

*Paulo Villela Santos Junior*

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

**Tese apresentada à Faculdade de Odontologia do "Campus" de Araçatuba - UNESP, para obtenção do Grau de DOUTOR EM ODONTOLOGIA - Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial.**

**Araçatuba — Estado de São Paulo**

**— 1984 —**

Aos meus pais PAULO e WANNY, à minha  
esposa ROSA e aos meus filhos PAULO  
e PATRÍCIA

este trabalho.

Ao Professor Doutor RONALDO MAIA ME  
LHADO, pela amizade e constante estí-  
mulo, bem como pela orientação firme  
e segura deste trabalho.

meus agradecimentos.

Ao Professor Doutor RUY DOS SANTOS  
PINTO, Mestre e amigo.

meu profundo agradecimento.

## AGRADECIMENTOS

À FACULDADE DE ODONTOLOGIA DO CAMPUS DE ARAÇATUBA -UNESP-, na pessoa de seu Diretor, Professor Doutor ROBERTO HOLLAND, e ao Ex-Diretor Professor Doutor SEBASTIÃO HETEM, pela oportunidade da realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor SILVIO SIMÕES e JOSÉ BONIFÁCIO FONSECA, Diretor e Ex-Diretor da Faculdade de Odontologia do Campus de São José dos Campos -UNESP-, pela amizade e estímulo.

Aos Professores Doutores GERSON MUNHOZ DOS SANTOS, ANTENOR ARAÚJO, FRANKLIN EDGAR DE MOURA CAMPOS, ANTONINO KIMMID, EDGAR PEREIRA DE SOUZA, JOSÉ ROBERTO SÁ LIMA, JOB SARMENTO e NICOLAU DIACOV, amigos da Disciplina de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial da Faculdade de Odontologia do Campus de São José dos Campos -UNESP-, pela amizade, estímulo e orientação de nossa carreira universitária.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Odontologia - Área de Concentração: Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial, níveis de Mestrado e Doutorado, da Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba -UNESP-, os meus agradecimentos.

Aos Docentes e Funcionários do Departamento de Patologia, pela atenção a nós dispensada, especialmente aos Se

nhores ANTONIO DE LIMA, JOSÉ MARCELO TRAMARIN e Senhora MARI DALVA JACOBS e ainda ao funcionário do Biotério CASIMIRO CORAS SA.

À Senhora MITI KATO TAKAHASHI, pela revisão da Bibliografia.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação e em especial ao SYLVIO ALVES DE AGUIAR pela amizade a mim dedicada.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

## Í N D I C E

	Pag.
INTRODUÇÃO.....	1
PROPOSIÇÃO.....	6
MATERIAL E MÉTODO.....	7
RESULTADOS.....	10
DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÕES.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
ILUSTRAÇÕES.....	33

## I N T R O D U Ç Ã O

## INTRODUÇÃO

Desde os trabalhos pioneiros de EULER (1923) que estudou o processo de reparo em extração dental em cães, os pesquisadores tem analisado esse fenômeno biológico através de estudos experimentais e clínicos, sob a luz de métodos radiográfico, histológico e histoquímico, que permitiram estabelecer os padrões normais deste processo de reparo (OKAMOTO, 1964; AMLER et al., 1969; ABREU, 1970).

Estabelecidas as etapas do processo de reparo e sua cronologia, os autores procuraram estabelecer seu comportamento frente a vários fatores, tanto locais quanto sistêmicos.

Influências sistêmicas sobre o processo de reparo alveolar tem sido analisadas procurando um melhor conhecimento da ação de fatores de ordem geral, hormonais ou não, sobre este evento.

Assim, dados da literatura mostram que o diabete (GRANDINI et al., 1970), a hipertensão renal crônica (CARVALHO, 1980), a lesão da eminência média hipotalâmica (CINTRA, 1981) o hipotireoidismo (BARROSO, 1970), a tiroparatireoidectomia (GOSUEN et al., 1972), a ooforectomia (SALOMÃO et al., 1974), a gestação (SANCHES, 1983) bem como a administração de paratormônio (RUSSO et al., 1969) glicocorticóides (ABREU, 1970; SANCHES et al. 1975) e contraceptivos (CARVALHO & OKAMOTO, 1981) retardam a cronologia do processo de reparo alveolar.

Igualmente, a administração de ciclofosfamida (FU

RUSE et al., 1974) e aguardente de cana (PIRES-SOUBHIA, 1984) retarda o processo de reparo alveolar.

Esteróides com atividade androgênica, progestacional e anabolizante promovem avanço na cronologia do processo de reparo alveolar (SANTOS-PINTO et al., 1970; SILVA, 1984).

A administração por via sistêmica de antibióticos como o cloridrato de tetraciclina não altera o processo de reparo alveolar normal (HADDAD et al., 1965).

O comportamento do processo de reparo alveolar foi ainda estudado sob ação local de diversas substâncias aloplásticas.

SAAD NETO (1979) e VILLELA SANTOS (1980) colocando "Proplast" no interior do alvéolo dental observaram retardo na cronologia do reparo, porém o material era incorporado ao processo.

SANCHES (1980) usando silicone não constatou retardo na cronologia do processo de reparo alveolar.

A partir dos estudos publicados por FUKUDA et al. (1957) sobre efeito piezoelétrico do osso houve o despertar do interesse sobre o uso de corrente elétrica em reparação tecidual.

Nas duas últimas décadas é que os pesquisadores passaram a se preocupar com mais intensidade sobre a ação de corrente elétrica no osso. Assim, BRIGHTON (1971) propôs um processo de estimulação elétrica do calo ósseo tendo conseguido resultados satisfatórios em pseudoartrose hipertrófica e em sim

ples retardo de consolidação de fraturas. Porém, esse processo é invasivo, havendo necessidade de se introduzir, cirurgicamente, o eletrodo negativo, atingindo o foco de fratura, além disso o tempo total do tratamento varia de 3 a 5 meses.

SMITH (1967) e BECKER (1967) sugeriram que células da linhagem fibroblástica teriam o código genético alterado transformando-se em osteoblasto pelo efeito da corrente elétrica.

BECKER et al. (1967) observaram que eritrócitos são capazes de se transformar em células osteoblásticas. LAVINE et al. (1972) constatou que o emprego de corrente elétrica de baixa intensidade proporcionou a recalcificação de ossos longos de uma criança.

