

## BIOMECÂNICA DA MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA – RESPOSTA INICIAL DOS TECIDOS PERIODONTAIS

Lizete Toledo de Oliveira RAMALHO\*  
Lourenço BOZZO\*\*

---

*RESUMO: Ocorre resposta biológica dos tecidos de suporte dentário ante as forças fisiológicas e aquelas realizadas durante tratamento clínico, com propósitos ortodônticos. Estas forças diferem das primeiras porque são contínuas e tempo-dependentes. A grande mobilidade dentária está relacionada com o grau de organização dos tecidos do sistema periodontal e a movimentação ortodôntica deve utilizar adequadamente esta excepcional capacidade de renovação e adaptação das estruturas periodontais. Assim, procurou-se avaliar, por meios histológicos, a sucessão de alterações do sistema periodontal após aplicação de força ortodôntica nos molares de ratos jovens e interpretar biologicamente os padrões de mobilidade horizontal e suas conseqüências sobre as estruturas periodontais. Utilizaram-se ratos jovens, aos quais aplicou-se uma força ortodôntica utilizando o fio de aço colocado em forma de anel no ponto de contacto entre o primeiro e o segundo molares inferiores. Os animais foram sacrificados após 30 minutos, 1, 2, 6, 12, 24, 48, 72, 96 e 168 horas após a colocação do anel metálico. Após preparo técnico, as lâminas foram examinadas em microscopia óptica e com luz polarizada e os resultados confrontados. Concluiu-se que em todas as secções era evidente a intensa atividade metabólica. Ocorreu uma evolução gradual dos fenômenos de remodelação.*

*UNITERMOS: Ligamento periodontal; estudo microscópico; movimentos dentários.*

---

### INTRODUÇÃO

Atualmente os estudos sobre os contactos dentários alheios à situação normal da mastigação têm sido relativamente negligenciados. Sabe-se que ocorre resposta biológica dos tecidos que suportam os dentes às forças fisiológicas externas geradas pela musculatura oral (lábios, bochechas e língua). Estas forças são denominadas horizontais ou laterais quando incidem de maneira perpendicular ao eixo dentário longitudinal provocando deslocamento dos dentes principalmente durante a fala, deglutição e mastigação<sup>3</sup>. Acredita-se também que a musculatura lingual exerça a carga máxima sobre os tecidos durante a sua função normal.

---

\* Departamento de Morfologia – Faculdade de Odontologia – UNESP – 14800 – Araraquara – SP.

\*\* Departamento de Diagnóstico Oral – Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP – 13400 – Piracicaba – SP.

Outra força horizontal mais ou menos comum é aquela exercida durante o tratamento clínico com propósitos ortodônticos. Estas forças diferem essencialmente daquelas produzidas fisiologicamente porque são contínuas. Muitos experimentos a respeito de mobilidade dentária foram realizados usando-se forças horizontais empregando-se métodos de medição dessas forças<sup>2,7,8,9,10,11,12</sup>. Estabeleceram também que a movimentação dentária é tempo-dependente<sup>1,4,14</sup>.

MUHLEMANN<sup>6</sup> verificou também que o padrão de mobilidade é perdido nos dentes humanos anquilosados e que este padrão está na dependência do ligamento periodontal. Observações posteriores<sup>7,10</sup> evidenciaram que o grau de mobilidade dentária estava relacionado com o grau de organização dos tecidos do sistema periodontal. Um ligamento bem organizado expressa um equilíbrio estrutural resultante das interações das forças a que o dente está submetido e a capacidade de adaptação dos elementos que constituem o periodonto. A movimentação ortodôntica (M/O) deve utilizar adequadamente esta excepcional capacidade de renovação e adaptação das estruturas periodontais.

