

Rodrigo Castellazzi Sella

Avaliação histométrica das áreas de tração e compressão do periodonto dos primeiros molares de ratos submetidos à movimentação dentária induzida

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia
de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista -
UNESP - “Júlio de Mesquita Filho”, como
parte dos requisitos para a obtenção do grau de
Doutor em Odontologia – Área de Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Aparecido Cuoghi

Araçatuba - SP

2008

Dados Curriculares

Rodrigo Castellazzi Sella

NASCIMENTO	11 de junho de 1979 Bauru – SP
FILIAÇÃO	Maurício Sella Valentina Castellazzi Sella
1997 – 2000	Curso de Graduação em Odontologia Universidade Norte do Paraná – UNOPAR
2001- 2003	Curso de Especialização em Ortodontia – Ortopedia Facial Universidade Estadual de Londrina – UEL
2004 – 2005	Curso de Mestrado – Área de Ortodontia Programa de Pós-Graduação em Odontologia Faculdade de Odontologia de Araçatuba Universidade Estadual Paulista – UNESP “Júlio de Mesquita Filho”
2006 – 2008	Curso de Doutorado – Área de Ortodontia Programa de Pós-Graduação em Odontologia Faculdade de Odontologia de Araçatuba Universidade Estadual Paulista – UNESP “Júlio de Mesquita Filho”
2006 – 2008	Professor do Centro de Ciências Biológicas Departamento de Anatomia Área de Anatomia Humana Disciplina de Anatomia Sistêmica e Anatomia Dentária Disciplina Especial de Dissecção de Cabeça e Pescoço Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dedicatória

A Deus,

pelo dom da vida e por me proporcioná-la de forma especial, repleta de paz, saúde, amor e felicidade.

Obrigado por me proteger em todas as idas e vindas, por direcionar meus passos e iluminar meus caminhos.

Agradeço a Vós, por me privilegiar com a Sua presença em todos os instantes da minha vida e por fazer transparecer Seu amor nos momentos mais difíceis.

Dedicatória

Aos meus pais, Maurício e Valentina,

verdadeiros doutrinadores de seus filhos neste mundo.

Meu alicerce, minha base, minha referência por toda vida.

O reconhecimento... pelo amor incondicional.

Obrigado por diariamente se revelarem mais do que pais, mas
companheiros em nossas jornadas.

Dedicatória

Ao meu irmão Gustavo,

de quem muito me orgulho de ser irmão.

Agradeço a oportunidade de compartilharmos nossas vidas.

Somos apenas dois, mas nos amamos por muitos e torcemos intensamente pela felicidade do outro.

Meu amigo, meu companheiro... presente de Deus.

Obrigado por todo apoio, preocupação e ajuda com palavras e atitudes.

...o que realmente importa não é o que se tem, mas quem se tem na vida.

Dedicatória

À minha noiva Karina

Juntos nós vencemos nossa graduação, acompanhamos nossas pós-graduações e finalmente estamos colhendo o fruto cultivado desde o início de nossa relação, nosso casamento.

Obrigado pelo amor, respeito, cumplicidade e admiração que compõem a “nossa história.” Sinto-me abençoado pelo privilégio de ter uma pessoa como você ao meu lado.

Agradeço seu apoio, compreensão e incentivo ao longo de todos estes anos, essenciais para concretização de todas as vitórias conquistadas até agora.

Agradecimento Especial

Ao querido mestre,

Professor Doutor Osmar Aparecido Cuoghi

Mestre inspirador, capaz de reunir alunos e transformá-los em orientados que carregam a responsabilidade de possuir sua confiança.

Exigente sim, e como... Mas também coerente, incentivador, incansável e admirável.

Despertou-me não apenas o senso crítico perante os inúmeros afazeres de um docente e pesquisador, mas talvez o mais complexo de todos eles, o senso autocrítico.

Obrigado pelo privilégio de acompanhá-lo nestes últimos 5 anos, por todos os ensinamentos e pela honra de ser um de seus orientados.

Minha profunda e eterna gratidão.

Agradecimento Especial

**Aos Professores do Departamento de Anatomia
da UEL:**

**Maria de Lourdes Ferreira Bruschi - Nezinha,
Edson Scolin, Vilma Schwald Babboni, José
Carlos de Araujo, Eduardo Rafael da Veiga Neto,
Célia Cristina Fornaziero, Maria Aparecida
Vivan de Carvalho, Juarez Cezar Borges de
Aquino**

Nunca estamos sós, é verdade. É bom saber que existem pessoas como vocês que nos apóiam e nos acolhem com tanto carinho.

Agradeço pela oportunidade que me foi concedida no Departamento de Anatomia, pelo incentivo na conclusão deste Curso de Doutorado e por estarem ao meu lado, sempre.

Espero poder, de alguma forma, retribuir todo o apoio e confiança em mim depositados.

Sinceramente, muito obrigado.

Agradecimento Especial

Ao amigo,

Professor Wagner José Silva Ursi

Agradeço a você, que confiou em mim e me proporcionou a oportunidade de integrar uma equipe séria, com ideais contemporâneos e metas alcançáveis.

Sinceramente, muito obrigado.

Agradecimento Especial

Ao amigo,

Alex Luiz Pozzobon Pereira

De você levo a certeza de uma amizade sincera iniciada em 2004 e fortalecida ao longo destes 5 anos.

Obrigado, de coração, por toda ajuda que você sempre me proporcionou, nas dúvidas, nos seminários, nas trocas de idéias, na parceria durante a criação de material didático, nas dicas para melhorar a qualidade dos trabalhos e principalmente, nos detalhes referentes às pesquisas que desenvolvemos.

Seu apoio e incentivo nunca serão esquecidos.

Sinceramente, muito obrigado.

Agradecimento Especial

Ao amigo,

An Tien Li

Entre tantas qualidades que você apresenta, destaco a genialidade de transmitir idéias para o papel não apenas por meio da escrita, mas também através de desenhos auto-explicativos, permitindo ao leitor entender as informações contidas no texto de uma maneira muito mais fácil.

Obrigado pela idealização e criação das figuras esquemáticas que enriqueceram a didática desta pesquisa.

Sinceramente, muito obrigado.

Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia de Araçatuba – Universidade Estadual Paulista – UNESP “Júlio de Mesquita Filho”, na pessoa de seu Diretor, Professor Doutor Pedro Felício Estrada Bernabé e de seu Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Professor Doutor Idelmo Rangel Garcia Junior, pela oportunidade de participar do Curso de Doutorado em Odontologia – Área Ortodontia e de realizar este trabalho.

Aos Professores Doutores Eduardo César Almada dos Santos, Francisco Antônio Bertoz, Marcos Rogério de Mendonça e Osmar Aparecido Cuoghi, pelos ensinamentos criteriosamente transmitidos, pela minha formação científica relacionada à pesquisa, pelo apoio e amizade constantes durante todo o curso.

A todos os Professores que ministraram as disciplinas do tronco comum deste curso, meu profundo respeito e gratidão.

Ao Professor Doutor Cláudio Casati e aos alunos Michel, Samara, Juliano, Daniela e Kelly, pela disponibilidade durante a captura das imagens dos cortes histológicos e instruções para utilização do *software* Axio Vision 4.5.

Ao Professor Doutor Wilson Roberto Pói e ao aluno Michel, pela paciência durante as instruções para utilização e calibração do *software* ImageLab 2000.

À Professora Doutora Roberta Okamoto que me disponibilizou sua atenção e ajuda para utilização do *software* SigmaStat 3.1. Prof^a

Aos Professores do Curso de Especialização em Ortodontia - Ortopedia Facial: Claudenir Rossato, Félix Hoette, Luiz Sérgio Carreiro, Nivaldo Zamberlan, Paulo Eduardo Baggio, Ricardo Takahashi, Tíeo Takahashi e Yoneo Tackahashi, agradeço o convite para apresentar uma aula representando a Oitava Turma do Curso de Especialização em Ortodontia - Ortopedia Facial da Universidade Estadual de Londrina, durante a comemoração dos 20 anos de fundação deste curso em setembro de 2006.

Aos amigos da república, Alex, Geraldo, Mauro e Pedro, por me receberem em 2007. Obrigado por toda ajuda, paciência e incentivo durante esta jornada. Agradeço o privilégio de nossos caminhos terem se cruzado.

Aos amigos do Curso de Pós-graduação, Yesselin, Bruna, Leila, Carlos, Flávia, Ronan, Gustavo, André, Galdino, Maurício, Agnaldo, An Tien, e à estagiária, Kátia, pela amizade, troca de experiências profissionais e pessoais, e por todos os ótimos momentos de convívio e colaboração.

Aos colegas de outras áreas de concentração, pelos momentos especiais de convívio e valiosa troca de experiências.

Aos funcionários do Departamento de Ortodontia, Ilídio e Bertolina e aos funcionários da Seção de Pós-Graduação, Marina, Valéria e Diogo, que sempre me ajudaram com muito carinho, pela presteza, atenção e disponibilidade.

As funcionárias da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Cláudia, Isabel, Izamar, Helena, Jéssica, Luzia, Maria Cláudia e Ivone pelas orientações e zelo durante todas as minhas solicitações e a Ana Cláudia, que meticulosamente formatou essa dissertação dentro da norma corrente.

Sella RC. Avaliação histométrica das áreas de tração e compressão do periodonto dos primeiros molares de ratos submetidos à movimentação dentária induzida [tese]. Araçatuba: Universidade Estadual Paulista – UNESP; 2008.

