

AVALIAÇÃO HISTOLÓGICA DO PERIODONTO DE SUSTENTAÇÃO DO MOLAR DO RATO, SUBMETIDO À MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA, SOB A AÇÃO DO ULTRA-SOM*

Luiz Gonzaga GANDINI JUNIOR**

Joel Claudio da Rosa MARTINS**

Lizete Toledo de O. RAMALHO***

Luiz Romariz DUARTE****

- **RESUMO:** O objetivo do presente trabalho foi identificar evidências histológicas da movimentação ortodôntica em molares de ratos sob a ação do ultra-som. Trinta ratos Holtzman receberam uma força padronizada entre o primeiro e o segundo molares inferiores do lado esquerdo. Quinze deles constituíram um grupo controle, e 15 outros receberam estimulação ultra-sônica de 1000 Hz de frequência e 200ms de largura de pulso. Cinco animais de cada grupo foram sacrificados nos períodos de 1 dia, 4 dias e 7 dias. Após o sacrifício, foram obtidos cortes histológicos com coloração de hematoxilina e eosina e tricrômico de Mallory para análise de microscopia óptica. Diferenças de respostas teciduais foram evidenciadas entre o grupo de animais que receberam estimulação com ultra-som e o grupo controle, submetido à força ortodôntica sem aplicações de ultra-som. Os animais estimulados responderam com intensa neoformação celular e vascular no ligamento periodontal e osso alveolar adjacente, bem como uma reorganização mais efetiva das fibras colágenas e menor reabsorção de cimento, evidenciando uma menor injúria, associada a uma resposta de reparação mais rápida. Esta investigação mostrou que o ultra-som pode ser um método de estimulação da resposta tecidual na movimentação dentária.
- **PALAVRAS-CHAVE:** Periodonto; movimentação dentária menor; ultra-sonografia.

Introdução

As pesquisas científicas sobre a movimentação ortodôntica têm sido feitas, basicamente, em modelos experimentais e muitas delas em animais de laboratório, com análises histológicas das estruturas dentárias e periodontais.^{4,5,7,9,10,11}

* Resumo de Tese de Mestrado.

** Departamento Clínica Infantil - Faculdade de Odontologia - UNESP - 14801-903 - Araraquara - SP.

*** Departamento de Morfologia - Faculdade de Odontologia - UNESP - 14801-903 - Araraquara - SP.

**** Departamento de Materiais - Faculdade de Engenharia - USP - 13650-250 - São Carlos - SP.

O estágio atual de conhecimento do movimento ortodôntico mostra que, nos últimos anos, ocorreu pouca evolução, evidenciada por falta de definição com respeito ao tempo de tratamento, reabsorção radicular e controle de ancoragem. Em condições ideais, o osso pode ser reabsorvido, até 100 μm por dia, o que corresponde a uma média de movimento de 3 mm por mês. Isso está muito além do que se consegue com os métodos clínicos disponíveis, o que evidencia uma grande diferença entre a eficiência clínica atual e o potencial biológico de resposta possível.¹³

Dentre os fatores que influenciam o mecanismo da movimentação dentária, destaca-se o efeito piezoelétrico do osso, a liberação de prostaglandina e a reação inflamatória provocada pela injúria aos tecidos do ligamento periodontal.⁷

A resposta piezoelétrica do osso pode ser estimulada através de mecanismos externos como: energia elétrica, magnética e mecânica.^{9,13} O ultra-som é uma energia mecânica que tem a capacidade, sob certa intensidade e frequência, de estimular o efeito piezoelétrico do osso, bem como a vascularização tecidual.⁹ Essa resposta favorável sobre a recuperação de fraturas ósseas está diretamente relacionada à ação de estimulação sobre os fibroblastos e fibras colágenas e, provavelmente, osteoblastos e osteócitos.^{1,2,15}

Considerando-se que a movimentação dentária ocorre por alterações no osso alveolar e membrana periodontal, e que esses tecidos apresentam grande quantidade de fibras colágenas e componentes celulares, julgou-se importante avaliar a ação do ultra-som sobre o periodonto de sustentação, durante a movimentação dentária, pela possibilidade de uma melhor resposta desses tecidos.

Material e método

Foram utilizados, neste estudo, 30 ratos (*Rattus Norvegicus, Albinus, Holtzman*) machos jovens com 70 dias, pesando aproximadamente 150 g. Durante todo o período da experiência, os animais receberam alimentação sólida* e água *ad libitum*.

