C.S.; BOSCHI, A.O. Cimentos de fosfato de cálcio. **Biocologia**. Brasília, v. 2, n. 10, p. 30-32, 1999.

CRISCI, A.R.; FERREIRA, A.L. Low-intensity pulsed ultrasound accelerates the regeneration of the sciatic nerve after neurotomy in rats. **Ultrasound in Medicine and Biology**, Tarrytown, v. 28, n. 10, p. 1335-1341, 2002.

CROCI, A.T.; CAMARGO, O.P.; BITAR, G.; PEREIRA, S.L.B.; MOREIRA, M.; FREITAS, S. Efeito do concentrado de plasma em falhas ósseas provocadas em fêmures de camundongos como estimulação de formação óssea – estudo experimental. **Acta Ortopédica Brasileira**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 230-239, 2003.

DEL CARLO, R.J.; KAWATA, D.; VILORIA, M.I.V.; OLIVEIRA, D.R.; SILVA, A.S.; MARQUESI, D.R.; GALVÃO, S.R.; AZEVEDO, P.; MONTEIRO, B.S. Polímero de mamona acrescido de cálcio, associado ou não à medula óssea autógena na reparação de falhas ósseas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1081-1088, 2003.

DYSON, M.; BROKES, M. Stimulation of bone repair by ultrasound. **Ultrasound in Medicine and Biology**, Tarrytown, v. 2, p. 61-66, 1983.

GUIRRO, R.R.J. **O uso da hidroxiapatita associada a estimulação ultra-sônica pulsada de baixa intensidade na correção de falha óssea. Estudo experimental em coelhos.** 1995. 72f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

JOHN, J.; GANGADHAR, S.A.; SHAH, I. Flexural

strength of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture resin reinforced with glass, aramid, or nylon fibers. **Journal of Prosthetic Dentistry**, St. Louis, v. 86, n. 4, p. 424-427, 2001.

LEITE, V.L. **Estudo comparativo do efeito do ultra-som de 1 MHz com frequência de repetição de pulso a 100 Hz e 16 Hz no tratamento de fratura de fíbula de rato.** 2005. 75f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

LIRANI, A.P.R. **Estudo comparativo dos efeitos do ultra-som e do laser de baixa intensidade no reparo ósseo de tibia de rato.** 2004. 109f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MELO, M.M.; GOUVÊA, C.M.C.P.; SILVA, A.L. Efeito do ultra-som na prevenção da hérnia incisional mediana no rato. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 100-109, 2005.

MORAES, P.C. **Biocompatibilidade e comportamento do cimento de fosfato de cálcio, reforçado com diferentes tipos de fibras, implantado no rádio de coelhos.** 2002, 73f. Dissertação (Mestrado em Cirurgia Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

MORAES, P.C.; PADILHA FILHO, J.G.; CANOLA, J.C.; SANTOS, L.A.; MACORIS, D.G.; ALESSI, A.C.; CASTRO, M.B.; NETO, F.A.D. Biocompatibilidade do cimento de fosfato de cálcio implantado no rádio de coelhos. **Acta Cirúrgica Brasileira**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 351-359, 2004.

ORIÁ, A.P. **Cimento de a-fosfato tricálcico de dupla pega e polimetilmetacrilato como implantes intra-oculares em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*, Lilljeborg, 1874).** 2005. 44f. Tese (Doutorado em Cirurgia Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

PARK, J.B. **Biomaterials Science and Engineering.** New York: Plenum Press, 1984.

PETERSON, W.W.; MANSKE, P.R.; LESKER, P.A.;

KAIN, C.C.; SCHAEFER, R.K. Development of a synthetic replacement for the flexor tendon pulleys – an experimental study. **Journal of Hand Surgery**, St. Louis, v. 11, n. 3, p. 403-409, 1986.

SANAN, A.; HAINES, S. J. Repairing holes in the head: a history of cranioplasty. **Neurosurgery**, Baltimore, v. 3, n. 40, p. 588-603, 1997.