Resumo

O propósito desta pesquisa foi avaliar a espessura do ligamento periodontal dos primeiros molares de ratos submetidos à movimentação dentária induzida. Utilizou-se 30 ratos Wistar (*Rattus norvegicus, albinus*), divididos em três grupos, GI, GII e GIII, compostos por 10 animais cada e submetidos à eutanásia, respectivamente, 7, 14 e 21 dias após o início do experimento. Nos três Grupos, os primeiros molares superiores direitos foram movimentados enquanto os primeiros molares superiores esquerdos foram utilizados como controle. Aplicou-se uma força contínua de 40cN por meio do aparelho idealizado por Heller e Nanda e modificada por Consolaro e Martins-Ortiz. Os cortes histológicos foram digitalizados e as dimensões do ligamento periodontal dos dentes movimentados e controlados foram aferidas em três regiões diferentes, apical, média e cervical, em ambas as raízes, mesiovestibular e distovestibular, utilizando a metodologia de King modificada. Os valores médios individuais dos grupos experimentais foram comparados com seu respectivo controle por meio do teste de *Mann-Whitney*. A comparação dos valores entre regiões em um mesmo período de tempo, e ainda, entre períodos de tempo diferentes em uma mesma região foi realizada por meio da Análise de Variância – *ANOVA*, *Kruskal-Wallis* e subsequente teste de *Tukey*. Os grupos GI e GII exibiram a dimensão do ligamento periodontal diminuída nas regiões apical da raiz mesiovestibular e cervical da raiz distovestibular e aumentada nas regiões cervical da raiz mesiovestibular, apical da raiz distovestibular e média de ambas as raízes. A diminuição e o aumento da dimensão do ligamento periodontal evidenciada em uma mesma raiz, mesiovestibular ou distovestibular, caracterizou o movimento dentário no sentido de inclinação. As três regiões, apical, média e cervical, comparadas entre si em cada período de tempo, bem como os três períodos de tempo, 7, 14 e 21 dias, comparados entre si em cada região, confirmaram o movimento de inclinação em GI e GII, e a diminuição gradual da intensidade dos fenômenos de GI para GII, até o restabelecimento da normalidade dimensional em GIII.

Palavras-chave: Movimentação dentária; Ligamento periodontal.

Sella RC. Histometric evaluation of the traction and compression areas of the first molars' periodontium of rats submitted to the induced tooth movement [tese]. Araçatuba: Universidade Estadual Paulista – UNESP; 2008.

Abstract

The purpose of this research was to evaluate the thickness of the periodontal ligament of the rat's first molars submitted to the induced tooth movement. It was used 30 Wistar rats (*Rattus norvegicus, albinus*), divided in three groups, GI, GII and GIII, composed by 10 animals each and submitted to the euthanasia, respectively, 7, 14 and 21 days after the beginning of the experiment. In the three Groups, the first upper right molars were moved while the first left upper molars were used as control. A continuous force of 40cN was applied through the appliance idealized by Heller and Nanda and modified by Consolaro and Martins-Ortiz. The histological cuts were digitalized and the dimensions of the periodontal ligament of the moved teeth and controlled teeth were checked in three different areas, apical, medium and cervical, in both roots, mesiobuccal and distobuccal, using King's methodology modified. The individual mean values of the experimental groups were compared with the respective control through the *Mann-Whitney* test. The comparison of the values among areas in a same period of time, and still, among different periods of time in a same area was accomplished through the Analysis of Variance – *ANOVA*, *Kruskal-Wallis* and subsequent *Tukey* test. The groups GI and GII exhibited the dimension of the periodontal ligament decreased in the apical area of the mesiobuccal root and cervical of the distobuccal root and increased in the cervical area of the mesiobuccal root, apical of the distobuccal root and medium of both roots. The decrease and the increase of periodontal ligament's thickness evidenced in a same root, mesiobuccal or distobuccal, characterized the tooth movement in the inclination sense. The three areas, apical, medium and cervical, compared amongst themselves in each period of time, as well as the three periods of time, 7, 14 and 21 days, compared amongst themselves in each area, confirmed the inclination movement in GI and GII, and the gradual decrease of the phenomena's intensity from GI to GII, until the reestablishment of the dimensional normality in GIII.

Key Words: Tooth movement; Periodontal ligament.

Lista de Figuras

Número	Legenda	Página
Figura 1	Aparelho indutor de movimentação dentária.	40
Figura 2	Traçado de orientação e regiões do ligamento periodontal avaliadas: Distovestibular Apical (DAp), Distovestibular Média (DMd) e Distovestibular Cervical (DCe), Mesiovestibular Apical (MAp), Mesiovestibular Média (MMd) e Mesiovestibular Cervical (MCE).	41
Figura 3	Médias das dimensões do ligamento periodontal nas raízes Mesiovestibular e Distovestibular do GI e Grupo Controle.	42
Figura 4	Médias das dimensões do ligamento periodontal nas raízes Mesiovestibular e Distovestibular do GII e Grupo Controle.	43
Figura 5	Médias das dimensões do ligamento periodontal nas raízes Mesiovestibular e Distovestibular do GIII e Grupo Controle.	44
Figura 6	Médias das dimensões do ligamento periodontal nas três regiões, Apical, Média e Cervical da raiz Mesiovestibular do GI ou GII ou GIII.	45
Figura 7	Médias das dimensões do ligamento periodontal nas três regiões, Apical, Média e Cervical da raiz Distovestibular do GI ou GII ou GIII.	46
Figura 8	Médias das dimensões do ligamento periodontal em cada região da raiz Mesiovestibular, Apical ou Média ou Cervical, dos GI, GII e GIII.	47
Figura 9	Médias das dimensões do ligamento periodontal em cada região da raiz Distovestibular, Apical ou Média ou Cervical, dos GI, GII e GIII.	48

Lista de Tabelas

Número	Legenda	Página
Tabela 1	Médias das diferenças, valores de t (erro sistemático), níveis de probabilidade de significância (P) e índices de Dahlberg (erro casual) obtidos no GI.	49
Tabela 2	Médias das diferenças, valores de t (erro sistemático), níveis de probabilidade de significância (P) e índices de Dahlberg (erro casual) obtidos no GIII.	50
Tabela 3	Médias e desvios-padrão das espessuras do ligamento periodontal das raízes Mesiovestibular (M) e Distovestibular (D), dos dentes movimentados (m) e controle (c) do GI (7 dias), nas regiões Apical (Ap), Média (Md) e Cervical (Ce), níveis de probabilidade e significância (P).	51
Tabela 4	Médias e desvios-padrão das espessuras do ligamento periodontal das raízes Mesiovestibular (M) e Distovestibular (D), dos dentes movimentados (m) e controle (c) do GII (14 dias), nas regiões Apical (Ap), Média (Md) e Cervical (Ce), níveis de probabilidade e significância (P).	52
Tabela 5	Médias e desvios-padrão das espessuras do ligamento periodontal das raízes Mesiovestibular (M) e Distovestibular (D), dos dentes movimentados (m) e controle (c) do GIII (21 dias), nas regiões Apical (Ap), Média (Md) e Cervical (Ce), níveis de probabilidade e significância (P).	53
Tabela 6	Significância da comparação entre as médias das espessuras do ligamento periodontal nas regiões Apical (Ap), Média (Md) e Cervical (Ce) da raiz Mesiovestibular (M), dos dentes movimentados (m), para o GI ou GII ou GIII.	54
Tabela 7	Significância da comparação entre as médias das espessuras do ligamento periodontal nas regiões Apical (Ap), Média (Md) e Cervical (Ce) da raiz Distovestibular (M), dos dentes movimentados (m), para o GI ou GII ou GIII.	55
Tabela 8	Significância da comparação entre as médias das espessuras do ligamento periodontal de cada região, Apical (Ap) ou Média (Md) ou Cervical (Ce) da raiz Mesiovestibular (M), dos dentes movimentados (m), para os GI, GII e GIII.	56

Tabela 9	Significância da comparação entre as médias das espessuras do ligamento periodontal de cada região, Apical (Ap) ou Média (Md) ou Cervical (Ce) da raiz Distovestibular (D), dos dentes movimentados (m), para os GI, GII e GIII.	57
----------	--	----

Lista de Abreviaturas

ANOVA - Análise de Variância.

cN - Centinewton: equivalente à centésima parte do Newton.

g - Grama: unidade de medida de massa.

GI - Grupo I: 7 dias de MDI.

GII - Grupo II: 14 dias de MDI.

GIII - Grupo III: 21 dias de MDI.

LPD - Ligamento Periodontal.

ml - Mililitro: equivalente à milésima parte do litro.

mm - Milímetro: equivalente à milésima parte do metro.

MDI - Movimentação Dentária Induzida.

N - Newton: unidade de medida de força.

µm - Micrometro: equivalente à milionésima parte do metro.

Sumário

	Página
1 INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA	25
2 PROPOSIÇÃO	25
3 MATERIAL E MÉTODO	26
Seleção e Distribuição da Amostra	26
Instalação e Ativação dos Aparelhos para MDI	26
Eutanásia e Preparo dos Espécimes	27
Digitalização das Lâminas Histológicas	27
Traçado de Orientação	27
Medidas Avaliadas	28
Análise Estatística	28
Erro do Método	29
4 RESULTADOS	30
5 DISCUSSÃO	31
6 CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS	37
ANEXOS	58

Manuscrito para publicação

De acordo com as normas do *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* (Anexo B).

TÍTULO:

Avaliação histométrica das áreas de tração e compressão do periodonto dos primeiros molares de ratos submetidos à movimentação dentária induzida.

AUTORES:

Rodrigo Castellazzi Sella – Doutorando em Ortodontia pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP.

– Professor Assistente do Departamento de Anatomia, Disciplina de Anatomia Humana, da Universidade Estadual de Londrina – UEL.

Osmar Aparecido Cuoghi – Professor Assistente Doutor do Departamento de Odontologia Infantil e Social, Disciplina de Ortodontia Preventiva, da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Osmar Aparecido Cuoghi (Disciplina de Ortodontia)

Faculdade de Odontologia de Araçatuba - UNESP

Rua José Bonifácio, 1193

Caixa Postal 341

CEP – 16015-050

Araçatuba – São Paulo

e-mail: osmar@foa.unesp.br

Telefone: 018-36363236

RESUMO

Introdução: O propósito desta pesquisa foi avaliar a espessura do ligamento periodontal (LPD) dos molares de ratos submetidos à movimentação dentária induzida.

Método: Utilizou-se 30 ratos *Wistar* divididos em três grupos, GI, GII e GIII, compostos por 10 animais cada e submetidos à eutanásia, respectivamente, 7, 14 e 21 dias após o início do experimento. Os valores médios individuais dos grupos experimentais foram comparados com seu respectivo controle. Comparou-se também os valores entre regiões em um mesmo período de tempo, e ainda, entre períodos de tempo diferentes em uma mesma região. **Resultados e Conclusões:** Os grupos GI e GII exibiram a dimensão do LPD diminuída nas regiões Apical da raiz Mesiovestibular e Cervical da raiz Distovestibular e aumentada nas regiões Cervical da raiz Mesiovestibular, Apical da raiz Distovestibular e Média de ambas as raízes. A diminuição e o aumento da dimensão do LPD evidenciada em uma mesma raiz, Mesiovestibular ou Distovestibular, caracterizou o movimento dentário no sentido de inclinação. As três regiões, Apical, Média e Cervical, comparadas entre si em cada período de tempo, bem como os três períodos de tempo, 7, 14 e 21 dias, comparados entre si em cada região, confirmaram o movimento de inclinação em GI e GII, e a diminuição gradual da intensidade dos fenômenos de GI para GII, até o restabelecimento da normalidade dimensional em GIII.

