

Pedro Marcelo Tondelli

Avaliação histomorfométrica da movimentação  
dentária induzida em ratos com força contínua,  
contínua interrompida e intermitente

Araçatuba – SP

2011

Pedro Marcelo Tondelli

Avaliação histomorfométrica da movimentação  
dentária induzida em ratos com força contínua,  
contínua interrompida e intermitente

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de  
Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio  
de Mesquita Filho” – UNESP, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Doutor em  
Odontologia, área de concentração Ortodontia.

**Orientador:** Prof. Dr. Osmar Aparecido Cuoghi

Araçatuba – SP

2011

# Pedro Marcelo Tondelli

14-07-1973	Nascimento
Jandaia do Sul - PR	
1991-1995	Curso de Odontologia, na Universidade Estadual de Londrina - UEL
1998-2001	Curso de Especialização em Ortodontia e Ortopedia Facial, na Universidade Estadual de Londrina - UEL
2001-2011	Atuação na área de Ortodontia e Ortopedia Facial, em clínica particular, na cidade de Londrina - PR
2006-2007	Curso de Pós-Graduação, em nível de Mestrado em Ortodontia, na Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista - UNESP
2008-2011	Curso de Pós-Graduação, em nível de Doutorado em Ortodontia, na Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista - UNESP
2009-2011	Membro do Conselho de Ética do CRO-PR
Associações	Sociedade Paranaense de Ortodontia

DEDICATÓRIA

*A Deus*

*Por Tua misericórdia que se renova a cada manhã, nos permite caminhar conforme a Tua palavra, na esperança de alcançar a glória eterna. Reconheço a Ti em todos os meus caminhos.*

*À minha esposa Fabiana*

*Com amor, admiração e gratidão por toda sua dedicação, compreensão e companheirismo. Agradeço pelo seu empenho em conduzir nossa casa e nossos negócios, na minha ausência, dando-me condições para a realização deste curso, deste trabalho e deste sonho. Te amo. Que Deus a abençoe!*

*Aos meus pais Pedro e Nilza*

*Que dedicaram suas vidas para que seus filhos tivessem as oportunidades que eles não puderam ter, e ensinaram-me respeito, honra e dignidade, fazendo-me um cidadão melhor a cada dia. Que Deus os abençoe e habite em seus corações para todo o sempre.*

AGRADECIMENTOS

*Ao Prof. Dr. Osmar Aparecido Cuoghi, por compartilhar seu conhecimento e experiência, contribuindo para o meu aprimoramento científico e intelectual. Agradeço pela oportunidade, confiança e por todos os momentos em que estivemos juntos.*

*Ao Prof. Dr. Marcos Rogério de Mendonça, pela amizade e carinho que sempre me tratou, pela orientação em meu mestrado, pelos trabalhos compartilhados, pelos ensinamentos e lições de vida.*

*Ao Prof. Dr. Paulo Eduardo Baggio, pelo seu exemplo pessoal, profissional e dedicação ao ensino da Ortodontia. Sua postura, orientação e seus ensinamentos influenciaram diretamente em minha escolha pela carreira docente.*

*Ao Prof. Dr. Tio Takahashi, por participar de minha formação ortodôntica, por sua incansável dedicação à nossa especialidade, e por suas lições de vida. Todo o meu respeito e admiração.*

*Aos Professores da Disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP, Prof. Dr. Eduardo César Almada Santos, Prof. Dr. Francisco Antônio Bertoz, Prof. Dr. Marcos Rogério de Mendonça e Prof. Dr. Osmar Aparecido Cuoghi, pelos preciosos ensinamentos transmitidos neste curso, contribuindo para meu enriquecimento profissional.*

*Ao Prof. Dr. Celso Koogi Sonoda, por sua imensa contribuição na realização deste trabalho. Agradeço pelos momentos compartilhados nestes anos, pelos ensinamentos, incentivo e apoio.*

*Ao amigo Carlos Alberto Aiello, pelo seu companheirismo, empenho e auxílio na idealização e realização desta pesquisa. Obrigado pelas experiências e momentos compartilhados.*

*Ao Prof. Dr. Tetuo Okamoto, pelo seu auxílio nesta pesquisa, pelo seu exemplo como cidadão, professor, pesquisador e pelo seu amor ao ensino, que contagia a todos que convivem ao seu redor.*

*Ao Prof. Dr. Silvano Cesar da Costa, pelos seus ensinamentos e pela realização da estatística deste trabalho. Muito obrigado.*

*Aos amigos Marcio Salazar, Juliana Kina e Carla Correa Mendes Golvea, pela dedicação e auxílio na realização desta pesquisa.*

*Aos amigos José Roberto Alves Moreira e Yesselin Margot Miranda Zamalloa, por compartilharmos trabalhos anteriores que contribuíram para o meu aprimoramento técnico e científico.*

*Aos amigos Alex Luiz Pozzobon Pereira, Geraldo Francisco Kasbergen, Mauro Carlos Agner Busato, Yesselin Margot Miranda Zamalloa, Flávia de Moraes Arantes, Rodrigo Sella e Marcos Heide Guskuma, pelas experiências e trabalhos compartilhados, pelo convívio e amizade que fizemos.*

*Ao Prof. Dr. André Luiz Fraga Briso, vice-chefe do Departamento de Odontologia Restauradora, pela disponibilidade e ensinamento na captura das imagens.*

*Ao Prof. Dr. Alberto Consolaro, professor do Departamento de Patologia da Faculdade de Odontologia de Bauru – USP, pela disponibilidade e ensinamento na leitura das lâminas.*

*Aos Professores do Curso de Especialização em Ortodontia da Universidade Estadual de Londrina, Prof. Carlos Eduardo de Oliveira Lima, Prof. Dr. Claudenir Rossato, Prof. Dr. Luiz Sérgio Carreiro, Prof. Dr. Paulo Eduardo Baggio, Prof. Ricardo Fernando Zampieri, Prof. João Tadeu Amim Graciano e Prof. Dr. Ricardo Takahashi, pelo incentivo e oportunidade para realização deste curso.*

*À minha família, pelo constante apoio, Valéria, Karoline, Marcio, Janaína, Bruno, Bruna, Kay e Teresinha. À minha avó Maria. Aos tios Adélia (in memorian), André, Cocito, Fátima, Lindor, Maria Dirce, Néia, Nivaldo, Renato, Rogério, Tereza, Toninho, Zezinho, Valdir, seus cônjuges e filhos e a todos os outros familiares que me ampararam e torceram por mim, meu muito obrigado. Da mesma forma, aos amigos Fabrício Parra Garcia, Jarbas Veiga, Gustavo Pereira, Jony Yoshida, Walter Dias, Daniel Mussi, Roger e Lorena Reichenbach, Luis Alberto e Karol Okano, Kaneo e Maria Helena Okano, Noelita Santana e Maria Cristina Santos.*

*Aos amigos do curso de Mestrado e Doutorado em Ortodontia, Aiello, Ana Carolina, Aubrei, Carla, Derly, Henrique, Juliana, Laércio, Lidia, Lilian, Marcio,*

*Nicholas, Omar, Renato, Roseli, Túlio, e também das demais áreas, especialmente ao Erivan, Leandro e Ricardo da Disciplina de Periodontia, pela convivência, experiência e aprendizado compartilhado entre todos.*

*Aos funcionários da Disciplina de Ortodontia, Ilídio Teodoro Filho, por sua amizade e incansável prontidão em atender a todos, e às funcionárias Maria Bertolina Mesquita Oliveira e Aparecida Fátima Cristófano de Carvalho, pelo auxílio no decorrer do curso.*

*Aos funcionários do Departamento de Cirurgia e Clínica Integrada, Dirce e Gilmar, por todo trabalho laboratorial, no preparo das lâminas, realizado com tanta paciência, dedicação e minúcia. Aos funcionários Camilo e João Batista, do Biotério da FOA, por toda atenção, dedicação e cuidados dispensados com os animais, e à Luciana que cuidou dos animais durante a pesquisa.*

*Aos funcionários da secretaria de pós-graduação, em especial à Valéria Zagatto e ao Reinaldo Mendes, pela atenção e eficiência com que atendem a todos.*

*Aos funcionários da biblioteca, Izamar Freitas, Claudio Matsumoto, Alexandra Bento, Maria Cláudia Benez, Cláudio Maciel Junior, Ana Cláudia Manzatti, Isabel Pereira de Matos, Ana Paula de Oliveira, Fátima Maria Bertolucci, Ivone Munhoz e Luzia Anderlini, pelo auxílio prestado.*

*Aos amigos Marcos e Juliana Kuabara que sempre confiaram em meu trabalho e contribuíram para minha formação e de minha esposa, e a toda sua equipe, em especial à Maria Cristina Santos. Da mesma forma, ao amigo Sidney Shimomura, sempre presente em nossas vidas, confiando em nosso trabalho, meu muito obrigado.*

*Ao secretário do curso de Especialização da Universidade Estadual de Londrina, Jeverson Bueno de Oliveira, por sua amizade e seu auxílio durante toda minha formação ortodôntica.*

*À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria José Hitomi Nagata, coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia desta instituição, agradeço a oportunidade, o convívio e os ensinamentos.*

*À Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP, nas pessoas do seu Diretor, Prof. Dr. Pedro Felício Estrada Bernabé e Vice-Diretor, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Maria Pires Soubhia, pela oportunidade em realizar o curso de Pós-Graduação.*

*A todos os funcionários da Faculdade de Odontologia de Araçatuba que, de muitas formas, contribuíram para a minha formação e a realização deste trabalho, em especial ao amigo Marco Antônio Requena, pelos ensinamentos de designer gráfico, e ao amigo Wilian Boraneli Manzatti pela recepção diária na portaria e pela convivência de muitos anos.*

*À Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Esther Gomes de Oliveira, pelos ensinamentos e pela correção da gramática deste trabalho.*

*À Comunidade Nova Aliança de Londrina, especialmente aos meus líderes Charles e Rosemeire, pelas orações e ensinamentos da palavra de Deus, a mim e à minha esposa, que nos fazem pessoas melhores a cada dia. A todos os membros de nossa célula pelas orações e incentivos constantes, principalmente aos anfitriões Marcelo e Silvana Penteado.*

*À Associação Londrinense de Nihon Karatê Kyokai, representada pelo Prof. Luis da Silveira, pelos momentos compartilhados, ensinamentos e aprimoramento de meu caráter e personalidade.*

*Aos funcionários da Midiograf, que contribuíram com a impressão deste trabalho.*

*Que Deus abençoe a todos estes que me ajudaram a realizar este curso e esta pesquisa.*

RESUMO

Tondelli PM. Avaliação histomorfométrica da movimentação dentária induzida em ratos com força contínua, contínua interrompida e intermitente [tese]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista; 2011.

### **Resumo**

**Introdução:** O presente trabalho apresenta uma metodologia para a movimentação dentária induzida (MDI) e avalia a quantidade de movimentação dentária, as condições ósseas, radiculares e periodontais, após o emprego de força contínua (FC), contínua interrompida (FCI) e intermitente (FI). **Material e Métodos:** Utilizou-se 54 ratos da linhagem Wistar, em grupos de FC, FCI e FI, nos períodos de 5, 7 e 9 dias. Inicialmente foram realizadas extrações dos incisivos superiores direitos de cada animal, e procedeu-se a obturação retrógrada e reimplante imediato para indução de anquilose. Após 2 semanas, instalou-se molas de NiTi (Sentalloy<sup>®</sup>) com liberação de 50cN de magnitude de força, sendo mantidas, desativadas ou removidas em determinados períodos para estabelecer os tipos de força, FC, FCI e FI. Os dados foram comparados pela análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com nível de significância de 5%. **Resultados:** Nenhum incisivo induzido à anquilose apresentou erupção ou movimentação após o emprego de forças. A análise histológica demonstrou que todos os incisivos manipulados apresentaram anquilose. Não houve diferença na quantidade de movimentação entre os grupos FC e FCI, que diferiram de forma estatisticamente significativa do FI. Ocorreu maior formação de áreas hialinas no grupo FC, principalmente, no 5º dia de movimentação. Não houve diferença significativa na reabsorção radicular entre os grupos. A avaliação do ligamento periodontal nos molares não movimentados mostrou que a espessura na raiz intermediária é menor do que na raiz mesiovestibular, com diferença estatisticamente significativa. **Conclusões:** A metodologia para indução de anquilose mostrou-se eficaz para a utilização como ancoragem, durante a MDI dos molares murinos, eliminando os efeitos indesejáveis consequentes da erupção contínua dos incisivos. As forças contínuas produzem mais áreas hialinas com maior probabilidade de gerar reabsorções radiculares. As forças contínuas interrompidas possibilitam um melhor reparo do ligamento e eliminação mais eficiente das áreas hialinas. A espessura do ligamento periodontal dos murinos é diretamente

proporcional à dimensão das raízes. A diferença na intensidade de uma mesma magnitude força sobre as raízes de um mesmo dente deve-se à espessura do ligamento periodontal variar com a dimensão das raízes.

Palavras-chave: Movimentação dentária. Reabsorção da raiz. Reimplante dentário. Anquilose. Ratos.

ABSTRACT

Tondelli PM. Histomorphometric evaluation of tooth movement in rats with continuous, continuous interrupted and intermittent forces [thesis]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista; 2011.

### **Abstract**

**Introduction:** This paper presents a methodology for induced tooth movement (MDI) and assesses the amount of tooth movement, bone, root and periodontal conditions with continuous (FC), continuous interrupted (FCI) and intermittent (FI) forces. **Methods:** 54 Wistar rats were used in groups of FC, FCI and FI, in periods of 5, 7 and 9 days. In the upper right incisor of each animal was held extraction, retrograde filling and reimplantation for immediate induction of ankylosis. After two weeks, were installed opened springs NiTi (Sentalloy<sup>®</sup>), releasing 50cN magnitude of force, being maintained, disabled or removed in certain periods to establish the types of force, FC, FCI e FI. Data were compared by analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test with a significance level of 5%. **Results:** None of the incisor induced ankylosis had eruption or movement after the employment of forces, and the eruption rate was zero. Histological examination showed that all of manipulated incisors had ankylosis. There was no difference in the amount of movement between groups FC and FCI, which differed statistically from FI. There was greater formation of hyaline areas in the FC group mainly on the 5<sup>th</sup> day. There was no significant difference in root resorption between the groups. In molars not moved, the thickness of the periodontal ligament in the middle root is smaller than in the mesiobuccal root, with statistically significant difference. **Conclusions:** The methodology for inducing ankylosis was effective for use as an anchorage during murine molar MDI. It eliminates the undesirable effects resulting from the continuous eruption of incisors. The continuous forces produce more hyaline areas most likely to generate root resorption. The continuous interrupted forces allow a better ligament repair and more efficient elimination of hyalinized zones. The thickness of the periodontal ligament is directly proportional to the size of roots. The difference in the intensity of the same magnitude force on the roots of one tooth due to periodontal ligament thickness vary with the size of roots.

**Keywords:** Tooth movement. Root resorption. Tooth replantation. Ankylosis. Rats.

# Lista de Figuras

## CAPÍTULO 1

- Fig. 1 (A) Corte da papila dentária e órgão do esmalte. (B) Preenchimento do canal com pasta de hidróxido de cálcio e propilenoglicol. (C) Vedamento com MTA. (D) Reimplante do incisivo. 43
- Fig. 2 Modelo de dispositivo para MDI, utilizando o incisivo superior direito anquilosado como ancoragem. 44
- Fig. 3 Corte transversal abrangendo as raízes dos molares e incisivos. Em destaque, o incisivo superior direito anquilosado. (HE. 10x). 45
- Fig. 4 (A) Marcas por desgaste para comparação da erupção entre os incisivos, 15 dias após o reimplante. (B) Desgastes nos incisivos. (C) Três e (D) cinco dias após a confecção das marcas. 46
- Fig. 5 Incisivo superior direito com anquilose dentoalveolar. Em destaque, a formação de tecido ósseo em direção ao dente com início de reabsorção por substituição (setas amarelas). Polpa (P); Dentina (D); Ligamento periodontal (LP); Osso (O). (HE. 20x). 47

## CAPÍTULO 2

- Fig. 1 Esquema demonstrando os grupos, os períodos de ativação, desativação ou remoção das molas e o dia da eutanásia dos animais. 77
- Fig. 2 Dispositivo para MDI do molar superior direito ancorado ao incisivo superior direito. Mola ativada (A), desativada (B) e removida (C), gerando força contínua, contínua interrompida e intermitente. 78

- Fig. 3 Mensuração da quantidade de movimentação dentária obtida pela diferença entre as distâncias da face mesial do 1º molar superior até a distal do 3º molar superior do lado direito movimentado (A) e do esquerdo não movimentado (B). 79
- Fig. 4 Imagem das 5 raízes do primeiro molar superior direito. Linha 1 (amarela) une o centro das raízes intermediária (INT) e mesiovestibular (MV). Linhas 2 (azuis) são perpendiculares à linha 1, passando pelo centro das raízes até as bordas do osso alveolar. Linhas 3 (pretas) unem os bordos alveolares das duas raízes. Linha 4 (preta tracejada) une os pontos mais próximos das superfícies das raízes. Linha 5 (verde) separa o osso alveolar entre as duas raízes, passando pelo centro da linha 4 e perpendicular a linha 1. Linhas 6 (marrons) bissetrizes entre as linhas 1 e 2 até as bordas do cimento. Raiz distovestibular (DV); Raiz distopalatina (DP); Raiz mesiopalatina (MP). (HE. 20x). 80
- Fig. 5 Áreas hialinas delimitadas no espaço periodontal nos lados de compressão (azul) e nos lados de tração (amarelo). As linhas 2 (azuis) separam os lados de tração e compressão das raízes. (HE. 20x). 81
- Fig. 6 Áreas de reabsorção radicular delineadas sobre as raízes intermediária e mesiovestibular, nas áreas de compressão (em azul), mesial das raízes, e tração (em amarelo), distal das raízes. (HE. 20x). 82
- Fig. 7 As linhas externas 2 e 3, em branco, delimitam a área total entre as raízes intermediária e mesiovestibular. As áreas ósseas são delimitadas pelas linhas 3 e 5, contornando as corticais ósseas do ligamento periodontal. Em amarelo, a área óssea de tração, posicionada distal à raiz mesiovestibular e, em azul, a área óssea de compressão, mesial à raiz intermediária. (HE. 20x). 83
- Fig. 8 Linhas brancas demonstram as espessuras do ligamento

periodontal medidas perpendicularmente às superfícies do cimento até as corticais ósseas, nas regiões das linhas 1 e 6. As linhas 2 (azuis) separam os lados mesiais e distais das raízes. (HE. 20x).