Na tentativa de aplicar um método não invasivo, BASSET (1976), verificou a ação de campos eletro-magnéticos produzidos por bobinas em oposição de  $180^{\circ}$ , as quais induzem corrente elétrica no foco de fratura. Vários resultados positivos foram conseguidos, porém, o tratamento é muito oneroso e o tempo para a realização do mesmo é muito longo, de 6 a 7 meses fazendo-se aplicação de 12 a 16 horas diárias.

DUARTE (1977) utilizou um método, não invasivo, o ultra-sônico. Esta energia ultra-sônica foi obtida através da aplicação de uma tensão elétrica oscilante num cristal de quartzo ou de cerâmica especial piezoelétrica. Esse cristal de quartzo ou cerâmica especial, submetido a uma voltagem alternada se expandirá e se contrairá na frequência de voltagem a ele aplica

da. Este fenômeno é conhecido como piezoeletricidade.

A piezoeletricidade é um fenômeno que pode ocorrer em outras substâncias e até em certos tecidos biológicos como o osso.

Quando seus cristais são submetidos às condições elétricas descritas emitirão vibrações elásticas maiores que 20 KHz (20 mil vibrações por segundo) não percebida pelo ouvido humano, chamadas por isso de ultra-sons.

DUARTE (1977) 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 et al. (1983) estudou clinicamente a estimulação ultra-sônica do calo ósseo em 27 pacientes com pseudoartrose ou retardo de consolidação de fratura em diversos ossos do corpo, obtendo um índice de cura de 70% na pseudoartrose do tipo hipertrófica num prazo que variou de 45 a 120 dias de aplicação.

Pesquisas realizadas por DYSON (1970) revelaram que o ultra-som possui notável efeito estimulante no crescimento de tecidos que contenham colágeno como, osso, tendão e cartilagem.

DYSON et al. (1976) conseguiram cicatrização de úlcera varicosa aplicando ultra-som nas adjacências das áreas lesadas.

O tratamento de fratura por estímulo ultra-sônico encontra apoio na teoria da piezoeletricidade.

Não tem sido feitas referências sobre a ação do ultra-som no processo de reparo em feridas de extração dental, razão pela qual propusemo-nos a desenvolver o presente trabalho.

P R O P O S I Ç Ã O

## PROPOSIÇÃO

É objetivo deste trabalho estudar, histologicamente, os efeitos do ultra-som sobre o processo de reparo em ferida de extração dental em ratos.

M A T E R I A L E M É T O D O

## MATERIAL E MÉTODO

No presente estudo foram utilizados 56 ratos (Rat  
tus norvegicus albinus, Wistar) machos, com peso corporal entre  
130 a 150 gramas.

Os animais foram alimentados com ração granula  
da comercial (1) e água ad libitum, tanto no período pré quan  
to no pós-operatório.

A anestesia foi realizada por inalação de vapo  
res de éter sulfúrico.

Após a anestesia cada um dos animais foi subme  
tido à extração do incisivo superior direito, com instrumental  
especialmente adaptado para esse fim (OKAMOTO, 1964). Após o  
ato cirúrgico, as bordas da ferida foram suturadas com fio de  
seda 3-0 (2). Em seguida, foi aplicado intra peritonealmente,  
dose única de 0,2 ml de Pentabiótico (3), diluído em 5 ml de  
água destilada.

Os animais foram divididos em 2 (dois) grupos  
de 28 animais cada: Grupo I, ratos controle e Grupo II, ratos  
tratados.

Nos animais do grupo tratado foi realizada tri  
cotomia, com lâmina de barbear, de toda a área dorsal do focinho.

---

1 - Ração Granulada Batavo (Cooperativa Agropecuária Batavo -Castro-PR)

2 - Seda Preta "Sutupak-Ethicon", Johnson & Johnson

3 - Pentabiótico para animais de pequeno porte (Fontoura Wyeth)

Foram, em seguida, levados ao Estimulador (1), regulado com frequência de repetição de 1.000 HZ e largura de pulso de 2.000  $\mu$ s, de modo contínuo, por um período de 5 minutos diários, por animal desde o dia da exodontia até 24 horas antes do sacrifício.

Os animais foram posicionados de tal maneira que a parte dorsal do focinho ficasse em contacto com a superfície do estimulador, sem realizar pressão exagerada, para que toda a área, que contém o alvéolo dentário, recebesse o estímulo uniformemente. Entre a superfície do aplicador e a parte dorsal do focinho foi colocado um gel de transmissão hidrossolúvel (2), para que toda área alveolar recebesse o ultra-som uniformemente.

Para possibilitar as estimulações ultra-sônicas diárias, os animais foram anestesiados com vapores de éter sulfúrico e mantidos, sob anestesia, através de máscara especialmente adaptada para este fim.

Os animais tanto do grupo tratado quanto do controle foram divididos em grupos de 4 (quatro) e sacrificados por inalação excessiva de vapores de éter sulfúrico nos seguintes tempos pós-operatórios: 3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21 dias.

Após o sacrifício, a maxila direita foi separada da esquerda ao nível do plano sagital mediano, utilizando-se

---

1 - Estimulador de Crescimento Ósseo - Modelo 1131 - B

2 - Gel - Contact 1.500 - IMBRALAB - Ribeirão Preto - SP

um bisturi com lâmina nº 10.

Um corte com tesoura de ponta rêmbar, tangenciando a face distal dos molares, possibilitou a obtenção da peça contendo o alvéolo do incisivo superior direito.

Em seguida, as peças contendo o alvéolo dentário intacto, foram fixadas em formol neutro por 24 horas (LILLIE, 1954).

Após esse período, as peças foram lavadas em água corrente por 24 horas e iniciada a descalcificação, que se completou ao redor de 35 dias. Para a descalcificação foi utilizada solução de citrato de sódio a 20% e ácido fórmico a 50% em partes iguais (MORSE, 1945).

Constatada a perfeita descalcificação, as peças desidratadas e clarificadas foram incluídas em parafina, sendo orientadas de tal forma a permitir cortes semi-seriados dos alvéolos em seu sentido longitudinal.

Os cortes, com 6 micrômetros de espessura, foram corados pela hematoxilina de Harris e eosina aquosa a 1% para o estudo histológico.

## R E S U L T A D O S

## RESULTADOS

Para a descrição histológica dos resultados do processo de reparo, o alvéolo dental foi dividido em 3 terços: cervical, médio e apical, considerados a partir das cristas ósseas alveolares (vestibular e lingual), em direção ao fundo do alvéolo.