Palavras-chave: Movimentação dentária; Ligamento periodontal.

INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

A histologia é uma área da biologia que proporcionou inúmeros avanços para a ortodontia, pois é uma ciência que estuda a estrutura microscópica de tecidos e órgãos e por isso está intimamente relacionada com o estudo do movimento dentário.¹ Os estudos pioneiros de Sandstedt,² Oppenheim,³ Reitan,⁴⁻⁷ Roberts,⁸⁻¹² Rygh^{13,14} e Davidovitch¹ são clássicos e constituem a base do conhecimento ortodôntico nesta área.

O mediador fisiológico da terapia ortodôntica é o ligamento periodontal (LPD), que se localiza entre osso e dentes.¹ Trata-se de um periósteo modificado,¹⁵ capaz de gerar a reabsorção e a deposição do tecido ósseo.¹ A cinética celular do LPD gerou informações que definiram os eventos de proliferação e diferenciação da reação ortodôntica, fundamental para indução mecânica da osteogênese e da osteoclasia.¹⁶⁻²⁰

O deslocamento dentário é a resposta a uma força indutora de movimentação, e apresenta três elementos, a tensão inicial, a fase de estagnação e o movimento dentário progressivo.⁸ Na primeira semana, a tensão ou estresse inicial ocorre por meio do deslocamento dentário no LPD, resistência óssea e extrusão.¹² A deformação inicial do LPD varia conforme sua espessura, o comprimento da raiz e a saúde periodontal.⁸ O deslocamento inicial do dente acontece em segundos, mas a efetiva compressão do LPD requer de uma a três horas.¹² Um minuto após a aplicação da força continua em um primeiro molar superior murino, nota-se alterações no potencial elétrico do periodonto que geram respostas osteogênicas e osteoclásticas do LPD,¹² ou seja, a aplicação de força inicia uma cascata de eventos celulares no LPD.¹ O tecido ósseo é removido pelos osteoclastos e um novo osso é depositado pelos osteoblastos em conjunto com uma adaptação das estruturas periodontais, mantendo os dentes em seu novo meio.¹⁶⁻²⁰

Embora as alterações histológicas do periodonto associadas com a indução ortodôntica da osteoclasia e da osteogênese¹⁶⁻²⁰ e o fenômeno de flexão óssea¹² estejam difundidos no meio científico, poucas são as informações concernentes ao comportamento histométrico das áreas de compressão e tração do LPD nas diferentes regiões radiculares, em momentos distintos da movimentação dentária, fato que motivou a elaboração desta pesquisa. Assim, o presente estudo se propõe a avaliar a espessura do LPD dos primeiros molares de ratos submetidos à movimentação dentária induzida (MDI).

MATERIAL E MÉTODOS

Seleção e distribuição da Amostra:

Utilizou-se 30 ratos Wistar²¹ (*Rattus norvegicus, albinus*) machos, com peso entre 250 e 350g e com aproximadamente 2,5 a 3 meses de idade, ou seja, adultos. Os animais, provenientes do Biotério da FOA – UNESP foram alimentados com ração triturada e água “*ad libitum*”.

Os modelos experimentais foram divididos em 3 grupos, compostos por 10 animais cada:

Grupo I (GI) – 7 dias de MDI.

Grupo II (GII) – 14 dias de MDI.

Grupo III (GIII) – 21 dias de MDI.

Nos 3 Grupos, os primeiros molares superiores direitos foram submetidos à MDI e os primeiros molares superiores esquerdos foram utilizados como controle.

Instalação e Ativação dos Aparelhos para MDI:

Antes dos procedimentos experimentais, os animais foram mantidos em gaiolas durante 7 dias para ambientação, com ciclo de luz de 12/12 horas e temperatura constante.

Para instalação do dispositivo mecânico, utilizou-se o relaxante muscular Cloridrato de Xilazina – Dopaser (Laboratorios Calier S.A. - Spain) na proporção de 0,03ml/100g de peso corporal e o anestésico Cloridrato de Cetamina – Vetaset (Fort Dodge Animal Health – Fort Dodge, Iowa, USA) na proporção de 0,07ml/100g de peso corporal. Ambas as drogas foram aplicadas por meio de injeção intramuscular.

Nesta pesquisa empregou-se um aparelho indutor de MDI idealizado por Heller e Nanda²² e modificado por Consolaro e Martins-Ortiz²³ (Figura 1).

O dispositivo foi constituído de uma mola de aço inoxidável (HI-TII™ .006X.022” 3M Unitek –USA) com comprimento efetivo de 4mm.²³ Com o objetivo de aumentar a retenção, os fios de amarelo com 0,20mm de diâmetro (Morelli, Sorocaba, SP - Brasil) adaptados aos molares e incisivos foram envolvidos com resina composta quimicamente ativada (Concise – 3M Unitek, Sumaré-SP, Brasil). A quantidade de

ativação da mola foi aferida por meio de compasso de ponta seca até a obtenção de um estiramento de 6mm,²³ o que equivale a 40cN²⁴ de força aplicada. A magnitude de força foi estabelecida previamente por meio de um tensiômetro Dentaurem 28-450g - Germany. Devido a erupção contínua dos incisivos murinos, realizou-se uma avaliação semanal do posicionamento dos fios de amarrilho. Não houve necessidade de readaptação.

Eutanásia e Preparo dos Espécimes:

Após os períodos de 7 (GI), 14 (GII) e 21 dias (GIII), os animais foram submetidos à eutanásia por meio de dose excessiva de anestésico e em seguida decapitados.¹⁶ A hemi-maxila direita integrou o Grupo Experimental, enquanto a hemi-maxila esquerda foi utilizada como Controle.

As peças foram preparadas e incluídas em blocos de parafina para obtenção de cortes seriados de 6µm de espessura dos alvéolos e das raízes Mesiovestibular e Distovestibular.²² As secções foram realizadas no sentido mésiodistal dos primeiros molares superiores, paralelamente ao longo eixo dentário, para análise microscópica na região de furca.²³ Posteriormente, o material foi corado com Hematoxilina e eosina.

Digitalização dos Cortes Histológicos:

Para análise histométrica, a seção mais central de cada dente foi selecionada e capturada por meio de uma câmera digital (AxioCam MRc5, Carl Zeiss MicroImaging, GmbH, Germany) acoplada a um microscópio óptico (Leitz GmbH – Aristoplan, Germany) na objetiva de 4X e por meio de um *software* (Axio Vision 4.5, Carl Zeiss, Germany) instalado em um computador.

Traçado de Orientação:

Após a digitalização dos cortes histológicos, determinou-se um traçado de orientação sobre as raízes para tomada das medidas referentes à dimensão do LPD nas diferentes regiões (Figura 2).

Como metodologia, utilizou-se a proposta de King²⁵ modificada:

Linha 1: Longos eixos das raízes Mesiovestibular e Distovestibular, na imagem da

luz do canal.

Linha 2: Perpendicular ao longo eixo radicular, no ponto mais Apical da raiz dentária, delimitada pelas superfícies dentária e óssea – Modificação do método de King, que preconiza o uso do ponto mais Apical do LPD.

Linha 3: Perpendicular ao longo eixo radicular, no ponto mais Cervical da crista óssea alveolar inter-radicular, delimitada pelas superfícies dentária e óssea

Linha 4: Perpendicular ao longo eixo radicular, no ponto Médio da distância entre as Linhas 2 e 3, delimitada pelas superfícies dentária e óssea

A extensão das Linhas 2, 3 e 4 sobre o LPD foram analisadas histometricamente por meio do *software* ImageLab 2000 (DiracomBio informática Ltda., Vargem Grande do Sul, Brasil), estabelecendo a espessura do LPD na unidade métrica, nos níveis Apical, Médio e Cervical.

Medidas Avaliadas:

A terminologia das medidas lineares indica a raiz em questão, Mesiovestibular (M) ou Distovestibular (D), a região avaliada, Apical (Ap), Média (Md) ou Cervical (Ce), o período de tempo em que o molar murino foi submetido a MDI, 7 dias (GI), 14 dias (GII) e 21 dias (GIII), e ainda, a condição do dente avaliado, movimentado (m) ou controlado (c).

Análise Estatística:

Utilizou-se o *software* SIGMA STAT, Advisory Statiscs for Scientists, version 3.1, SPSS, Chicago, Ill. Os valores médios individuais dos grupos experimentais, GI, GII e GIII, foram comparados com seu respectivo controle por meio do teste de *Mann-Whitney* ($P < 0.05$). A comparação dos valores entre regiões em um mesmo período de tempo, e ainda, em períodos de tempo diferentes em uma mesma região foi realizada por meio da análise de variância (*ANOVA*, *Kruskal-Wallis* - $P < 0.05$). Quando o *ANOVA* detectou diferença estatística, as comparações múltiplas foram determinadas pelo teste de *Tukey*.

Erro do Método:

O erro metodológico foi obtido pela escolha aleatória de uma das raízes de dois grupos. As medidas foram aferidas duas vezes, pelo mesmo operador, em períodos diferentes.²⁶ Esta repetição informou o erro casual pela fórmula de *Dahlberg*: $S_e^2 = \sum d^2 / 2n$, sendo que S_e representa o erro de *Dahlberg*,²⁷ $\sum d^2$ corresponde ao somatório dos quadrados das diferenças entre as primeiras e as segundas medições e $2n$ representa o dobro do número de casos que as medidas foram repetidas. Para o erro sistemático, utilizou-se o teste de *Mann-Whitney*.²⁶

RESULTADOS

As Tabelas 1 e 2 demonstram o erro do método. Os níveis de probabilidade de significância (P) correspondem ao erro sistemático, enquanto os valores obtidos pela fórmula de Dahlberg determinam o erro casual. O método utilizado não exibiu erros sistemático ou casual e proporcionou resultados dentro de parâmetros aceitáveis, sem comprometer a fidelidade das conclusões desta pesquisa.