Os animais foram anestesiados com hidrato de cloral a 10%, na dose de 0,4 ml/100 g de peso corporal, via intraperitoneal. Após a anestesia, os mesmos foram imobilizados em mesa cirúrgica especialmente construída. Com auxílio de uma lupa, foi colocado uma secção de fio de amarrilho** sob a forma de anel, em torno do contato do primeiro com o segundo molar inferior do lado esquerdo. As extremidades dessa secção de fio foram aproximadas, por vestibular, e torcidas com uma pinça mosquito, produzindo de uma só vez forças recíprocas de separação coronária, que produziram

* Ração Ativada "Produtor" - Anderson Clayton S/A.

** Fio de aço inoxidável 18/8 mole com .008" de diâmetro

movimentos opostos de inclinação dentária. Os animais foram divididos em dois grupos. O grupo experimental foi composto por 15 animais que receberam o dispositivo ortodôntico e estimulações de ultra-som, durante 20 minutos diários sobre a área da movimentação dentária. O grupo controle foi composto por 15 animais, que receberam o dispositivo ortodôntico, mas não receberam a estimulação de ultra-som. Todos os animais foram anestesiados por inalação com éter sulfúrico; do grupo experimental, para receberem estimulação, e os do grupo controle, para a simulação. O aparelho utilizado foi um estimulador ultra-sônico de crescimento ósseo, modelo 1131-E com 200 microssegundos de largura de pulso, 1.000 Hz de frequência de repetição de pulso e modo pulsado. Como meio de união, foi utilizado o Gel-Contact,* o qual possui impedância acústica semelhante à pele.

Os animais foram sacrificados, em grupos de 5, por inalação de éter sulfúrico, nos períodos de 1 dia, 4 dias e 7 dias, de pós-operatório. Imediatamente após o sacrifício dos animais, as hemimandíbulas esquerdas foram separadas, com uma incisão ao nível do plano sagital mediano, e as peças foram fixadas em solução de Bouin por 36 horas. Em seguida, foram lavadas em água corrente por 24 horas e descalcificadas segundo Morse,** durante 12 horas, com o descalcificador eletrolítico, desenvolvido por Duarte,² com uma troca do ácido no meio desse período. A seguir, as peças foram desidratadas em alcoóis crescentes, diafanizadas em xilol e embebidas em parafina. Os blocos obtidos foram cortados com 6 micrometros de espessura, para visualização mesio distal dos alvéolos e raízes dos molares. Uma peça de cada grupo foi cortada no sentido transversal, para uma avaliação das respostas teciduais nesse plano. As lâminas obtidas foram coradas com hematoxilina e eosina e tricrômico de Mallory e analisadas através de um fotomicroscópio óptico Nikon Optiphot 2 Microflex UFX-DX com aumento de 200X. As superfícies mesiais e distais das raízes dos molares foram analisadas nas suas regiões apical e cervical, divididas em áreas de pressão e áreas de tensão.

Resultado

A avaliação dos cortes histológicos permitiu identificar as áreas de tensão e as áreas de pressão, distribuídas ao longo do alvéolo dentário; assim, considerou-se didático apresentar os resultados na ordem que segue:

* Laboratório Imbralad.

** Citrato de sódio a 20% e ácido fórmico a 50% em partes iguais.

Grupo controle 1 dia

Áreas de tensão (Figura 1e)

Nota-se infiltrado inflamatório em meio às fibras colágenas hialinizadas e desinseridas do cimento. Na região mediana, essas fibras já se apresentam inseridas no tecido mineralizado. Observam-se áreas de hialinização em meio ao tecido conjuntivo, rico em fibroblastos e outras células do ligamento periodontal. O contorno da crista óssea é regular, com osteoblastos na superfície e uma concentração regular de osteócitos. O cimento é de contorno irregular com cementoblastos, inserção de fibras de Sharpey em áreas definidas. Áreas de concentração neutrofílica são observadas junto do osso.

Áreas de pressão (Figura 1f)

Nas áreas de pressão, nota-se pelo aspecto microscópico um estrangulamento nos agrupamentos de fibras colágenas. O cimento tem contorno irregular, com evidentes nichos de reabsorção. A matriz cementária apresenta cementócitos e grande quantidade de poros vazios. O tecido ósseo tem contorno irregular, e é rico em osteoclastos nos focos de reabsorção. A matriz óssea apresenta osteócitos e poros vazios. A medula óssea encontra-se preenchida por tecido conjuntivo frouxo.