Assim sendo, procurou-se avaliar ao nível de M/O a cronologia das alterações do sistema periodontal após a aplicação de força ortodôntica nos molares de ratos jovens. O objetivo principal foi a interpretação biológica dos padrões da mobilidade horizontal e suas conseqüências sobre as estruturas periodontais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram levados a efeito em ratos machos jovens com 70 dias de idade, pesando aproximadamente 150 g, nos quais aplicou-se uma força ortodôntica utilizando fio de amarrilha de aço colocado em forma de anel no ponto de contacto entre o primeiro e o segundo molares inferiores esquerdos, ficando portanto o lado direito como grupo controle. Os animais foram anestesiados com hidrato de cloral a 10% em solução aquosa, na dose de 0,4 ml/100 g de peso corporal. Com o animal imobilizado em mesa cirúrgica, especialmente construída, e com auxílio de uma lupa estereoscópica, foi feita a colocação do fio metálico. Os animais foram mantidos em gaiolas individuais com ração e água *ad libitum* até o momento do sacrifício. Foram sacrificados após 30 minutos, 1, 2, 6, 12, 24, 48, 72, 96 e 168 horas. Suas hemimandíbulas foram rapidamente removidas, bem como o fio ortodôntico, e foram imersas na solução fixadora de Bouin por 36 horas. Em seguida, foram lavadas por 24 horas em água corrente e descalcificadas em ácido tricloroacético a 5% em solução aquosa, durante 10 dias, trocando-se o ácido todos os dias. As hemimandíbulas foram numeradas de 1 a 10, segundo os períodos de sacrifício (30 minutos até 168 horas), e identificadas como Grupo Experimental (G.E.) e Grupo Controle (G.C.). Após desidratação em soluções de álcoois crescentes em concentração, foram diafanizadas em xilol e embebidas em parafina. Os blocos obtidos foram cortados com 6µm de espessura e corados segundo as técnicas da Hematoxilina e Eosina e do Tricrômico de Masson.

Todas as amostras foram examinadas e descritas ao fotomicroscópio Zeiss em microscopia óptica e com luz polarizada. As alterações mais significativas foram fotografadas para uma análise comparativa mais detalhada.

## RESULTADOS

Neste modelo experimental pudemos avaliar o comportamento dos tecidos de ancoragem dentária nas áreas de pressão e tensão provocadas pela força ortodôntica. Assim, temos:

### **A: Grupo Controle (Hemimandíbulas do lado direito)**

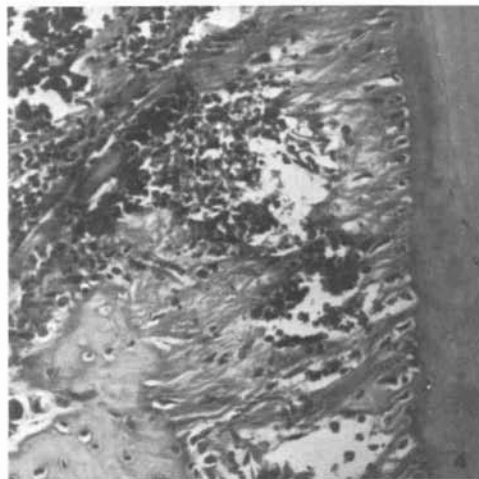
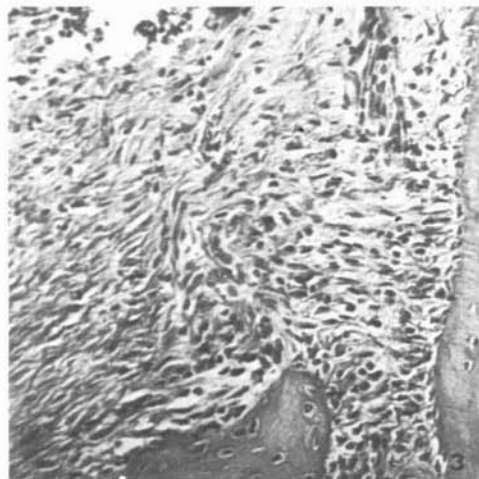
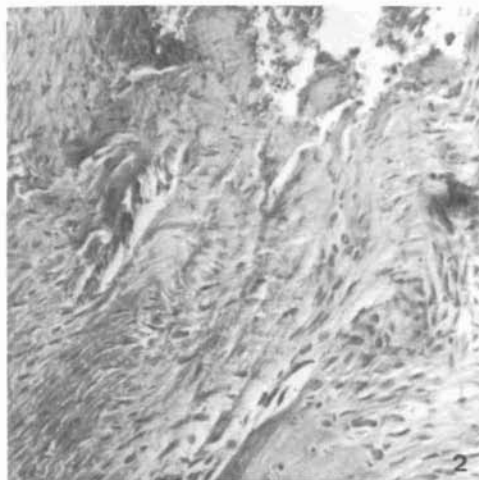
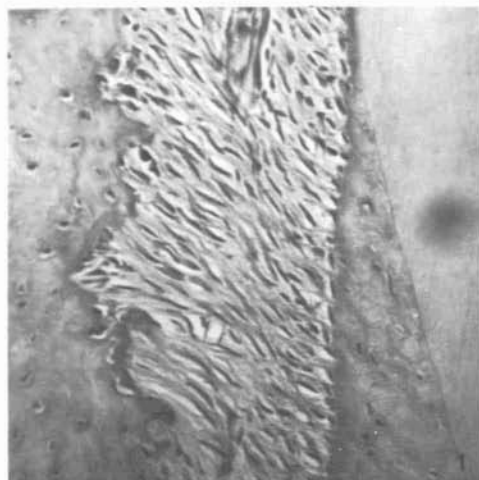
Em quase todas as secções, era evidente a atividade metabólica intensa de fibroblastos, cementoblastos, osteoblastos e osteoclastos, além de rearranjo constante dos feixes de fibras do ligamento periodontal. Especialmente no septo ósseo entre o primeiro e o segundo molares inferiores, este dinamismo morfofuncional caracterizava-se por intensa atividade remodeladora que se expressa morfológicamente pela presença de osteoblastos envolvidos por matriz osteóide; por lacunas de reabsorção alojando osteoclastos; pelo rearranjo dos fibroblastos e dos feixes de fibras colágenas periodontais (Fig. 1).