### CONTROLE - 3 dias

O alvéolo dental mostra-se totalmente preenchido por coágulo sanguíneo. As cristas ósseas alveolares, vestibular e lingual, não mostram sinais de reabsorção nem atividade de osteoclástica.

O terço cervical do alvéolo está ocupado por coágulo sanguíneo com discreta proliferação fibroblástica, tanto na face vestibular quanto na lingual.

Nos terços médio e apical, nas áreas adjacentes às corticais ósseas vestibular e lingual, observa-se moderada proliferação de fibroblastos. Estas células apresentam-se com núcleos ovóides ou elípticos, cromatina frouxamente distribuída, nucléolos evidentes e citoplasmas geralmente bipolares, ligeiramente basófilos, com longos prolongamentos e que começam a invadir o coágulo sanguíneo (Fig. 1). Junto a esta proliferação fibroblástica observam-se alguns macrófagos migrando para o interior do coágulo sanguíneo bem como células endoteliais que começam a delinear pequenos vasos sanguíneos.

### TRATADO - 3 dias

O alvéolo dental mostra-se quase totalmente preenchido por coágulo sanguíneo. As cristas ósseas alveolares, vestibular e lingual, não mostram sinais de reabsorção ou atividade osteoclástica.

O terço cervical do alvéolo está ocupado por coágulo sanguíneo com discreta proliferação fibroblástica, tanto na face vestibular quanto na lingual.

No terço médio, nas áreas adjacentes às corticais ósseas vestibular e lingual, nota-se moderada proliferação de fibroblastos. Estas células conjuntivas apresentam-se com núcleos ovóides ou elípticos, cromatina frouxamente distribuida, nucléolos evidentes e citoplasmas geralmente bipolares, ligeiramente basófilos, com longos prolongamentos e que começam a invadir o coágulo sanguíneo. Junto a esta proliferação de fibroblastos observam-se alguns macrófagos migrando para o interior do coágulo sanguíneo bem como células endoteliais que começam a delinear pequenos vasos sanguíneos.

O terço apical mostra-se quase totalmente preenchido por tecido de granulação - proliferação de fibroblastos, vasos neoformados e discreto infiltrado inflamatório crônico- (Fig. 2). Junto às corticais ósseas alveolares, com maior intensidade na vestibular, observa-se nítida proliferação osteoblástica com deposição de tecido osteóide delineando pequenas trabéculas ósseas incipientes (Fig. 3).

#### CONTROLE - 6 dias

A crista óssea lingual mostra, em sua extremidade, discreta atividade de reabsorção osteoclástica. Por sua vez, a crista óssea vestibular evidencia nítida atividade remodeladora com aposição de tecido ósseo imaturo.

O terço cervical do alvéolo mostra-se quase totalmente ocupado por tecido de granulação, à exceção da parte central onde persiste coágulo sanguíneo invadido por fibroblastos e macrófagos.

Nos terços médio e apical observa-se moderada proliferação osteoblástica com formação de delgadas trabéculas imaturas, especialmente junto às corticais ósseas vestibular e lingual. Estas áreas de trabéculas imaturas mostram aposição de matriz óssea, osteócitos jovens, espaços medulares amplos e compostos por células conjuntivas indiferenciadas (Fig. 4). Na parte central do alvéolo persistem áreas ocupadas por tecido de granulação e coágulo sanguíneo remanescente.

#### TRATADO - 6 dias

As cristas ósseas vestibular e lingual mostram atividade remodeladora com aposição de tecido ósseo imaturo em direção ao centro do alvéolo e sem atividade de reabsorção.

O terço cervical do alvéolo mostra-se totalmente ocupado por tecido de granulação.

Nos terços médio e apical observa-se intensa proliferação osteoblástica com formação de delgadas trabéculas, especialmente junto às corticais ósseas vestibular e lingual e

no fundo do alvéolo. Estas trabéculas apresentam osteócitos mais diferenciados, espaços medulares pequenos e compostos por células diferenciadas, e endóstio ainda não bem definido (Fig. 5).

Na parte central do alvéolo persistem algumas áreas ocupadas por tecido de granulação e coágulo sanguíneo remanescente, observando-se, a nível do terço médio, algumas pequenas trabéculas ósseas imaturas.

#### CONTROLE - 9 dias

As cristas ósseas alveolares vestibular e lingual mostram-se em fase de remodelação.

O terço cervical apresenta-se parcialmente ocupado por tecido ósseo. As trabéculas adjacentes à cortical óssea são mais maduras, isto é, menos celularizadas, o endóstio bem formado com células mais diferenciadas, espaços medulares reduzidos e ocupados por tecido conjuntivo pouco celularizado e bem diferenciado. As trabéculas mais centrais são delgadas, com atividade celular intensa, osteócitos jovens e espaços medulares não bem definidos (Fig. 6).

Os terços médio e apical mostram-se quase totalmente preenchidos por tecido ósseo, com as trabéculas mais próximas à cortical sendo mais maduras que as situadas nas áreas mais centrais do alvéolo. Algumas áreas de coágulo sanguíneo remanescente e tecido de granulação são observadas na parte mais central do alvéolo.

#### TRATADO - 9 dias

As cristas ósseas alveolares vestibular e lingual mostram-se quase que totalmente remodeladas.

O terço cervical, a exceção de discretas áreas de tecido de granulação, mostra-se totalmente preenchido por tecido ósseo, mais maturo nas áreas próximas à cortical óssea e menos maturo nas porções centrais do alvéolo (Fig. 7).

Os terços médio e apical mostram-se quase totalmente preenchidos por tecido ósseo com trabéculas maduras nas áreas próximas à cortical e imaturas nas áreas centrais do alvéolo. Algumas áreas de tecido de granulação ainda são observadadas na porção central do alvéolo.

#### CONTROLE - 12 dias

As cristas ósseas alveolares apresentam-se em fase de remodelação, mais intensa ao nível da crista vestibular do que na lingual.

O terço cervical mostra-se parcialmente ocupado por tecido ósseo, com trabéculas maduras nas áreas adjacentes à cortical. Tecido de granulação ainda pode ser observado na área central e superficial deste terço (Figs. 8 e 10).

Os terços médio e apical mostram igualmente trabéculas ósseas, mais compactas próximas à cortical alveolar e menos compactas nas áreas centrais do alvéolo. Algumas áreas de tecido de granulação e coágulo sanguíneo remanescente ainda são observadas na parte central do alvéolo.