As Tabelas 3, 4 e 5 referem-se aos GI, GII e GIII, respectivamente, e exibem a comparação entre o grupo experimental e o grupo controle em cada uma das regiões, Apical ou Média ou Cervical das raízes Mesiovestibular ou Distovestibular.

Tanto no GI como no GII, as comparações entre os dentes movimentados e não movimentados demonstraram diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) nas três regiões de ambas as raízes (Tabelas 3 e 4).

Entretanto, as comparações do GIII evidenciaram ausência de diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) entre dentes movimentados e não movimentados, nas três regiões de ambas as raízes (Tabela 5).

As tabelas 6 e 7 apresentam a comparação entre as medidas Apical, Média e Cervical das raízes Mesiovestibular e Distovestibular, respectivamente, do GI ou GII ou GIII.

A região Apical da raiz Mesiovestibular do GI e do GII comportou-se estatisticamente diferente das regiões Média e Cervical ($P < 0,05$), que exibiram valores semelhantes (Tabela 6). A comparação entre as regiões Apical, Média e Cervical do GIII não evidenciou diferença estatisticamente significativa.

A região Cervical da raiz Distovestibular do GI e do GII comportou-se estatisticamente diferente das regiões Apical e Média ($P < 0,05$), que se mostraram estatisticamente semelhantes (Tabela 7). A comparação entre as regiões Apical, Média e Cervical do GIII não comprovou diferença estatisticamente significativa.

As tabelas 8 e 9 exibem a comparação entre os GI, GII e GIII, de cada distância, Apical ou Média ou Cervical na raiz Mesiovestibular e Distovestibular, respectivamente. Somente ocorreu diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) entre os períodos de 7 e 21 dias, em todas as regiões, Apical, Média e Cervical, em ambas as raízes, Mesiovestibular e Distovestibular.

DISCUSSÃO

A movimentação dentária pode ser obtida fisiologicamente ou de modo induzido e as pesquisas envolvendo o assunto relataram opiniões concordes quanto aos resultados biológicos.^{4,6,7,9,10,11,13,14,16-20} O início das alterações biológicas acontece por meio de estímulos desencadeados pelo deslocamento radicular no espaço do LPD estabelecendo áreas de tração e compressão.⁸ Roberts¹² relatou o deslocamento máximo do primeiro molar de ratos no espaço do LPD após aproximadamente três horas de indução da movimentação. Subseqüentemente, este estímulo desencadeia uma série de eventos envolvendo diferenciação e proliferação celular que resultam em reabsorção e neoformação óssea.^{1,16-20}

A utilização do rato como modelo experimental ao longo dos anos permitiu a solução de problemas como a carência de resultados conclusivos envolvendo pesquisas clínicas em seres humanos.²¹ Os molares murinos exibem desenvolvimento limitado,²³ de forma que os eventos biológicos envolvidos com a MDI são muito semelhantes aos dos seres humanos, mas ocorrem em um período menor de tempo devido ao metabolismo acelerado do animal.²¹

A força empregada para MDI proporciona alterações no LPD, refletindo o início do movimento dentário.⁶ Nos trabalhos de pesquisa, esta força varia de 10g^{28,29} ou ainda, de 30 a 60g.^{20,30,31} King et al.²⁴ demonstraram que não existe diferença significativa na quantidade de MDI entre a utilização de 40 e 60g e concluíram que os dispositivos ortodônticos podem ser sobrecarregados sem aumentar a quantidade MDI. Brudvik e Rygh³⁰ associam este resultado à presença de áreas hialinas que retardam a remodelação óssea. Assim, optou-se pela utilização de uma força de 40cN neste experimento.

Isaacson et al.³² salientaram que a unidade “Grama (g)” refere-se à massa e é inadequada para expressar o nível de força, que requer o uso da unidade “Newton (N)”. Os fatores de conversão são: 1N = 101.937g ou 1g = 0,00981N. Considerando que centi (c) constitui um anteposto a uma unidade de medida e forma o nome de uma unidade derivada 100 vezes menor que a primeira, pode-se concluir que 1g = 0,981cN, ou que 1g corresponde a aproximadamente 1cN.

Ashizawa e Sahara³³ explicaram que no estágio inicial da MDI, a magnitude da força inicial pode não afetar a formação óssea no lado de tração, mas pode influenciar na condição do LPD no lado de compressão.

As mensurações do espaço do LPD dos dentes submetidos à MDI (GI, GII e GIII) menores que o Grupo Controle foram interpretadas como uma situação de compressão do LPD, enquanto os valores maiores indicaram uma condição de tração do LPD.

Neste estudo, a largura do LPD de aproximadamente 0,13mm observada nas regiões Apicais, Médias e Cervicais dos molares murinos não submetidos à MDI, mostrou-se semelhante aos resultados observados na literatura.³⁴

A comparação entre os valores lineares do GI e do Grupo Controle demonstrou a ocorrência de diferença estatisticamente significativa nas três regiões radiculares das duas raízes (Figura 3). As regiões Apical da raiz Mesiovestibular e Cervical da raiz Distovestibular exibiram valores menores que o Grupo Controle, e provavelmente sofreram o fenômeno de compressão das fibras do LPD. Por outro lado, as regiões Cervical da raiz Mesiovestibular, Apical da raiz Distovestibular e Média de ambas as raízes apresentaram medidas maiores que o Grupo Controle e podem estar relacionadas com alterações do LPD no sentido de tração. Cabe salientar que a alteração dimensional do LPD não reflete a quantidade de movimentação dentária, destacada por Baumrind³⁵ como dez vezes maior que a alteração da largura do LPD.

Estas alterações dimensionais do LPD relacionam-se à resposta biológica após a aplicação de forças mecânicas e demonstram claramente que a utilização da metodologia idealizada por Heller e Nanda²² proporcionou o movimento dentário de inclinação, descrito anteriormente por Talic et al.,³⁶ pois em uma mesma raiz, seja ela Mesiovestibular ou Distovestibular, pode-se observar dois fenômenos completamente distintos e contrários entre si.

Após 14 dias de experimento, a diferença estatisticamente significativa do GII em relação ao Grupo Controle continuou ocorrendo nas três regiões radiculares das duas raízes (Figura 4). As alterações dimensionais no GII mantiveram o mesmo sentido daquelas obtidas no GI. Entretanto, a magnitude das modificações no GII foi menor em relação ao GI, ou seja, a provável ocorrência de tração e compressão do LPD foi mais marcante aos 7 dias de MDI, fato concordante com as investigações anteriores que explicam a ocorrência de remodelação tecidual por meio de reabsorção óssea alveolar

nas regiões de compressão e deposição de tecido ósseo nas porções que sofreram estiramento das fibras ligamentares, ou seja, nas áreas de tração.^{13,16-20}

A comparação dos valores do GIII com o Grupo Controle evidenciou a inexistência de diferença estatisticamente significativa nas três regiões das duas raízes (Figura 5). A equivalência entre os valores demonstra o total restabelecimento da normalidade dimensional do LPD 21 dias após a provável ocorrência de compressão de suas fibras na região Apical da raiz Mesiovestibular e Cervical da raiz Distovestibular e tração das fibras ligamentares nas áreas Médias das duas raízes, Cervical da raiz Mesiovestibular e Apical da raiz Distovestibular. Esta diminuição da intensidade dos fenômenos para um nível estatisticamente não diferente em relação ao Grupo Controle corrobora com a literatura, que denota o periodonto de sustentação como o local das modificações ocasionadas pela MDI, sendo o responsável pela distribuição e dissipação do estresse mecânico.^{1,15}

A comparação dos Grupos experimentais de dentes movimentados com o Grupo Controle de dentes não movimentados em três períodos de tempo distintos sugeriu a ocorrência de remodelação óssea alveolar e ofereceu condições ideais para observação das alterações morfológicas do LPD.²⁸

As seguintes análises comparativas consideraram apenas dentes movimentados. Inicialmente, comparou-se os valores das dimensões do LPD nas três regiões diferentes, Apical, Média e Cervical, de uma mesma raiz, Mesiovestibular ou Distovestibular, de forma individual no GI ou GII ou GIII.

A raiz Mesiovestibular exibiu diferença estatisticamente significativa da dimensão do LPD na região Apical em relação às porções Média e Cervical aos 7 e aos 14 dias de experimento (Figura 6). Em contrapartida, as regiões Média e Cervical não exibiram diferença significativa. Os dados do GI e GII comprovaram que a região Apical da raiz Mesiovestibular foi submetida a um fenômeno diferente do ocorrido nas regiões Média e Cervical³⁶ e que a magnitude das modificações no GI foram maiores em relação ao GII. A comparação entre os valores obtidos nas regiões Apical, Média e Cervical da raiz Mesiovestibular do GIII demonstrou equivalência estatística, sugerindo que nas três regiões, independente do fenômeno ocorrido, houve o restabelecimento dimensional do LPD, indicativo de remodelação óssea^{13,16-20} após 21 dias de MDI.

A comparação entre os valores obtidos nas três distintas regiões da raiz Distovestibular do GI e GII evidenciaram diferença significativa da região Cervical em relação à porção Média e Apical (Figura 7). Em contrapartida, a análise comparativa entre as regiões Apical e Média demonstrou ausência de diferença significativa. Os dados do GI e GII comprovaram que a região Cervical da raiz Distovestibular foi submetida a um fenômeno diferente do ocorrido nas regiões Apical e Média e permitem afirmar que, assim como na raiz Mesiovestibular, a magnitude das modificações no GI foram maiores em relação ao GII. As três regiões da raiz Distovestibular do GIII, quando comparadas entre si, mostraram que não houve diferenças estatisticamente significativas. O LPD constitui o mediador fisiológico da terapia ortodôntica, mantenedor do posicionamento dentário por meio da distribuição das forças fisiológicas e induzidas.^{1,15} Neste sentido, os dados histométricos do GIII indicaram o provável restabelecimento da normalidade dimensional nos três níveis avaliados após 21 dias de experimento e comprovaram a atuação do LPD na manutenção da homeostase periodontal.

Provavelmente as regiões Apical da raiz Mesiovestibular e Cervical da raiz Distovestibular sofreram o fenômeno de compressão das fibras do LPD. Por outro lado, as regiões Cervical da raiz Mesiovestibular, Apical da raiz Distovestibular e Média de ambas as raízes, podem estar relacionadas com alterações do LPD no sentido de tração (Figuras 6 e 7).