84

Fig. 9 Gráfico com os valores médios (mm) da quantidade de movimentação dentária dos grupos nos períodos avaliados.

85

Fig. 10 Raízes intermediária e mesiovestibular, após 5 dias de movimentação com força contínua. A área óssea entre as 2 raízes evidencia mais espaços medulares (EM). Área hialina (\*) está evidente na superfície mesial da raiz intermediária (menor), demonstrando que a força foi intensa sobre o ligamento periodontal (LP). Na raiz mesiovestibular (maior), o ligamento apresenta-se com aspecto normal sem formação de áreas hialinas e o tecido ósseo com início de reabsorção direta ou frontal (setas brancas), evidenciando uma força suave atuando. Polpa (P); Dentina (D); Cimento (CM); Ligamento periodontal (LP); Osso (O). (HE. 20x).

86

Fig. 11 Sequência do lado de compressão da raiz intermediária no grupo FC durante 5, 7 e 9 dias, respectivamente, figuras A, B, C. Observa-se o aumento na espessura do ligamento periodontal (LP), e a reabsorção das áreas hialinas do 5º ao 9º dia (\*). O tecido ósseo (O) é reabsorvido de forma indireta na periferia das áreas hialinas até o 9º dia. No 7º e 9º dias evidencia-se a reabsorção radicular com formação de lacunas de Howship (setas brancas). Polpa (P); Dentina (D); Cimento (CM); Ligamento periodontal (LP); Osso (O). (HE. 40x).

87

Fig. 12 Sequência do lado de compressão da raiz intermediária no grupo FCI durante 5, 7 e 9 dias, respectivamente, figuras A, B e C. Reabsorção radicular com formação de lacunas de Howship (seta branca) aparece no 9º dia de movimentação. Polpa (P); Dentina (D); Cimento (CM);

Ligamento periodontal (LP); Osso (O). (HE. 40x).

88

Fig. 13 Sequência do lado de compressão da raiz intermediária no grupo FI durante 5, 7 e 9 dias, respectivamente, figuras A, B e C. O ligamento periodontal (LP) aparece comprimido no 7º dia e pequenas áreas hialinas (\*) estão presentes até o 9º dia. Reabsorção radicular com formação de lacunas de Howship (seta branca). Polpa (P); Dentina (D); Cimento (CM); Ligamento periodontal (LP); Osso (O). (HE. 40x).

89

# Lista de Tabelas

## CAPÍTULO 1

Tabela I	Taxa de erupção dos incisivos dos ratos. Os resultados são dados pela média e desvio padrão em milímetros por dia.	49
----------	--	----

## CAPÍTULO 2

Tabela I	Valores médios e desvios padrão (mm) das quantidades de movimentação dentária, nos grupos e períodos avaliados.	91
Tabela II	Valores percentuais médios das áreas hialinas, no ligamento periodontal, do lado de compressão da raiz intermediária, nos grupos e períodos avaliados.	91
Tabela III	Valores percentuais médios de reabsorção radicular, nos lados de tração e compressão da raiz intermediária, nos grupos e períodos avaliados.	92
Tabela IV	Valores percentuais médios das quantidades ósseas, nas regiões de tração e compressão, nos grupos e períodos avaliados.	92
Tabela V	Valores médios e desvios padrão da espessura do ligamento periodontal (mm), nos lados de tração e compressão das raízes intermediária e mesiovestibular, no lado não movimentado.	93

## Lista de abreviações

ANOVA	=	Análise de Variância
BMU	=	Unidade de remodelação óssea
CM	=	Cimento
cN	=	Centinewton: equivalente à centésima parte do Newton, correspondendo aproximadamente a 1g
CEEA	=	Comissão de Ética na Experimentação Animal
Comp	=	Lado de compressão
D	=	Dentina
DP	=	Raiz distopalatina
DV	=	Raiz distovestibular
dp	=	Desvio padrão
EDTA	=	Ácido etilenodiamino tetra-acético
EM	=	Espaço medular
FC	=	Força contínua
FCI	=	Força contínua Interrompida
FI	=	Força intermitente
g	=	Grama: unidade de medida de massa
HE	=	Hematoxilina e eosina
INT	=	Raiz intermediária
LP	=	Ligamento periodontal

MDI	=	Movimentação dentária induzida
MTA	=	Agregado de mineral trióxido
MP	=	Raiz mesiopalatina
MV	=	Raiz mesiovestibular
mm	=	Milímetro: equivalente à milésima parte do metro
ml	=	Mililitro: equivalente à milésima parte do litro
N	=	Newton: unidade de medida de força, equivalente a 100g
NiTi	=	Liga de níquel-titânio
O	=	Osso alveolar
P	=	Polpa
pH	=	Pondus hydrogenii: potencial de hidrogênio
UI	=	Unidade internacional
µm	=	Micrômetro: equivalente à milionésima parte do metro

# Sumário

1	CAPÍTULO 1	27
1.1	PÁGINA DE IDENTIFICAÇÃO	28
1.2	RESUMO	29
1.3	INTRODUÇÃO	30
1.4	MATERIAL E MÉTODOS	31
1.4.1	Seleção e distribuição da amostra	31
1.4.2	Indução de anquilose	31
1.4.3	Instalação dos dispositivos para MDI	32
1.4.4	Eutanásia e processamento histotécnico	32
1.4.5	Determinação da anquilose nos incisivos	33
1.4.6	Digitalização dos cortes histológicos	33
1.4.7	Métodos estatísticos	34
1.5	RESULTADOS	34
1.6	DISCUSSÃO	34
1.7	CONCLUSÕES	38
1.8	REFERÊNCIAS	38
2	CAPÍTULO 2	50
2.1	PÁGINA DE IDENTIFICAÇÃO	51
2.2	RESUMO	52
2.3	INTRODUÇÃO	53
2.4	MATERIAL E MÉTODOS	54
2.4.1	Seleção e distribuição da Amostra	54
2.4.2	Instalação e ativação dos dispositivos para MDI	55
2.4.3	Eutanásia e processamento histotécnico	56
2.4.4	Análise quantitativa da movimentação dentária	56
2.4.5	Digitalização dos cortes histológicos	57
2.4.6	Estabelecimento das diretrizes para as análises histométricas	57

2.4.7	Análise da quantidade de áreas hialinas	57
2.4.8	Análise da quantidade de reabsorção radicular	58
2.4.9	Análise da quantidade óssea	58
2.4.10	Análise da espessura do ligamento periodontal	58
2.4.11	Métodos estatísticos	58
2.5	RESULTADOS	59
2.5.1	Movimentação dentária	59
2.5.2	Áreas hialinas	59
2.5.3	Reabsorção radicular	59
2.5.4	Quantidade óssea	60
2.5.5	Espessura do ligamento periodontal	60
2.6	DISCUSSÃO	60
2.6.1	Movimentação dentária	61
2.6.2	Áreas hialinas	63
2.6.3	Reabsorção radicular	64
2.6.4	Quantidade óssea	65
2.6.5	Espessura do ligamento periodontal	66
2.6.6	Considerações finais	68
2.7	CONCLUSÕES	71
2.8	REFERÊNCIAS	71
	ANEXOS	94



## **1.1 Indução de anquilose no incisivo para ancoragem na movimentação dentária induzida em ratos**

Osmar Aparecido Cuoghi<sup>a</sup>, Pedro Marcelo Tondelli<sup>b</sup>, Carlos Alberto Aiello<sup>b</sup>, Celso Koogi Sonoda<sup>c</sup>, Marcos Rogério de Mendonça<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Professor Adjunto do Departamento de Odontologia Infantil e Social, Disciplina de Ortodontia Preventiva, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Univ. Estadual Paulista – UNESP.

<sup>b</sup>Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Univ. Estadual Paulista – UNESP.

<sup>c</sup>Professor Adjunto do Departamento de Cirurgia e Clínica Integrada, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Univ. Estadual Paulista – UNESP.

Palavras-chave: Movimentação dentária. Reimplante dentário. Anquilose. Ratos.

Keywords: Tooth movement. Tooth replantation. Ankylosis. Rats.

### **ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:**

Osmar Aparecido Cuoghi

Departamento de Odontologia Infantil e Social - Disciplina de Ortodontia Preventiva -  
Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP

Rua José Bonifácio 1193, CEP 16015-050, Araçatuba, SP, Brazil

Tel: +55 (18) 3636-3236

e-mail: [osmar@foa.unesp.br](mailto:osmar@foa.unesp.br)

## 1.2 RESUMO

**Introdução:** A presente pesquisa teve como finalidade apresentar uma metodologia para a movimentação dentária induzida (MDI) com a indução de anquilose, no incisivo murino, servindo como ancoragem para a movimentação do molar. **Material e Métodos:** Utilizou-se 54 ratos machos da linhagem Wistar. No incisivo superior direito de cada animal, realizou-se a extração, corte da papila dentária, órgão do esmalte, raspagem do ligamento, pulpectomia, obturação com hidróxido de cálcio, vedamento do ápice radicular com MTA e replante imediato. Após 2 semanas, instalou-se molas de NiTi (Sentalloy<sup>®</sup>) com liberação de 50cN de magnitude de força por 9 dias, quando foram sacrificados. Para a avaliação da anquilose, utilizou-se as análises microscópica e visual quantitativa da taxa de erupção dos incisivos induzidos à anquilose, grupo experimental, e sem indução, grupo controle. Os dados foram comparados pela análise de variância (ANOVA) e o teste de Bonferroni post-hoc foi utilizado para analisar o intervalo de confiança, com nível de significância de 5%. **Resultados:** Na análise visual quantitativa, nenhum incisivo do grupo experimental apresentou erupção ou movimentação após o emprego de forças, e a taxa de erupção foi zero. No grupo controle, os incisivos tiveram uma taxa de erupção média de 0,39mm ao dia. A análise histológica demonstrou todos os incisivos superiores direitos apresentaram anquilose. **Conclusões:** A metodologia para indução de anquilose, avaliada nesta pesquisa, mostrou-se eficaz para utilização do incisivo como ancoragem, durante a MDI dos molares murinos, eliminando os efeitos indesejáveis consequentes da erupção contínua dos incisivos.

### 1.3 INTRODUÇÃO\*

A Ortodontia baseia-se na aplicação de forças para estabelecer a movimentação dentária favorável. A duração e as características da força têm grande influência no mecanismo biológico, produzindo variadas reações teciduais.<sup>1</sup> Segundo Graber e Vanarsdall,<sup>2</sup> existem dois diferentes tipos de forças empregadas em Ortodontia, as forças contínuas e as intermitentes. O emprego de uma força contínua visa manter sua magnitude inicial durante um longo período, sendo desempenhada por fios e molas com características super-elásticas (alto limite de elasticidade). Entretanto, quando se utiliza fios ou molas com reduzida elasticidade e memória de forma, a magnitude da força é reduzida gradativamente e atinge um nível incapaz de estabelecer a continuidade da movimentação dentária, sendo, então, classificada como força contínua interrompida. Por outro lado, uma força intermitente se caracteriza pela atuação, durante um período reduzido, e é eliminada totalmente com a remoção do dispositivo gerador da força. Essa condição é observada com a utilização de aparelhos removíveis, elásticos e aparelhos extrabuciais.<sup>2,3</sup>

Os murinos têm sido muito utilizados em experimentos de movimentação dentária induzida (MDI), pelo fato de apresentarem baixo custo de manutenção, de fácil obtenção, manuseio e permitirem um melhor controle genético.<sup>4,5</sup> Alguns métodos para obtenção da MDI, nos molares murinos, são citados na literatura, como elastômeros entre os primeiros e segundos molares,<sup>6</sup> bandas nos incisivos com fios para vestibularizar<sup>7</sup> ou lingualizar<sup>8</sup> os primeiros molares, mesialização do primeiro molar com mola de aço ancorado ao incisivo<sup>5,9</sup> ou incisivos,<sup>10,11</sup> ancorado no segundo molar,<sup>12</sup> ancorado em implantes,<sup>13</sup> perfurando incisivos e o processo alveolar para mesializar os 3 molares unidos<sup>4</sup> e com magnetos para atração entre os 1<sup>os</sup> molares.<sup>14</sup>

Os estudos da MDI, por meio da mesialização dos molares com a utilização de molas ancoradas nos incisivos, permitem facilidade de instalação da aparelhagem e melhor quantificação e padronização da força utilizada, resultando em maior credibilidade e similaridade com a prática clínica em humanos.<sup>5</sup> Entretanto,

---

\* O texto foi escrito, no formato de artigo, segundo as normas da revista American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (Anexo A).

por se tratar de um dente de erupção contínua, a posição do dispositivo sofre constante modificação e a manutenção de uma força padronizada, durante o período experimental, é dificultada. Além disso, o seu deslocamento para lingual, resultado de uma reação à ação da movimentação do molar, também contribui para a constante alteração do vetor de força, gerando dúvidas na interpretação dos resultados.<sup>4</sup>

Desta forma, o presente trabalho tem o escopo de apresentar e avaliar uma nova metodologia para a MDI, com a indução de anquilose no incisivo murino, servindo como ancoragem para a movimentação do molar.

## **1.4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **1.4.1 Seleção e distribuição da amostra**

Utilizou-se 54 ratos machos albinos, da linhagem Wistar (*Rattus norvegicus*), adultos jovens com aproximadamente 90 dias e com massa corporal em torno de 300g. Os animais, provenientes do Biotério da FOA – UNESP, foram mantidos durante o tempo experimental em ambiente com temperatura de  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , em gaiolas com 6 animais, ração triturada e água sem restrições. Antes dos procedimentos experimentais, os animais foram acondicionados por 7 dias para ambientação, com ciclo de luz de 12/12 horas.

### **1.4.2 Indução de anquilose**

Os procedimentos experimentais foram realizados sob anestesia intramuscular, na dosagem de 80mg/Kg de cloridrato de ketamina (Dopalen, Sespo Ind. e Com. Ltda., Jacareí, SP, Brasil), concomitantemente com o relaxante muscular, na dosagem de 10mg/Kg de cloridrato de xilazina (Anasedan, Agribrands do Brasil Ltda., Paulínia, SP, Brasil), de acordo com as recomendações do fabricante.

No grupo experimental, o incisivo superior direito de cada animal foi luxado e extraído com instrumental especialmente adaptado. O ligamento periodontal foi

removido por meio de fricção com gaze embebida em fluoreto de sódio fosfato acidulado 2%, pH 5,5 (Farmácia Apothicário, Araçatuba, SP, Brasil). A papila dentária e o órgão do esmalte foram seccionados com lâmina de bisturi n° 15 (Embramac Exp. e Imp., Ribeirão Preto, SP, Brasil). A polpa radicular foi removida por via retrógrada e as paredes do canal foram limpas com lima Flexofile n° 25 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça). Realizou-se a irrigação do canal com soro fisiológico (Ariston Ind. Quim. e Farm. Ltda., São Paulo, SP, Brasil) e secagem com cones de papel absorvente esterilizados (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil). Posteriormente, procedeu-se à obturação do canal com pasta de hidróxido de cálcio e propilenoglicol (Probem Prod. Farm. e Odont. Ltda., Catanduva, SP, Brasil), seguido do selamento do ápice radicular com “plug” de MTA (Angelus, Londrina, PR, Brasil). Os dentes foram reimplantados após um período extra-alveolar de 15 minutos, tempo necessário para o tratamento endodôntico e da superfície radicular. Em seguida, os animais receberam antibiótico penicilina G Benzatínica 20000 UI (Lab. Eurofarma, São Paulo, SP, Brasil) em uma única dose intramuscular (Figura 1).

O grupo controle foi formado pelos incisivos superiores esquerdos que não foram utilizados como ancoragem e nem induzidos à anquilose.

#### **1.4.3 Instalação dos dispositivos para MDI**

Após 2 semanas, foi instalado o dispositivo mecânico para a movimentação do molar, no grupo experimental, permanecendo por 9 dias. Empregou-se o dispositivo idealizado por Heller e Nanda,<sup>9</sup> modificado pela substituição da mola de aço por níquel-titânio (Sentalloy, GAC, NY, EUA) e inserção de resina fotopolimerizável (Z100, 3M, St. Paul, MN, USA), na região cervical do incisivo para melhorar a retenção do fio (Figura 2).

#### **1.4.4 Eutanásia e processamento histotécnico**

A eutanásia ocorreu 24 dias após a indução de anquilose, por meio de dose excessiva de anestésico e decapitação dos murinos, preservando toda a

maxiladesde os incisivos até os terceiros molares. As peças foram fixadas em formol 10% por 48 horas, lavadas em água corrente por 24 horas, descalcificadas em solução de E.D.T.A. a 18% por 6 semanas, desidratadas, clarificadas e incluídas em blocos de parafina. Os cortes foram feitos, no sentido transversal, com 6µm de espessura, abrangendo todas as raízes dos molares e os incisivos, seguido da coloração convencional com hematoxilina e eosina (Figura 3).