#### TRATADO - 12 dias

As cristas ósseas alveolares mostram-se quase que totalmente remodeladas, especialmente a crista vestibular e com menor intensidade a crista lingual.

O terço cervical mostra-se totalmente preenchido por tecido ósseo, mais maturo nas áreas próximas à cortical e menos maturo nas áreas centrais do alvéolo. Neste terço observa-se discreta área de tecido de granulação na parte mais superficial e central do alvéolo (Figs.9 e 11).

Os terços médio e apical apresentam-se quase que totalmente preenchidos por tecido ósseo maturo nas áreas adjacentes à cortical e, menos maturo, nas áreas centrais do alvéolo. Algumas áreas de coágulo sanguíneo remanescente são observadas na porção central do alvéolo.

#### CONTROLE - 15 dias

As cristas ósseas alveolares vestibular e lingual mostram-se remodeladas.

O terço cervical do alvéolo mostra-se quase que totalmente preenchido por tecido ósseo. As trabéculas ósseas próximas às corticais vestibular e lingual são densas e com discretos espaços medulares. As trabéculas mais próximas ao centro do alvéolo são delgadas e com amplos espaços medulares. A área mais superficial e central do terço cervical mostra moderada quantidade de tecido de granulação.

Os terços médio e apical do alvéolo apresentam-se totalmente preenchidos por tecido ósseo, com trabéculas matu

ras nas áreas adjacentes às corticais ósseas alveolares e menos maduras nas áreas centrais do alvéolo. Discretas áreas de tecido de granulação ainda podem ser observadas.

#### TRATADO - 15 dias

As cristas ósseas alveolares vestibular e lingual mostram-se remodeladas.

O terço cervical do alvéolo mostra-se quase totalmente preenchido por tecido ósseo. As trabéculas ósseas adjacentes às corticais vestibular e lingual são densas e com discretos espaços medulares. As trabéculas do centro do alvéolo são delgadas e com amplos espaços medulares. Apenas uma discreta área superficial e central deste terço mostra-se ocupada por tecido de granulação.

Os terços médio e apical do alvéolo mostram-se totalmente preenchidos por tecido ósseo, maturo, nas áreas adjacentes às corticais ósseas e, menos maturo, no centro do alvéolo. Discretas áreas de tecido de granulação ainda podem ser observadas.

#### CONTROLE - 18 dias

As cristas ósseas alveolares mostram-se remodeladadas (Fig. 12).

Os três terços do alvéolo mostram-se preenchidos por tecido ósseo com trabéculas compactas nas áreas mais próximas às corticais alveolares e mais delgadas nas áreas centrais do alvéolo.

TRATADO - 18 dias

As cristas ósseas alveolares mostram-se remodeladas.

Os três terços do alvéolo mostram-se preenchidos por trabéculas ósseas maduras, com reduzidos espaços medulares e discreta atividade osteoblástica.

CONTROLE - 21 dias

Os três terços do alvéolo mostram-se preenchidos por tecido ósseo maturo, com reduzidos espaços medulares e discreta atividade osteoblástica (Fig. 13).

TRATADO - 21 dias

Os três terços do alvéolo mostram-se preenchidos por tecido ósseo maturo, com reduzidos espaços medulares e discreta atividade osteoblástica (Fig. 14).

D I S C U S S Ã O

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos animais do grupo con  
trole mostraram que a evolução do processo de reparo alveolar  
ocorreu de maneira semelhante à descrita por OKAMOTO (1964) e  
HADDAD et al., (1965).

A análise dos resultados obtidos nos animais ex  
perimentais mostrou que a aplicação do ultra-som produziu, já  
aos 3 dias pós-operatórios, formação precoce de tecido de granu  
lação a nível do terço apical do alvéolo, bem como proliferação  
osteoblástica com deposição de tecido osteoide junto às corti  
cais alveolares. Nos tempos subsequentes (6, 9, 12 e 15 dias),  
maior formação de tecido de granulação, maior proliferação osteo  
blástica e formação de trabéculas ósseas, além de remodelação  
antecipada das cristas ósseas foram notadas nos animais experi  
mentais.

Nos períodos finais do processo de reparo alveo  
lar, observou-se que, nos animais tratados, aos 18 dias pós-ope  
ratórios, o alvéolo mostrava-se totalmente preenchido por teci  
do ósseo maturo, o que nos animais controles ocorreu no tempo  
seguinte (21 dias).

Os resultados obtidos nos animais submetidos à  
aplicação de ultra-som mostraram que, as alterações histolôgi  
cas mais importantes, na fase inicial do processo de reparo,  
estão relacionadas com a precocidade na gênese e maturação do  
tecido de granulação que substitui o coágulo sanguíneo, bem co

mo a maior proliferação osteoblástica e deposição de tecido osteóide junto às corticais alveolares.

Para CONWAY (1952), na cicatrização de feridas cirúrgicas, a formação do tecido de granulação é um dos fatores de maior importância. Segundo LINDNER (1962) a formação do tecido de granulação está relacionada com o metabolismo dos fibroblastos, o que nos leva a pensar que, nos animais tratados de vem ter ocorrido estímulos que, agindo sobre estas células, promoveriam a gênese precoce do tecido de granulação. Saliente-se que, fibroblastos tratados com doses terapêuticas de ultra-som, "in vitro", são estimulados a aumentar a produção de colágeno (WEBSTER et al., 1980).

A energia ultra-sônica causa um impacto mecânico sobre o osso, o qual ao se deformar sob a ação do impacto, desenvolve cargas elétricas pelo efeito piezoelétrico. O aparecimento dessas cargas elétricas dá origem a um campo elétrico que imediatamente, age sobre as células mesenquimais aumentando sua atividade mitótica e resultando num acréscimo local da população de células precursoras de colágeno e de matriz óssea (XAVIER & DUARTE, 1983).