Houve também a preocupação em avaliar as alterações de cada região, Apical ou Média ou Cervical da raiz Mesiovestibular (Figura 8) e da raiz Distovestibular (Figura 9), de modo individual, nos três períodos de tempo, GI, GII e GIII. Estas comparações permitiram o aceite de igualdade entre os valores do GI e GII e também entre o GII e GIII. Destaca-se a presença de diferença significativa para a comparação entre o GI e GIII.

A literatura explica que a hialinização nas zonas de compressão surge em diferentes momentos, conforme a intensidade da força aplicada.⁶ Existem relatos de seu aparecimento de três a seis horas após a aplicação da força,¹⁸ ou ainda, com um dia de movimento dentário,³⁰ entretanto, salienta-se a remoção gradativa deste tecido hialinizado^{13,14} a partir do sétimo dia de experimento.³⁴ Cuoghi³⁷ salientou que nos primeiros momentos da MDI, não ocorre alterações na morfologia microscópica do osso

alveolar. A MDI nos momentos iniciais provavelmente se estabelece às custas do deslocamento dentário no LPD e da flexão óssea.

As Figuras 8 e 9 sugerem que as possíveis áreas hialinas presentes no GI, provavelmente encontravam-se em processo de recuperação no GII e foram praticamente eliminadas no GIII. Embora o LPD de uma mesma raiz tenha exibido alterações dimensionais em sentidos diferentes, o retorno gradual à homeostase dos valores lineares aconteceu em todas as áreas analisadas de ambas as raízes, independente do aumento ou da diminuição da dimensão do LPD. Não se descarta a hipótese de áreas hialinas nas áreas de tração.

O movimento dentário consiste na aplicação de forças sobre os dentes baseada em princípios biomecânicos.¹ A razão de se investigar os fenômenos biológicos é derivada do desejo de ampliar o conhecimento destes eventos, para determinar se a conduta clínica ortodôntica é efetiva e não prejudicial. Além disso, este objetivo é derivado de uma indagação perpétua em melhorar o protocolo clínico, geradora do conhecimento de princípios e alterações biológicas em níveis teciduais, celulares e moleculares.⁸

Todo conhecimento relacionado com a MDI desenvolvido inicialmente,¹⁻¹⁴ em conjunto com as informações geradas por meio da análise de alterações qualitativas no LPD,^{4,6,7,9,10,11,13,14,16-20} somados aos resultados de pesquisas histométricas, colaboram com a contínua evolução desta linha de pesquisa.

CONCLUSÕES

Após 7 dias de MDI, a dimensão do LPD apresentou-se diminuída nas regiões Apical da raiz Mesiovestibular e Cervical da raiz Distovestibular e aumentada nas regiões Cervical da raiz Mesiovestibular, Apical da raiz Distovestibular e Média de ambas as raízes.

A diminuição e o aumento da dimensão do LPD evidenciada em uma mesma raiz, Mesiovestibular ou Distovestibular, caracterizou o movimento dentário no sentido de inclinação.

As alterações dimensionais do LPD amenizaram-se após 14 dias de MDI e retornaram aos valores normais apresentados pelo Grupo Controle depois de 21 dias.

As regiões Apical, Média e Cervical comparadas entre si em ambas as raízes, confirmaram o movimento de inclinação aos 7 e aos 14 dias de experimento.

A avaliação individual de cada região, Apical ou Média ou Cervical nos 3 períodos de tempo, reiterou o restabelecimento gradativo da dimensões do LPD nas duas raízes, Mesiovestibular e Distovestibular.

REFERÊNCIAS

1. Davidovitch Z. Tooth movement. *Critic Rev Oral Biol Med* 1991;2:411-50.
 2. Sandstedt C. Einige beitrage zur theorie der Zahn regulierung. *Nord. Taml. Tidsskr* 1904;4:236-42.
 3. Oppenheim A. Tissue changes, particularly of the bone, incident to tooth movement. *Trans Eur Orthod Soc* 1911;3:57-67.
 4. Reitan K. Continuous bodily tooth movement and its histological significance. *Acta Odontol Scand* 1947;7:115-44.
 5. Reitan K. Behavior of Malassez epithelial rests during orthodontic tooth movement. *Acta Odontol Scand* 1961;19:443-63.
 6. Reitan K. Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. *Angle Orthod* 1964;34:244-55.
 7. Reitan K, Kvam E. Comparative behavior of human and experimental animal tissue during experimental tooth movement. *Angle Orthod* 1971;41:1-14.
 8. Roberts WE. Fisiologia do osso, metabolismo e biomecânica na prática ortodôntica. In: Graber TM, Vanarsdall Jr RL. *Ortodontia: princípios e técnicas atuais*. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002. p.169-227.
 9. Roberts WE, Jee WSS. Cell kinetics of orthodontically-stimulated and non-stimulated periodontal ligament in the rat. *Arch Oral Biol* 1974;19:17-21.
 10. Roberts WE, Goodwin Jr WC, Heiner, SR. Cellular response to orthodontic force. *Dent Clin N Am* 1981;25:3-17.
 11. Roberts WE, Chase DC. Kinetics of cell proliferation and migration associated with orthodontically-induced osteogenesis. *J Dent Res* 1981;60:174-81.
 12. Roberts EW, Garetto LP, Katona TR. Principles of orthodontic biomechanics: metabolic and mechanical control mechanisms. In: Carlson DS, Goldstein SA. *Bone biodynamics in orthodontic and orthopedic treatment*. Ann Arbor: The University of Michigan; 1992 p.189-255.
 13. Rygh P. Ultrastructural changes in tension zones of rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement. *Am J Orthod* 1976;70:269-81.
 14. Rygh P, Bowling K, Hovlandsdal L, Williams S. Activation of vascular system: A main mediator of periodontal fiber remodeling in orthodontic tooth movement. *Am J Orthod* 1986;89:453-68.
-

-
15. Cho MI, Garant PR. Development and general structure of the periodontium. *Periodontol* 2000 2000;24:9-27.
 16. Smith RK, Roberts WE. Cell kinetics of the initial response to orthodontically induced osteogenesis in rat molar periodontal ligament. *Calcif Tissue Int* 1980;30:1-6.
 17. Tran Van P, Vignery A, Baron R. Cellular kinetics of the bone remodelling sequence in the rat. *Anat Rec* 1982;202:445-51.
 18. Macapanpan LC, Weinmann JP, Brodie AG. Early tissue changes following tooth movement in rats. *Angle Orthod* 1954;24:79-95.
 19. Otero RL, Parodi RJ, Ubios AM, Carranza Jr FA, Cabrini RL. Histologic and histometric study of bone resorption after tooth movement in rats. *J Period Res* 1973;8:327-33.
 20. Tsay TP, Chen MH, Oyen OJ. Osteoclast activation and recruitment after application of orthodontic force. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1999;115:323-30.
 21. Ren Y, Maltha JC, Kuipers-Jagtman AM. The rat as a model for orthodontic tooth movement – a critical review and proposed solution. *Eur J Orthod* 2004;26:483-490.
 22. Heller IJ, Nanda R. Effect of metabolic alteration of periodontal fibers on orthodontic tooth movement. An experimental study. *Am J Orthod* 1979;75:239-58.
 23. Consolaro A, Martins-Ortiz MF. Um modelo experimental de movimentação dentária induzida e das reabsorções dentárias associadas. In: Consolaro A. *Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas*. 2.ed. Maringá: Dental Press; 2005. p. 493-521.
 24. King GJ, Keeling SD, McCoy EA, Ward TH. Measuring dental drift and orthodontic tooth movement in response to various initial forces in adult rats. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1991;99:456-65.
 25. King GJ, Keeling SD, Wronski TJ. Histomorphologic and chemical study of alveolar bone turnover in response to orthodontic tipping. In: Carlson DS, Goldstein SA. *Bone biodynamics in orthodontic and orthopedic treatment*. Ann Arbor: The University of Michigan; 1992 p.281-97.
 26. Houston WJB. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod* 1983;83:382-90.
 27. Dahlberg G. *Statistical methods for medical and biological students*. London: George Allen and Unwin Ltd; 1940.
-

-
28. Kyomen S, Tanne K. Influences of aging changes in proliferative rat of PDL cells during experimental tooth movement in rats. *Angle Orthod* 1997;67:67-72.
 29. Pavlin D, Dove SB, Zadro R, Gluhak-Heinrich J. Mechanical loading stimulates differentiation of periodontal osteoblasts in a mouse osteoinduction model: effect on typy I collagen and alkaline phosphatase genes. *Calcif Tissue Int* 2000;67:163-72.
 30. Brudvik P, Rygh P. Non-clast cells start orthodontic root resorption in the periphery of hyalinized zones. *Europ J Orthod* 1993;15:467-80.
 31. Williams S. A histomorphometric study of orthodontically induced root resorption. *Eur J. Orthod* 1984;6:35-47.
 32. Isaacson RJ, Lindauer SJ, Davidovitch M. The ground rules for arch wire design. *Seminars in Orthod* 1995;1:3-11.
 33. Ashizawa Y, Sahara N. Quantitative evaluation of newly formed bone in the alveolar wall surrounding the root during the initial stage of experimental tooth movement in the rat. *Arch Oral Biol* 1998;43:473-84.
 34. Tengku BS, Joseph BK, Harbrow D, Taverne AAR, Symons AL. Effect of a static magnetic field on orthodontic tooth movement in the rat. *Eur J. Orthod* 2000;22:475-87.
 35. Baumrind S. A reconsideration of the propriety of the prossure-tension hypothesis. *Am J Orthod* 1969;55:12-22.
 36. Talic NF, Evans CA, Daniel JC, Zaki AEM. Proliferation of epithelial rests of Malassez during experimental tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003;123:527-33.
 37. Cuoghi OA. Avaliação macro e microscópica dos primeiros momentos da movimentação dentária induzida em macacos da espécie cebus apella [tese]. Bauru: Universidade de São Paulo; 1996.
-

Figura 1 – Aparelho indutor de movimentação dentária.



Figura 2 – Traçado de orientação e regiões do ligamento periodontal avaliadas: Distovestibular Apical (DAp), Distovestibular Média (DMd) e Distovestibular Cervical (DCe), Mesiovestibular Apical (MAp), Mesiovestibular Média (MMd) e Mesiovestibular Cervical (MCe).