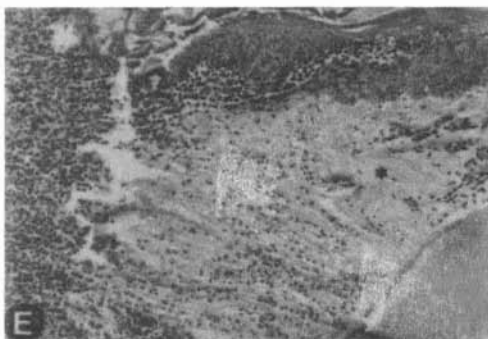


FIGURA 1 – Grupo controle 1 dia.

Grupo experimental 1 dia

Áreas de tensão (Figura 2a)

Observa-se infiltrado inflamatório desde a região cervical até a região mediana. Este infiltrado limita os grupos de fibras colágenas inseridas através de fibras de Sharpey no cimento e osso alveolar. O tecido ósseo apresenta contorno irregular com numerosos osteoblastos e osteoclastos, alojados em lacunas de diferentes tamanhos. A matriz óssea é rica em osteócitos, com poros vazios na porção cervical da crista.

Áreas de pressão (Figura 2f)

As fibras do ligamento periodontal na região cervical encontram-se desorganizadas. Na região mediana, estas mantêm-se organizadas com delimitação de tecido conjuntivo frouxo. Esse tecido apresenta-se bem vascularizado. O tecido ósseo tem superfície irregular com grandes nichos de reabsorção, contendo osteoclastos. A matriz óssea encontra-se povoada de osteócitos e grande quantidade de canais contendo vasos sanguíneos.

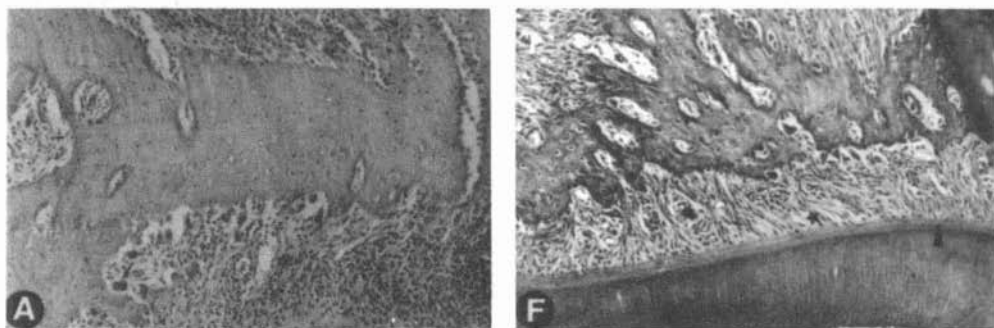


FIGURA 2 - Grupo experimental 1 dia.

Grupo controle 4 dias

Áreas de tensão (Figuras 3a, 3b)

Nesse período, ainda é evidente um infiltrado inflamatório acentuado na região cervical. Os fibroblastos encontram-se desorganizados junto dos grupos de fibras colágenas e separados por tecido conjuntivo frouxo. O cemento apresenta-se irregular. O tecido da crista óssea, na região mais cervical, é irregular e com muitos poros vazios.

Áreas de pressão (Figuras 3c, 3d)

As fibras do ligamento periodontal estão comprimidas com vasos sanguíneos hiperemiados. O tecido ósseo é irregular, com nichos de reabsorção e grande número de osteoclastos, menor número de osteoblastos, e a matriz óssea contém razoável número de osteócitos. O tecido conjuntivo da medula óssea apresenta vasos hipere-miados.