#### **1.4.5 Determinação da anquilose nos incisivos**

Nos grupos controle e experimental, marcas foram feitas com broca diamantada (4141, KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil), ao nível da papila inter-dental em ambos os incisivos. Medidas foram realizadas desde as marcas nos incisivos até o bordo mais cervical da gengiva vestibular dos respectivos dentes, por meio de um paquímetro digital (Mitutoyo, São Paulo, Brasil), com o auxílio de uma lupa ocular com aumento de 4x (Intex, Brasil).<sup>15,16</sup> As medidas realizadas, nos dias 0, 3, 5, 7 e 9, determinaram a taxa de erupção dos incisivos nos grupos experimental e controle (Figura 4, Tabela 1).

Microscopicamente, este quadro foi comprovado pela presença de tecido ósseo em contato com a raiz dentária, evidência de reabsorção por substituição ou crescimento ósseo, em direção à raiz, no espaço do ligamento periodontal (Figura 5).

#### **1.4.6 Digitalização dos cortes histológicos**

As imagens foram capturadas por meio de uma lupa estereomicroscópica Stemi 2000C (Carl Zeiss, Göttingen, Alemanha) e um microscópio óptico (Carl Zeiss, Göttingen, Alemanha), no qual estava acoplada uma câmera microscópica AxioCam MRc5 (Carl Zeiss, Göttingen, Alemanha) e uma fonte de luz transmitida por fibra óptica KL 1500 LCD (Schott, Mainz, Alemanha).

#### 1.4.7 Métodos estatísticos

A análise estatística foi delineada por meio da análise de variância (ANOVA). O teste de Bonferroni post-hoc foi utilizado para analisar o intervalo de confiança. Adotou-se o nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

### 1.5 RESULTADOS

Pela análise visual quantitativa, nenhum dos incisivos do grupo experimental, que foram reimplantados, apresentou erupção ou movimentação. A taxa média de erupção dos incisivos, no grupo controle, foi de 0,39mm por dia, enquanto no grupo experimental foi zero (Tabela 1).

A análise microscópica dos 54 espécimes analisados evidenciou que todos os incisivos manipulados, grupo experimental, apresentaram anquilose dentoalveolar.

### 1.6 DISCUSSÃO

Os estudos de MDI, em animais, têm como objetivo avaliar as alterações histológicas dos tecidos dentoalveolares para maior embasamento na prática clínica.<sup>5</sup> Várias metodologias são demonstradas, na literatura, para obtenção da MDI dos molares murinos,<sup>4-14</sup> entretanto, o modelo experimental idealizado por Heller e Nanda<sup>9</sup> (1979), proporciona a mesialização dos molares superiores por meio de molas ancoradas aos incisivos, possibilitando a padronização e a quantificação da força. Além disso, este modelo permite a análise de diferentes variáveis, como influências locais e sistêmicas, permitindo a sua comparação com humanos.<sup>5</sup>

Na maioria dos movimentos ortodônticos, assim como, nas pesquisas sobre MDI, em animais, é importante que o movimento ocorra sem a perda da estabilidade da unidade de ancoragem,<sup>4,5,15,16</sup> principalmente quando o objetivo é analisar o comportamento tecidual para os diferentes tipos de força. Preocupados com estes fatores, Ren et al.,<sup>4</sup> em 2004, apresentaram um método de MDI, em murinos, que julgaram eficaz para distribuição de forças nos molares bem como para controle de ancoragem dos incisivos com consequente diminuição dos efeitos indesejáveis,

decorrentes da técnica aplicada. O método consiste em uma perfuração dos 2 incisivos superiores ao nível cervical, atravessando o processo alveolar, servindo como ancoragem para mesialização dos 3 molares, unidos com fio de aço e resina. Ainda assim, observou-se uma inclinação para palatino dos incisivos, estabelecendo resultados duvidosos para determinados tipos de forças e movimentos. Como exemplo, pode-se questionar os resultados obtidos quando se estuda as forças contínuas interrompidas. Nos momentos de interrupção da força, mas com a permanência do dispositivo mecânico de forma passiva, o processo de erupção contínua do incisivo, associada à sua recidiva em direção anterior, devido ao estresse no ligamento, pode determinar a continuidade do movimento do molar ao invés da interrupção.

Além da perda de ancoragem, a rizogênese e a erupção contínua dos incisivos dos ratos direcionam a força, no sentido vertical, e acentuam a extrusão bem como a inclinação dos molares, proporcionando regiões de tração e compressão em várias áreas distintas.

Para amenizar estes efeitos, é necessário a utilização de uma unidade de ancoragem estável. Desta forma, o implante caracteriza-se como uma opção satisfatória para a aplicação de qualquer tipo de força nos molares murinos.<sup>13</sup> Entretanto, intercorrências como instabilidade e perda dos implantes, bem como mortes, em decorrência do trauma excessivo e infecções, devem ser consideradas.

Avaliando os estudos sobre o reparo em dentes reimplantados,<sup>17-24</sup> e os dentes anquilosados para protração maxilar,<sup>25,26</sup> a anquilose é uma complicação comum que impede a movimentação dentária e o desenvolvimento do processo alveolar.<sup>22</sup> Desta forma, como opção de uma ancoragem estável, esta pesquisa sugere a utilização de incisivos submetidos a uma condição de anquilose radicular. A anquilose é um estágio que precede a reabsorção por substituição em que o tecido radicular é envolvido, no processo de remodelação óssea, e é causada pela perda da vitalidade do ligamento periodontal.<sup>5</sup> Apesar de levar à perda da estrutura radicular, o tempo necessário para que a reabsorção por substituição destrua toda a raiz pode ser longo, viabilizando os estudos de MDI. Além disso, para aumentar ainda mais a resistência da raiz a esse tipo de reabsorção e prolongar a sua sobrevivência no alvéolo, foi empregado também o flúor.<sup>17-19,23</sup>

Essa condição da raiz proporciona a estabilidade da fixação empregada na coroa do incisivo para obtenção da ancoragem. Em condições normais, esses dentes estão continuamente crescendo para compensar o desgaste natural da coroa que ocorre em função do hábito mastigatório característico dessa espécie animal. Esse fenômeno leva à migração da fixação do dispositivo ortodôntico mais para incisal, principalmente, em experimentos com períodos de acompanhamento acima de 10 dias.<sup>5</sup>

Nesse estudo, a indução de anquilose foi obtida por meio da remoção do ligamento periodontal, empregando-se a fricção com gaze. A sua manutenção, em condições de integridade, permitiria a reinsertão das fibras e a restituição de suas características biológicas originais, como ocorre em um reimplante imediato. Numa condição de anquilose, temos a ausência dos elementos celulares que viabilizam a movimentação dentária.<sup>5</sup>

Este método mecânico de remoção do ligamento periodontal permite que a camada de cimento seja preservada, diminuindo a suscetibilidade da raiz à reabsorção por substituição.<sup>18</sup> Outros métodos químicos, como o uso do hipoclorito de sódio, também são citados na literatura, porém sem efetividade.<sup>18</sup>

A reabsorção radicular inflamatória, comum nos casos de reimplante, pode levar à rápida perda da raiz e é importante que o seu controle seja realizado. Para isso, procedeu-se à antibioticoterapia sistêmica<sup>17-19,22-24</sup> e, ao tratamento endodôntico, por meio da remoção do tecido pulpar, do preenchimento do canal com o hidróxido de cálcio<sup>17-19</sup> e do selamento apical com “plug” de MTA.<sup>20,21</sup>

A pasta de hidróxido de cálcio foi utilizada por promover uma elevação do pH local. Isso resulta em ação antimicrobiana, redução da atividade dos clastos e consequente reabsorção radicular.<sup>5,17-19,24</sup> Além de possuir propriedades semelhantes às do hidróxido de cálcio, o uso do MTA, no selamento apical, permite que o curativo endodôntico permaneça no interior do conduto radicular, prolongando sua ação.<sup>20,21</sup>

O MTA atinge uma dureza satisfatória com a presença de umidade, possui pH altamente alcalino, tempo de trabalho de 5 minutos, excelente capacidade de selamento e resistência a infiltrações.<sup>20</sup> Possui atividade antimicrobiana e permite a

formação de cimento, na sua superfície, com reduzido processo inflamatório, evidenciando sua ótima biocompatibilidade.<sup>21</sup>

Em humanos, o uso de contenção pode ser necessário para a estabilização inicial do dente reimplantado.<sup>27</sup> No entanto, por conta do tamanho e do formato curvo do incisivo murino que proporcionam a estabilidade necessária,<sup>17-19,23,24</sup> esse procedimento não foi realizado.

Para a utilização do dente reimplantado, como ancoragem esperou-se 2 semanas de pós-operatório. Nessa fase, várias áreas de anquilose podem ser encontradas na superfície radicular<sup>22</sup> e o periodonto encontra-se reparado a ponto de não haver um incremento de inflamação e estímulo à reabsorção, com a ativação do aparelho.<sup>5</sup>

No presente estudo, todos os incisivos apresentaram anquilose dentoalveolar e, clinicamente, não ocorreu nenhum movimento vertical verificado pela taxa de erupção dos incisivos. A taxa de erupção do grupo experimental foi zero e do grupo controle foi 0,39mm ao dia, semelhante aos resultados de outros autores.<sup>15,16</sup> Estes resultados sugerem que todos os incisivos reimplantados apresentaram algum grau de anquilose em alguma região da raiz.

Drevensek et al.<sup>16</sup> afirmaram que, para estabelecer um bom modelo experimental de MDI, é necessário manter uma direção constante da força. Os autores encontraram uma taxa de erupção média de 0,37mm ao dia nos incisivos que não receberam força, semelhante à encontrada no grupo controle do presente trabalho. Concluíram que a aplicação de uma força, no sentido ântero-posterior, diminuiu a taxa de erupção dos incisivos para 0,26mm, o que seria suficiente para manter a direção da força.<sup>16</sup> No presente estudo, a taxa de erupção do grupo experimental foi zero, caracterizando uma manutenção da direção da força muito superior a outros métodos utilizados.

Durante a pesquisa, os incisivos do grupo experimental não apresentaram movimentação pela perda de ancoragem ou erupção, quando comparado ao grupo controle. Esses dados certificam que a metodologia empregada é válida para o estudo da movimentação dentária induzida em ratos.

## 1.7 CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado e na literatura consultada, pôde-se concluir que:

1. O método aplicado promoveu áreas de anquilose em extensões variadas, em todos os incisivos reimplantados, não havendo nenhum dente perdido durante o período de estudo da MDI.
2. Os dispositivos ortodônticos instalados nos incisivos reimplantados, do grupo experimental, não sofreram modificação de posição e direção, durante e após o período de MDI.
3. Pela análise microscópica, todos os incisivos reimplantados apresentaram certo grau de anquilose em algum ponto da raiz.
4. A metodologia para indução de anquilose do incisivo murino fornece uma ancoragem estável, eliminando os efeitos indesejáveis consequentes da erupção contínua, possibilitando a realização de pesquisas com os diversos tipos de força.

## 1.8 REFERÊNCIAS

1. Krishnan V, Davidovich Z. Cellular, molecular and tissue-level reactions to orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:469. e1-32.
2. Graber TM, Vanarsdall Jr RL, editors. *Ortodontia: princípios e técnicas atuais*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002.
3. Proffit WR, Fields Jr HW. *Contemporary orthodontics*. 2. ed. St. Louis: Mosby; 1993.
4. Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. The rat as a model for orthodontic tooth movement: a critical review and a proposed solution. *Eur J Orthod* 2004;26:483-90.
5. Consolaro A. *Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas*. 2 ed. Maringá: Dental Press; 2005.

6. Waldo CM, Rothblatt JM. Histologic response to tooth movement in the laboratory rat; procedure and preliminary observations. *J Dent Res* 1954;33:481-6.
7. Noda K, Nakamura Y, Kogure K, Nomura Y. Morphological changes in the rat periodontal ligament and its vascularity after experimental tooth movement using superelastic forces. *Eur J Orthod* 2009;31:37-45.
8. Shimpo S, Horigushi Y, Nakamura Y, Lee M, Oikawa T, Noda K, Kuwahara Y, Kawasaki K. Compensatory bone formation in young and old rats during tooth movement. *Eur J Orthod* 2003;25:1-7.
9. Heller IJ, Nanda R. Affect of metabolic alteration of periodontal fibers on orthodontic tooth movement. an experimental study. *Am J Orthod* 1979;75:239-58.
10. Gameiro GH, Nouer DF, Pereira Neto JS, Siqueira VC, Andrade ED, Novaes PD, Veiga MCF. Effects of short- and long-term celecoxib on orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 2008;78:860-5.
11. Fracalossi ACC, Santamaria Jr M, Consolaro MFMO, Consolaro A. Movimentação dentária experimental em murinos: período de observação e plano dos cortes microscópicos. *Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial* 2009;14:143-57.
12. Kohno T, Matsunoto Y, Kanno Z, Warita H, Soma K. Experimental tooth movement under light orthodontic forces: rates of tooth movement and changes of the periodontium. *J Orthod* 2002;29:129-35.
13. Kameyama T, Matsumoto Y, Warita H, Soma K. Inactivated periods of constant orthodontic forces related to desirable tooth movement in rats. *J Orthod* 2003;30:31-7.
14. Tomizuka R, Shimizu Y, Kanetaka H, Suzuki A, Urayama S, Kikuchi M, Mitani H, Igarashi K. Histological evaluation of the effects of initially light and gradually increasing force on orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 2007;77:410-6.

15. Lee CK, Law KY, King NM, Rabie ABM. A comparison between a conventional optical method and image-analysis for measuring the unimpeded eruption rate of the rat mandibular incisor. *Arch Oral Biol* 2002;47:555-62.
16. Drevensek M, Volk J, Sproggar S, Drevensek G. Orthodontic force decreases the eruption rate of rat incisors. *Eur J Orthod* 2009;31:46-50.
17. Panzarini SR, Perri de Carvalho AC, Poi WR, Sonoda CK. Use of vitamin c in delayed tooth replantation. *Braz Dent J* 2005;16:17-22
18. Sottovia AD, Sonoda CK, Poi WR, Panzarini SR, Lauris JRP. Delayed tooth replantation after root surface treatment with sodium hypochlorite and sodium fluoride: histomorphometric analysis in rats. *J Appl Oral Sci* 2006;14:93-9
19. Gulinelli JL, Panzarini SR, Fattah CMRS, Poi WR, Sonoda CK, Negri MR, Saito CTMH. Effect of root surface treatment with propolis and fluoride in delayed tooth replantation in rats. *Dent Traumatol* 2008;24:651-7
20. Casela G, Ferlito S. The use of mineral trioxide aggregate in endodontics. *Minerva Stomatol.* 2006;55:123-43.
21. Bernabé PF, Gomes-Filho JE, Rocha WC, Nery MJ, Otoboni-Filho JA, Dezan-Júnior E. Histological evaluation of MTA as a root-end filling material. *Int Endod J* 2007;40:758-65.
22. Hellsing E, Alatli-Kut I, Hammarstrom L. Experimentally induced dentoalveolar ankylosis in rats. *Int Endod J* 1993;26:93-8.
23. Okamoto T, Niccoli-Filho W, Sonoda CK, Martins AP, de Souza R. Immediate replantation of maxillary incisors in rats: effects of tooth immersion in sodium fluoride and subsequent removal of the periodontal ligament. *Braz Dent J* 1999;10:73-9.
24. Negri MR, Panzarini SR, Poi WR, Sonoda CK, Gulinelli JL, Saito CTMH. Analysis of the healing process in delayed tooth replantation after root canal filling with calcium hydroxide, Sealapex and Endofill: a microscopic study in rats. *Dent Traumatol* 2008;24:645-50.

25. Kokich VG, Shapiro PA, Oswald R, Koskinen-Moffett L, Clarren SK. Ankylosed teeth as abutments for maxillary protraction: a case report. *Am J Orthod* 1985;88:303-7.
26. Omnell ML, Sheller B. Maxillary protraction to intentionally ankylosed deciduous canines in a patient with cleft palate. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;106:201-5.
27. Flores MT, Andersson L, Andreasen JO, Bakland LK, Malmgren B, Barnett F, Bourguignon C, DiAngelis A, Hicks L, Sigurdsson A, Trope M, Tsukiboshi M, von Arx T. Guidelines for the management of traumatic dental injuries. II. Avulsion of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2007;23:130-6.

## **AGRADECIMENTO**

Agradecemos à FUNDUNESP pelo auxílio concedido a esta pesquisa.