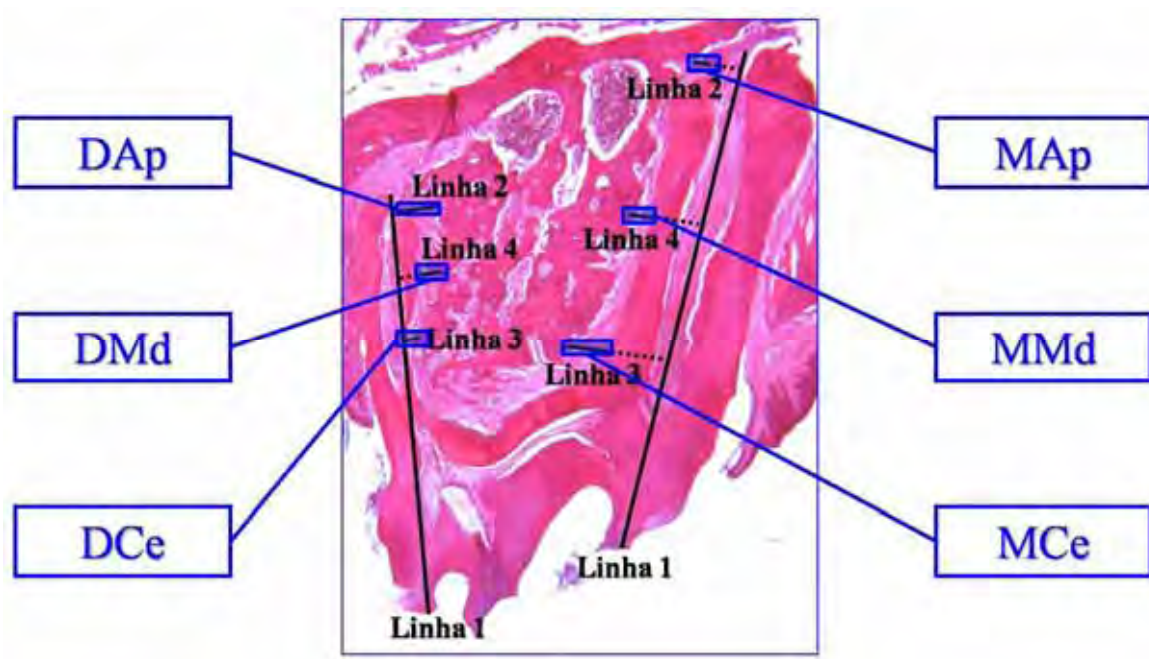


Figura 3 – Médias das dimensões do ligamento periodontal nas raízes Mesiovestibular e Distovestibular do GI e Grupo Controle.

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

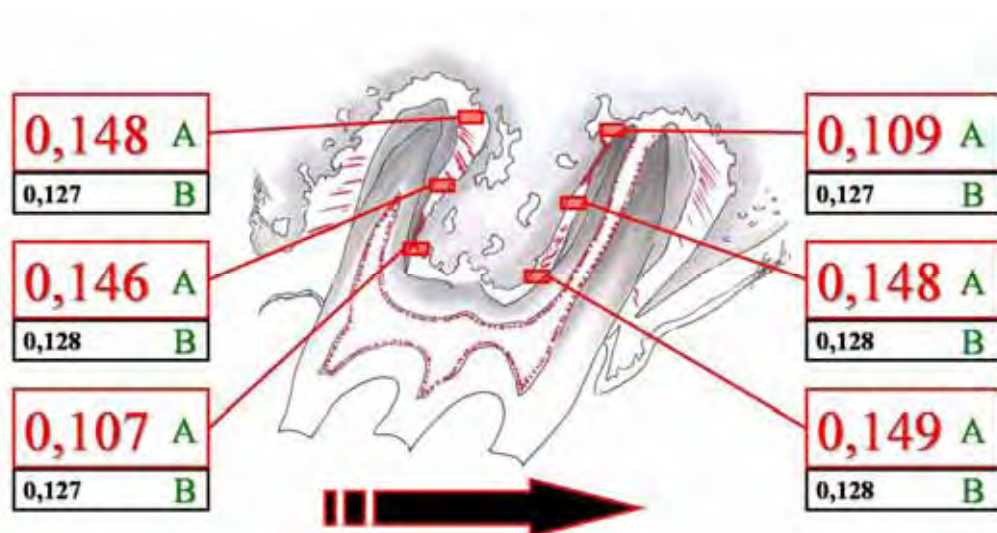


Figura 4 – Médias das dimensões do ligamento periodontal nas raízes Mesiovestibular e Distovestibular do GII e Grupo Controle.

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

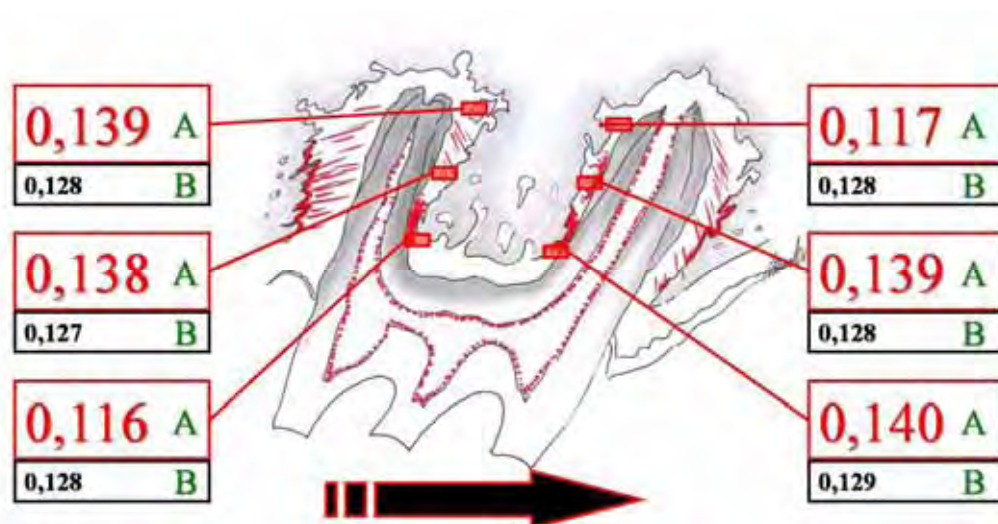


Figura 5 – Médias das dimensões do ligamento periodontal nas raízes Mesiovestibular e Distovestibular do GIII e Grupo Controle.

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

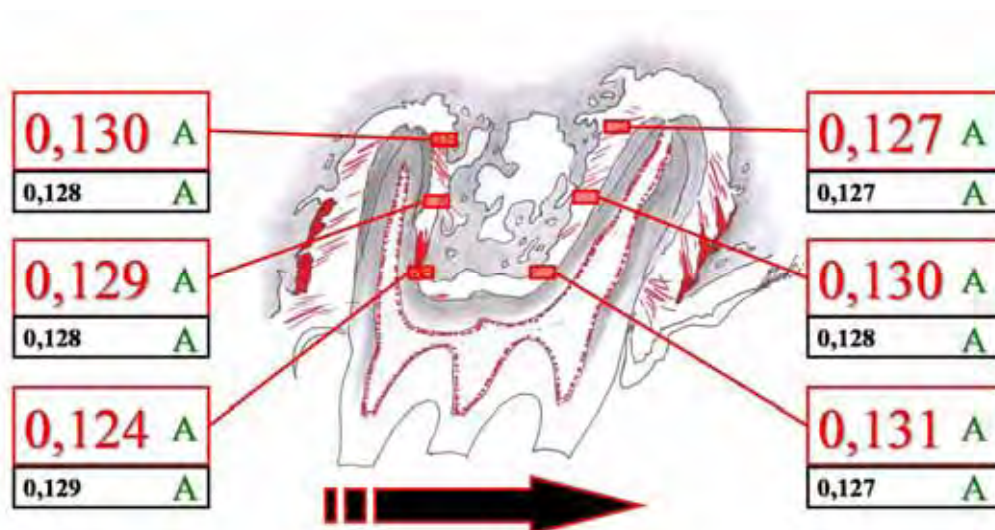


Figura 6 – Médias das dimensões do ligamento periodontal nas três regiões, Apical, Média e Cervical da raiz Mesiovestibular do GI ou GII ou GIII.

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

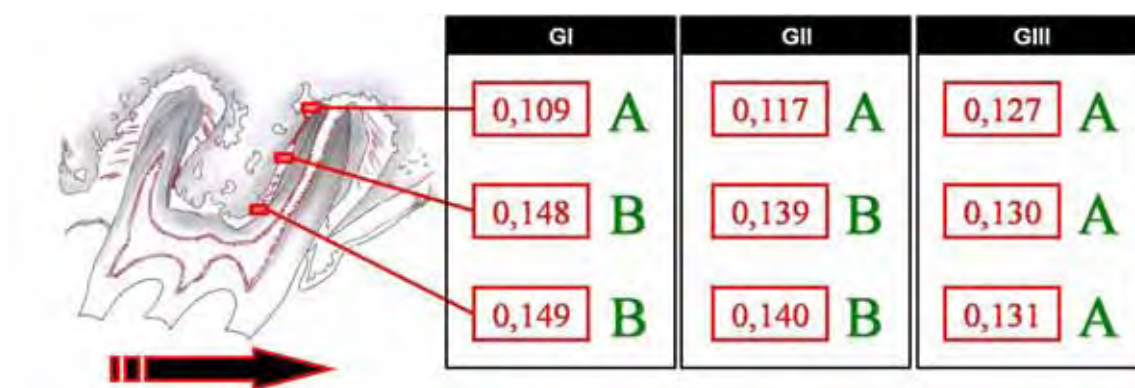


Figura 7 – Médias das dimensões do ligamento periodontal nas três regiões, Apical, Média e Cervical da raiz Distovestibular do GI ou GII ou GIII.