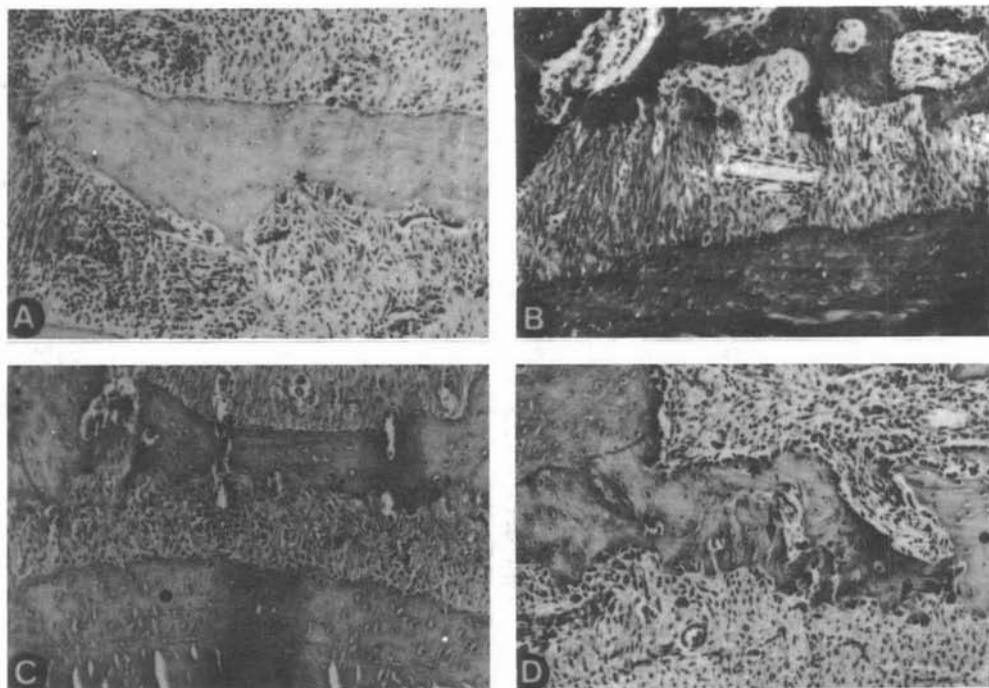


FIGURA 3 - Grupo controle 4 dias.

Grupo experimental 4 dias

Áreas de tensão (Figuras 4a, 4b)

Observa-se um infiltrado inflamatório concentrado na região cervical. A atividade celular é intensa, com uma população de fibroblastos ativos dispostos ao longo dos grupos de fibras colágenas, que se exibem bem organizadas na região mediana e apical. Evidencia-se uma vascularização intensa cujos vasos mostram-se hiperemiados. O tecido ósseo tem contorno irregular com nichos contendo osteoclastos e osteoblastos. A matriz óssea apresenta numerosos osteócitos e porções medulares preenchidas por tecido conjuntivo frouxo e vasos sanguíneos.

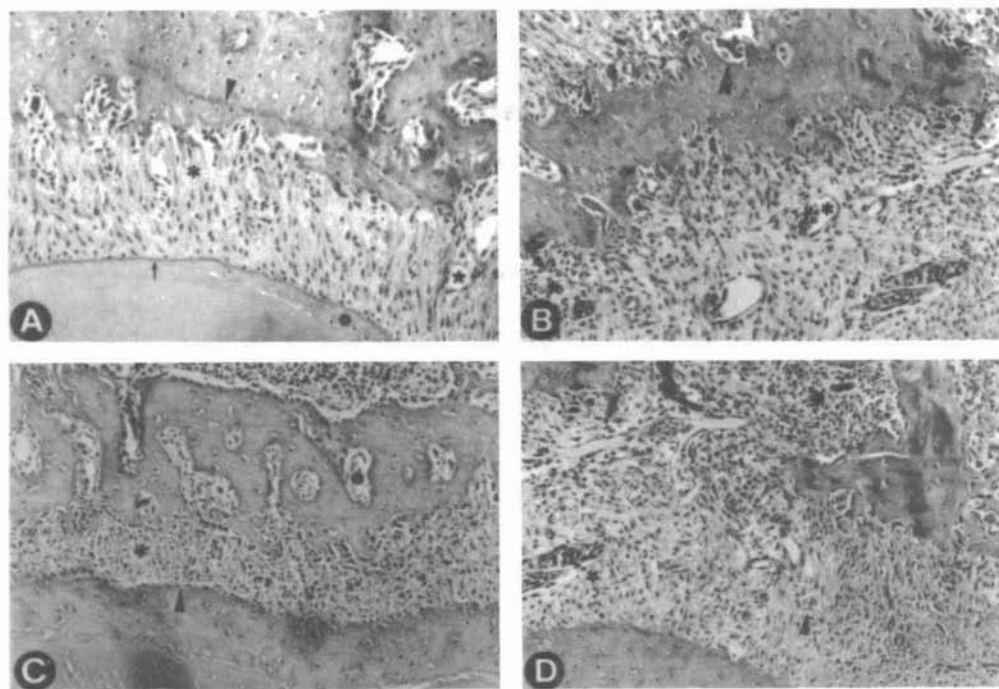


FIGURA 4 - Grupo experimental 4 dias.

