

## EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ULTRA-SÔNICA SOBRE O PROCESSO DE REPARO EM FERIDA DE EXTRAÇÃO DENTAL: ESTUDO HISTOLÓGICO EM RATOS

Paulo Villela SANTOS JUNIOR\*  
Ronaldo Maia MELHADO\*\*

---

**RESUMO:** *Os efeitos da estimulação ultra-sônica sobre o processo de reparo em feridas de extração dental em ratos foram estudados histologicamente. Foram utilizados 56 ratos, divididos em dois grupos, um controle (I) e um experimental (II), de 28 animais cada, que tiveram seus incisivos superiores direitos extraídos. O grupo II recebeu estímulo ultra-sônico com a frequência de repetição de 1.000 Hz e largura de pulso de 2.000 us, de modo contínuo, durante 5 minutos diários por animal, desde o dia da exodontia até 24 horas antes do sacrifício. Os animais foram sacrificados nos seguintes prazos pós-operatórios; 3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21 dias. Os resultados evidenciaram formação precoce de tecido de granulação, maior formação osteoblástica, remodelação antecipada das cristas ósseas e conseqüentemente aceleração do processo de reparo do alvéolo.*

**UNITERMOS:** *Processo de reparo alveolar; extração dental; ultra-som.*

---

### INTRODUÇÃO

A partir dos trabalhos pioneiros de EULER<sup>8</sup> sobre o processo de reparo em extração dental em cães, os pesquisadores têm analisado este fenômeno biológico através de estudos experimentais e clínicos, sob a luz de métodos radiográficos, histológicos e histoquímicos, que permitiram estabelecer os padrões normais deste processo de reparo<sup>1,2,13</sup>.

Com os estudos publicados por FUKADA & YASSUDA<sup>9</sup> sobre o efeito piezoelétrico do osso, houve o despertar do interesse sobre o uso de corrente elétrica em reparação tecidual. Assim, BRIGHTON<sup>3</sup> propôs um processo de estimulação elétrica do calo ósseo, tendo conseguido resultado satisfatório em pseudoartrose hipertrófica e em fraturas de consolidação retardada. LAVINE *et alii*<sup>12</sup> constataram que o emprego de corrente elétrica de baixa intensidade proporcionou recalcificação de ossos longos de uma criança.

---

\* Departamento de Diagnóstico e Cirurgia – Faculdade de Odontologia – UNESP – 12245 – São José dos Campos – SP.

\*\* Departamento de Patologia – Faculdade de Odontologia – UNESP – 16100 – Araçatuba – SP.

Na tentativa de se conseguir um método não invasivo para a estimulação do calo ósseo, DUARTE<sup>4</sup> utilizou a energia ultra-sônica obtida através da aplicação de uma tensão elétrica oscilante num cristal de quartzo ou de cerâmica especial piezoelétrica.

O ultra-som possui notável efeito estimulante no crescimento de tecidos que contenham colágeno, como o osso, tendão e cartilagem<sup>7</sup>.

DUARTE<sup>4</sup>, estudando a estimulação do calo ósseo através de onda ultra-sônica em tibia, fêmur e costela de coelho, chegou à conclusão de que é possível a aceleração da formação do calo ósseo por este estímulo, e que o ganho de tempo na consolidação dessas fraturas foi da ordem de 50%.

XAVIER & DUARTE<sup>14</sup> estudaram clinicamente a estimulação ultra-sônica de calo ósseo em 27 pacientes com pseudoartrose ou retardo de consolidação de fraturas em diversos ossos do corpo, obtendo resultados favoráveis.

Diante do que foi pesquisado na literatura, propusemo-nos a estudar histologicamente os efeitos do ultra-som sobre o processo de reparo em ferida de extração dental em ratos.

## MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho foram utilizados 56 ratos (*Rattus norvegicus albinus*, Wistar) machos, com peso corporal entre 130 e 150 gramas.