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

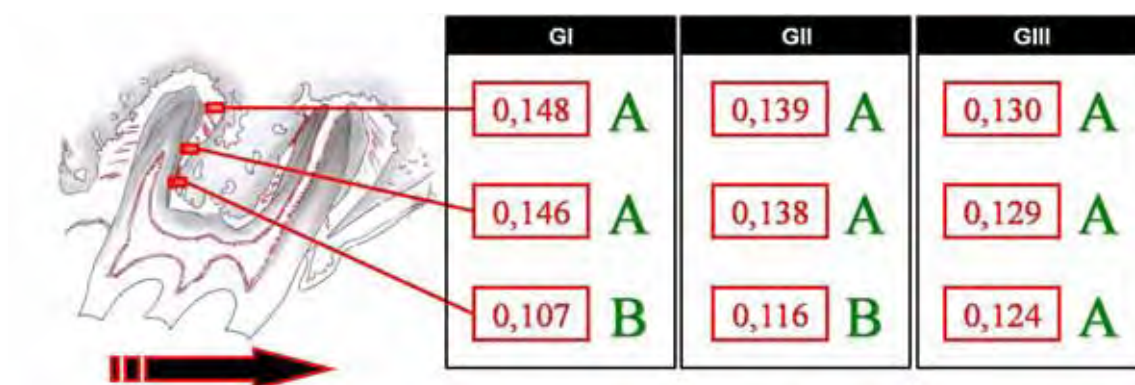


Figura 8 – Médias das dimensões do ligamento periodontal em cada região da raiz Mesiovestibular, Apical ou Média ou Cervical, dos GI, GII e GIII.

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

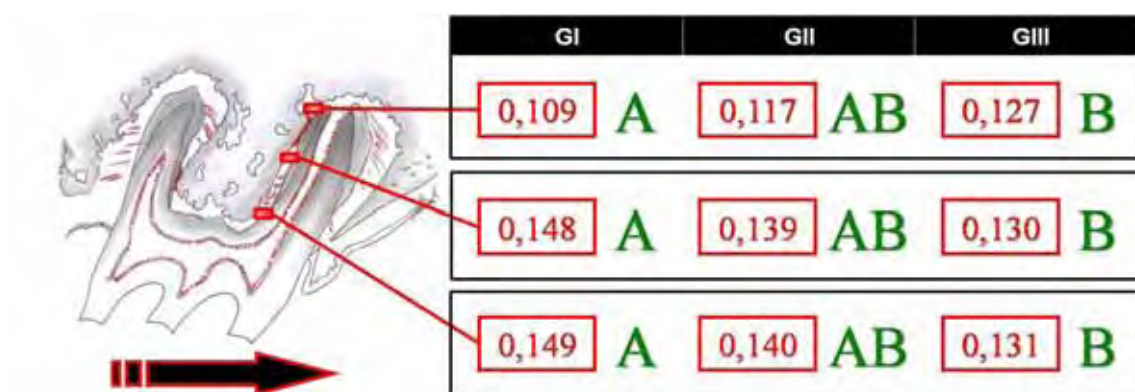


Figura 9 – Médias das dimensões do ligamento periodontal em cada região da raiz Distovestibular, Apical ou Média ou Cervical, dos GI, GII e GIII.

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

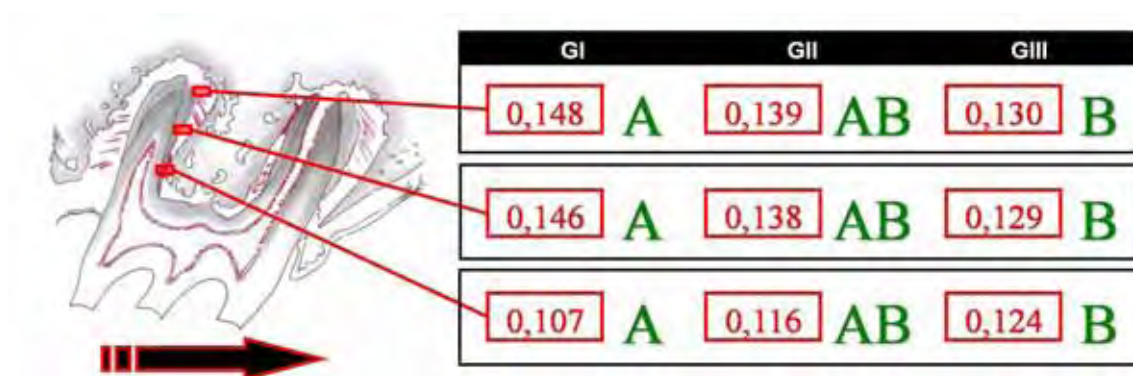


Tabela 1 - Médias das diferenças, valores de t (erro sistemático), níveis de probabilidade de significância (P) e índices de Dahlberg (erro casual) obtidos no GI.

REGIÃO / TEMPO	MÉDIA DA DIFERENÇA	t	P	DAHLBERG
DAp7m	0,001	0,277	0,785	0,003872983
DMd7m	0,002	0,577	0,571	0,003162278
DCe7m	-0,003	-1,152	0,264	0,003872983
DAp7c	0,003	0,878	0,391	0,003872983
DMd7c	0,001	0,342	0,736	0,003872983
DCe7c	0,002	0,647	0,526	0,003162278

Tabela 2 - Médias das diferenças, valores de t (erro sistemático), níveis de probabilidade de significância (P) e índices de Dahlberg (erro casual) obtidos no GIII.

REGIÃO / TEMPO	MÉDIA DA DIFERENÇA	t	P	DAHLBERG
MAp21m	0,000	0,000	1,000	0,004472136
MMd21m	-0,001	-0,361	0,722	0,003872983
MCe21m	-0,0002	-0,0974	0,923	0,003193744
MAp21c	0,001	0,372	0,714	0,003872983
MMd21c	0,003	1,152	0,264	0,003872983
MCe21c	-0,001	-0,277	0,785	0,003872983

Tabela 3 – Médias e desvios-padrão das espessuras do ligamento periodontal das raízes Mesiovestibular (M) e Distovestibular (D), dos dentes movimentados (m) e controle (c) do GI (7 dias), nas regiões Apical (Ap), Média (Md) e Cervical (Ce), níveis de probabilidade e significância (P).

LIGAMENTO PERIODONTAL RAIZ MESIOVESTIBULAR				LIGAMENTO PERIODONTAL RAIZ DISTOVESTIBULAR			
Região / Tempo	Média	Desvio- Padrão	P	Região / Tempo	Média	Desvio- Padrão	P
MAp7m	0,109 (A)	0,00316	<0,001*	DAP7m	0,148 (A)	0,00789	<0,001*
MAp7c	0,127 (B)	0,00675		DAP7c	0,127 (B)	0,00675	
MMd7m	0,148 (A)	0,00789	<0,001*	DMd7m	0,146 (A)	0,00699	<0,001*
MMd7c	0,128 (B)	0,00632		DMd7c	0,128 (B)	0,00632	
MCe7m	0,149 (A)	0,00994	<0,001*	DCe7m	0,107 (A)	0,00483	<0,001*
MCe7c	0,128 (B)	0,00632		DCe7c	0,127 (B)	0,00675	

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

Tabela 4 – Médias e desvios-padrão das espessuras do ligamento periodontal das raízes Mesiovestibular (M) e Distovestibular (D), dos dentes movimentados (m) e controle (c) do GII (14 dias), nas regiões Apical (Ap), Média (Md) e Cervical (Ce), níveis de probabilidade e significância (P).

LIGAMENTO PERIODONTAL RAIZ MESIOVESTIBULAR				LIGAMENTO PERIODONTAL RAIZ DISTOVESTIBULAR			
Região / Tempo	Média	Desvio- Padrão	P	Região / Tempo	Média	Desvio- Padrão	P
MAp14m	0,117 (A)	0,00483	<0,001*	DAP14m	0,139 (A)	0,00876	0,005*
MAp14c	0,128 (B)	0,00632		DAP14c	0,128 (B)	0,00632	
MMd14m	0,139 (A)	0,00876	0,005*	DMd14m	0,138 (A)	0,00789	0,004*
MMd14c	0,128 (B)	0,00632		DMd14c	0,127 (B)	0,00675	
MCe14m	0,140 (A)	0,00816	0,003*	DCe14m	0,116 (A)	0,00516	<0,001*
MCe14c	0,129 (B)	0,00568		DCe14c	0,128 (B)	0,00632	

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

Tabela 5 – Médias e desvios-padrão das espessuras do ligamento periodontal das raízes Mesiovestibular (M) e Distovestibular (D), dos dentes movimentados (m) e controle (c) do GIII (21 dias), nas regiões Apical (Ap), Média (Md) e Cervical (Ce), níveis de probabilidade e significância (P).

LIGAMENTO PERIODONTAL RAIZ MESIOVESTIBULAR				LIGAMENTO PERIODONTAL RAIZ DISTOVESTIBULAR			
Região / Tempo	Média	Desvio- Padrão	P	Região / Tempo	Média	Desvio- Padrão	P
MAp21m	0,127 (A)	0,00675	1,000	DAp21m	0,130 (A)	0,00667	0,500
MAp21c	0,127 (A)	0,00675		DAp21c	0,128 (A)	0,00632	
MMd21m	0,130 (A)	0,00667	0,500	DMd21m	0,129 (A)	0,00568	0,714
MMd21c	0,128 (A)	0,00632		DMd21c	0,128 (A)	0,00632	
MCe21m	0,131 (A)	0,00568	0,169	DCe21m	0,124 (A)	0,00516	0,054
MCe21c	0,127 (A)	0,00675		DCe21c	0,129 (A)	0,00568	

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

Tabela 6 – Significância da comparação entre as médias das espessuras do ligamento periodontal nas regiões Apical (Ap), Média (Md) e Cervical (Ce) da raiz Mesiovestibular (M), dos dentes movimentados (m), para o GI ou GII ou GIII.

GI		GII		GIII	
Região / Tempo	Média	Regiões / Tempo	Média	Região/ Tempo	Média
MAp7m	0,109 (A)	MAp14m	0,117 (A)	MAp21m	0,127 (A)
MMd7m	0,148 (B)	MMd14m	0,139 (B)	MMd21m	0,130 (A)
MCe7m	0,149 (B)	MCe14m	0,140 (B)	MCe21m	0,131 (A)

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

Tabela 7 – Significância da comparação entre as médias das espessuras do ligamento periodontal nas regiões Apical (Ap), Média (Md) e Cervical (Ce) da raiz Distovestibular (M), dos dentes movimentados (m), para o GI ou GII ou GIII.

GI		GII		GIII	
Região / Tempo	Média	Região / Tempo	Média	Região / Tempo	Média
DAp7m	0,148 (A)	DAp14m	0,139 (A)	DAp21m	0,130 (A)
DMd7m	0,146 (A)	DMd14m	0,138 (A)	DMd21m	0,129 (A)
DCe7m	0,107 (B)	DCe14m	0,116 (B)	DCe21m	0,124 (A)

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

Tabela 8 – Significância da comparação entre as médias das espessuras do ligamento periodontal de cada região, Apical (Ap) ou Média (Md) ou Cervical (Ce) da raiz Mesiovestibular (M), dos dentes movimentados (m), para os GI, GII e GIII.