Áreas de pressão (Figuras 4c, 4d)

Na região cervical, o infiltrado inflamatório é reduzido, e as fibras do ligamento periodontal apresentam-se comprimidas e separadas por vasos sanguíneos. Em todo ligamento periodontal, a população de fibroblastos é exuberante. Em direção à região

apical, o arranjo do ligamento periodontal é ordenado, contendo muitas células e vasos sanguíneos volumosos. Ao longo de toda superfície do cimento observam-se cementoblastos com matriz rica em cementócitos. O tecido ósseo apresenta contorno irregular, com osteoclastos e osteoblastos. A matriz óssea é celularizada, contendo osteócitos e alguns poros vazios.

Grupo controle 7 dias

Áreas de tensão (Figura 5a)

Na região cervical, a presença do infiltrado inflamatório é evidente, ainda aos 7 dias, com alguma desorganização das fibras e células do ligamento periodontal. O contorno do cimento mostra cementoblastos na sua superfície. O tecido ósseo tem contorno irregular, com osteoblastos e osteoclastos. A matriz óssea apresenta áreas com poucos osteócitos e alguns poros vazios. Ainda persistem áreas bem superficiais em que as fibras colágenas apresentam-se rompidas.

Áreas de pressão (Figura 5c)

Nas áreas de pressão, as fibras do ligamento periodontal da região mais cervical apresentam-se desorganizadas, desinseridas das porções mineralizadas. Os fibroblastos apresentam-se aleatoriamente dispostos. Na região mediana e apical, nota-se uma melhor organização das fibras, com fibroblastos orientados ao longo delas, e fibras de Sharpey inseridas nos tecidos ósseo e cementário. O tecido ósseo apresenta contorno irregular, com nichos de reabsorção, contendo osteoclastos, osteoblastos e vasos sanguíneos.

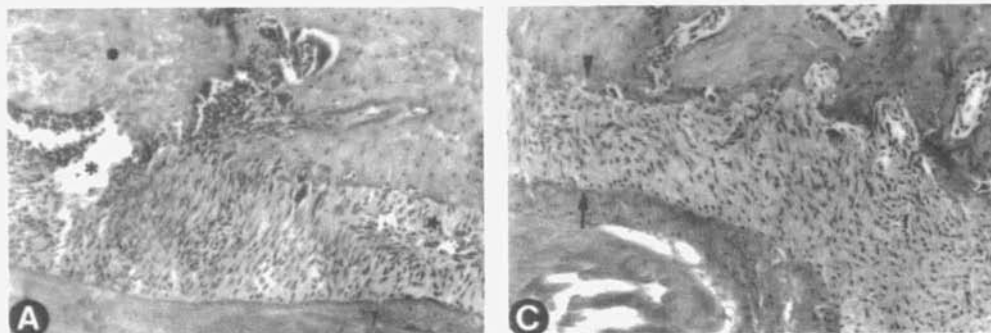


FIGURA 5 – Grupo controle 7 dias.

Grupo experimental 7 dias

Áreas de tensão (Figura 6a)

Observa-se um infiltrado inflamatório discreto na região cervical. Os fibroblastos são numerosos nas fibras colágenas, que fazem sua inserção, tanto no cimento como no osso, com uma reorganização evidente. Esse osso apresenta-se com contorno irregular e com muitos osteócitos no interior da matriz. Nessas áreas de tensão observam-se osteoclastos, que alteram o contorno da crista. Entre os grupos de fibras colágenas é evidente a neoformação vascular. A porção medular é preenchida por tecido conjuntivo frouxo, rico em vasos sanguíneos.

Áreas de pressão (Figura 6f)

As fibras do ligamento periodontal apresentam-se organizadas, porém ligeiramente comprimidas. Os fibroblastos encontram-se dispostos ao longo das fibras colágenas. Na região mediana do ligamento periodontal observa-se quantidade abundante de vasos sanguíneos. As fibras de Sharpey fazem inserção, tanto no cimento como no osso, ao longo de todo o periodonto de sustentação (Figura 6f). A matriz óssea apresenta-se com muitos osteócitos, espaços medulares preenchidos por tecido conjuntivo frouxo e muitos vasos sanguíneos.