FIGURAS

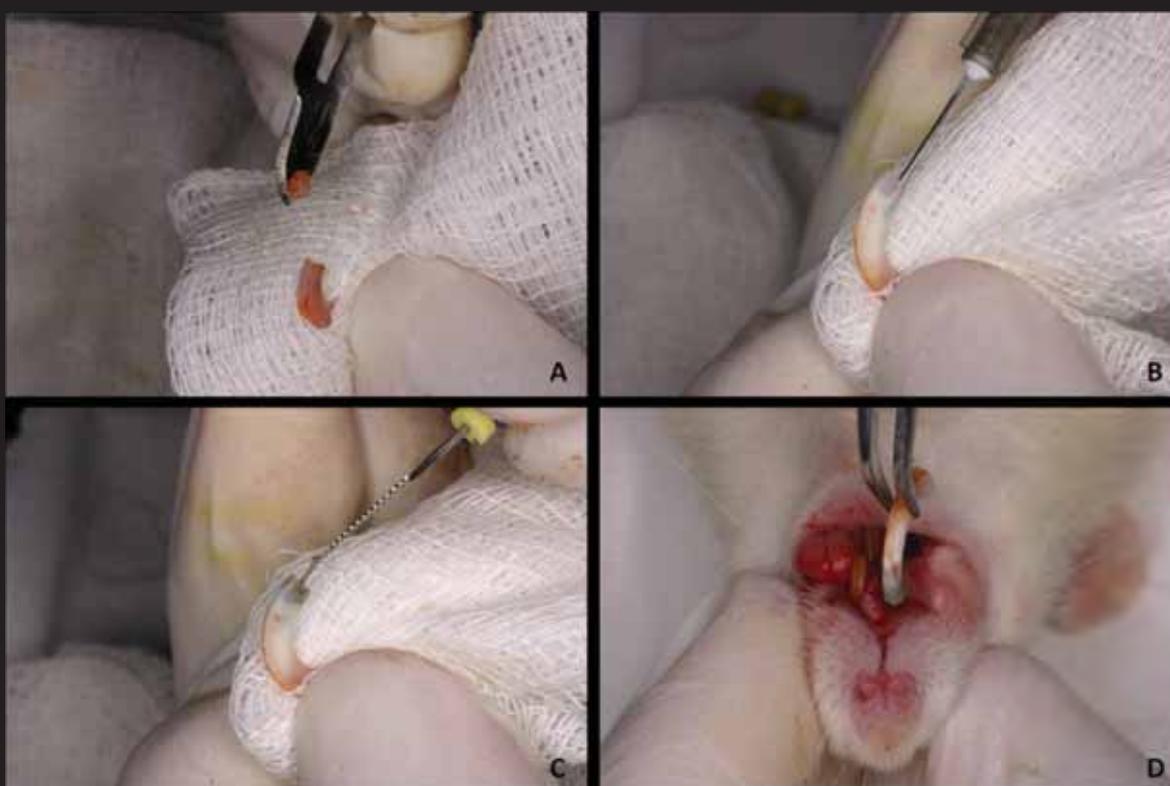


Fig 1. (A) Corte da papila dentária e órgão do esmalte. (B) Preenchimento do canal com pasta de hidróxido de cálcio e propilenoglicol. (C) Vedamento com MTA. (D) Reimplante do incisivo.

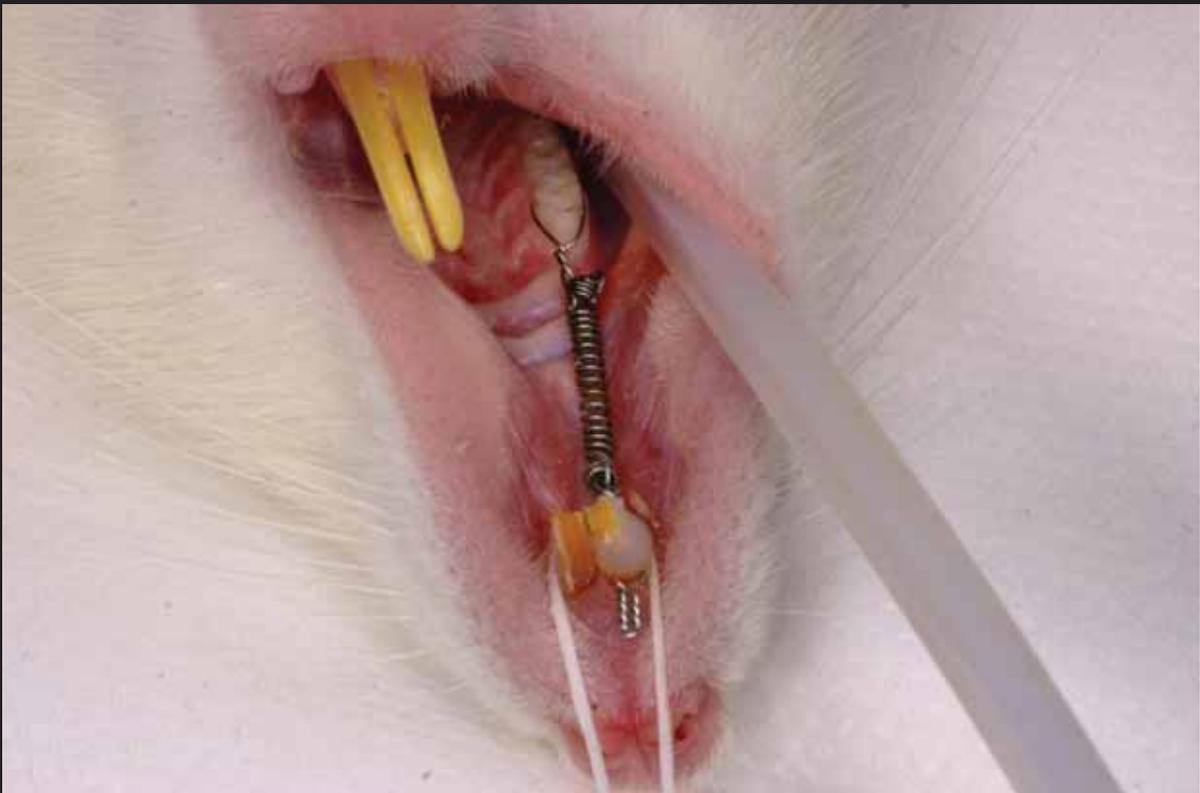


Fig 2. Modelo de dispositivo para MDI, utilizando o incisivo superior direito anquilosado como ancoragem.

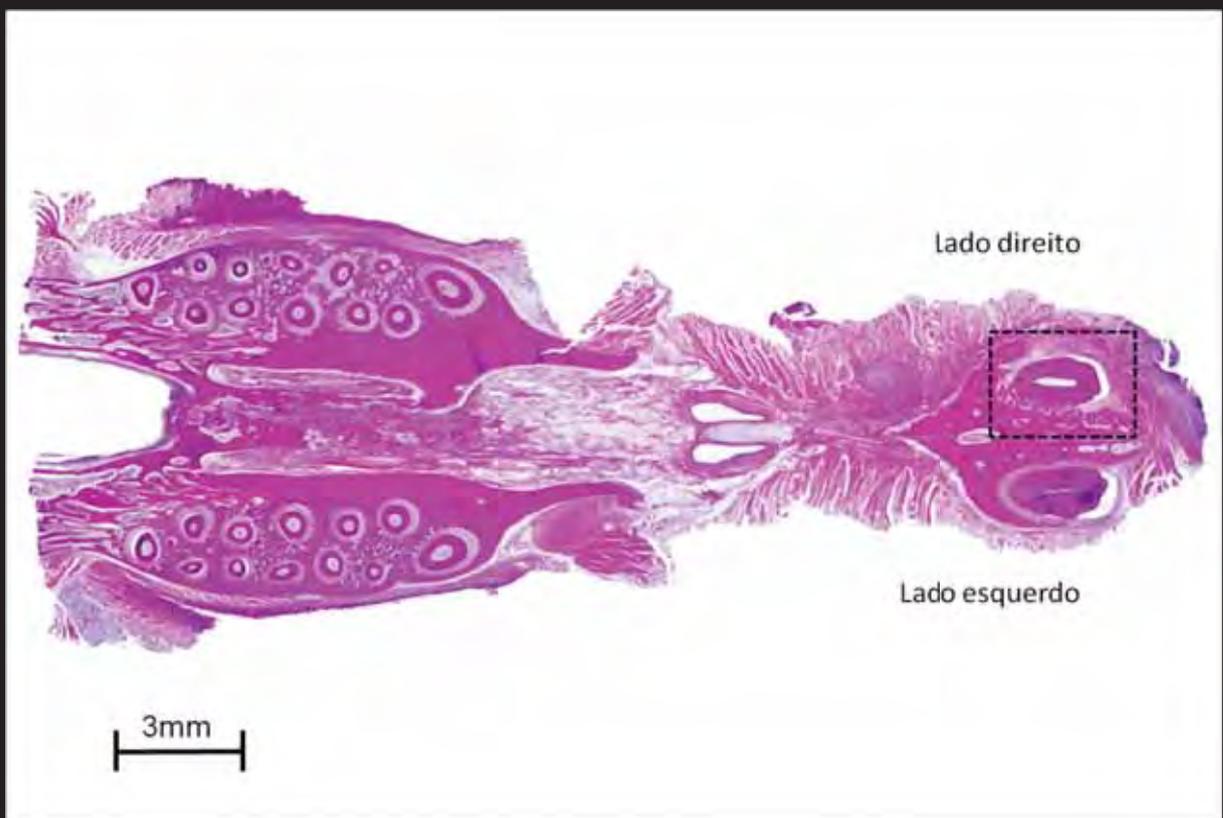


Fig 3. Corte transversal abrangendo as raízes dos molares e incisivos. Em destaque, o incisivo superior direito anquilosado. (HE. 10x).

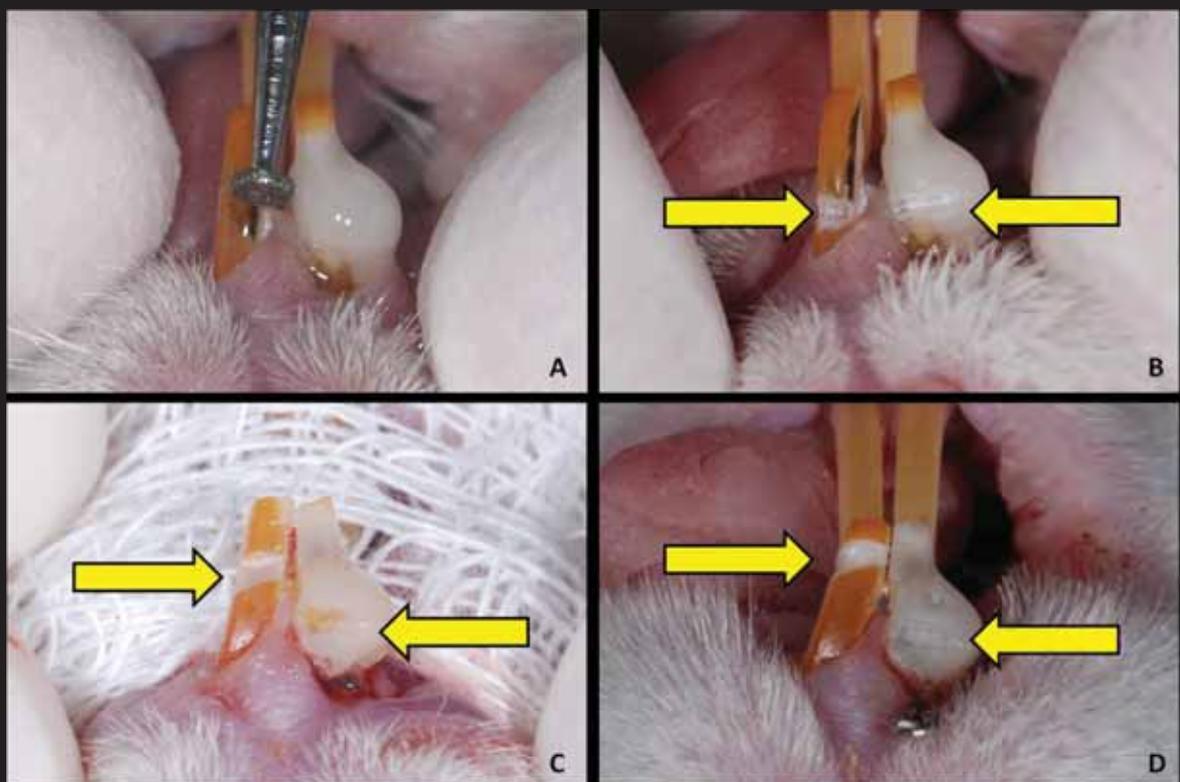


Fig 4. (A) Marcas por desgaste para comparação da erupção entre os incisivos, 15 dias após o reimplante. (B) Desgastes nos incisivos. (C) Três e (D) cinco dias após a confecção das marcas.

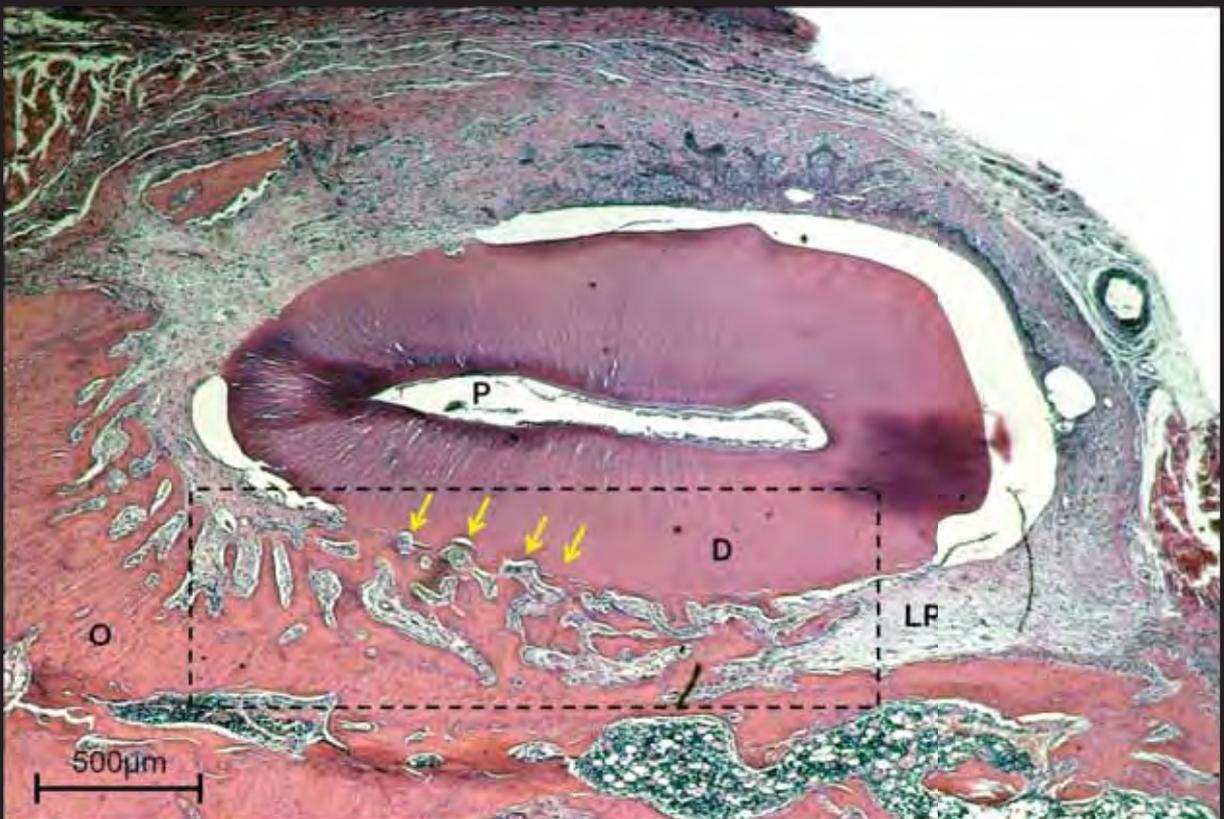


Fig 5. Incisivo superior direito com anquilose dentoalveolar. Em destaque, a formação de tecido ósseo em direção ao dente com início de reabsorção por substituição (setas amarelas). Polpa (P); Dentina (D); Ligamento periodontal (LP); Osso (O). (HE. 20x).

TABELAS

Tabela I. Taxa de erupção dos incisivos dos ratos. Os resultados são dados pela média e desvio padrão em milímetros por dia.

Dias	Grupo controle	Grupo experimental
0-3	0,41 ± 0,03	0,0*
3-5	0,40 ± 0,04	0,0*
5-7	0,38 ± 0,01	0,0*
7-9	0,39 ± 0,02	0,0*

\* Estatisticamente significativa com valor de  $p < 0,05$



## **2.1 Avaliação histomorfométrica da movimentação dentária induzida em ratos com força contínua, contínua interrompida e intermitente**

Osmar Aparecido Cuoghi<sup>a</sup>, Pedro Marcelo Tondelli<sup>b</sup>, Carlos Alberto Aiello<sup>b</sup>, Marcos Rogério de Mendonça<sup>a</sup>, Silvano Cesar da Costa<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Professor Adjunto do Departamento de Odontologia Infantil e Social, Disciplina de Ortodontia Preventiva, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Univ. Estadual Paulista – UNESP.

<sup>b</sup>Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Univ. Estadual Paulista – UNESP.

<sup>c</sup>Professor Doutor do Departamento de Estatística, Universidade Estadual de Londrina - UEL.

Palavras-chave: Movimentação dentária. Reabsorção da raiz. Ratos.

Keywords: Tooth movement. Root resorption. Rats.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Osmar Aparecido Cuoghi

Departamento de Odontologia Infantil e Social - Disciplina de Ortodontia Preventiva -  
Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP

Rua José Bonifácio 1193, CEP 16015-050, Araçatuba, SP, Brazil

Tel: +55 (18) 3636-3236

e-mail: [osmar@foa.unesp.br](mailto:osmar@foa.unesp.br)

## 2.2 RESUMO

**Introdução:** Esta pesquisa teve como finalidade avaliar a quantidade de movimentação dentária, bem como o comportamento periodontal e radicular após o emprego de força contínua (FC), contínua interrompida (FCI) e intermitente (FI).

**Material e Métodos:** Utilizou-se 54 ratos da linhagem Wistar para movimentar os primeiros molares superiores direitos com FC, FCI e FI, nos períodos de 5, 7 e 9 dias. Os incisivos superiores direitos anquilosados foram utilizados como ancoragem para molas de NiTi (Sentalloy<sup>®</sup>) com liberação de 50cN de magnitude de força, sendo mantidas, desativadas ou removidas, em determinados períodos, para estabelecer os tipos de força sobre os molares. Analisou-se o comportamento ósseo entre as raízes intermediária e mesiovestibular, áreas hialinas e reabsorção radicular nestas raízes, além da espessura do ligamento periodontal nos molares não movimentados. Os dados foram comparados pela análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com nível de significância de 5%.