SANTOS, L.A.; OLIVEIRA, L.C.; RIGO, E.C.S.; CARRODÉGUAS, R.G.; BOSCHI, A.O.; ARRIDA, A.C.F. Fiber reinforced calcium phosphate cement. **Artificial Organs**, Painesville, v. 24, n. 3, p. 212-216, 2000.

SANTOS, L.A. **Desenvolvimento de cimento de fosfato de cálcio reforçado por fibras para o uso na área médico-odontológica**. 2002, 275f.

Tese (Doutorado em engenharia de biomateriais) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SILVA, A.M.; CARLO, R.J.D.; VILORIA, M.I.V.; SILVA, A.S.; FILGUEIRAS, R.R. Matriz óssea desmineralizada na preparação de falhas ósseas segmentares produzidas no rádio de coelhos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 539-545, 2003.

SOUSA, V.L. **Efeitos do ultra som de baixa intensidade sobre a consolidação óssea em fratura de ossos longos (rádio e ulna, tíbia e fíbula) em cães (*Canis familiaris*)**. 2003. 127f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

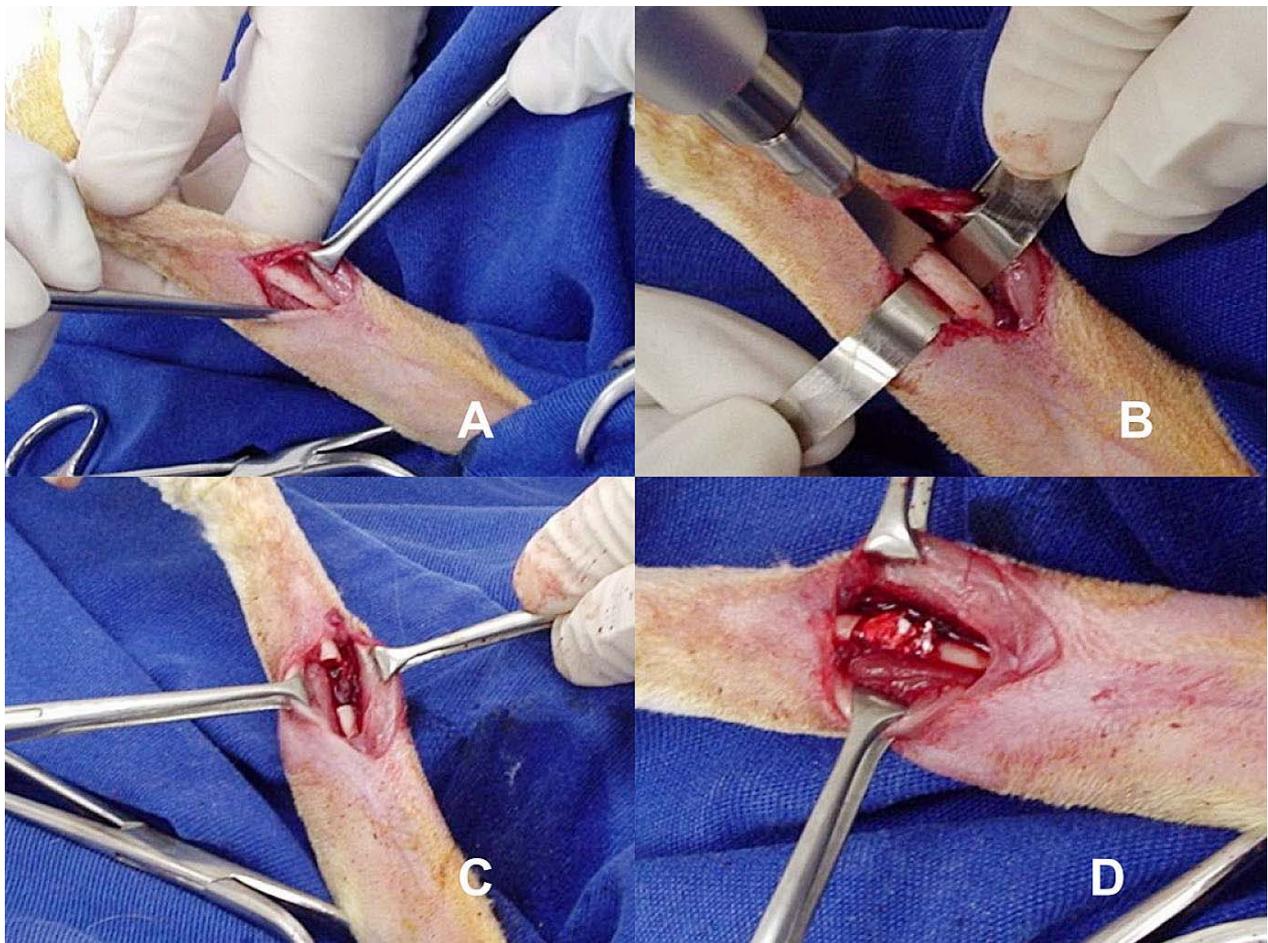