Levando-se em conta que o processo de reparo alveolar se processa numa área confinada pelas corticais ósseas alveolares, e que, junto à cortical alveolar lingual permanecem remanescentes do ligamento periodontal, é possível que o ultra-som, agindo sobre as células fibroblásticas do ligamento e sobre as células osteogênicas das corticais ósseas, estimularia estes

elementos celulares, levando a uma substituição precoce do coágulo sanguíneo bem como ao início de formação de trabéculas ósseas. Ressalte-se ainda que todos os tecidos contendo colágeno, estimulados pelo ultra-som, desenvolvem cargas elétricas pelo efeito piezoelétrico (DUARTE, 1977). Como o ligamento periodontal é um tecido rico em colágeno, poderia igualmente ter suas células estimuladas pelo ultra-som

DURIGHETTO Jr. et al. (1978) observaram que a aplicação de corrente elétrica de baixa intensidade promove aumento da quantidade de fibroblastos na fase inicial e, antecipação na maturação do tecido de granulação na fase final do processo de reparo em feridas cutâneas. Ainda, DYSON et al. (1970) e HARVEY et al. (1975) relatam que o ultra-som aumenta a síntese proteica e interfere com a polimerização dos precursores do colágeno. A síntese de DNA no tecido em regeneração é aumentada, sendo que a extrema dilatação do retículo endoplasmático granular de muitos dos fibroblastos pode indicar que tais células estão sintetizando proteínas, justificando-se assim, o avanço no processo de reparo dos animais tratados em relação aos controles. Há evidências, também, de que a estimulação da síntese proteica induzida por níveis terapêuticos de ultra-som está associada com um aumento na permeabilidade lisosomal (DYSON & SUCKLING, 1978).

De acordo com as observações de DUARTE (1977) com a utilização do ultra-som pulsado, o esforço se repetirá na frequência dos pulsos o que colocará cargas elétricas na superfí

cie 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 concordância com a frequência com que esse sinal aparece.

Os estímulos pulsados e continuados de ultra-som produzem cargas elétricas que, a despeito da drenagem natural devida ao meio condutor, se acumulam na superfície. Se houver maior número de cargas negativas (elétrons) num sítio do que em outro, estabelecer-se-á uma diferença de potencial entre elas e haverá uma corrente elétrica entre estes sítios, podendo estabelecer-se um gradiente de pH regulado pela diferença de densidade de cargas. Assim, se um sítio torna-se negativo e outro positivo em relação ao primeiro, o sítio que é negativo torna-se alcalino e o positivo torna-se ácido (DUARTE, 1977). Isso explicaria segundo DUARTE (1977), a maior presença de osteoblastos nos anodos, em experimentos descritos por BASSET (1971) e por PAWLUK (1975). 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 uma agressão no tecido ósseo, as células mesenquimais se diferenciam em células mais especializadas, a saber: os osteoclastos, que tem por função destruir o osso necrosado e os osteoblastos, que vão formar as novas trabéculas ósseas; os osteo

blastos agrupando-se, de preferência, nos locais de potencial negativo e os osteoclastos procurando os sítios com sinal positivo (DUARTE, 1977).

Se tal fato for verdadeiro, no processo de reparo alveolar estabelece-se um potencial positivo apenas junto às cristas alveolares, áreas 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 maior atividade mitótica das células situadas na área, as quais, se agruparão nos sítios de sinal elétrico e pH compatíveis com sua natureza. Quanto maior a quantidade de células especializadas, desde que com condições de nutrição e estímulo apropriado, tanto mais rápido será o processo de reparo (DUARTE, 1977).

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.

O avanço do processo de reparo alveolar sob ação do ultra-som não atinge, contudo, valores da ordem de 50% como o obtido por DUARTE (1977) a nível do calo ósseo.

Baseados ainda nos efeitos físicos, três mecanismos tem sido propostos para explicar os resultados da estimulação ultra-sônica: efeitos térmicos, efeitos cíclicos e fluxo acústico (DYSON et al., 1968; DYSON & SUCKLING, 1978).

## CONCLUSÕES

A elevação da temperatura em tecidos submetidos a ação do ultra-som resulta da absorção de ondas ultra-sônicas e conversão em energia térmica. Quando a temperatura local alcança entre 40 e 45°C, ocorre hiperemia (LEHMANN & GUY, 1972) que auxilia a resolução do processo inflamatório crônico (LEHMANN, 1953). Temperaturas acima de 45°C são prejudiciais. As doses terapêuticas comumente usadas e que propiciam efeitos benéficos sobre a regeneração tecidual produzem somente pequenos aumentos na temperatura local, sugerindo que o efeito térmico é de menor importância (DYSON et al., 1968).

O efeito primário da irradiação com ultra-som é a imposição de um movimento oscilatório sobre os tecidos, acompanhado por ondas de pressão. O efeito de tais movimentos sobre os tecidos parece ser muito pequeno, sendo improvável, à luz dos conhecimentos atuais que eles tenham muito significado na estimulação do processo regenerativo (DYSON et al., 1968).

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 corrente acústica e é particularmente marcante em periferias tais como as superfícies das bolhas e membranas das células e organelas (DYSON & SUCKLING, 1978).

A "corrente acústica" induz alterações na taxa de difusão e na permeabilidade da membrana celular e podendo

alterar por exemplo a síntese protéica, e assim afetar o proce  
so de reparo (DYSON & SUCKLING, 1978).

Dos efeitos físicos do ultra-som, o efeito de  
"corrente acústica" é o que parece estar implicado na estimula  
ção da regeneração tecidual (DYSON et al., 1968).

Dada a complexidade do assunto, acreditamos que  
novos experimentos devem ser realizados no intuito de melhor co  
nhecer o comportamento do processo de reparo alveolar submetido  
a estímulo do ultra-som.

## CONCLUSÕES

Nas condições experimentais e baseados nos resultados obtidos neste trabalho podemos concluir que a aplicação do ultra-som promove:

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, E.M. - Reparação alveolar em cães. Estudo clínico, radiográfico e histopatológico em condições normais e sob ação hormonal. Piracicaba, Faculdade de Odontologia de Piracicaba -UNICAMP, 1970. /Tese de Doutorado/.
- AMLER, M.H. - The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. Oral Surg., 27(3): 309-318, 1969.
- BARROSO, J.S. - Processo de reparo em feridas de extração dental, após a administração do 6-propil-2-tiouracil, em ratos. Estudo histológico. Bauru, Faculdade de Odontologia, 1970. /Tese de Doutorado/.
- BASSET, C.A.L. - Biophysical principles affecting bone structure. In: Biochemistry and physiology of bone. 2<sup>a</sup> ed. New York, Academic Press, 1971. v. 3, p. 1-69.
- BASSET, C.A.L. - "Repair of non unions by pulsing electromagnetic fields". Communications presented at Seminar on Perplexing problems and Scientific Progress in fracture management. Belgium, University of Leuven, 1976.
- BECKER, R.O.C. & MURRAY, D.G. - A method of producing cellular differentiation by means small electric. Trans. N.Y. Acad. Sci, 29: 606-15, 1967.
- BRIGHTON, C.T. - Healing of non union of the medial malleolus

by means of direct current. Trauma, 11: 883, 1971.