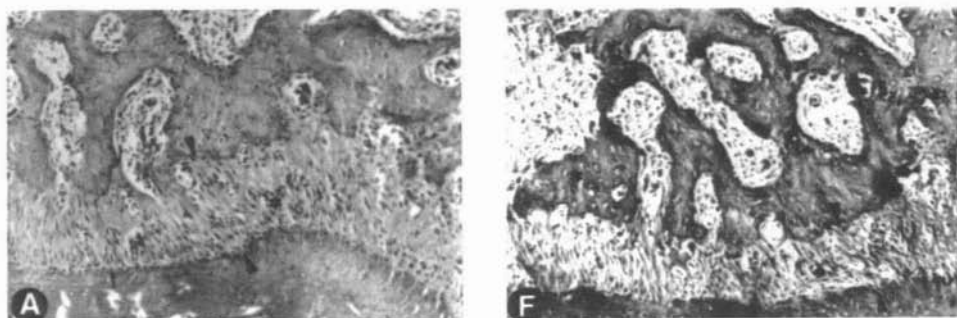


FIGURA 6 - Grupo experimental 7 dias.

Discussão

Boas razões sustentam a utilização do rato como animal de experimentação na movimentação dentária. Alguns autores como Heller e Nanda,⁵ Macapanpan et al.,⁶

Ramalho & Bozzo,¹⁰ Reitan & Kvan¹² e Rygh¹⁵ apontam que a região periodontal dos molares desse animal é, estrutural e funcionalmente, semelhante à da espécie humana. O movimento obtido nos dentes com esse experimento foi, seguramente, do tipo pendular. O centro de rotação esteve localizado na raiz dos molares, próximo à região apical. Essa observação é dedutiva, tendo em vista que numa mesma superfície radicular, mesial ou distal, observam-se áreas de tensão e pressão, distintas e simultâneas, em nível cervical e apical.

A análise dos resultados dos grupos de 1 dia já mostrou diferenças entre o grupo experimental e o grupo controle. Nas áreas de tensão, em ambos os grupos, observou-se infiltrado inflamatório, o que é perfeitamente normal nas fases iniciais da movimentação, conforme afirmações de Rygh¹⁵ e Macapanpan et al.⁶ Em ambos os grupos, observou-se a presença de osteoclastos e osteoblastos, iniciando a remodelação óssea, bem como áreas de hialinização de fibras colágenas, de modo semelhante aos resultados de Macapanpan et al.,⁶ Ramalho e Bozzo¹⁰ Rygh.¹⁵ A principal diferença observada nas áreas de tensão periodontal, entre os grupos de 1 dia, foi a quantidade de osteócitos, que era maior no grupo experimental do que no grupo controle. Outro aspecto diferencial foi a presença de muitos poros vazios no osso, próximos à crista interdentária, entre o primeiro e segundo molares, mais evidentes no grupo controle. A quantidade de células no interior da matriz óssea denota um tecido ósseo metabolicamente ativo e íntegro. Outro detalhe diferencial, identificado no grupo experimental foi a proliferação capilar mais evidente, o que confirma o efeito do ultra-som como um estimulador da vascularização. Essa observação está de acordo com os resultados dos trabalhos de Duarte² e Pilla et al.⁹ Nas áreas de pressão, no grupo de 1 dia as respostas do grupo controle e do experimental mostraram osteoclastos e desorganização de fibras colágenas, o que denota resposta clássica nas áreas de pressão, conforme observado por Ramalho & Bozzo,¹⁰ Reitan,¹¹ Reitan & Kvan¹² e Rygh.¹⁵ No grupo experimental ocorreu maior neoformação de vasos sanguíneos, além de maior quantidade de osteoclastos no tecido ósseo, evidenciando novamente uma maior atividade tecidual.

Quando comparamos os grupos de 4 dias, em relação às zonas de tensão, observamos que, no grupo controle, a reação inflamatória ainda era muito intensa, principalmente na região cervical. O mesmo não aconteceu com o grupo experimental. No grupo controle, os vasos sanguíneos eram reduzidos e havia poros vazios no osso alveolar, enquanto no grupo experimental continuava uma tendência muito grande de neoformação capilar, com maior organização do tecido do ligamento periodontal e maior atividade celular, quando comparado ao grupo controle. Essas variações denotaram uma resposta melhorada e mais rápida do grupo experimental, o que já foi observado por Gonçalves et al.⁴ em transplante de cartilagem seguida de aplicação de ultra-som. A comparação entre os dois grupos sugeriu sempre que a resposta do grupo experimental caminha à frente do grupo controle, conforme já foi observado nos trabalhos de Padua⁸ e Ryaby et al.¹⁴ Essas investigações demonstraram que o