Os animais foram anestesiados com éter sulfúrico e submetidos à extração do incisivo superior direito. Após o ato cirúrgico, as bordas das feridas foram suturadas. Em seguida foi aplicada intraperitonealmente dose única de 0,2 ml de Pentabiótico, diluído em 5 ml de água destilada.

Os animais foram divididos em 2 grupos de 28 ratos cada: grupo I, controle e grupo II, tratados.

Nos animais do grupo tratado foi realizada a tricotomia de toda a área dorsal do focinho. Em seguida eles foram levados ao estimulador de crescimento ósseo ultra-sônico, regulado com frequência de repetição de 1000 Hz e largura de pulso de 2000 us, de modo contínuo, por um período de 5 min. diários por animal, desde o dia da exodontia até 24 horas antes do sacrifício, e foi colocado um gel transmissor hidrossolúvel, para melhor difusão das ondas ultra-sônica sobre o alvéolo.

Para cada aplicação do estímulo, os animais foram anestesiados com vapor de éter sulfúrico.

Dentro de cada grupo, quatro animais foram sacrificados nos seguintes tempos pós-operatório: 3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21 dias. Em seguida, foi removida a maxila direita de cada animal, contendo o alvéolo dentário intacto. As peças fixadas em formol neutro por 24 horas, em seguida descalcificadas e incluídas em parafina. Foram obtidos cortes semi-seriados dos alvéolos em seu sentido longitudinal, com espessura de 6 micrômetros, os quais foram corados pela Hematoxilina e Eosina. O material foi então analisado à microscopia de luz.

## RESULTADOS

Para a descrição dos resultados, o alvéolo dentário foi dividido em três terços: cervical, médio e apical; considerados a partir da crista óssea alveolar, em direção ao fundo do alvéolo.

– *3 dias*: O grupo controle mostra o alvéolo dentário totalmente preenchido por coágulo sangüíneo. Em toda a extensão observa-se discreta proliferação fibroblástica junto às corticais (Fig. 1).

Próximo aos fibroblastos observam-se alguns macrófagos migrando para o interior do coágulo sangüíneo, bem como células endoteliais que começam a delinear pequenos vasos sangüíneos.

O grupo tratado mostra-se, no terceiro dia, quase totalmente preenchido por coágulo sangüíneo.

Como no grupo-controle, os terços médio e cervical exibem discreta proliferação fibroblástica junto às corticais ósseas, bem como alguns macrófagos e vasos neoformados.

O terço apical mostra maior formação de tecido de granulação e discreto infiltrado inflamatório crônico. Junto às corticais ósseas alveolares, especialmente na vestibular, observa-se nítida proliferação osteoblástica com deposição de tecido osteóide delimitando pequenas trabéculas ósseas incipientes (Fig. 2).

– *6 dias*: O grupo controle exhibe discreta proliferação osteoblástica na extremidade da crista óssea lingual, enquanto na vestibular nota-se atividade remodeladora, com aposição de tecido ósseo imaturo.

Em toda a extensão do alvéolo observa-se tecido de granulação e persistência de coágulo sangüíneo na porção central. Nos terços médio e apical há moderada proliferação osteoblástica, com formação de delgadas trabéculas ósseas imaturas (Fig. 3).