CARVALHO, A.A.F. - Processo de reparo em feridas de extração dental em ratos com hipertensão renal. Estudo histológico. Araçatuba, Faculdade de Odontologia -UNESP, 1980. / Dissertação de Mestrado/.

CARVALHO, A.C.P. & OKAMOTO, T. - Estudo preliminar sobre os efeitos de anticonceptivo no processo de reparo em feridas de extração dental em ratas. Ars Cvrandi Odont., 8(2): 60-8, 1981.

CINTRA, P.A. - Efeito da lesão da eminência média hipotalâmica no processo de reparo em feridas de extração dental. Estudo histológico em ratos. Araçatuba, Faculdade de Odontologia -UNESP, 1981. /Dissertação de Mestrado/.

CONWAY, H. - Principles of wound healing with indication for the use of several types of skin grafts. Surg. Clin., 32: 419-44, 1952.

DUARTE, L.R. - Estimulação ultra sônica do calo ósseo. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos -USP, 1977. /Tese de Livre-Docência/.

DURIGHETTO-JÚNIOR, A.F.; MATHEUS, G.; MARTINELLI, C. - Efeitos da corrente elétrica contínua de baixa intensidade sobre o processo de reparo em feridas cutâneas de ratos. Estudo morfológico. Rev. Ass. paul. cirurg. Dent., 32(4): 316-22, jul./ago., 1978.

- DYSON, M. & SUCKLING, J. - Stimulation of tissue repair by ultrasound: A survey of the mechanisms involved. Physiotherapy, 64(4): 105-8, Apr. 1978.
- DYSON, M.; FRANKS, C.; SUCKLING, J. - Stimulation of healing of varicose ulcers by ultrasound. Ultrasonics, 14: 232-6, 1976.
- DYSON, M.; POND, J.B.; JOSEPH, J.; WARWICK, R. - The stimulation of tissue regeneration by means of ultrasound. Clin. Sci, 35: 273-85, 1968.
- DYSON, M.; POND, J.B.; JOSEPH, J.; WARWICK, R. - Stimulation of tissue regeneration by pulsed planewave ultrasound. Trans. sonics Ultras., SU-17(3) jul, 1970.
- EULER, H. - Die Heilung von extraktionswunden. Dtsch. monat. Zank., 41: 685-9, 1923.
- FUKADA, E. & YASSUDA, I. - On the piezoelectric effect of bone. J. phys. Soc. Japan, 12: 1.158-62, Oct. 1957.
- FURUSE, T.A.; CASTRO, A.L.; OKAMOTO, T.; SANTOS-PINTO, R. - Processo de reparo em feridas de extração dental após administração de ciclofosfamida. Estudo histológico em ratos. Rev. Fac. Odont. Araçatuba, 3(2): 197-205, 1974.
- GOSUEN, L.C.; SANTOS-PINTO, R.; OKAMOTO, T.; AZOUBEL, R. - Processo de reparo em feridas de extração dental após tireoparatiroidectomia. Estudo histológico em ratos. Rev. bras. pesq. med. Biol., 5: 229-35, 1972.

GRANDINI, S.A.; MIGLIORINI, R.H.; OKAMOTO, T. - Processo de re-  
paro em ferida de extração dental em ratos com diabete aloxã-  
nico (estudo histológico). Bol. Fac. Farm. Odont. Ribeirão  
Preto, 7(1): 41-71, 1970.

HADDAD, A.; HETEM, S.; BRANDÃO, H.S.S.; SANTOS-PINTO, R. - A te-  
traciclina no processo de reparo em ferida de extração den-  
tal de ratos. Rev. FOA-Araçatuba, 1(2): 33-40, 1965.

HARVEY, W.; DYSON, M.; POND, J.B.; GRAHAME, R. - The "in vitro"  
stimulation of protein synthesis in human fibroblasts by the  
reapeutic levels of ultrasound. In: European Congress on Ultra-  
sonics in Medicine. 29 Proceedings. Excerpta Médica. Inter-  
national Congress Series, 1975, n. 363, p. 10-21.

LAVINE, L.S.; LUSTRIN, I.; SHAMAS, M.H.; RINALDI, R.; LIBOFFI, A.  
Electric enhancement of bone heating. Science, 175: 1118-21,  
1972.

LEHMANN, J.F. - Biophysical mode of action of biologic and the  
reapeutic ultrasonic reactions. J. acoust. Soc. Am., 25:17-  
25, 1953.

LEHMANN, J.F. & GUY, A.W. - Ultrasonic therapy. In: REID, J.M &  
SIKOV, M.R., ed. - Interaction of ultrasound and biological  
tissue. Workshop Proceedings. U.S. Department of Health  
Education and Welfare Publication (FDA) 73 - 8008, 1972. p.  
141-52.

- LILLIE, R.D. - Histopathologic technic and practical histochemistry. New York, Mc Graw-Hill, 1954.
- LINDINER, I. - Die morphology der wundheilung lomgenbecks. Ach. Kiln. Chin., 301: 39-70, 1962.
- MORSE, A. - Formic acid-sodium citrate descalcification and butyl alcohol dehydratation of teeth and bone for sectioning in paraffin. J.dent. Res., 24(3-4): 143, Jun-Aug., 1945.
- OKAMOTO, T. - Estudo histoquímico da reatividade do tecido conjuntivo alveolar após extracões dentais. Araçatuba, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, 1964. /Tese de Doutorado/.
- PAWLUK, R.J. -1975. Apud DUARTE, L.R. - 1977.
- PIRES-SOUBHIA, A.M. - Processo de reparo alveolar em ratos tratados com aguardente de cana. Estudo histológico. Araçatuba, Faculdade de Odontologia -UNESP, 1984. /Dissertação de Mestrado/.
- RUSSO, M.C.; OKAMOTO, T.; SANTOS-PINTO, R. - Parathormone effect on the healing of extraction wounds in rat. Histological study. Bull. Tokyo dent. Coll., 10(1): 12-18, 1969.
- SAAD NETO, M. - Implante de "Proplast" em alvéolo dentário. Estudo histológico em ratos. Araçatuba, Faculdade de Odontologia -UNESP, 1979. /Dissertação de Mestrado/.