**Resultados:** Não houve diferença na quantidade de movimentação entre os grupos FC e FCI, que diferiram, de forma estatisticamente significativa, do grupo FI. O tecido ósseo entre as raízes acompanhou a movimentação. Ocorreu maior formação de áreas hialinas, no grupo FC, principalmente, no 5º dia de movimentação. Não houve diferença significativa na reabsorção radicular entre os grupos. A avaliação do ligamento periodontal, nos molares não movimentados, mostrou que sua espessura na raiz intermediária é menor do que na raiz mesiovestibular, com diferença estatisticamente significativa.

**Conclusões:** As forças contínuas produzem mais áreas hialinas com maior probabilidade de gerar reabsorções radiculares. As forças contínuas interrompidas possibilitam melhor reparo do ligamento e eliminação mais eficiente das áreas hialinas. A espessura do ligamento periodontal dos murinos é diretamente proporcional à sua dimensão. A diferença, na intensidade de uma mesma magnitude de força sobre as raízes de um mesmo dente, deve-se à espessura do ligamento periodontal variar com a dimensão das raízes.

## 2.3 INTRODUÇÃO\*

A Ortodontia baseia-se na aplicação de forças sobre o dente para estabelecer o movimento ortodôntico, que é um deslocamento dentário favorável para a correção da má oclusão. Em modelos experimentais, em que o deslocamento dentário não tem como objetivo o correto alinhamento dos dentes ou a correção de anomalias dentofaciais, o termo mais empregado é movimentação dentária induzida (MDI).<sup>1</sup>

Na movimentação dentária, a aplicação de forças mecânicas produz, no ligamento periodontal, regiões de estresse ou tensão com o estabelecimento de áreas de tração ou estiramento, e áreas de compressão das fibras periodontais. Em uma descrição simples, o recrutamento e a ativação dos clastos induzem a remoção óssea a partir da área adjacente à compressão do tecido periodontal e, no lado de tensão, ocorre a aposição óssea pelos osteoblastos.<sup>2-6</sup> Desta forma, por meio deste processo de reabsorção e aposição óssea, o dente é reposicionado.<sup>7,8</sup>

Sabe-se que fenômenos físicos, químicos e biológicos estão envolvidos no processo da movimentação dentária, e frente a uma força aplicada sobre o dente, as células, a matriz extracelular do ligamento periodontal e o osso alveolar respondem, concomitantemente, resultando na remodelação óssea. O ligamento periodontal, quando é deslocado, produz distorções nas células e matriz bem como na interação entre estes elementos, ocorrendo liberação de mediadores químicos como citocinas e fatores de crescimento que iniciam e mantêm a remodelação óssea, propiciando a movimentação dentária.<sup>1</sup>

Este mecanismo biológico parece sofrer grande influência pela duração e característica de uma força aplicada, gerando variadas reações teciduais.<sup>9</sup> Segundo Graber e Vanarsdall,<sup>10</sup> existem dois diferentes tipos de forças empregadas em Ortodontia, as forças contínuas e as intermitentes. Uma força contínua visa manter sua magnitude inicial durante um longo período, sendo produzida por fios e molas com características super-elásticas (alto limite de elasticidade e memória de forma). Entretanto, quando se utiliza fios ou molas, com reduzida elasticidade e memória de forma, a magnitude da força sofre um declínio gradativo e atinge um nível incapaz de produzir movimentação dentária, sendo, então, classificada como força contínua

---

\* O texto foi escrito, no formato de artigo, segundo as normas da revista American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics (Anexo A).

interrompida. Por outro lado, uma força intermitente atua, durante um período reduzido, e é eliminada totalmente com a remoção do dispositivo gerador da força, observada normalmente com a utilização de aparelhos extrabucais, removíveis e elásticos intermaxilares.<sup>10,11</sup>

A duração do tratamento, a magnitude da força aplicada, a direção do movimento dentário e o método de aplicação de forças parecem contribuir para que as forças contínuas interrompidas e intermitentes sejam menos agressivas do que as contínuas.<sup>2</sup> Outros autores<sup>12,13</sup> afirmam que forças de baixa magnitude e de forma contínua resultam em respostas biológicas desejáveis. Os fios super-elásticos, com alto limite elástico e memória de forma, como a liga de níquel-titânio (NiTi), têm sido usados amplamente para os tratamentos ortodônticos, objetivando desempenhar forças de baixa magnitude e contínua.<sup>12,13</sup> Apresentam como principais características a super-elasticidade, resistência à corrosão e excelente biocompatibilidade, podendo ser utilizada por períodos maiores, apresentando respostas biológicas desejáveis.<sup>13</sup> A investigação de forças contínuas e intermitentes, com diferentes intensidades, durante a movimentação dentária, demonstrou que a característica de uma força tem mais influência que sua magnitude.<sup>14</sup>

Com base nas informações da literatura, tornou-se pertinente avaliar a quantidade de movimentação dentária, as condições ósseas, radiculares e periodontais após o emprego da força contínua, contínua interrompida e intermitente.

## **2.4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.4.1 Seleção e distribuição da amostra**

Utilizou-se 54 ratos machos albinos, da linhagem Wistar (*Rattus norvegicus*), adultos jovens com aproximadamente 90 dias e massa corporal de 300g. Os animais, provenientes do Biotério da FOA - UNESP, foram mantidos durante o tempo experimental em ambiente com temperatura de 22°C ± 2°C, em gaiolas com 6 animais, ração triturada e água sem restrições. Antes dos procedimentos

experimentais, os animais foram acondicionados por 7 dias para ambientação, com ciclo de luz de 12/12 horas.

Os modelos experimentais foram compostos por 3 grupos de 18 animais, submetidos a movimentação dentária induzida (MDI) com força contínua (FC), contínua interrompida (FCI) e intermitente (FI), por períodos de 5, 7 e 9 dias. Os grupos foram subdivididos e identificados respectivamente como FC5, FC7, FC9, FCI5, FCI7, FCI9, FI5, FI7, FI9, com 6 animais em cada (Figura 1).

Em todos os grupos, os primeiros molares superiores do lado direito foram submetidos à MDI ancorados aos incisivos superiores do mesmo lado.

#### **2.4.2 Instalação e ativação dos dispositivos para MDI**

Os procedimentos experimentais foram realizados sob anestesia intramuscular, na dosagem de 80mg/Kg de cloridrato de ketamina (Dopalen, Sespo Ind. e Com. Ltda., Jacareí, SP, Brasil), concomitantemente com o relaxante muscular na dosagem de 10mg/Kg de cloridrato de xilazina (Anasedan, Agribands do Brasil Ltda., Paulínia, SP, Brasil), de acordo com as recomendações do fabricante.

Os incisivos superiores do lado direito de cada animal passaram pela indução de anquilose por meio da extração, corte da papila dentária e órgão do esmalte, remoção do ligamento periodontal, pulpectomia, obturação com hidróxido de cálcio, selamento do ápice radicular com MTA e replante imediato, 15 dias antes da instalação das molas, de acordo com a metodologia descrita no capítulo 1.

Para a MDI, empregou-se o dispositivo idealizado por Heller e Nanda,<sup>15</sup> modificado pela substituição da mola de aço por níquel-titânio (Sentalloy, GAC, NY, EUA) e inserção de resina fotopolimerizável (Z100, 3M, St. Paul, MN, USA) na região cervical do incisivo. Esta resina foi acondicionada para melhorar a retenção do fio de aço na região cervical do incisivo previamente replantado e possibilitar as ativações e desativações da mola.

Na instalação das molas, o primeiro molar superior direito foi envolvido com um fio de aço 0,20mm de diâmetro (Morelli, Sorocaba, SP, Brasil), atado a uma mola de secção fechada de 3mm de comprimento, que libera uma força contínua com

magnitude de 50cN.<sup>16-21</sup> A mola, distendida 3mm em seu comprimento, foi amarrada cervical à resina do incisivo superior direito com fio de aço 0,25mm de diâmetro (Morelli, Sorocaba, SP, Brasil), estabelecendo assim, uma força contínua. Para obtenção da força contínua interrompida, as molas foram desativadas e permaneceram passivas até a próxima ativação, com o fio de amarrilho até o incisivo. Para obtenção da força intermitente, as molas foram removidas entre as ativações (Figura 2).

#### **2.4.3 Eutanásia e processamento histotécnico**

A eutanásia ocorreu após os períodos de 5, 7 e 9 dias, por meio de dose excessiva de anestésico e, em seguida, os animais foram decapitados, preservando toda a maxila desde os incisivos até os terceiros molares. As peças foram fixadas em formol 10% por 48 horas, lavadas em água corrente por 24 horas, descalcificadas em solução de E.D.T.A. a 18% por 6 semanas, desidratadas, clarificadas e incluídas em blocos de parafina.<sup>22</sup> Os cortes foram feitos, no sentido transversal, com 6µm de espessura, ao nível cervical dos molares até os incisivos, a partir da separação de todas as raízes, seguido da coloração convencional com hematoxilina e eosina.

#### **2.4.4 Análise quantitativa da movimentação dentária**

A quantidade de movimentação dentária foi obtida pela diferença entre as distâncias da face mesial do 1º molar superior até a distal do 3º molar superior do lado direito movimentado e esquerdo não movimentado.<sup>21,23</sup> As mensurações foram obtidas por meio de um paquímetro digital (Mitutoyo, São Paulo, Brasil), com o auxílio de uma lupa ocular com aumento de 4x (Intex, Brasil) e realizadas por 2 avaliadores devidamente calibrados (Figura 3).

#### **2.4.5 Digitalização dos cortes histológicos**

As imagens foram capturadas por meio de uma lupa estereomicroscópica Stemi 2000C (Carl Zeiss, Göttingen, Alemanha) e um microscópio óptico (Carl Zeiss, Göttingen, Alemanha), no qual estava acoplada uma câmera microscópica AxioCam MRc5 (Carl Zeiss, Göttingen, Alemanha) e uma fonte de luz transmitida por fibra óptica KL 1500 LCD (Schott, Mainz, Alemanha).

#### **2.4.6 Estabelecimento das diretrizes para as análises histométricas**

Verificou-se que a linha que passa pelo centro das raízes intermediária e mesiovestibular do molar e se estende até os incisivos aproxima-se da direção da força que o dispositivo para MDI exerce. Desta forma, os traçados foram assim orientados (Figura 4):

1. Linha 1 (amarela): une o centro das raízes intermediária e mesiovestibular.
2. Linhas 2 (azuis): são perpendiculares à linha 1 passando pelo centro das raízes intermediária e mesiovestibular, estendendo-se até as bordas do osso alveolar.
3. Linhas 3 (pretas): unem os bordos alveolares das duas raízes.
4. Linha 4 (preta tracejada): une os pontos mais próximos entre as superfícies das raízes intermediária e mesiovestibular.
5. Linha 5 (verde): separa o osso alveolar entre as duas raízes, passando pelo centro da linha 4 de forma perpendicular à linha 1.
6. Linhas 6 (marrons): bissetrizes entre as linhas 1 e 2 estendidas até o cimento.

#### **2.4.7 Análise da quantidade de áreas hialinas**

As áreas hialinas foram contornadas, nos lados de pressão e tração, separadas pelas linhas 2, das raízes intermediária e mesiovestibular, e quantificadas como porcentagem das respectivas áreas de pressão e tração do ligamento periodontal destas raízes (Figura 5).

#### **2.4.8 Análise da quantidade de reabsorção radicular**

As áreas de reabsorção foram delineadas sobre as raízes intermediária e mesiovestibular, e os valores são porcentagens das áreas totais destas raízes. As áreas de reabsorção foram contornadas e quantificadas em porcentagem do valor das áreas totais das raízes, e denominadas áreas de reabsorção, na superfície de compressão, mesial das raízes, e de tração, distal das raízes (Figura 6).

#### **2.4.9 Análise da quantidade óssea**

As áreas ósseas foram delimitadas pelas linhas 3 e 5, contornando as corticais ósseas do ligamento periodontal das raízes intermediária e mesiovestibular. A área óssea distal da raiz mesiovestibular foi denominada área óssea de tração, e a área mesial à raiz intermediária foi denominada área de compressão. Os valores destas áreas foram determinados em porcentagem da área total delimitada pelas linhas 2 e 3 (Figura 7).

#### **2.4.10 Análise da espessura do ligamento periodontal**

As medidas foram realizadas somente no lado esquerdo, não movimentado, para avaliar se a espessura do ligamento periodontal das raízes intermediária e mesiovestibular são semelhantes. As aferições foram realizadas, de forma perpendicular às superfícies radiculares até as corticais ósseas, nas regiões das linhas 1 e 6, ou seja, 3 medições em cada superfície, mesial e distal, das raízes. A média entre as 3 medições determinou os valores da espessura do ligamento periodontal (Figura 8).

#### **2.4.11 Métodos estatísticos**

Realizou-se a análise de variância (ANOVA) em que os dados foram interpretados no esquema fatorial de delineamento inteiramente ao acaso. As pressuposições para a realização da análise de variância foram atendidas, sendo que a homogeneidade de variâncias foi verificada por meio do teste de Bartlett e a

normalidade dos resíduos pelo teste Shapiro-Wilks. Quando houve diferença significativa, aplicou-se o teste de Tukey sobre as médias para detectar tal diferença. Os dados de espessura do ligamento periodontal foram analisados pelo teste t. Em todos os testes adotou-se nível de significância de 5%.<sup>24</sup>

## **2.5 RESULTADOS**

### **2.5.1 Movimentação dentária**

A análise quantitativa da movimentação dentária mostrou que, no período de 5 dias, os dentes movimentados com força contínua apresentaram maiores deslocamentos. Por outro lado, nos períodos de 7 e 9 dias, os dentes, sob o emprego de força contínua interrompida, atingiram maiores níveis de deslocamento. Pela análise estatística, não houve diferença entre os grupos FC e FCI, que diferiram, de forma estatisticamente significativa, do grupo FI (Tabela I).

### **2.5.2 Áreas hialinas**

Em ambos os lados da raiz mesiovestibular e no lado de tração da raiz intermediária, não houve formação de áreas hialinas que pudessem ser aferidas.

No lado de compressão da raiz intermediária, com áreas hialinas evidentes e mensuráveis, o 5º dia mostrou diferença estatisticamente significativa em relação aos demais dias. O grupo FC apresentou as maiores áreas, com diferença estatisticamente significativa para os demais grupos, atingindo um valor médio de 47,16% da área do ligamento periodontal no 5º dia, enquanto os grupos FCI e FI apresentaram em média 10% (Tabela II).

### **2.5.3 Reabsorção radicular**

A raiz mesiovestibular não apresentou reabsorção radicular mensurável em nenhum dos grupos.

A raiz intermediária apresentou discreta reabsorção radicular, com percentual maior no lado de compressão, que aumentou gradativamente até o 9º dia, atingindo 3% no grupo FC, 1,39% no FCI e 0,30% no FI. No entanto, não houve diferença estatisticamente significativa (Tabela III).

#### **2.5.4 Quantidade óssea**

Na área óssea de compressão, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos e o tempo.

Na área óssea de tração, houve diferença significativa apenas entre os grupos FC e FI, com valores menores para o grupo FI (Tabela IV).

#### **2.5.5 Espessura do ligamento periodontal**

A comparação das médias da espessura do ligamento periodontal das raízes intermediária e mesiovestibular, no lado esquerdo não movimentado, evidenciou uma diferença, estatisticamente significativa, com o valor de  $p < 2.2 \times 10^{-16}$ , mostrando que as dimensões do ligamento periodontal destas raízes são realmente diferentes (Tabela V).

### **2.6 DISCUSSÃO**

Com base na afirmação de que a duração e as características da força têm grande influência no mecanismo biológico e promovem diferentes reações teciduais,<sup>9</sup> a quantidade de movimentação foi mensurada com intuito de comparar com as alterações microscópicas encontradas nos diferentes períodos, e desse modo explicar os efeitos dos diversos tipos de força sobre os dentes e os tecidos de suporte.

### 2.6.1 Movimentação dentária

A análise quantitativa da movimentação dentária seguiu o método utilizado por alguns autores,<sup>21,23</sup> e mostrou que não há diferença, estatisticamente significativa, entre os grupos FC e FCI nos 3 períodos avaliados. Deste modo, foi possível ter uma noção do comportamento da movimentação dentária com os diferentes tipos de força nos períodos estudados. No grupo FC, houve movimentação inicial maior até o 5º dia, com estagnação do movimento até o 7º dia e seu retorno até o 9º dia (Figura 9). Vários autores<sup>1,10,11,25-29</sup> descreveram uma fase de platô ou interrupção da movimentação após a fase inicial, e afirmam que, devido à formação de áreas hialinas, ocorreu o atraso da movimentação até a sua eliminação. Esta fase inicial é descrita como o deslocamento do dente pela compressão do ligamento periodontal, flexão óssea e a extrusão dentária.<sup>30,31</sup> Em 2000, Tengku et al.<sup>29</sup> constataram esta fase de platô do 3º ao 7º dia em ratos, creditando tal fase às áreas hialinas presentes neste período.

Apesar de não ter ocorrido diferença estatisticamente significativa, no grupo FCI, a movimentação foi crescente, superando o grupo FC, no 7º e 9º dias, o que poderia ser explicado pelo período de repouso, na interrupção da força, permitindo o reparo dos tecidos e favorecendo a eliminação das áreas hialinas, pois a magnitude da força atuante é incapaz de promover a movimentação dentária.<sup>10,11,26,29</sup>

Alguns autores<sup>32-34</sup> afirmam que a quantidade de movimentação está diretamente relacionada com o tempo de ativação da mola. No entanto, Hayashi et al.,<sup>35</sup> em 2004, estabeleceram que a magnitude, e a duração da força são importantes fatores para estimular o recrutamento dos osteoclastos, no ligamento periodontal, e que a quantidade de movimentação dentária inicial é semelhante tanto para as forças contínuas como para as intermitentes ou interrompidas. Nesta pesquisa, a quantidade de movimentação dentária foi menor em todos os períodos no grupo FI. Houve diferença, estatisticamente significativa, dos grupos FC e FCI em relação ao FI, que apresentou valores de movimentação semelhantes aos outros grupos apenas no 7º dia quando as molas estavam ativas. Com a remoção da força, a quantidade de movimentação declinou acentuadamente, no grupo FI, evidenciada no 9º dia.