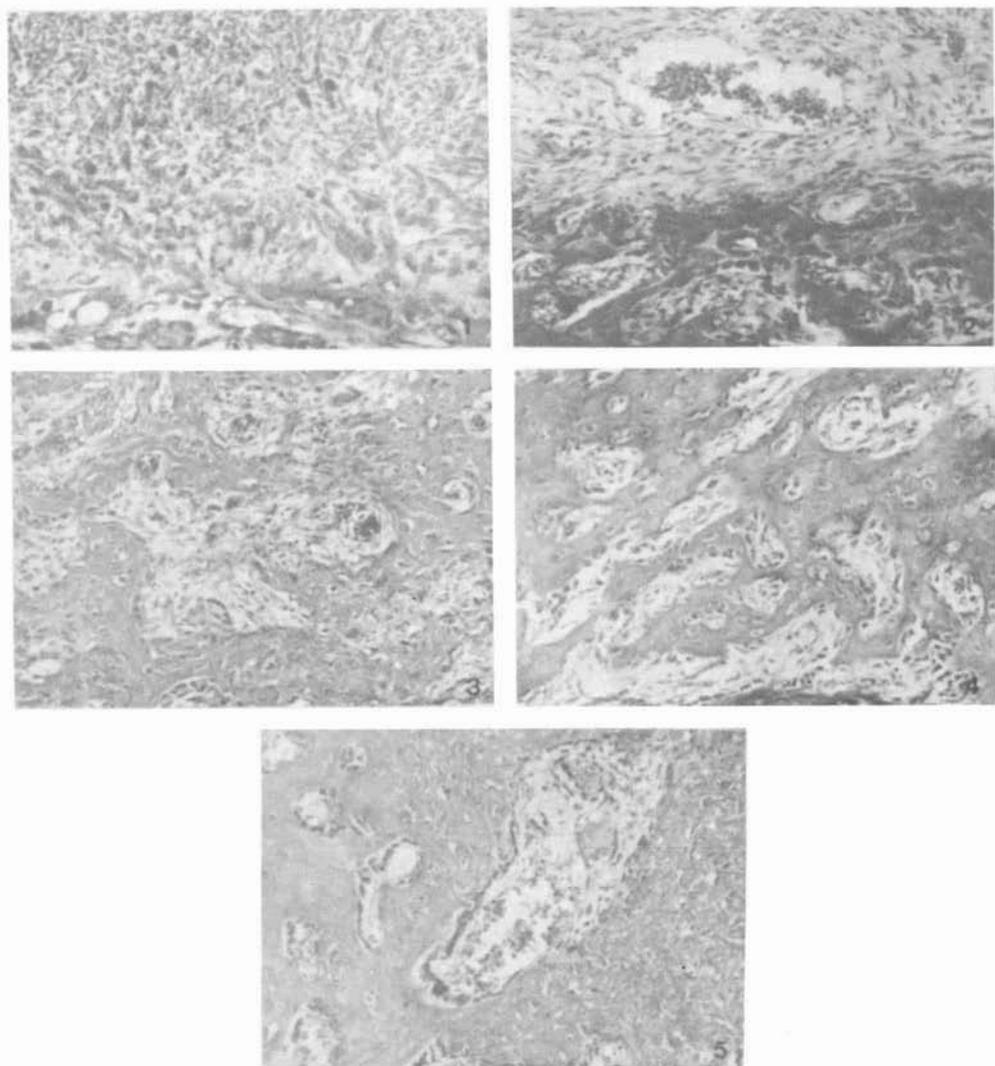
No grupo tratado, as cristas ósseas vestibular e lingual mostram, no sexto dia, atividade remodeladora. O terço cervical do alvéolo mostra-se totalmente preenchido de granulação.

Nos terços médio e apical observa-se formação de delgadas trabéculas ósseas junto às corticais vestibular e lingual e no fundo do alvéolo. Estas são mais maduras do que as observadas no grupo-controle (Fig. 4).

Na parte central do alvéolo persiste pequena quantidade de tecido de granulação e coágulo sangüíneo.

– *9 dias*: O grupo-controle exhibe as cristas ósseas alveolares vestibular e lingual em fase de remodelação. O alvéolo encontra-se parcialmente preenchido por tecido ósseo (Fig. 5). Nos terços médio e apical persistem tecido de granulação e remanescentes de coágulo sangüíneo na porção central.

O grupo tratado mostra as cristas ósseas alveolares quase totalmente remodeladas. Toda a extensão do alvéolo encontra-se preenchida por tecido ósseo (Fig. 6), exceto algumas áreas centrais onde persiste tecido de granulação.