### **B: Grupo Experimental (Hemimandíbulas do lado esquerdo)**

As alterações morfológicas induzidas pela força ortodôntica nos diferentes períodos experimentais (30 minutos, 1, 2, 6, 12, 24, 48, 72, 96 e 168 horas) mostraram uma evolução gradual dos fenômenos instalados.

- 1 – Trinta minutos após a aplicação da força ortodôntica, já se observava o rompimento dos feixes de fibras colágenas dento-dentais, pequenos focos hemorrágicos, deslocamento de fragmentos de cimento e hialinização do colágeno mais superficial (Fig. 2).
- 2 – Sessenta minutos após a aplicação da força, observava-se a destruição do epitélio de revestimento da papila interdentária com exposição do tecido conjuntivo subjacente. Os feixes de fibras dento-dentais apresentavam-se hialinizados na sua porção mais coronária, evidenciando um nítido rompimento e separação na sua porção intermediária, embora permanecessem ainda inseridos no cimento de ambos os lados (Fig. 3).

Apareceram ainda fibroblastos em degeneração e acúmulo inicial de neutrófilos nesta área. Os fibroblastos e os feixes de fibras imediatamente acima da crista óssea mostravam-se relativamente normais (Fig. 3).



- FIG. 1 - Estruturação do periodonto normal, mostrando intensa atividade metabólica. (G.C. Controle)  $\pm$  100 x.
- FIG. 2 - Rompimento dos feixes colágenos. Pequenos focos hemorrágicos; hialinização do colágeno superficial. (G.E. 30 min.)  $\pm$  50 x.
- FIG. 3 - Acúmulo de neutrófilos e fibroblastos em degeneração na região mais superficial. (G.E. 60 min.)  $\pm$  100 x.
- FIG. 4 - Hialinização e fragmentação das fibras. Acúmulo de neutrófilos e focos hemorrágicos. (G.E. 6 horas)  $\pm$  100 x.

3 - Após 2 horas da aplicação da força, podia-se observar que as alterações dos feixes de fibras dento-dentais eram mais extensas, atingindo a crista do septo ósseo interdental. Hialinização, rompimento das fibras, deslocamento de fragmentos de cimento, edema, degeneração de fibroblastos e presença de leucócitos eram observáveis na maioria das secções examinadas. O exame com luz polarizada permitiu observar que as fibras transeptais ainda preservavam sua estruturação macromolecular.