A magnitude de força aplicada nos experimentos para MDI dos molares murinos varia de 0,8cN<sup>36</sup> a 100cN<sup>33</sup> com o intuito de avaliar os tecidos de suporte e a quantidade de movimentação dentária. Convém salientar que a unidade “grama” (g) refere-se à massa e não deve ser utilizada para expressar a magnitude de força, que requer o uso da unidade “Newton” (N). Desta forma, os fatores de conversão são: 1N = 101.937g ou 1g = 0,00981N. Considerando que centi (c) constitui um anteposto a uma unidade de medida, que 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.<sup>37</sup> Neste estudo, empregou-se uma magnitude de força de 50cN, por meio de uma mola de NiTi, dentro da faixa preconizada pela literatura especializada.<sup>1,16</sup> Esta mola super-elástica tem a capacidade de liberar força com magnitude constante sem o seu declínio, independente do estiramento,<sup>16,17</sup> desempenhando forças durante períodos prolongados e sem interrupção.<sup>16,18-20</sup> Por outro lado, as ligas de aço produzem movimentação dentária inicial e, posteriormente, tornam-se reduzidas a ponto de interromper a movimentação dentária, parecendo ser biologicamente mais favorável.<sup>9</sup>

A investigação de forças contínuas e intermitentes durante a movimentação dentária demonstrou que as características de uma força têm mais influência que sua magnitude.<sup>14</sup> Desta forma, procurou-se estabelecer os 3 tipos de força,<sup>10,11</sup> ao manter a mola ativa com força contínua, durante os períodos de tempo no grupo FC; desativando e reativando a mola com o fio de amarrilho em diferentes períodos, caracterizando a força contínua interrompida no grupo FCI; e removendo a mola, nos diferentes períodos no grupo FI, estabelecendo uma força intermitente.

A necessidade do controle da direção da força, durante a MDI, é um fator importante para não produzir resultados duvidosos.<sup>16</sup> No presente trabalho, os incisivos induzidos previamente à anquilose não apresentaram movimentação pela perda de ancoragem ou mola instalada, nem mesmo a erupção contínua inerente à espécie, o que caracteriza uma manutenção da direção da força muito superior a outros métodos utilizados.

### 2.6.2 Áreas hialinas

A área hialina é descrita como uma região homogênea livre de núcleos ou células no ligamento periodontal.<sup>27</sup> As células desaparecem por migrarem ou necrosarem, deixando o local apenas com a matriz extracelular que se modifica e assume um aspecto vítreo ou hialino.<sup>1</sup>

Na análise microscópica do ligamento periodontal, nas raízes mesiovestibulares, não foram observadas áreas hialinas que pudessem ser quantificadas de forma histométrica. Nesta região, observou-se uma reabsorção óssea direta com pequenas lacunas de Howship e BMUs (unidades de remodelação óssea), em toda superfície óssea no lado de compressão nos diferentes tipos de força (Figura 10). Frequentemente, a reabsorção óssea direta está associada a forças de baixa magnitude aplicadas sobre o ligamento periodontal.<sup>1,25,26,28</sup> Este fato sugere que a força de 50cN foi melhor distribuída, na maior raiz do 1º molar murino, diminuindo os efeitos adversos como a formação de áreas hialinas e reabsorção radicular, corroborando com a afirmação de que forças de baixas magnitudes resultam em respostas biológicas desejáveis.<sup>12,13</sup>

No entanto, para a raiz intermediária, a magnitude da força demonstrou ser alta pela maior presença de áreas hialinas, no 5º dia, em todos os grupos, atingindo 47% do espaço periodontal, no grupo FC, e 10% em média no FCI e FI. Nos períodos posteriores, as áreas foram gradativamente eliminadas, a partir de sua periferia, permitindo uma movimentação maior evidenciada no 9º dia. Estes dados estão de acordo com os encontrados por Tengku et al.,<sup>29</sup> que constataram uma fase de estagnação ou platô do 3º ao 7º dia em ratos, creditando às áreas hialinas presentes do 1º ao 7º dia de movimentação dentária. Outros autores<sup>1,25</sup> também afirmam que 75cN de magnitude de força pode ser moderada para a raiz mesiovestibular e alta para as raízes menores como a distovestibular ou intermediária. Após 5 dias de MDI com força contínua, os efeitos são semelhantes aos que ocorrem com 3 dias, porém, mais intensos, principalmente quando se refere às áreas hialinas.<sup>25,38</sup> Esta informação corrobora com o início da avaliação deste experimento a partir do 5º dia de MDI.

Comparando os tipos de força, esta pesquisa detectou maior formação de áreas hialinas, no grupo FC, em todos os períodos avaliados, com diferença

estatisticamente significativa. Na comparação entre os períodos, a maior quantidade ocorreu no 5º dia, com diferença estatisticamente significativa (Figuras 11, 12 e 13).

Os grupos FCI e FI, permitiram um período de repouso, favorecendo o reparo do ligamento periodontal e a eliminação mais rápida das áreas hialinas, corroborando outros trabalhos.<sup>10,11,26,29</sup> Enquanto no grupo FC, as áreas hialinas atingiram em torno de 47% da área de compressão do ligamento periodontal, no 5º dia, os grupos FCI e FI mostraram valores percentuais ao redor de 10%. Ou seja, os dentes movimentados com força contínua interrompida e intermitente apresentaram áreas hialinas quase 5 vezes menores quando comparados com os que receberam força contínua. Deve-se enfatizar que as reabsorções radiculares iniciam na periferia das áreas hialinas,<sup>28,29</sup> que a movimentação dentária sofre uma estagnação momentânea até sua eliminação,<sup>1,10,11,25,29</sup> e que os períodos de repouso diminuem sua formação, favorecendo sua eliminação,<sup>10,11,26,29</sup> conforme os resultados dos grupos FCI e FI.

### **2.6.3 Reabsorção radicular**

A reabsorção radicular inicia-se após a morte da camada de cementoblastos que reveste a raiz, causada pelo excesso de estresse ou tensão que gera hipóxia ou anóxia nas células, ou ainda, por consequência de um traumatismo dentoalveolar.<sup>1,3,6</sup> Assim, os clastos iniciam o processo de reabsorção na periferia das áreas hialinas.<sup>28,29</sup> Neste estudo, evidenciou-se a reabsorção radicular ao lado destas áreas a partir do 5º dia de movimentação com força contínua. No 9º dia, não foram evidenciados reparos por meio de linhas de reversão ou nova colonização por cementoblastos (Figura 11).

A reabsorção radicular ocorreu nos 3 grupos estudados, porém, não ocorreu diferença, estatisticamente significativa, entre eles, mesmo assim, no grupo FC, as reabsorções foram maiores e atingiram, em média, 3% da área total na raiz intermediária. Convém salientar que estas observações foram obtidas somente nas regiões cervicais analisadas por meio de cortes transversais. Resultados semelhantes foram apresentados por Zamalloa<sup>39</sup> que não encontrou diferença entre a força contínua e interrompida aos 8 dias, utilizando a mesma magnitude de força,

atribuindo maior tendência de ocorrer reabsorção radicular com a utilização de forças contínuas. Alguns autores afirmaram que as forças contínuas produzem maior quantidade de reabsorção,<sup>40,41,42</sup> e a magnitude da força, provavelmente, não influencia no processo de reabsorção radicular.<sup>40,41</sup>

Em 2003, Weiland<sup>40</sup> constatou que, com a utilização de fios super-elásticos, a possibilidade de reabsorções radiculares é 140% maior do que com os fios de aço. O autor considerou que o fio super-elástico desempenhou uma força contínua e, portanto, semelhante à presente pesquisa. Por outro lado, o fio de aço pode ser considerado como um emprego de força contínua interrompida. A associação dos resultados da presente pesquisa com os de Weiland<sup>40</sup> demonstram que a força contínua interrompida proporciona deslocamentos dentários semelhantes àqueles utilizados com força contínua, porém com efeitos biológicos mais satisfatórios.

O estresse exagerado, no ligamento periodontal, bem como sua manutenção, produz as áreas hialinas e, desta forma, parece prudente afirmar que a força contínua, por produzir maior quantidade de áreas hialinas, tem maior potencial para desenvolver a reabsorção radicular do que a força contínua interrompida e a intermitente. Portanto, apesar da reabsorção radicular ter sido maior, no grupo FC, mas não ser estatisticamente significativa, parece evidente o maior potencial de efeitos deletérios apresentados pela força contínua quando comparada com as outras forças.

#### **2.6.4 Quantidade óssea**

Enquanto as áreas hialinas são fagocitadas, os eventos inflamatórios e as reabsorções ocorrem em sua periferia. Como consequência, a cortical óssea junto às áreas hialinas vai perdendo a ligação adjacente e o dente desloca, com mobilidade aumentada, caracterizando uma reabsorção óssea a distância ou indireta.<sup>1</sup> Para analisar o comportamento ósseo, durante a movimentação com os diferentes tipos de força, procurou-se dividir a área óssea entre as raízes intermediária e mesiovestibular em área de compressão, mesial da raiz intermediária, e área óssea de tração, distal da raiz mesiovestibular. Estas áreas foram transformadas em valores percentuais da área total entre as raízes, com o

objetivo de comparar se haveria aumento ou diminuição, e verificar como se desloca o septo ósseo inter-radicular. Desta forma, o que se esperava com o deslocamento das raízes, dentro do espaço periodontal, era um aumento da área óssea de compressão e uma diminuição da área óssea de tração, nos primeiros dias, até ocorrer a dissipação da força, visto que as linhas de referência para as medições foram baseadas nos centros das raízes.

A análise estatística não mostrou diferença significativa na comparação entre os dias, no entanto, no grupo FC, houve um aumento gradativo da área óssea de tração, e uma diminuição, também gradativa, da área óssea de compressão nos períodos avaliados. Este efeito pode ser explicado pela flexão óssea, descrita por diversos autores,<sup>1,26,30,31</sup> permitindo que o septo inter-radicular acompanhasse o deslocamento das raízes somado à remodelação óssea.<sup>2-8</sup> A diminuição da área de compressão deve-se à reabsorção óssea indireta ao redor das áreas hialinas, inclusive com aumento do espaço periodontal.

A área óssea de compressão não mostrou diferença entre os 3 grupos analisados. Na área óssea de tração, o grupo FI diferiu dos demais por apresentar uma área menor, provavelmente, pela indefinição entre os processos de formação e reabsorção óssea na aplicação e remoção da força.

### **2.6.5 Espessura do ligamento periodontal**

Alguns autores<sup>28,29,43-45</sup> descrevem a espessura do ligamento periodontal, variando de 0,100 a 0,160mm, com média em torno de 0,130mm para todas as regiões dos molares murinos. Quando os dentes antagonistas são extraídos, removendo os contatos oclusais, a espessura do ligamento diminui, ficando em torno de 0,055 a 0,114mm.<sup>43</sup> Isto mostra que o ligamento periodontal aumenta ou diminui sua espessura com a presença ou não de estresse sobre ele.

Foi relatado que, com 7 dias, a espessura do ligamento periodontal inicia seu retorno à normalidade.<sup>28</sup> Sella,<sup>44</sup> em 2008, constatou que, com 7 dias de movimentação com força contínua, o ligamento periodontal, no lado de tração da raiz mesiovestibular, estava estirado com 0,149mm e o lado de compressão da raiz distovestibular diminuído, apresentando 0,107mm. Neste estudo,<sup>44</sup> as medições

foram realizadas em cortes longitudinais, na região da furca dos molares murinos e comparados com a média geral de 0,128mm encontrada no grupo controle. Esta média também foi relatada por Moreira,<sup>45</sup> que afirmou um aumento maior na espessura do ligamento, com a utilização de força contínua interrompida, quando comparado com a força contínua.

Os trabalhos realizados com cortes longitudinais não permitem visualizar as diferenças nas espessuras do ligamento periodontal, em todas as raízes, e também de acordo com o formato delas. Fracalossi et al.<sup>25</sup> verificaram que os cortes longitudinais possibilitam a análise de todas as raízes e que os fenômenos de maior interesse, como a reabsorção radicular, são melhor visualizados.

Kogure e Noda,<sup>46</sup> em 2009, encontraram uma espessura média de 90µm nas raízes distovestibular e distopalatina em molares murinos, ou seja, 0,090mm, e com base na pesquisa de Kondo,<sup>47</sup> onde a circulação sanguínea no ligamento periodontal se mantém com a compressão de 1/3 de sua espessura, os autores<sup>46</sup> aplicaram uma força contínua interrompida que comprimiu 1/3 e 2/3 da espessura do ligamento periodontal. Concluíram que, a compressão de 2/3 do ligamento periodontal produziu áreas hialinas e reabsorção óssea indireta, a partir do 3º dia e, reabsorção radicular severa, a partir do 15º dia. Já com o ligamento periodontal comprimido em 1/3 da sua espessura, estes eventos não ocorreram.

No presente trabalho, avaliou-se a espessura do ligamento periodontal das raízes intermediária e mesiovestibular, nos molares do lado esquerdo, não movimentado, e constatou-se grandes variações em um mesmo ponto, de acordo com o tamanho e a forma das raízes. De um modo geral, o ligamento parecia mais estreito em raízes ou contornos radiculares menores. Assim, realizou-se uma análise das medidas da espessura, aplicando o teste t para comparação das médias,<sup>24</sup> entre as raízes intermediária e mesiovestibular, no lado de tração e compressão. Houve uma diferença, estatisticamente significativa, com o valor de  $p < 2.2 \times 10^{-16}$ , mostrando que as dimensões do ligamento são realmente diferentes entre as raízes, ou seja, não foi um efeito casual. A espessura do ligamento periodontal, na superfície mesial da raiz mesiovestibular (0,170mm), é quase o dobro da espessura na mesma superfície da raiz intermediária (0,098mm). Parece claro que a largura do

ligamento está relacionada diretamente com a dimensão da raiz, ou seja, quanto maior o seu tamanho, maior é a largura do ligamento periodontal.

Com base na pesquisa de Kogure e Noda,<sup>46</sup> pode-se dizer que, nos molares movimentados do presente estudo, a compressão atingiu menos de 1/3 da espessura do ligamento periodontal das raízes mesiovestibulares, pois ocorreu reabsorção óssea direta e não foi possível visualizar áreas hialinas e reabsorções radiculares. Já na raiz intermediária, ocorreu reabsorção óssea indireta, reabsorção radicular e áreas hialinas em grande extensão. Ainda que o ligamento periodontal da raiz intermediária fosse completamente comprimido, ou esmagado, pela aplicação de uma força, a compressão do ligamento periodontal, na raiz mesiovestibular, atingiria apenas metade de sua espessura.

Desta forma, a maior largura do ligamento periodontal, na raiz mesiovestibular, propicia melhor dissipação da força, enquanto na raiz intermediária, com o ligamento de menor espessura, o estresse gerado pela força tem maior concentração no ligamento, gerando maior potencial para formação de áreas hialinas e reabsorções radiculares.

Fracalossi et al.<sup>25</sup> atribuíram este efeito ao tamanho das raízes, afirmando que o volume maior da raiz mesiovestibular permite melhor dissipação da força. Além disso, acreditam que, devido à forma de trapézio do primeiro molar superior, ocorre um giro dentro do alvéolo, as raízes distais percorrem um trajeto maior e são projetadas contra o septo inter-radicular, tornando os efeitos intensos sobre elas. O presente trabalho demonstra que a menor espessura do ligamento periodontal, na raiz intermediária, é um fator determinante para que a força tenha um efeito mais intenso nesta região.

#### **2.6.6 Considerações finais**

Por meio da técnica de medição executada,<sup>21,23</sup> processamento histotécnico<sup>22</sup> e metodologia para MDI<sup>15</sup> modificada, foi possível avaliar o comportamento da movimentação dentária com os diferentes tipos de força nos períodos estudados. Na Ortodontia, deve-se utilizar os diversos tipos de forças conforme a necessidade ou indicação de cada caso, conhecendo seus efeitos e com base em evidências

científicas, visto que as características de uma força têm mais influência que sua magnitude.<sup>14</sup>

A força contínua, normalmente desempenhada por fios com características super-elásticas (alto limite de elasticidade e memória de forma) como a liga de NiTi, pode exercer uma boa resposta biológica desde que sua ação sobre o ligamento periodontal seja suave, produzindo uma reabsorção óssea direta conforme demonstrado na raiz mesiovestibular dos molares murinos. No entanto, as superfícies ósseas e radiculares, assim como a espessura do ligamento periodontal não são uniformes e a concentração do estresse ou tensão pode ocorrer em outros locais do ligamento periodontal, conforme demonstrou Cataneo et al.<sup>48</sup>

Por analogia, as raízes dos dentes humanos possuem diversos tamanhos e formas, e assim, a espessura do ligamento periodontal, provavelmente, deve variar com as dimensões das raízes, conforme demonstrado nesta pesquisa com murinos. Portanto, a utilização destas ligas promoverá efeitos suaves para raízes mais volumosas e, intensos nas menores. Deste modo, a escolha dos arcos, molas ou da força aplicada deverá ser baseada sempre na dimensão das menores raízes. Ainda assim, poderá gerar magnitudes de força intensas ou efeitos deletérios por não permitir um tempo de reparo dos tecidos. Mesmo em regiões do ligamento periodontal, onde o estresse é dissipado de um modo mais eficiente, a presença de áreas hialinas e reabsorções radiculares podem ocorrer, em extensões muito reduzidas e de difícil visualização ou mensuração, como ocorreu na raiz mesiovestibular.