- FIG. 1 - Controle. 3 dias. Terço apical do alvéolo preenchido por coágulo sangüíneo. Moderada proliferação fibroblástica adjacente à cortical óssea. H. E.  $\pm$  200 X.
- FIG. 2 - Tratado. 3 dias. Terço apical do alvéolo. Proliferação osteoblástica e deposição de tecido osteóide junto à cortical óssea. H. E.  $\pm$  100 X.
- FIG. 3 - Controle. 6 dias. Terço apical do alvéolo. Moderada proliferação osteoblástica com formação de trabéculas imaturas. H. E.  $\pm$  100 X.
- FIG. 4 - Tratado 6 dias. Terço apical do alvéolo. Proliferação osteoblástica com formação de trabéculas mais maduras que as vistas na figura anterior. H. E.  $\pm$  100 X
- FIG. 5 - Controle 9 dias. Terço cervical do alvéolo. Trabéculas ósseas mais maduras na área adjacente à cortical e menos matura na área central do alvéolo. H. E.  $\pm$  100 X

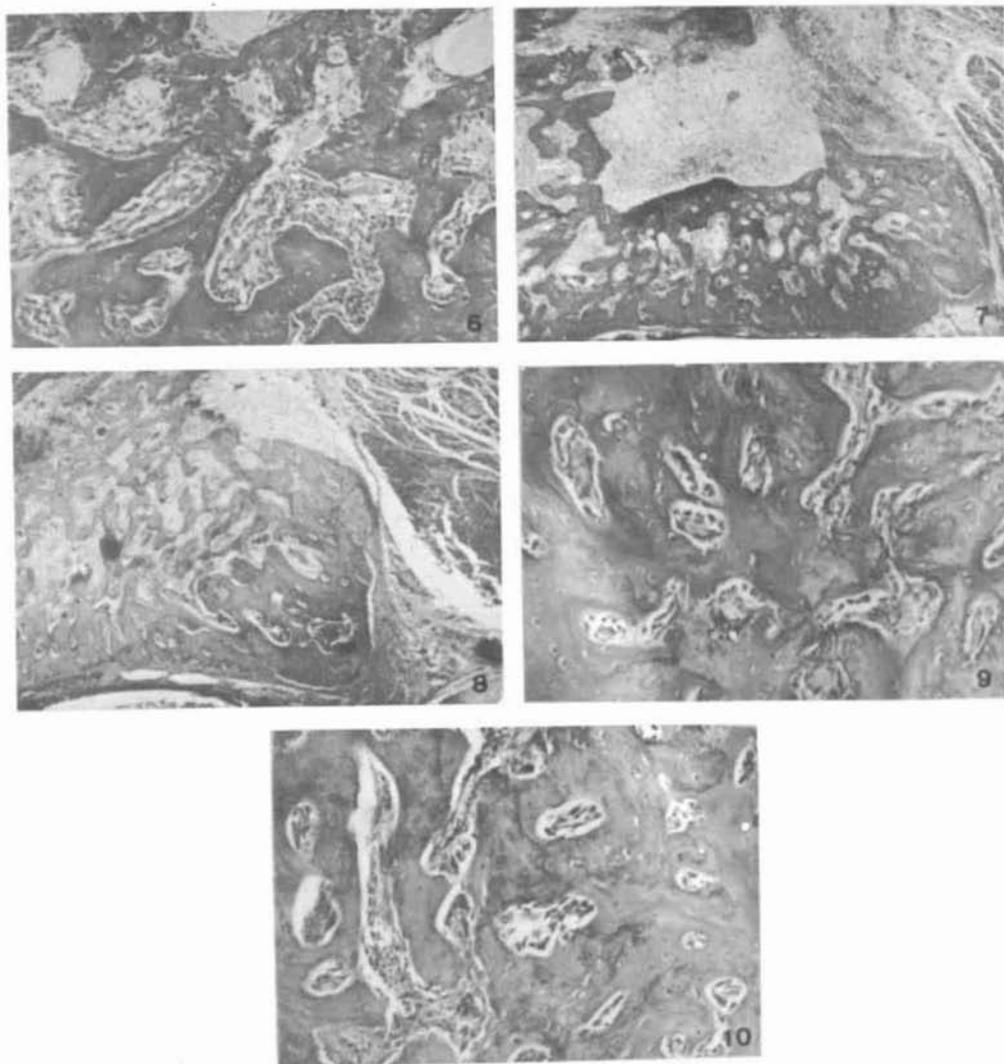


FIG. 6 - Tratado. 9 dias. Terço cervical do alvéolo. Trabéculas ósseas maduras na área adjacente à cervical alveolar. H.E.  $\pm 100 X$

FIG. 7 - Controle. 12 dias. Terço cervical do alvéolo. Tecido de granulação ocupando a área central do alvéolo. H.E.  $\pm 25 X$

FIG. 8 - Tratado. 12 dias. Terço cervical do alvéolo. Discreta área de tecido de granulação na superfície deste terço. H.E.  $\pm 25 X$

FIG. 9 - Controle. 21 dias. Terço médio do alvéolo. Tecido ósseo maduro. H.E.  $\pm 100 X$

FIG. 10 - Tratado. 21 dias. Terço médio do alvéolo. Tecido ósseo maduro. H.E.  $\pm 100 X$

- 12 dias: Prossegue a remodelação das cristas ósseas no grupo controle. O alvéolo está parcialmente ocupado por tecido ósseo, porém persiste tecido de granulação e coágulo sanguíneo na região central (Fig. 7).

No grupo tratado a remodelação das cristas ósseas é quase total. O alvéolo está praticamente preenchido por tecido ósseo, especialmente os terços apical e médio. Moderada quantidade de tecido de granulação pode ainda ser observada no terço cervical (Fig. 8).