Figura 1. Imagens do procedimento cirúrgico para obtenção da falha óssea. Em A: diáfise do rádio de coelho exposta através de divulsão da musculatura adjacente; B: a osteotomia é iniciada com o auxílio de micro serra; C: falha óssea já pronta para receber o cimento de fosfato de cálcio; D: preenchimento da falha óssea com cimento de fosfato de cálcio.



Figura 2. Aplicação do ultra-som de baixa intensidade no local da falha óssea produzida experimentalmente no rádio direito de coelho.

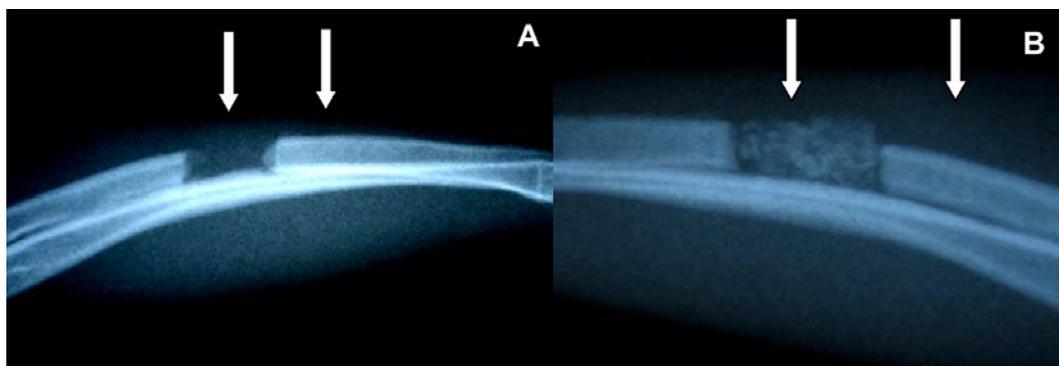


Figura 3. Imagens radiográficas de falha ósseas em rádios de coelhos do grupo controle, aos 30 dias de pós-operatório. Em A, falha óssea sem o preenchimento do a-TCP; em B, com a-TCP. As setas indicam reação periosteal discreta nas respectivas interfaces proximais e distais.



Figura 4. Imagens radiográficas de falhas ósseas em rádios de coelhos do grupo tratado, aos 30 dias de pós-operatório. Em A, falha óssea sem o preenchimento do a-TCP; em B, com a-TCP. As setas indicam reação periosteal nas interfaces proximais e distais, e o fechamento da falha óssea.