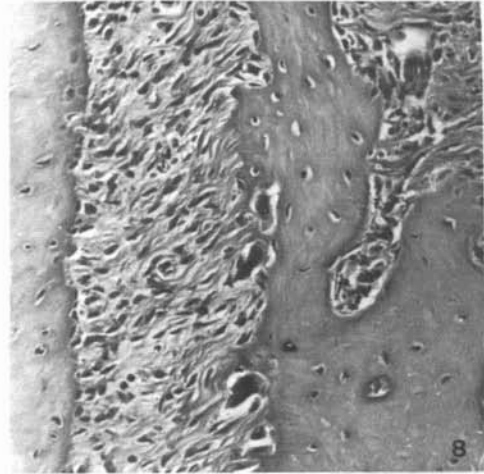
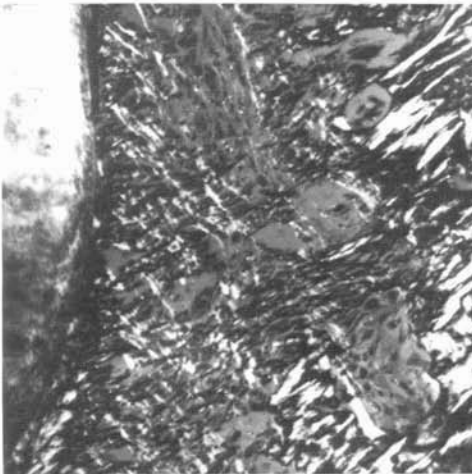
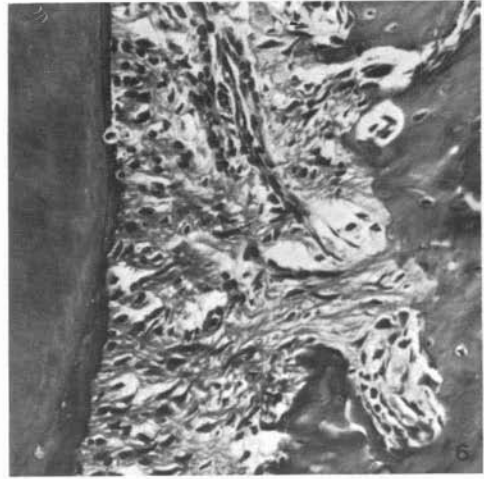
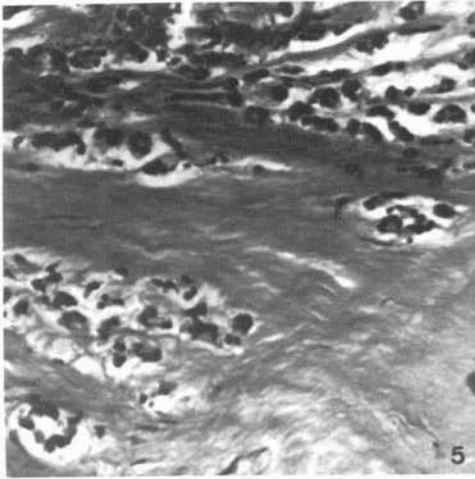


FIG. 5 – Fibras transeptais hialinizadas. Acúmulo de leucócitos e áreas de degradação enzimática. (G.E. 12 horas)  $\pm 450$  x.

FIG. 6 – Áreas de reabsorção do osso alveolar e desorganização das fibras periodontais. (G.E. 12 horas)  $\pm 100$  x.

FIG. 7 – Birrefringência reduzida nos grupos de fibras colágenas sob microscopia com luz polarizada. (G.E. 12 horas)  $\pm 100$  x.

FIG. 8 – Intensificação dos fenômenos de reestruturação com áreas de reabsorção. (G.E. 24 horas)  $\pm 100$  x.

4 – Seis horas após, observava-se no espaço entre o primeiro e o segundo molares uma intensificação dos processos destrutivos. Todo o conjunto de fibras dento-dentais hialinizadas estava se fragmentando e apresentando acúmulos focais de neutrófilos associados com degradação do colágeno. Os fenômenos destrutivos atingiam o septo ósseo, afetando fibroblastos, cemento e os feixes transeptais mais cervicais (Fig. 4).