– 15 dias: Tanto no grupo-controle como no tratado, as cristas ósseas mostram-se remodeladas. No grupo controle o alvéolo está quase totalmente preenchido por tecido ósseo, persistindo ainda discretas áreas de tecido de granulação no centro do mesmo. No grupo tratado a formação de tecido ósseo é mais intensa com menor quantidade de tecido de granulação remanescente.

– 18 dias: O grupo-controle exibe toda a extensão do alvéolo preenchida por tecido ósseo. Este apresenta-se mais imaturo na parte central do alvéolo. No grupo tratado o alvéolo está preenchido por tecido ósseo maturo.

– 21 dias: Ambos os grupos exibem o alvéolo totalmente preenchido por tecido ósseo maturo (Fig. 9 e 10).

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos animais do grupo controle mostraram que a evolução do processo de reparo alveolar ocorreu de maneira semelhante à descrita anteriormente por OKAMOTO<sup>13</sup> e HADDAD *et alii*<sup>10</sup>.

Nos animais experimentais, já aos 3 dias de pós-operatório, houve formação precoce de tecido de granulação a nível do terço apical do alvéolo, bem como proliferação osteoblástica com deposição de tecido osteóide junto às corticais alveolares. Nos tempos subseqüentes (6, 9, 12 e 15 dias), houve maior formação de tecido de granulação, maior proliferação osteoblástica e formação de trabéculas ósseas, além de remodelação antecipada das cristas ósseas.

Nos períodos finais do processo de reparo alveolar, observou-se que, nos animais tratados, aos 18 dias pós-operatórios, o alvéolo mostrava-se totalmente preenchido por tecido ósseo maturo, o que nos animais-controle ocorreu no tempo seguinte (21 dias).

Os resultados obtidos com a aplicação do ultra-som evidenciaram precocidade na gênese e maturação do tecido de granulação que substitui o coágulo sangüíneo, bem como maior proliferação osteoblástica e deposição de tecido osteóide junto às corticais alveolares.