Por outro lado, as forças contínuas interrompidas, normalmente desempenhadas por fios com ligas de aço, promovem a mesma quantidade de movimentação dentária, produzem menores áreas hialinas e possibilitam um reparo mais eficiente dos tecidos, diminuindo a possibilidade de reabsorção radicular. Assim, ainda que os clínicos apreciem o uso das ligas com memória de forma, seria conveniente que os fios de aço inoxidável fossem utilizados objetivando a interrupção da força e, conseqüentemente, um melhor reparo dos tecidos. Além disso, frequentemente observa-se constantes alterações de formatos de arcos durante o tratamento ortodôntico com fios pré-contornados, com alto limite elástico e memória de forma. Cuoghi et al.<sup>49</sup>, em 2011, demonstraram que os fios de aço com

tratamento térmico podem proporcionar uma padronização da forma do arco, evitando movimentos de vai-e-vem, bem como proporcionando períodos de repouso.

Um movimento dentário considerado ótimo biologicamente seria o que conseguisse maior quantidade de movimentação com o mínimo de danos teciduais.<sup>50</sup> Alguns autores<sup>32-34</sup> afirmam que a quantidade de movimentação está diretamente relacionada com o tempo de aplicação da força, ou seja, uma força contínua produziria maior quantidade de movimentação dentária. No entanto, esta força também está relacionada a maiores efeitos deletérios, como a reabsorção radicular.<sup>40,41,42</sup>

A presente pesquisa demonstrou que, a força contínua apresenta áreas hialinas mais extensas, maior frequência de reabsorções radiculares associada a uma quantidade de movimentação semelhante à força contínua interrompida. A força intermitente produziu menores efeitos deletérios, porém, com menor quantidade de movimentação. Desta forma, a força contínua interrompida demonstrou ser o melhor tipo de força a ser empregada, visto que apresentou uma quantidade de movimentação dentária semelhante à força contínua, promovendo reabsorção radicular e áreas hialinas semelhantes à força intermitente.

Frequentemente observa-se a realização de tratamentos ortodônticos com dispositivos que desempenham forças contínuas, sem interrupção durante todo o período. Ainda que estas forças possam ser consideradas de baixa magnitude, os efeitos deletérios certamente ocorrem com maior frequência, por não existir uniformidade anatômica dos tecidos ósseos, dentários e periodontais, além do estresse ou da tensão permanecer por um longo período no ligamento periodontal. Deve-se enfatizar que, as forças, mecanicamente empregadas na Ortodontia, não são usadas para produzir um movimento mecânico e sim, para produzir estímulos biológicos que desencadeiam a movimentação dentária, que é um fenômeno biológico e não um evento físico.<sup>1,51,52</sup>

Aos profissionais da área, a falta de reflexão sobre este assunto pode refletir em futuras frustrações, que poderiam ser evitadas com a aplicação em suas práticas clínicas, de conhecimento científico baseado em evidências.

## 2.7 CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado e na literatura consultada, pôde-se concluir que:

1. As forças contínuas são as que produzem mais áreas hialinas com maior probabilidade de gerar reabsorções radiculares.
2. As forças contínuas interrompidas produzem menos áreas hialinas, possibilitam sua eliminação de forma mais rápida e o reparo do ligamento periodontal.
3. As forças intermitentes produzem áreas hialinas de forma semelhante às interrompidas e permitem a recidiva do movimento.
4. A espessura do ligamento periodontal dos murinos é diretamente proporcional à dimensão das raízes.
5. O tecido ósseo acompanha o deslocamento das raízes por meio da deflexão óssea.

## 2.8 REFERÊNCIAS

1. Consolaro A. Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas. 2 ed. Maringá: Dental Press; 2005.
2. Pizzo G, Licata ME, Guiglia R, Giuliana G. Root resorption and orthodontic treatment: review of the literatura. *Minerva Stomatol* 2007;56:31-44.
3. Trope M. Root resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1998;10:515-22.
4. Melsen B. Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 1999;69:151–8.
5. King GJ, Keeling SD, Wronski TJ. Histomorphometric study of alveolar bone turnover in orthodontic tooth movement. *Bone* 1991;12:401–9.
6. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment part 1. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103:62–6.
7. Lekic P, McCulloch CA. Periodontal ligament cell population: the central role of fibroblasts in creating a unique tissue. *Anat Rec* 1996;245:327–41.

8. Davidovitch Z, Nicolay OF, Ngan PW, Shanfeld JL. Neurotransmitters, cytokines, and the control of alveolar bone remodeling in orthodontics. *Dent Clin North Am* 1988;32:411–35.
9. Krishnan V, Davidovich Z. Cellular, molecular and tissue-level reactions to orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:469. e1-32.
10. Graber TM, Vanarsdall Jr RL, editors. *Ortodontia: princípios e técnicas atuais*. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002.
11. Proffit WR, Fields Jr HW. *Contemporary orthodontics*. 2. ed. St. Louis: Mosby; 1993.
12. Andreasen GF, Hilleman TB. An evaluation of 55 cobalt substituted Nitinol wire for use in orthodontics. *J Am Dent Assoc* 1971;82:1373–5.
13. Gil FJ, Planell JA. Shape memory alloys for medical applications. *Proc Inst Mech Eng H* 1998;212:473–88.
14. Van Leeuwen EJ, Malta JC, Kuijpers-Jagtman AM. Tooth movement with light continuous and discontinuous forces in beagle dogs. *Eur J Oral Sci* 1999;107:468-74.
15. Heller IJ, Nanda R. Affect of metabolic alteration of periodontal fibers on orthodontic tooth movement. an experimental study. *Am J Orthod* 1979;75:239-58.
16. Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. The rat as a model for orthodontic tooth movement: a critical review and a proposed solution. *Eur J Orthod* 2004;26:483-90.
17. Maganzini AL, Wong AM, Ahmed MK. Forces of various nickel titanium closed coil springs. *Angle Orthod* 2010;80:182-7.
18. Miura F, Mogi M, Ohura Y, Hamanaka H. The super-elastic japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986;90:1-10.
19. Miura F, Mogi M, Ohura Y, Karibe M. The super-elastic japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics. Part III. Studies on Japanese NiTi alloy coil springs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;94:89-96.
20. Gianelly AA, Bednar J, Dietz VS. Japanese NiTi coils used to move molars distally. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;99:564-6.

21. Gameiro GH, Nouer DF, Pereira Neto JS, Siqueira VC, Andrade ED, Novaes PD, Veiga MCF. Effects of short- and long-term celecoxib on orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 2008;78:860-5.
22. Beçak W, Paulete-Vanrell J. Técnicas de citologia e histologia. São Paulo: Nobel; 1970.
23. Hong RK, Yamane A, Kuwahara Y, Chiba M. The effect of orthodontic retention on the mechanical properties of the periodontal ligament in the rat maxillary first molar. *J Dent Res* 1992;71:1350-4.
24. Houston WJB. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod* 1983;83:382-90.
25. Fracalossi ACC, Santamaria Jr M, Consolaro MFMO, Consolaro A. Movimentação dentária experimental em murinos: período de observação e plano dos cortes microscópicos. *Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial* 2009;14:143-57.
26. Kohno T, Matsunoto Y, Kanno Z, Warita H, Soma K. Experimental tooth movement under light orthodontic forces: rates of tooth movement and changes of the periodontium. *J Orthod* 2002;29:129-35.
27. Tomizuka R, Shimizu Y, Kanetaka H, Suzuki A, Urayama S, Kikuchi M, Mitani H, Igarashi K. Histological evaluation of the effects of initially light and gradually increasing force on orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 2007;77:410-6.
28. Brudvik P, Rygh P. Non-clast cells start orthodontic root resorption in the periphery of hyalinized zones. *Eur J Orthod* 1993;15:467-80.
29. 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.
30. 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.
31. Roberts WE, 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: University of Michigan; 1992 p.189-255.

32. Kameyama T, Matsumoto Y, Warita H, Soma K. Inactivated periods of constant orthodontic forces related to desirable tooth movement in rats. *J Orthod* 2003;30:31–7.
33. Gonzales C, Hotokezaka H, Yoshimatsu M, Yozgatian J, Darendeliler MA, Yoshida N. Force magnitude and duration effects on amount of tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod* 2008;78:502-9.
34. Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. Continuous versus interrupted continuous orthodontic force related to early tooth movement and root resorption. *Angle Orthod* 1995;65:395–402.
35. Hayashi H, Konoo T, Yamaguchi K. Intermittent 8-hour activation in orthodontic molar movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:302-9.
36. Noda K, Nakamura Y, Kogure K, Nomura Y. Morphological changes in the rat periodontal ligament and its vascularity after experimental tooth movement using superelastic forces. *Eur J Orthod* 2009;31:37–45.
37. Isaacson RJ, Lindauer SJ, Davidovitch M. The ground rules for arch wire design. *Seminars in Orthod* 1995;1:3-11.
38. Yokoya K, Sasaki T, Shibasaki Y. Distributional changes of osteoclasts and pre-osteoclasts cells in periodontal tissues during experimental tooth movement as revealed by quantitative immunohistochemistry of H<sup>+</sup>-ATPase. *J Dent Res* 1997;76:580-7.
39. Zamalloa YMM. Avaliação da reabsorção radicular após a movimentação dentária induzida com forças contínua e contínua interrompida: análise histomorfométrica em ratos [dissertação]. Araçatuba: Universidade Estadual Paulista – UNESP; 2009.
40. Weiland F. Constant versus dissipating forces in orthodontics: the effect on initial tooth movement and root resorption. *Eur J Orthod* 2003;25:335-42.
41. Maltha JC, van Leeuwen EJ, Dijkman GEHM, Kuijpers-Jagtman AM. Incidence and severity of root resorption in orthodontically moved premolars in dogs. *Orthod Craniofac Res* 2004;7:115–21.
42. Ballard DJ, Jones AS, Petocz P, Darendelilerd MA. Physical properties of root cementum: Part 11. Continuous vs intermittent controlled orthodontic forces on root resorption. A microcomputed- tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:8. e1-8.

43. ElDeeb ME, Andreasen JO. Histometric study of the effect of occlusal alteration on periodontal tissue healing after surgical injury. *Endod Dent Traumatol* 1991;7:158-63.
44. 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.
45. Moreira JRA. Análise comparativa da movimentação dentária induzida entre dois critérios de mensuração: macroscópico e microscópico [dissertação]. Araçatuba: Universidade Estadual Paulista – UNESP; 2009.
46. Kogure K, Noda K. Periodontal response to experimental tooth movement by interrupted orthodontic force in rats. *Orthod Waves* 2009;68:97-106.
47. Kondo K. A study of blood circulation in the periodontal membrane by electrical impedance plethysmography. *J Stomatol Soc* 1969;36:20-42.
48. Cattaneo PM, Dalstra M, Melsen B. Strains in periodontal ligament and alveolar bone associated with orthodontic tooth movement analyzed by finite element. *Orthod Craniofac Res* 2009;12:120–8.
49. Cuoghi OA, Kasbergen GF, Santos PH, Mendonça MR, Tondelli PM. Effect of heat treatment on stainless steel orthodontic wires. *Braz Oral Res* 2011;25:128-34.
50. Burstone CJ. Application of bioengineering to clinical orthodontics. In: Graber TM, Vanarsdall RL, editors. *Orthodontics: current principles and techniques*. 2<sup>nd</sup> ed., St. Louis: Mosby; 1994 p.235-67.
51. Baumrind S, Buck DL. Rate changes in cell replication and protein synthesis in the periodontal ligament incident to tooth movement. *Am J Orthod* 1970;57:109-31.
52. Noyes F. Histology of bone related to orthodontic treatment. *Am J Orthod Oral Surg* 1942;28:760-9.

## **AGRADECIMENTO**

Agradecemos à FUNDUNESP pelo auxílio concedido a esta pesquisa.

FIGURAS

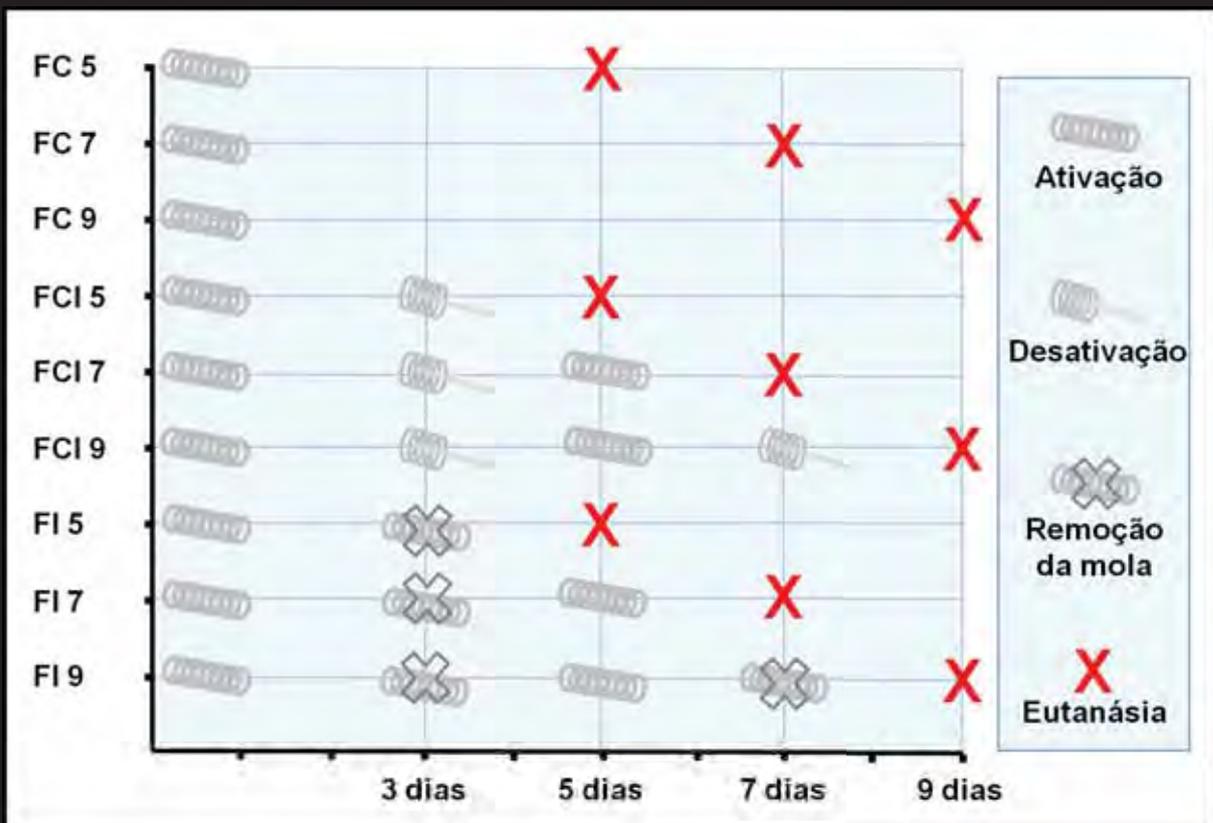


Fig 1. Esquema demonstrando os grupos, os períodos de ativação, desativação ou remoção das molas e o dia da eutanásia dos animais.

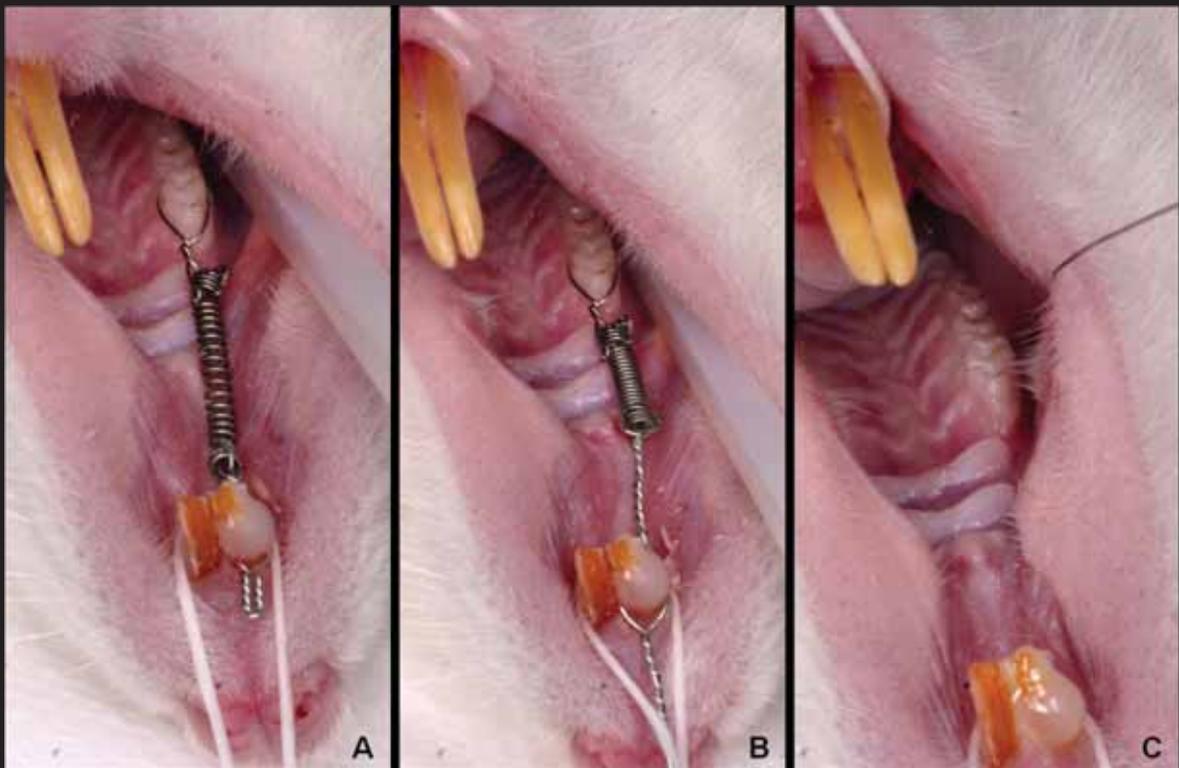


Fig 2. Dispositivo para MDI do molar superior direito ancorado ao incisivo superior direito. Mola ativada (A), desativada (B) e removida (C) gerando força contínua, contínua interrompida e intermitente.