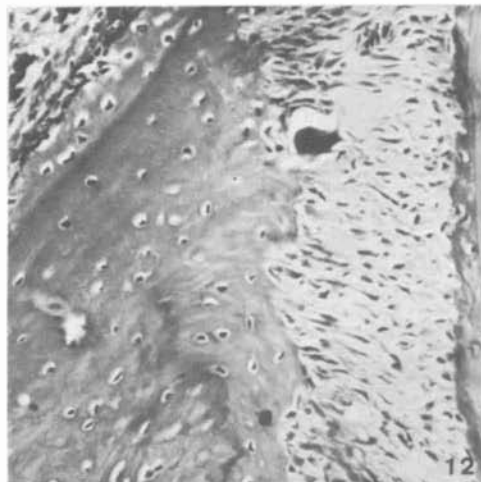
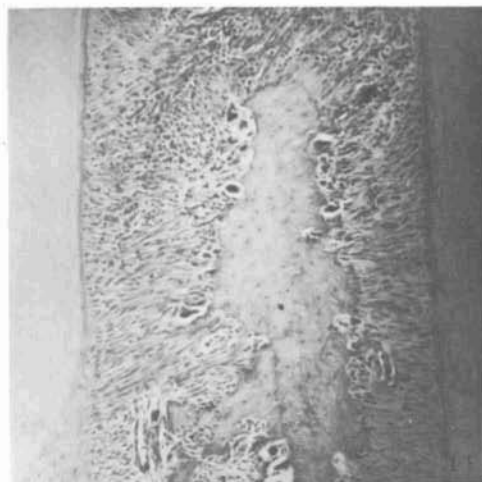
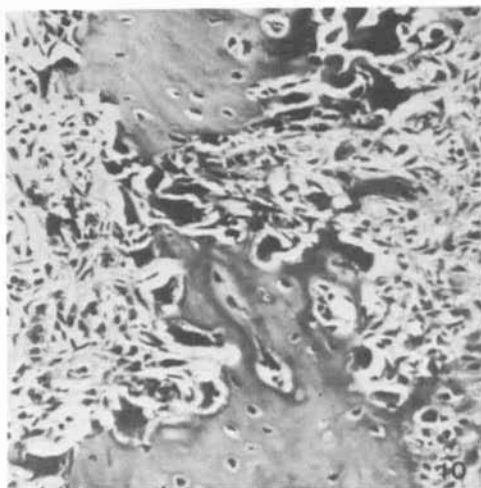
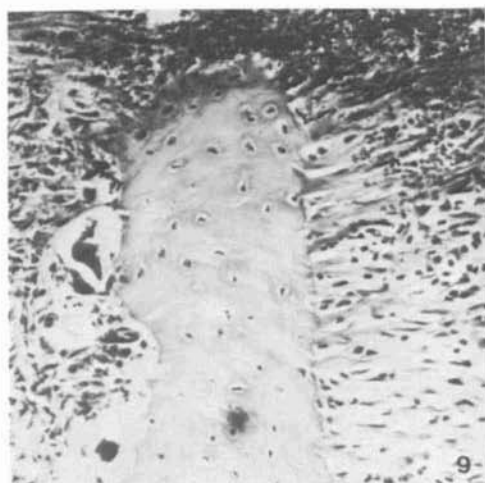


FIG. 9 - Infiltração de leucócitos e degeneração tecidual, com áreas de remodelação. (G.E. 48 horas)  $\pm$  100 x.

FIG. 10 - Grande quantidade de osteoclastos em intensa atividade, ao lado de fibroblastos e fibras colágenas mal orientadas. (G.E. 72 horas)  $\pm$  450 x.

FIG. 11 - Reestruturação do periodonto, com intensa atividade de todos os elementos celulares. (G.E. 96 horas)  $\pm$  50 x.

FIG. 12 - Reorganização do sistema periodontal. Neoformação óssea. (G.E. 168 horas)  $\pm$  100 x.

No terço médio do periodonto, a este tempo, já se intensificavam os fenômenos de reabsorção e neoformação óssea nas áreas de pressão e tensão, respectivamente.