A energia ultra-sônica causa um impacto mecânico sobre o osso que, ao se deformar, desenvolve cargas elétricas pelo efeito piezoelétrico. O aparecimento dessas cargas dá origem a um campo elétrico que, agindo sobre as células mesenquimais, aumenta sua atividade mitótica e resulta num acréscimo local da população de células precursoras de colágeno e de matriz óssea.

Há evidências de que todos os tecidos contendo colágeno, estimulados pelo ultra-som, desenvolvem cargas elétricas pelo efeito piezoelétrico<sup>4</sup>. É possível, então que o ultra-som, agindo sobre os fibroblastos do ligamento periodontal remanescente no

alvéolo e sobre as células osteogênicas das corticais ósseas, estimule estes elementos celulares, levando à substituição precoce do coágulo sangüíneo, bem como ao início de formação de trabéculas ósseas. DYSON *et alii*<sup>7</sup> e HARVEY *et alii*<sup>11</sup> relatam que o ultra-som aumenta a síntese protéica e interfere com a polimerização dos precursores do colágeno.

De acordo com as observações de DUARTE<sup>4</sup>, com a utilização do ultra-som pulsado, o esforço se repetirá na freqüência dos pulsos, o que colocará cargas na superfície das células e manterá uma polarização elétrica média enquanto durar o estímulo. Isto poderá fazer com que as células ósseas alterem seus potenciais de membrana, permitindo o bombeamento de íons positivos para fora, ou captando nutrientes trazidos pelo plasma de acordo com o sinal da carga que predomina na sua superfície, e em condordância com a freqüência com que esse sinal aparece.

Os osteoblastos contêm grande quantidade de fosfatase alcalina intracitoplasmática e os osteoclastos, além da fosfatase ácida contêm outras enzimas operando em pH ácido. Quando ocorre agressão ao tecido ósseo, os osteoblastos agrupam-se de preferência nos locais de potencial negativo e os osteoclastos nos de potencial positivo<sup>4</sup>.

Se tal fato for verdadeiro, no processo de reparo alveolar estabelece-se um potencial positivo apenas junto às cristas alveolares, área onde às vezes observam-se osteoclastos em atividade de reabsorção óssea e apenas nas fases iniciais do processo de reparo.

No estímulo do ultra-som, o potencial induzido pelo efeito piezoelétrico é negativo. Com o campo elétrico assim formado, poderá haver atividade mitótica das células situadas na área, aumentando assim o número de células especializadas e tornando mais rápido o processo de reparo<sup>4</sup>.

Deste modo, justificam-se nossos resultados com maior formação de tecido de granulação, proliferação osteoblástica, formação de trabéculas ósseas e remodelação das cristas ósseas, a nível do reparo alveolar nos animais tratados.

Baseados ainda nos efeitos físicos, três mecanismos têm sido propostos para explicar os resultados de estimulação ultra-sônica: efeitos térmicos, efeitos cíclicos e fluxo acústico<sup>5,6</sup>. Os dois primeiros efeitos parecem não ter grande significado sobre o processo regenerativo<sup>6</sup>.

Já o fluxo acústico parece ser importante para o processo de reparo. Quando um tecido está sendo submetido ao ultra-som, a vibração do transdutor gera um campo ultra-sônico no qual um movimento unidirecional é sobreposto sobre movimentos oscilatórios ciclicamente repetidos dos componentes do tecido. Este fluxo unidirecional é chamado acústico e induz alterações na taxa de difusão e na permeabilidade da membrana celular, podendo alterar por exemplo a síntese protéica e, assim, afetar o processo de reparo<sup>5</sup>.

## CONCLUSÕES

Nas condições experimentais utilizadas e baseadas nos resultados obtidos, podemos concluir que o ultra-som promove:

- formação maior e precoce de tecido de granulação, maior proliferação osteoblástica e maior formação de trabéculas ósseas no processo de reparo alveolar;
- remodelação antecipada das cristas ósseas alveolares e aceleração na cronologia do processo de reparo.