ultra-som acelera o metabolismo dos osteoblastos e das células endoteliais, além de alterar a produção de prostaglandina e a síntese de colágeno, fatores diretamente relacionados à resposta óssea.¹⁴ Nas áreas de pressão do grupo controle de 4 dias, o infiltrado inflamatório e a hiperemia vascular ainda são evidentes. Em contrapartida, elas praticamente desaparecem no grupo experimental. Merece destaque a grande quantidade de fibroblastos ativos, demonstrando uma reorganização muito grande do tecido nesse grupo. Em todo grupo de 4 dias há substituição do tecido hematopoiético da medula óssea por tecido conjuntivo frouxo, fato indicativo de que todos os animais estavam respondendo bem à agressão da força ortodôntica; porém, no grupo experimental a quantidade de vasos sanguíneos foi sempre maior. Enquanto osteoclastos reabsorviam a superfície óssea voltada para o ligamento periodontal, osteoblastos promoviam aposição óssea nos espaços medulares, devido ao fato de que no rato a maior parte da resposta óssea ocorre no tecido periosteal e endosteal.¹² Novamente, essa resposta foi mais evidente no grupo experimental.

Nos grupos de 7 dias, também são evidentes as diferenças entre o grupo controle e o grupo experimental. É muito claro que a situação tecidual dos animais de 7 dias é melhor que a dos animais de 1 e 4 dias, uma vez que, até o 7º dia, predominaram processos destrutivos e, a partir daí, iniciou-se a reorganização tecidual.¹⁵ No grupo controle de 7 dias, observou-se ainda infiltrado inflamatório e desorganização das fibras colágenas, com reduzido número de fibroblastos, alguma hiperemia e pequenas áreas de hialinização. Ao contrário disso, no grupo experimental a reorganização tecidual é evidente, com muitos fibroblastos dispostos ao longo das fibras colágenas, organizadas em grupamentos. O infiltrado inflamatório praticamente desapareceu e o periodonto caminha para uma situação de normalidade. Novamente, tornou-se evidente uma resposta mais rápida do grupo que recebeu ultra-som, se comparado ao grupo controle. É como se o grupo controle de 7 dias correspondesse ao grupo experimental de 4 dias. Nas áreas de pressão também é claro o início da reorganização tecidual, conforme observado por Rygh.¹⁵ Essa reorganização, novamente, é mais evidente no grupo experimental, no qual as fibras estão ainda ligeiramente comprimidas, mas fazendo inserção em ambos os lados mineralizados e com fibroblastos, dispostos ao longo das fibras. No grupo controle persistem grupamentos de fibras desorganizados com fibroblastos aleatoriamente dispostos. A reabsorção óssea por osteoclastos ainda é detectada, o que resulta no contorno irregular da crista óssea. No grupo experimental a crista óssea é mais regular e rica em osteócitos. Nesse lado de pressão, novamente, fica evidente que a utilização do ultra-som acelera o processo de reparação tecidual na movimentação dentária.

A aplicação de estimulação ultra-sônica, diferente da utilização de hormônios³ e drogas que apresentam ação sistêmica, tem um efeito localizado sobre o osso alveolar e, dessa forma, há menor possibilidade de efeitos colaterais gerais.

Acredita-se que a utilização de estimulação com ultra-som por 20 minutos diários, com frequência adequada, já testada e indicada por Duarte² e Pilla et al.,⁹

tenha uma possibilidade de aplicação clínica mais viável que os métodos anteriormente citados.

As respostas observadas permitem admitirem-se novos conceitos na clínica ortodôntica, em que talvez seja possível associar o ultra-som com movimentos dentários seletivos, em combinação com métodos convencionais de terapia.

Conclusão

Sob as condições experimentais especificadas neste trabalho, utilizando-se uma força controlada entre o primeiro e o segundo molares inferiores do rato e, ainda, considerando-se os resultados obtidos, conclui-se que:

1. A resposta do tecido periodontal de sustentação nos animais que receberam simultaneamente a estimulação com ultra-som é diferente daquela dos que receberam somente a aplicação de força ortodôntica.

2. A estimulação com ultra-som induz, durante a movimentação ortodôntica, uma resposta mais rápida, permitindo menor injúria do tecido periodontal de sustentação.

3. A estimulação com ultra-som promove um aumento da neoformação vascular e celular no ligamento periodontal e no osso alveolar adjacente, bem como uma reorganização mais efetiva das fibras colágenas, características de uma resposta tecidual mais favorável.