- SALOMÃO, J.I.S.; GRANDINI, S.A.; OKAMOTO, T. - Processo de reparo em feridas de extração dental em ratas ooforectomizadas. Estudo histológico. Rev. Fac. Odont. Araçatuba, 5: 183-96, 1974.
- SANCHES, M.G. - Implante de silicone em alvéolos dentais. Estudo histológico em ratos. Araçatuba, Faculdade de Odontologia -UNESP, 1980. /Dissertação de Mestrado/.
- SANCHES, M.G. - Influência da gestação sobre a cronologia do processo de reparo em feridas de extração dental em ratas. Estudo histológico e bioquímico. Araçatuba, Faculdade de Odontologia -UNESP, 1983. /Tese de Doutorado/.
- SANCHES, M.G.; OKAMOTO, T.; CARVALHO, A.C.P. - Efeitos da prednisolona no processo de reparo em feridas de extração dental. Estudo histológico em ratos. Rev. Fac. Odont. Araçatuba, 4(2): 195-205, 1975.
- SANTOS-PINTO, R.; OKAMOTO, T.; CASTRO, A.L. - Pharmacological effect of nandrolone phenylpropionate on the healing of dental extractions wounds. A histological investigation in rats. J. Nihon Univ. Sch. Dent., 12(2): 57-61, 1970.
- SILVA, E.M.M. - Estudo comparativo dos efeitos de esteróides com atividade androgênica, progestacional e anabolizante sobre a cronologia do processo de reparo em feridas de extração dental. Estudo histológico em ratos. Araçatuba, Faculdade de Odontologia -UNESP, 1984. /Dissertação de Mestrado/.

- SMITH, S.H. - Induction of partial limb regeneration in "Rana Pipien" galvanic stimulation. Anat. Rec., 158: 89-97, 1967.
- VILLELA SANTOS JÚNIOR, P. - Implante de "Proplast" em alvéolo dental após exodontia por alveolectomia total. Estudo histológico em cães. Araçatuba, Faculdade de Odontologia -UNESP, 1980. /Dissertação de Mestrado/.
- WEBSTER, W.; HARVEY, W.; DYSON, M.; POND, J.B. - The role of ultrasound-induced cavitation in the "in vitro" stimulation of collagen synthesis in human fibroblasts. Ultrasonics, 18 (1): 33-7, Jan., 1980.
- XAVIER, C.A.M. & DUARTE, L.R. - Estimulação ultra sônica do calo ósseo. Rev. bras. Ortop., 18(3), Mai-June, 1983.

I L U S T R A Ç Õ E S

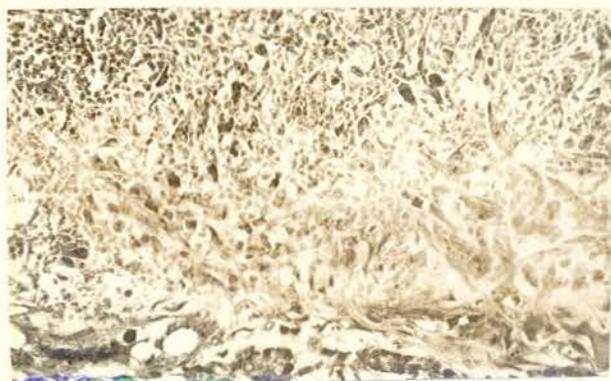


Fig. 1

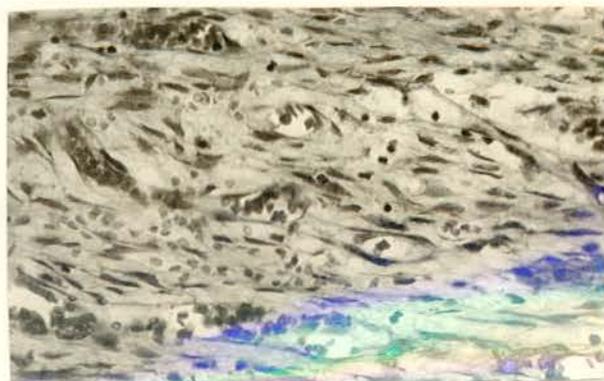


Fig. 2



Fig. 3

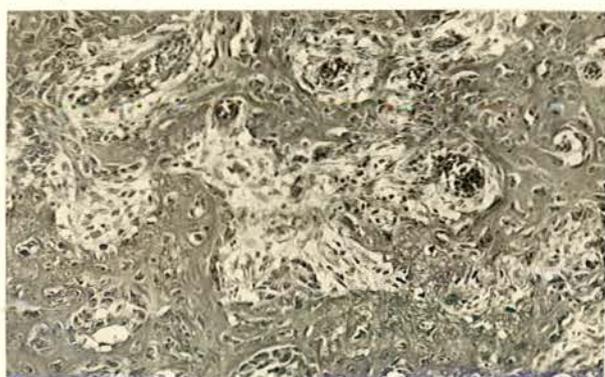


Fig. 4

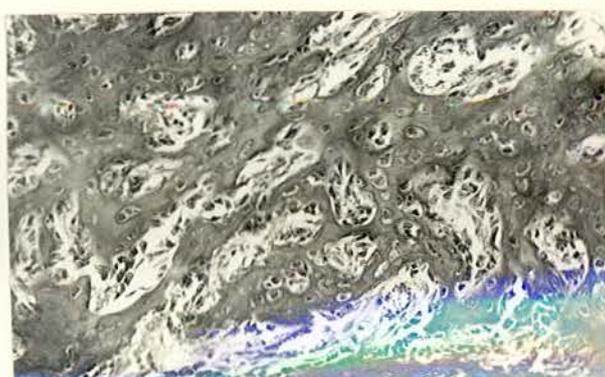


Fig. 5

## LEGENDAS

Fig. 1 - Controle. 3 dias. Terço apical do alvéolo preenchido por coágulo sanguíneo. Moderada proliferação fibroblástica adjacente à cortical óssea. H.E.  $\pm$  200 X.

Fig. 2 - Tratado. 3 dias. Terço apical do alvéolo preenchido por tecido de granulação. H.E.  $\pm$  200 X.

Fig. 3 - Tratado. 3 dias. Terço apical do alvéolo. Proliferação osteoblástica e deposição de tecido osteóide junto à cortical óssea. H.E.  $\pm$  100 X.