SANTOS JUNIOR, P. V.; MELHADO, R. M. – Effects of ultrasound stimulation on the tissue repair in dental extraction wounds. A histologic study. **Rev. Odont. UNESP, São Paulo, 19:** 291-299, 1990.

*ABSTRACT: The effects of ultrasound on the wound healing process after teeth extractions were studied histologically. The right upper incisor was extracted in 56 rats. They were divided into 2 groups, one control (I) and one experimental (II). Group II received ultrasound stimulation that was applied with the frequency of repetition of 1.000 Hz and pulse length of 2.000 us continuously, during five minutes daily since the extraction day until 24 hours before the death. The rats were sacrificed at 3, 6, 9, 12, 15, 18, and 21 postoperative days. The results showed a precocious granulation tissue formation, faster remodeling of osseous ridges, and consequently acceleration of the alveolar wound healing process.*

*KEY-WORDS: Alveolar healing process; dental extraction; ultrasound.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, E. M. – *Reparação alveolar em cães. Estudo clínico, radiográfico e histopatológico em condições normais e sob ação hormonal.* Piracicaba, UNICAMP, 1970. (Tese – Doutorado)
2. AMLER, M. H. – The sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. *Oral Surg.*, 27: 309-18, 1969.
3. BRIGHTON, C. T. – Healing of non union of the medial malleolus by means of direct current. *Trauma*, 11: 883, 1971.
4. DUARTE, L. R. – *Estimulação ultra-sônica do calo ósseo.* São Carlos, Esc. Engen. São Carlos, USP, 1977. (Tese – Livre-Docência)
5. DYSON, M. & SUCKLING, J. – Stimulation of tissue repair by ultrasound: A survey of the mechanism involved. *Physiotherapy*, 64: 105-8, 1978.
6. DYSON, M.; POND, J. B.; JOSEPH, J. & WARWICK, R. – The stimulations of tissue regeneration by means of ultrasound. *Clin. Sci.*, 35: 273-85, 1968.
7. DYSON, M.; POND, J. B.; JOSEPH, J. & WARWICK, R. – Stimulation of tissue regeneration by pulsed planewave ultrasound. *Trans. sonics Ultras.*, SU-17(3), 1970.
8. EULER, H. – Die Heilung von extraktionswunden *Dtsch. anat. Zank.*, 41: 685-9, 1923.
9. FUKADA, E. & YASSUDA, I. – On the piezoelectric effect of bone. *J. physiol. Soc. Japan*, 12: 1158-62, 1957.
10. HADDAD, A.; HETEM, S.; BRANDÃO, H. S. S.; SANTOS-PINTO, R. – A tetraciclina no processo de reparo em ferida de extração dental de ratos. *Rev. FOA-Araçatuba*, 1: 33-40, 1965.

11. HARVEY, W.; DYSON, M.; POND, J. B.; GRAHAME, R. – The “in vitro” stimulation of protein synthesis in human fibroblasts by therapeutic levels of ultrasound. *In: EUROPEAN CONGRES ON ULTRASONICS IN MEDICINE. 2º Proceedings. Excerta Médica. Internacional Congress Series, 1975, n. 363. p. 10-21.*
12. LAVINE, L. S.; LUSTRIN, I.; SHAMAS, M. H.; RINALDI, R. & LIBOFFI, A. – Electric enhancement of bone heating. *Science, 175: 1118-21, 1972.*
13. OKAMOTO, T. – *Estudo histoquímico da reatividade do tecido conjuntivo alveolar após extrações dentais. Araçatuba, Fac. Odont. Araçatuba, UNESP, 1964. (Tese – Doutorado)*
14. XAVIER, C. A. M. & DUARTE, L. R. – Estimulação ultra-sônica do calo ósseo. *Rev. bras. Ortop., 18, mai-jun, 1983.*

Recebido para publicação em 06.02.1990.