GANDINI JUNIOR, L. G. et al. Periodontal histological evaluation of rat molar submitted to orthodontic movements after ultrasound application. *Rev. Odontol. UNESP*, São Paulo, v. 23, n. 1, p.37-49, 1994.

■ **ABSTRACT:** *The present research was carried out in order to evaluate the histological effect of ultrasound on rat molars. Thirty Holtzman rats received a standardized force in the area between first and second lower left side molars. Fifteen rats were used as controls and 15 received ultrasound stimulation of 1,000 Hz frequency and 200 μ s of pulse width. After 1, 4 and 7 day periods, 5 animals from each group were sacrificed, after which histological slices colored by hematoxylin and eosin, and Mallory trichromo respectively were examined under the optical microscope. Pronounced differences in tissue alterations were observed between the ultrasound and the control groups. The stimulated animals responded showing intense cellular and vascular neoformation in the periodontal ligament and adjacent alveolar bone, as well as a more effective reorganization of the collagen fibres, less resorption of cement, less injury and faster repair response. Based on the results of this study, ultrasonography seems to be a definite potential as a method for stimulating tissue response in dental movement.*

■ **KEYWORDS:** *Periodontium; tooth movement, minor; ultrasonography.*

Referências bibliográficas

1. AGUIAR, S. A. *Processo de reparo em fratura do osso zigomático sob a ação do ultra-som: estudo histológico em ratos*. Araçatuba, 1984. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.
2. DUARTE, L. R. The stimulation of bone growth by ultrasound. *Arch. Orthoped. Traumatol. Surg.*, v. 101, p. 153-9, 1983.
3. GIDEON, A. R., YEH, C. K., THOMPSON, D. T. Prostaglandins and bone. In: NORTON, L. A., BURSTONE, C. J. *The biology of tooth movement*. Boca Raton: CRC Press, 1989. cap. 16, p. 264-8.
4. GONÇALVES, J. R. et al. Influência do ultra-som em transplante autógeno de cartilagem hialina de costela para o processo zigomático de ratos: estudo histológico. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 18, p. 175-89, 1989.
5. HELLER, I. J., NANDA, R. Effect of metabolic alteration of periodontal fibers on orthodontic tooth movement. *Am. J. Orthod.*, v. 75, p. 239-58, 1979.
6. MACAPANPAN, L. C. et al. Early tissue changes following tooth movement in rats. *Angle Orthod.*, v. 24, p. 79-95, 1954.
7. MOSTAFA, Y. A., WEAKS-DYBVIK, M., OSDOBY, P. Orchestration of tooth movement. *Am. J. Orthod.*, v. 83, p. 245-50, 1983.
8. PADUA, J. M. *Efeito do ultra-som no processo de reparo de fraturas do osso zigomático de ratos: avaliação histomorfológica*. Porto Alegre, 1990. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
9. PILLA, A. A. et al. Acceleration of bone repair by pulsed sine wave ultrasound: animal, clinical, and mechanistic studies. In: BRIGHTON, C. C., POLLACK, S. R. (Ed.) *Electromagnetism in biology and medicine*. San Francisco: San Francisco Press, 1991. p. 331-41.
10. RAMALHO, L. T. O., BOZZO, L. Biomecânica da movimentação ortodôntica – resposta inicial dos tecidos periodontais. *Rev. Odontol. UNESP*, v. 19, p. 1-11, 1990.
11. REITAN, K. Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *Am. J. Orthod.*, v. 53, p. 721-45, 1967.
12. REITAN, K., KVAM, E. Comparative behavior of human and animal tissue during experimental tooth movement. *Angle Orthod.*, v. 41, p. 1-14, 1971.
13. ROBERTS, W. E., FERGUNSON, D. J. Cell kinetics of the periodontal ligament. In: NORTON, L. A., BURSTONE, C. J. *The biology of tooth movement*. Boca Raton: CRC Press, 1989. cap. 4, p. 55-69.
14. RYABY, J. T. et al. Low intensity pulsed ultrasound modulates adenylate cyclase activity and transforming growth factor beta synthesis. In: BRIGHTON, C. C., POLLACK, S. R. (Ed.) *Electromagnetism in biology and medicine*. San Francisco: San Francisco Press, 1991. p. 95-100.
15. RYGH, P. The periodontal ligament under stress. In: NORTON, L. A., BURSTONE, C. J. *The biology of tooth movement*. Boca Raton: CRC Press, 1989. cap. 2, p. 9-27.

Recebido em 5.5.1993.