Fig. 4 - Controle. 6 dias. Terço apical do alvéolo. Moderada proliferação osteoblástica com formação de trabéculas imaturas. H.E.  $\pm$  100 X.

Fig. 5 - 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.

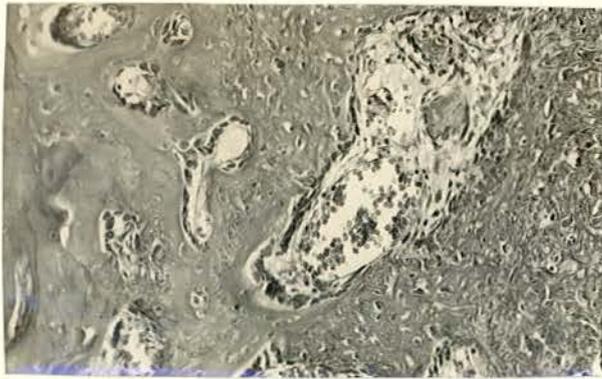


Fig. 6

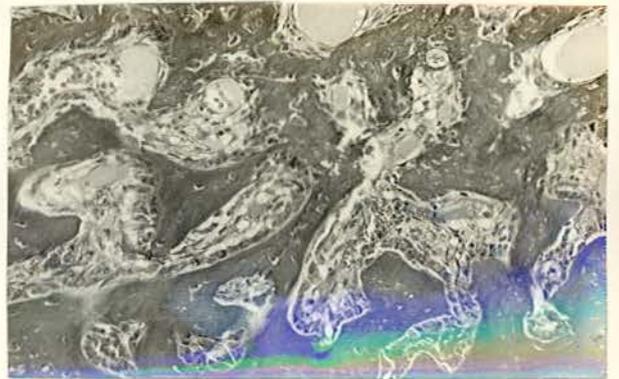


Fig. 7



Fig. 8

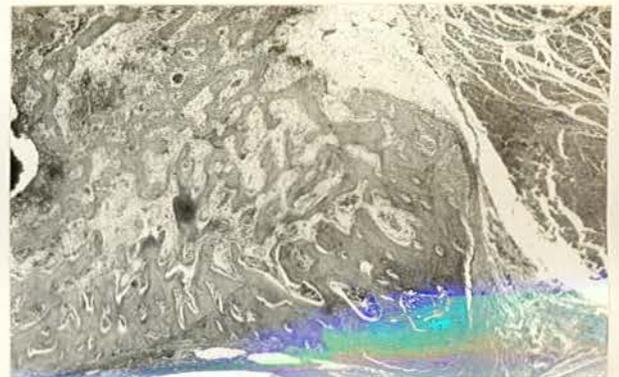


Fig. 9

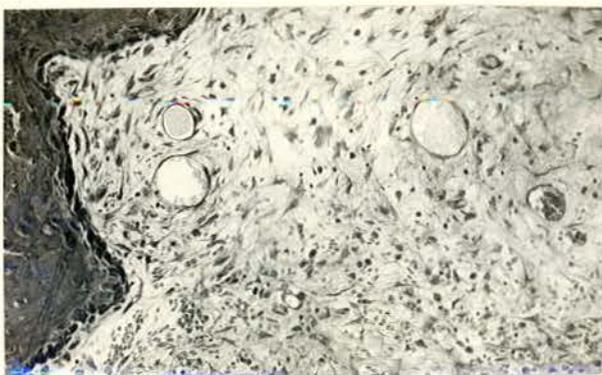


Fig. 10

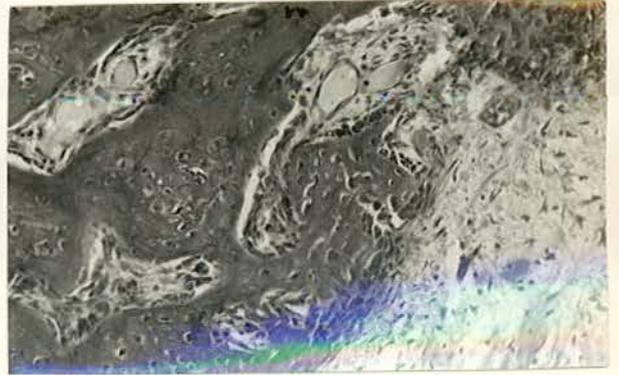


Fig. 11

Fig. 6 - 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. 7 - Tratado. 9 dias. Terço cervical do alvéolo. Trabéculas ósseas maduras na área adjacente à cortical alveolar. H.E.  $\pm$  100 X.

Fig. 8 - Controle. 12 dias. Terço cervical do alvéolo. Tecido de granulação ocupando a área central do alvéolo. H.E.  $\pm$  25 X.

Fig. 9 - Tratado. 12 dias. Terço cervical do alvéolo. Discreta área de tecido de granulação na superfície deste terço. H.E.  $\pm$  25 X.

Fig.10 - Controle. 12 dias. Terço cervical do alvéolo. Tecido de granulação na área central do alvéolo. H.E.  $\pm$  100 X.

Fig.11 - Tratado. 12 dias. Terço cervical do alvéolo. Proliferação osteoblástica e tecido de granulação na área central e superficial deste terço. H.E.  $\pm$  100 X.



Fig. 12



Fig. 13

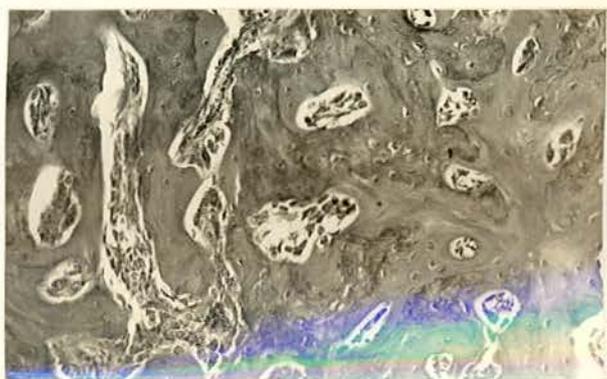


Fig. 14

Fig. 12 - Controle. 18 dias. Crista óssea alveolar vestibular remodelada. H.E.  $\pm$  50 X.

Fig. 13 - Controle. 21 dias. Terço médio do alvéolo. Tecido ósseo maturo. H.E.  $\pm$  100 X.

Fig. 14 - Tratado. 21 dias. Terço médio do alvéolo. Tecido ósseo maturo. H.E.  $\pm$  100 X.