5 - Doze horas após a aplicação da força, o quadro histopatológico mostrava-se bem estabelecido, com destruição da papila interdental, desintegração das fibras dento-dentais e acúmulo de neutrófilos. Os feixes de fibras da crista e transep-

tais mostravam-se hialinizados, entremeados de leucócitos, principalmente polimorfos nucleares, e áreas de degradação enzimática (Fig. 5).

Ainda no terço médio, eram evidentes as tentativas de adaptação do periodonto à força aplicada, com áreas de reabsorção e reorganização das fibras, do cimento e do osso alveolar (Figs. 6 e 7).

6 – Com 24 horas, na metade cervical os fenômenos destrutivos predominavam sobre os formativos, notando-se focos de necrose associados a massas de colágeno hialinizadas, vasos trombosados e infiltrados de neutrófilos e macrófagos.

No terço apical do periodonto, intensificaram-se os fenômenos de reestruturação, com áreas de reabsorção do septo contrapondo-se às áreas de formação e de melhor preservação estrutural (Fig. 8).

7 – Após 48 horas, os fenômenos destrutivos e formativos continuaram evidentes em toda a extensão do periodonto. Na porção mais cervical do septo ósseo, entre os 1<sup>os</sup> e 2<sup>os</sup> molares, eram freqüentes as áreas de necrose, hialinização, fragmentação e degradação do colágeno e lacunas de reabsorção óssea alternadas com áreas de menor destruição; áreas de edema, dissociação de fibras, moderada infiltração de leucócitos alternando-se com proliferação de osteoblastos, cementoblastos e fibroblastos (Fig. 9).

8 – Com 72 horas, eram bem marcantes as alterações provocadas pela aplicação da força. À destruição da papila interdentária seguiu-se uma intensa reabsorção do septo ósseo (Fig. 10), com formação de um tecido conjuntivo fibroso que preenchia os espaços medulares ampliados pela reabsorção endosteal.

Os osteoclastos em intensa atividade pareciam destruir o septo ósseo interdental; no terço médio, massas de colágeno e de fibroblastos sem orientação definida preenchiam o espaço periodontal alargado.

9 – Com 96 horas, persistiram os mesmos fenômenos. A dinâmica reestruturação do periodonto envolvendo reabsorção do septo ósseo, degradação e neoformação de colágeno, continuada infiltração de neutrófilos, macrófagos e de atividade osteoclástica, expressavam a capacidade de adaptação do sistema periodontal (Fig. 11).

10 – Após 7 dias (168 horas), ainda coexistiam fenômenos destrutivos e formativos na região cervical com acúmulo de macrófagos, eventuais fragmentos de tecido ósseo, osteoclastos e osteoblastos associados à proliferação de fibroblastos e de angioblastos. O epitélio escamoso estratificado também prolifera recobrando em algumas secções a área interdental ulcerada. O septo ósseo interradicular apresentava significativa redução da sua altura em razão da reabsorção induzida pela força ortodôntica. A capacidade de adaptação do sistema periodontal pode ser inferida pela concomitância de áreas de reabsorção e formação óssea e fibroblástica, desde os primeiros movimentos da atuação da força e que aos 7 dias se expressaram por significativa redução do septo ósseo interdental, por uma remodelação da tábua óssea mesial ao primeiro molar (Fig. 12), por uma reabsorção e neoformação de tecido conjuntivo fibroso em todo o espaço periodontal.

## DISCUSSÃO

As observações das estruturas periodontais, através da microscopia óptica, permitem avaliar a cronologia dos fenômenos ocorridos durante a aplicação de uma força ortodôntica por período que se estendeu desde 30 minutos até sete dias (168 horas), tendo-se em vista que esta movimentação ortodôntica foi relativamente uniforme para todos os animais.

Procurou-se aplicar um fio metálico adequado no ponto de contacto entre o primeiro e o segundo molares de rato, gerando forças de intensidade ideal, compatível com os objetivos do estudo, tendo-se em mente que a "força ótima" é aquela que, ao manter um nível de tensão sobre o ligamento periodontal, fundamentalmente mantém a sua vitalidade e inicia de forma simultânea uma resposta celular máxima<sup>13</sup>.