Ap		Md		Ce	
Região / Tempo	Média	Região / Tempo	Média	Região / Tempo	Média
MAp7m	0,109 (A)	MMd7m	0,148 (A)	MCe7m	0,149 (A)
MAp14m	0,117 (AB)	MMd14m	0,139 (AB)	MCe14m	0,140 (AB)
MAp21m	0,127 (B)	MMd21m	0,130 (B)	MCe21m	0,131 (B)

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

Tabela 9 – Significância da comparação entre as médias das espessuras do ligamento periodontal de cada região, Apical (Ap) ou Média (Md) ou Cervical (Ce) da raiz Distovestibular (D), dos dentes movimentados (m), para os GI, GII e GIII.

Ap		Md		Ce	
Região / Tempo	Média	Região / Tempo	Média	Região / Tempo	Média
DAp7m	0,148 (A)	DMd7m	0,146 (A)	DCe7m	0,107 (A)
DAp14m	0,139 (AB)	DMd14m	0,138 (AB)	DCe14m	0,116 (AB)
DAp21m	0,130 (B)	DMd21m	0,129 (B)	DCe21m	0,124 (B)

* Letras Diferentes: Diferenças estatisticamente significantes - $P < 0,05$

Anexo A – Certificado de aprovação da Comissão de Ética na Experimentação Animal – CEEA.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"
Campus de Araçatuba

COMISSÃO DE ÉTICA NA EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL
(CEEAA)

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto "AVALIAÇÃO HISTOMÉTRICA DAS ÁREAS DE TENSÃO E COMPRESSÃO DO PERIODONTO DOS PRIMEIRO SMOLARES DE RATOS SUBMETIDOS À MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA" sob responsabilidade de OSMAR APARECIDO CUOGHI está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e foi aprovado *AD REFERENDUM* pela CEEA em 04 de julho de 2006, de acordo com o protocolo nº 60/06.

Araçatuba, 04 de julho de 2006.

Prof.^a Ass. Dr.^a Maria Gisela Laranjeira
Presidente

Anexo B – Normas do periódico *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*.



Information for Authors

Electronic manuscript submission and review

The *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* now uses *Editorial Manager*, an online manuscript submission and review system. To submit or review an article, please go to the **AJO-DO** Editorial Manager website: ees.elsevier.com/ajodo.

Send other correspondence to:

Dr David L. Turpin, DDS, MSD, Editor-in-Chief
American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics
University of Washington
Department of Orthodontics, D-569
HSC Box 357446
Seattle, WA 98195-7446
Telephone (206)221-5413
Fax (206)221-5467
E-mail: dlturpin@aol.com

General Information

The *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* publishes original research, reviews, case reports, clinical material, short communications, and other material related to orthodontics and dentofacial orthopedics.

Submitted manuscripts must be original, written in English, and not published or under consideration elsewhere. Manuscripts will be reviewed by the editor and consultants and are subject to editorial revision. Authors should follow the guidelines below.

Statements and opinions expressed in the articles and communications herein are those of the author(s) and not necessarily those of the editor(s) or publisher, and the editor(s) and publisher disclaim any responsibility or liability for such material. Neither the editor(s) nor the publisher guarantees, warrants, or endorses any product or service advertised in this publication; neither do they guarantee any claim made by the manufacturer of any product or service. Each reader must determine whether to act on the information in this publication, and neither the *Journal* nor its sponsoring organizations shall be liable for any injury due to the publication of erroneous information.

Submit Original Articles via the online Editorial Manager: ees.elsevier.com/ajodo . Organize your submission as follows.

1. Title Page. Put all information pertaining to the authors in a separate document. Include the title of the article, full name(s) of the author(s), academic degrees, and institutional affiliations and positions; identify the corresponding author and include an address, telephone and fax numbers, and an e-mail address. This information will not be available to the reviewers.
2. Abstract. Structured abstracts of 200 words or less are preferred. A structured abstract contains the following sections: Introduction, describing the problem; Methods, describing how the study was performed; Results, describing the primary results; and Conclusions, reporting what the authors conclude from the findings and any clinical implications.
3. Manuscript. The manuscript proper should be organized in the following sections: Introduction and literature review, Material and Methods, Results, Discussion, Conclusions, References, and figure captions. Express measurements in metric units whenever practical. Refer to teeth by their full name or their FDI tooth number. For style questions, refer to the *AMA Manual of Style*, 9th edition. Cite references selectively, and number them in the order cited. Make sure that all references have been mentioned in the text. Follow the format for references in "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals" (Ann Intern Med 1997;126:36-47); <http://www.icmje.org> . Include the list of references with the manuscript proper. Submit figures and tables separately (see below); do not embed figures in the word processing document.
4. Figures. Digital images should be in TIF or EPS format, CMYK or grayscale, at least 5 inches wide and at least 300 pixels per inch (118 pixels per cm). Do not embed images in a word processing program. If published, images could be reduced to 1 column width (about 3 inches), so authors should ensure that figures will remain legible at that scale. For best results, avoid screening, shading, and colored backgrounds; use the simplest patterns available to indicate differences in charts. If a figure has been previously published, the legend (included in the manuscript proper) must give full credit to the original source, and written permission from the original publisher must be included. Be sure you have mentioned each figure, in order, in the text.
5. Tables. Tables should be self-explanatory and should supplement, not duplicate, the text. Number them with Roman numerals, in the order they are mentioned in the text. Provide a brief title for each. If a table has been previously published, include a footnote in the table giving full credit to the original source. Submit tables as text-based files (Word or Excel, for example) and not as graphic elements.
6. Model release and permission forms. Photographs of identifiable persons must be accompanied by a release signed by the person or both living parents or the guardian of minors. Illustrations or tables that have appeared in copyrighted material must be accompanied by written permission for their use from the copyright owner and original author, and the legend must properly credit the source. Permission also must be obtained to use modified tables or figures.
7. Copyright release. In accordance with the Copyright Act of 1976, which became effective February 1, 1978, all manuscripts must be accompanied by the following written statement, signed _____ by _____ all _____ authors:
"The undersigned author(s) transfers all copyright ownership of the manuscript [insert title of article here] to the American Association of Orthodontists in the event the work is published. The undersigned author(s) warrants that the article is original, does not infringe upon any copyright or other proprietary right of any third party, is not under consideration by another journal, has not been previously published, and includes any product that may derive from the published journal, whether print or electronic media. I (we) sign for and accept responsibility for releasing this material." Scan the printed copyright release and submit it via the Editorial Manager, or submit it via fax or mail.
8. Conflict of interest statement. Report any commercial association that might pose a conflict of interest, such as ownership, stock holdings, equity interests and consultant activities, or patent-licensing situations. If the manuscript is accepted, the disclosed information will be published with

the article. The usual and customary listing of sources of support and institutional affiliations on the title page is proper and does not imply a conflict of interest. Guest editorials, Letters, 61
Review articles may be rejected if a conflict of interest exists.

Other Articles

Follow the guidelines above, with the following exceptions, and submit via Editorial Manager.

Case Reports will be evaluated for completeness and quality of records, quality of treatment, uniqueness of the case, and quality of the manuscript. A highquality manuscript will include the following sections: introduction; diagnosis; etiology; treatment objectives, alternatives, progress, and results; and discussion. The submitted figures should include extraoral and intraoral photographs and dental models, panoramic radiographs and tracings from both pretreatment and posttreatment, and progress or retention figures as appropriate.

Short Communications should not exceed 2000 words, including the bibliography, and should include a minimal number of figures or tables. Priority will be given to communications relating to primary research data, preferably clinical but also basic. This section permits time-sensitive material to be published within 6 months of submission.

Techno Bytes items report on emerging technological developments and products for use by orthodontists.

Litigation, Legislation, and Ethics items report legal and ethical issues of interest to orthodontists.

Miscellaneous Submissions

Letters to the Editor and Ask Us questions and answers appear in the Readers' Forum section and are encouraged to stimulate healthy discourse concerning the profession. Send letters or questions directly to the editor, via e-mail: dlturpin@aol.com. Submit a signed copyright release with the letter, or fax or mail separately.

Brief, substantiated commentary on subjects of interest to the orthodontic profession is occasionally published as a Guest Editorial or Special Article. Send Guest Editorials or Special Articles directly to the editor, via e-mail: dlturpin@aol.com. Submit a signed copyright release with the editorial, or fax or mail separately.

Books and monographs (domestic and foreign) will be reviewed, depending on their interest and value to subscribers. Send books to the Editor of Reviews and Abstracts, Dr Alex Jacobson, University of Alabama School of Dentistry, 1919 7th Ave S, Box 23, Birmingham, AL 35294. They will not be returned.

Checklist for authors

- ____ Title page, including full name, academic degrees, and institutional affiliation and position of each author, and author to whom correspondence and reprint requests are to be sent, including address, business and home phone numbers, fax numbers, and e-mail address
 - ____ Abstract
 - ____ Article proper, including references and figure legends
 - ____ Figures, in TIF or EPS format
 - ____ Tables
 - ____ Copyright release statement, signed by all authors
 - ____ Photographic consent statement(s)
 - ____ Conflict of interest statement
 - ____ Permissions to reproduce previously published material
-

Anexo C – Termo para liberação dos Direitos Autorais do manuscrito para o periódico *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*.

LIBERAÇÃO DOS DIREITOS AUTORAIS

"Os autores (abaixo-assinados) transferem toda a propriedade protegida por direitos autorais do manuscrito *Avaliação histométrica das áreas de tração e compressão do periodonto dos primeiros molares de ratos submetidos à movimentação dentária induzida* à Associação Americana de Ortodontistas para possível publicação do trabalho. Os autores (abaixo-assinados) garantem que o artigo é original, não infringe qualquer direito autoral ou outro direito de propriedade de qualquer terceiro, não está sob consideração em outro periódico, não foi previamente publicado e inclui produtos que podem derivar do periódico publicado, impressões ou mídias eletrônicas. Nós assinamos para e aceitamos a responsabilidade da liberação deste material."

RODRIGO CASTELLAZZI SELLA

Doutorando em Ortodontia pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP.

OSMAR APARECIDO CUOGHI

Professor Assistente Doutor do Departamento de Odontologia Infantil e Social, Disciplina de Ortodontia Preventiva, da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP.