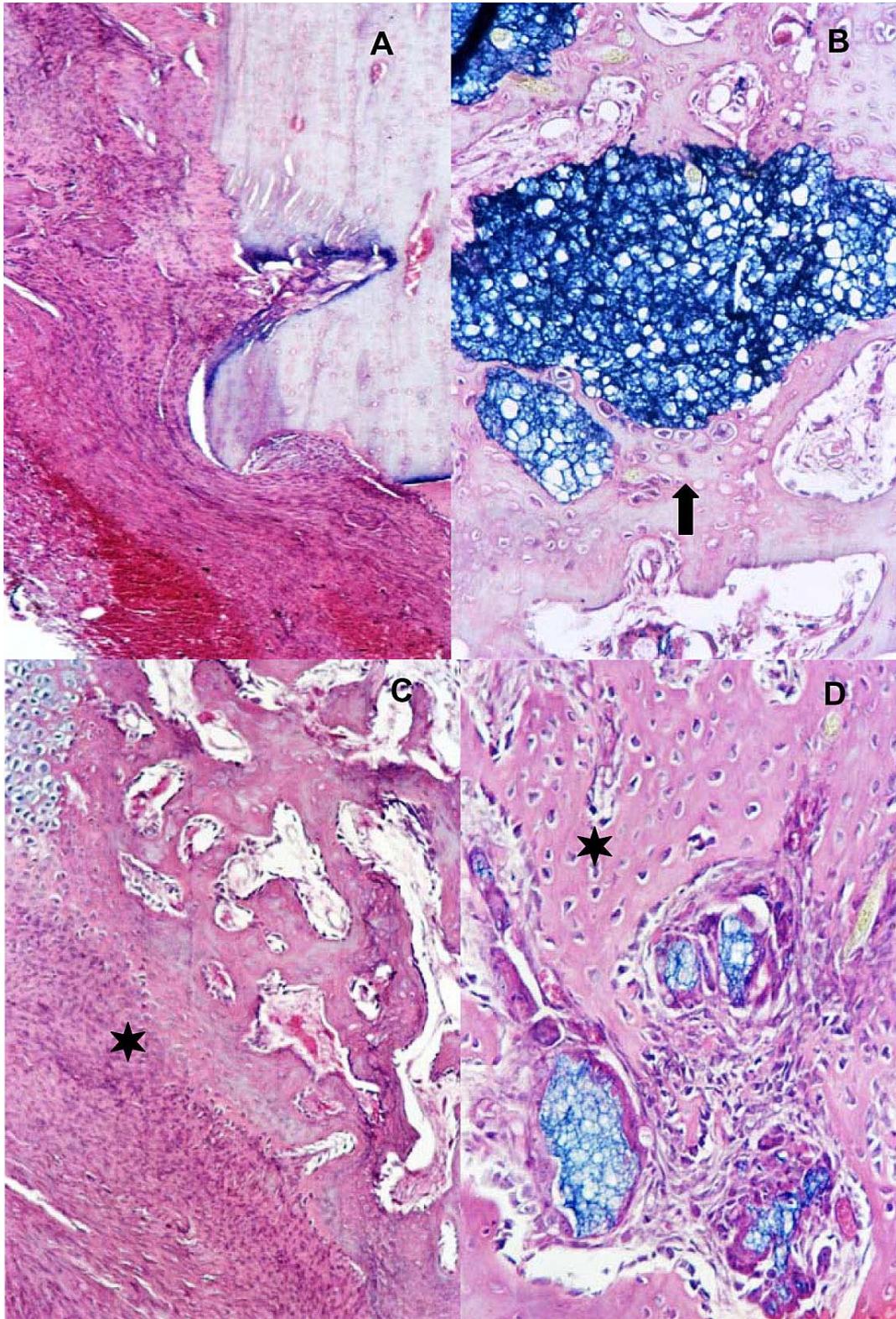


Figura 5. Fotomicrografias de cortes das áreas de falhas ósseas induzidas experimentalmente na diáfise do rádio de coelhos pertencentes aos grupos controle (A e B) e tratados (C e D), sem o preenchimento pelo a-TCP (A e C) e com o preenchimento (B e D). Observa-se em B (10X), aos 30 dias, arranjo celular ao redor do implante, a seta negra indica presença de condroblastos hipertrofiados precursores de osteócitos dispostos ao redor do implante. Observa-se em C (4X) e D (10X) presença de tecido ósseo primário neoformado (asterisco), sendo este mais evoluído em D (10X) (com a-TCP). HE