As Figuras 2 a 12 mostram que as alterações ocorreram tanto na zona de compressão quanto na zona de tensão, e a cronologia dessas modificações estruturais e da composição celular, dentro deste período experimental, permite uma avaliação segura da fenomenologia envolvida.

As alterações do lado da pressão são mais lentas, apresentam degenerações localizadas e necrose, enquanto no lado da tensão as estruturas periodontais respondem dentro dos limites fisiológicos com intensificação dos fenômenos formativos<sup>15</sup>.

Utilizamos animais jovens com cerca de 70 dias de idade, cujo osso alveolar possui grandes espaços medulares, indicativos de grande capacidade de remodelação. Do mesmo modo, todo o tecido conjuntivo denso do ligamento periodontal apresenta-se histofisiologicamente bem estruturado, com intensa atividade remodeladora.

Nos períodos iniciais após a aplicação da força, aos 30 e 60 minutos, houve um rompimento das fibras colágenas do ligamento periodontal. A elasticidade das fibras mais superficiais não foi suficiente para suportar a força aplicada, que ultrapassou os limites fisiológicos de adaptação periodontal. Esta força desencadeou toda uma seqüência de transformações estruturais para readaptar o periodonto a esta nova situação. O rompimento dos feixes colágenos, as alterações hemodinâmicas e a invasão de neutrófilos demonstram a primeira resposta do organismo, juntamente com os capilares tendendo a acumular massas de eritrócitos irregularmente conformados. Tais alterações foram desaparecendo de forma gradual durante o experimento.

Após duas horas, as alterações se acentuaram com o aparecimento de processo de hialinização, quando se percebeu perda de parte do citoplasma das estruturas celulares, com contração incipiente do núcleo. Este processo autolítico é causado por várias enzimas. Nossas observações estão de acordo com os resultados obtidos por REITAN<sup>13</sup>, que descreve as zonas hialinizadas como causadas por forças ortodônticas ligeiras, não cobrindo mais que um ou dois mm<sup>2</sup> na superfície da raiz.

Ao mesmo tempo, novas células se acumulam no tecido conjuntivo ao redor da zona comprimida e hialinizada. Ocorre ligeira inflamação envolvendo alterações da vascularização e de células conjuntivas ao redor da área hialinizada.



Acreditamos, assim, que o movimento dentário teve início pois a remodelação óssea ocorre às custas da ação simultânea de osteoblastos e osteoclastos e, como estas células não removem os feixes de fibras livres de células nos tecidos hialinizados, ocorre aumento gradual das células inflamatórias e demais células do tecido conjuntivo jovem ao redor das áreas lesadas.

Nos períodos compreendidos entre 6 e 12 horas, constatamos maior atividade dos osteoclastos promovendo a reabsorção do osso alveolar, simultânea à desintegração das fibras colágenas. Através da microscopia de polarização pudemos notar que as fibras colágenas não mais apresentavam a birrefringência clássica observada em condições normais, denotando nestes períodos uma forma de degradação.

Com 24 até 48 horas após, ocorreram processos de remodelação com formação de novos capilares e células do tecido conjuntivo, principalmente rodeando as áreas hialinizadas. O osso fasciculado da superfície interna do alvéolo também se mostrou de fácil remodelação quando comparado ao osso lamelar dos maxilares.

Os resultados de MARTINEZ & JOHNSON<sup>5</sup> demonstraram que, após 24 horas, ocorre a formação de nódulos de ossificação discretos, sugerindo a formação óssea recente no terço cervical, diferente da matriz óssea do terço apical muito densa e sem aparência nodular.

Nos três últimos períodos, ou seja, após 72, 96 e 168 horas, pudemos observar que, nos espaços medulares do tecido ósseo, ocorreu uma substituição tecidual que denota processo de reparação onde houve a conversão da medula óssea para um tecido conjuntivo fibroso.

Simultaneamente ocorreram mudanças no lado da tração, com neoformação óssea, aparecendo maior número de fibroblastos e osteoblastos por divisão mitótica e deposição de matriz osteóide no lado de tensão.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos técnicos Eliene Aparecida Orsini Naraz, Ivany Odas Demetrio, Maria Helena Peron Vasconcelos (FOP-UNICAMP), Terezinha Aparecida Carlessi Possato e Luis Antonio Potenza (FOA1-UNESP), pela responsabilidade e dedicação.

---

RAMALHO, L. T. O. & BOZZO, L. – Biomechanics of the orthodontic movement – initial response to the periodontal tissues. **Rev. Odont. UNESP, São Paulo, 19:** 1-11, 1990.

*ABSTRACT: There occurs a biological response of the tissues of dental support, in answer to the external physiological forces and those realized during clinical treatments with orthodontical purposes. These forces differ from the first ones because they are continuous and time dependent. A great dental mobility is related to the degree of tissue organization of the periodontium system and the orthodontical movement must utilize this exceptional capacity of renewal and adaptation of the periodontium structures adequately. Therefore, through histological means a search was made to evaluate the succession of alterations of the periodontium system after the application of an orthodontical force on the molars of young rats and to interpret the standards of horizontal mobility and their consequences on the periodontium structures, biologically. An orthodontic force was applied on young rats utilizing steel wire placed in a ring form on a contact point between the first and second lower molars. The animals were sacrificed after 30 minutes, 1, 2, 6, 12, 24, 48, 72, 96 and 168 hours after the placement of the metal ring. After technical preparation, the microscopic slides were examined and the results were compared. In all the sections there was evidence of an intense metabolic activity. A gradual evolution of modification on the phenomenons had occurred.*

*KEY-WORDS: Periodontal ligament; microscopic study; tooth movement minor.*

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BURSTONE, C. J.; PRYPUTNIEWICZ, R. J. & BOWEY, W. W. – Holographic measurement of tooth mobility in three dimensions. *J. periodont. Res.*, 13: 238-49, 1978.
2. CHRISTIANSEN, R. L. & BURSTONE, C. L. – Centers of rotation within the periodontal space. *Am. J. Orthod.*, 55: 353-69, 1969.
3. GOULD, M. S. E. & PICTON, D. C. A. – A study of pressure exerted by the lips and cheeks on teeth of subjects with normal occlusion. *Arch. oral Biol.*, 9: 469-78, 1964.
4. KORBER, K. H. – Electron registrations of tooth movements. *Int. dent. J.*, 21: 466-77, 1971.
5. MARTINEZ, R. H. & JOHNSON, R. B. – Effects of orthodontic forces on the morphology and diameter of Sharpey fibers of the alveolar bone of the rat. *Anat. Rec.*, 219: 10-20, 1987.
6. MUHLEMANN, H. R. – Periodontometry: a method for measuring tooth mobility. *Oral Surg.*, 4: 1220-3, 1951.
7. MUHLEMANN, H. R. – Tooth mobility. The measuring method. Initial and secondary tooth mobility. *J. Periodontol.*, 25: 22-9, 1954.
8. MUHLEMANN, H. R. – Tooth mobility II. Role of interdental contact points and activation on tooth mobility. *J. Periodontol.*, 25: 125-8, 1954.
9. MUHLEMANN, H. R. – Tooth mobility IV. Tooth mobility changes through artificial alterations of the periodontium. *J. Periodontol.*, 25: 198-202, 1954.
10. MUHLEMANN, H. R. & ZANDER, H. A. – Tooth mobility III. The mechanism of tooth mobility. *J. Periodontol.*, 25: 128-37, 1954.

11. PARFITT, J. G. – The dynamics of tooth in function. *J. Periodontol.*, 32: 102-7, 1961.
12. PICTON, D. C. A. – Some implications of normal tooth mobility during mastication. *Arch. oral Biol.*, 9: 565-73, 1964.
13. REITAN, K. – Principios e reacciones biomecanicos (2). In GRABER, I. M – *Ortodoncia conceptos y tecnicas*. Buenos Aires, Ed. Medica Panamericana, 1979. p. 117-228.
14. ROSS, R. – The connective tissue fibre forming cell. In GOULD, B. S. – *Treatise on collagen*. London, Academic Press, 1968. v. 2, p. 1-82.
15. RYGH, P. – Ultrastructural changes in tension zones of rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement. *Am. J. Orthod.*, 70: 269-81, 1976.

Recebido para publicação em 3.7.1989