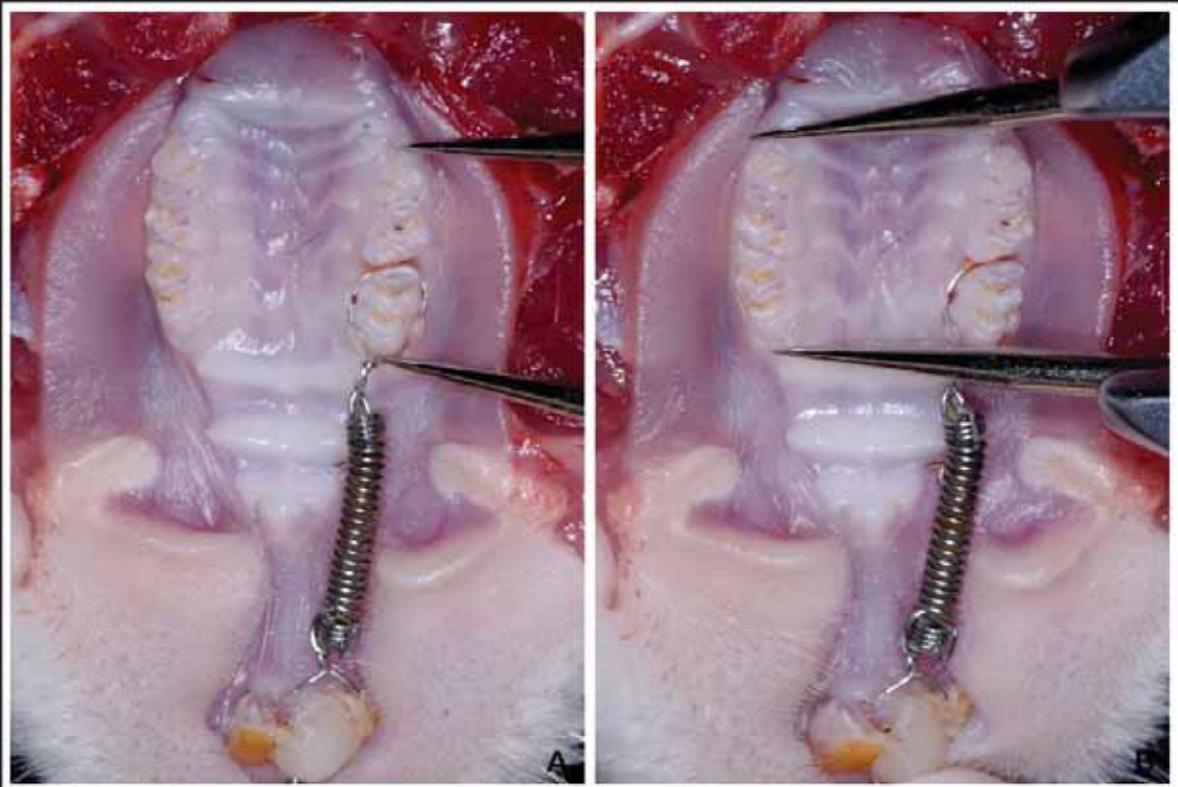


Fig 3. Medida da quantidade de movimentação dentária obtida pela diferença entre as distâncias da face mesial do 1º molar superior até a distal do 3º molar superior, do lado direito movimentado (A) e esquerdo não movimentado (B).

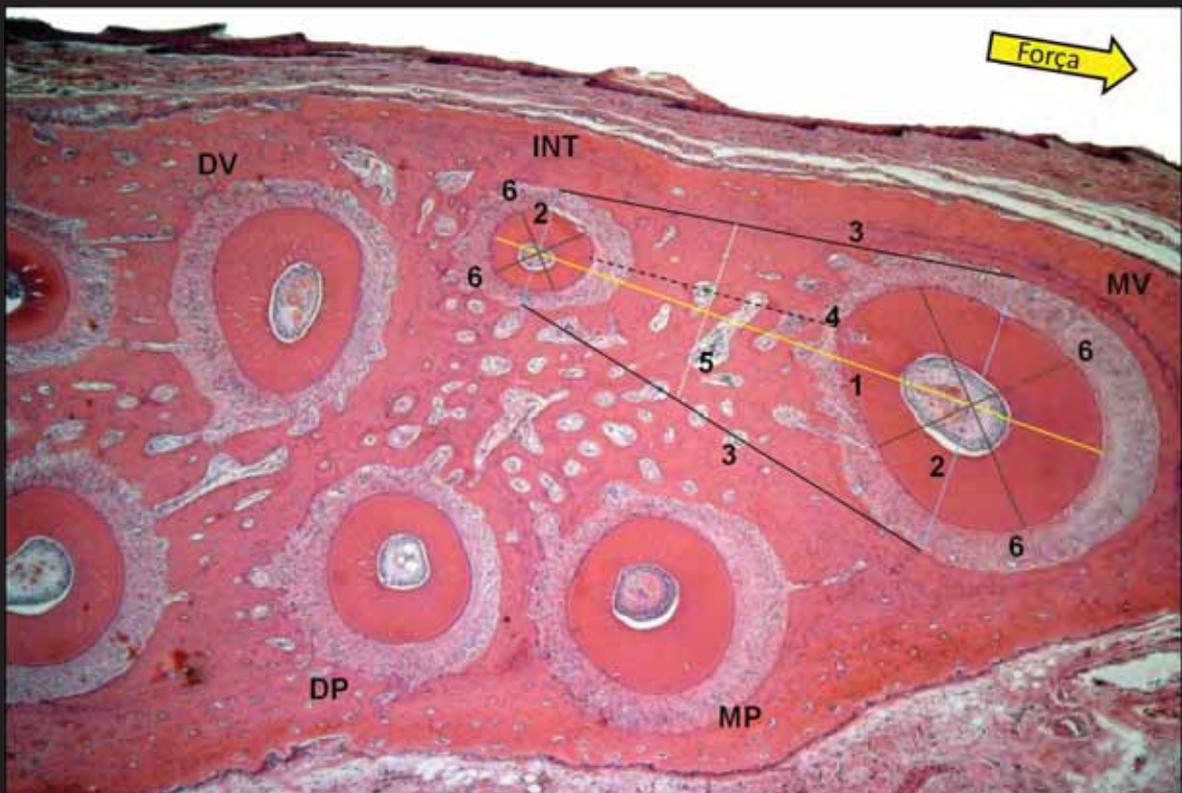


Fig 4. Imagem das 5 raízes do primeiro molar superior direito. Linha 1 (amarela) une o centro das raízes intermediária (INT) e mesiovestibular (MV). Linhas 2 (azuis) são perpendiculares a linha 1 passando pelo centro das raízes até as bordas do osso alveolar. Linhas 3 (pretas) unem os bordos alveolares das duas raízes. Linha 4 (preta tracejada) une os pontos mais próximos das superfícies das raízes. Linha 5 (verde) separa o osso alveolar entre as duas raízes passando pelo centro da linha 4 e perpendicular a linha 1. Linhas 6 (marrons) bissetrizes entre as linhas 1 e 2 até as bordas do cimento. Raiz distovestibular (DV); Raiz distopalatina (DP); Raiz mesiopalatina (MP). (HE. 20x).

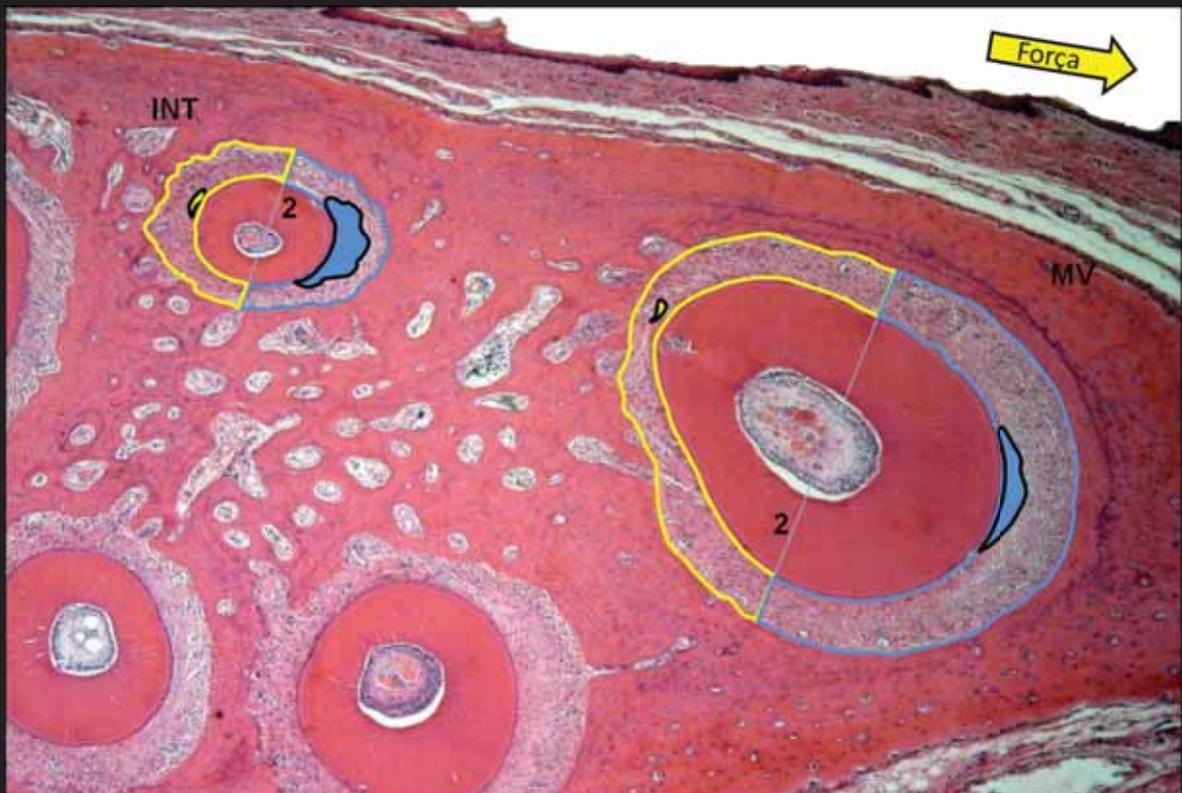


Fig 5. Áreas hialinas delimitadas no espaço periodontal nos lados de compressão (azul) e nos lados de tração (amarelo). As linhas 2 (azuis) separam os lados de tração e compressão das raízes. (HE. 20x).



Fig 6. Áreas de reabsorção radicular delineadas sobre as raízes intermediária e mesiovestibular nas áreas de compressão (em azul), mesial das raízes, e tração (em amarelo), distal das raízes. (HE. 20x).

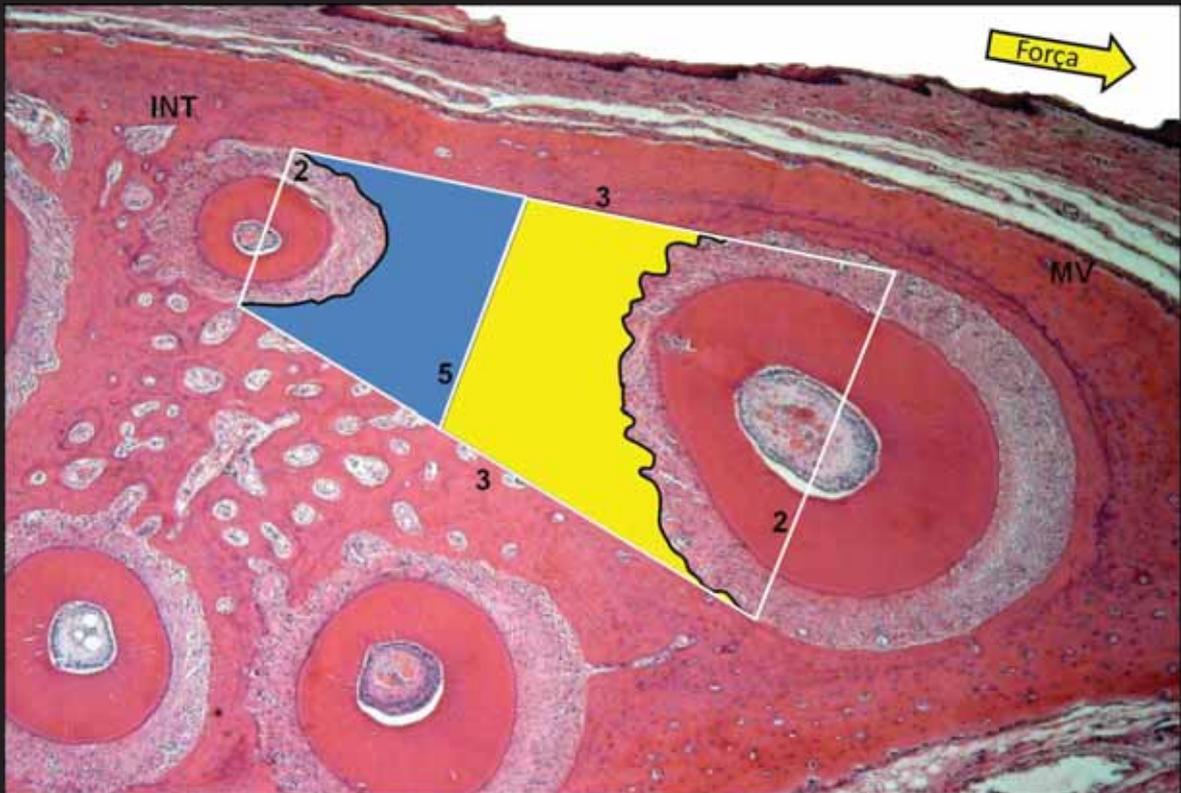


Fig 7. As linhas externas 2 e 3, em branco delimitam a área total entre as raízes intermediária e mesiovestibular. As áreas ósseas são delimitadas pelas linhas 3 e 5, contornando as corticais ósseas do ligamento periodontal. Em amarelo a área óssea de tração, posicionada distal à raiz mesiovestibular, e em azul a área óssea de compressão, mesial à raiz intermediária. (HE. 20x).

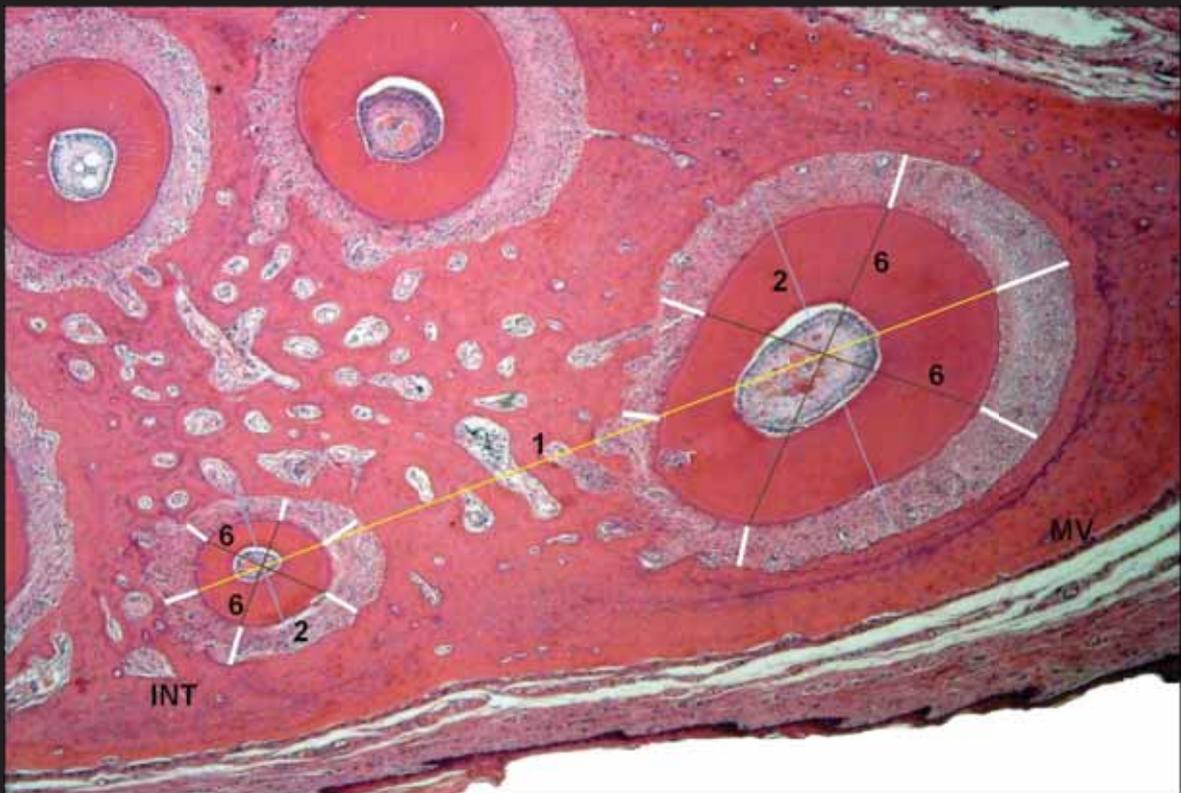


Fig 8. Linhas brancas demonstram as espessuras do ligamento periodontal medidas perpendicularmente às superfícies do cimento até as corticais ósseas, nas regiões das linhas 1 e 6. As linhas 2 (azuis) separam os lados mesiais e distais das raízes. (HE. 20x).

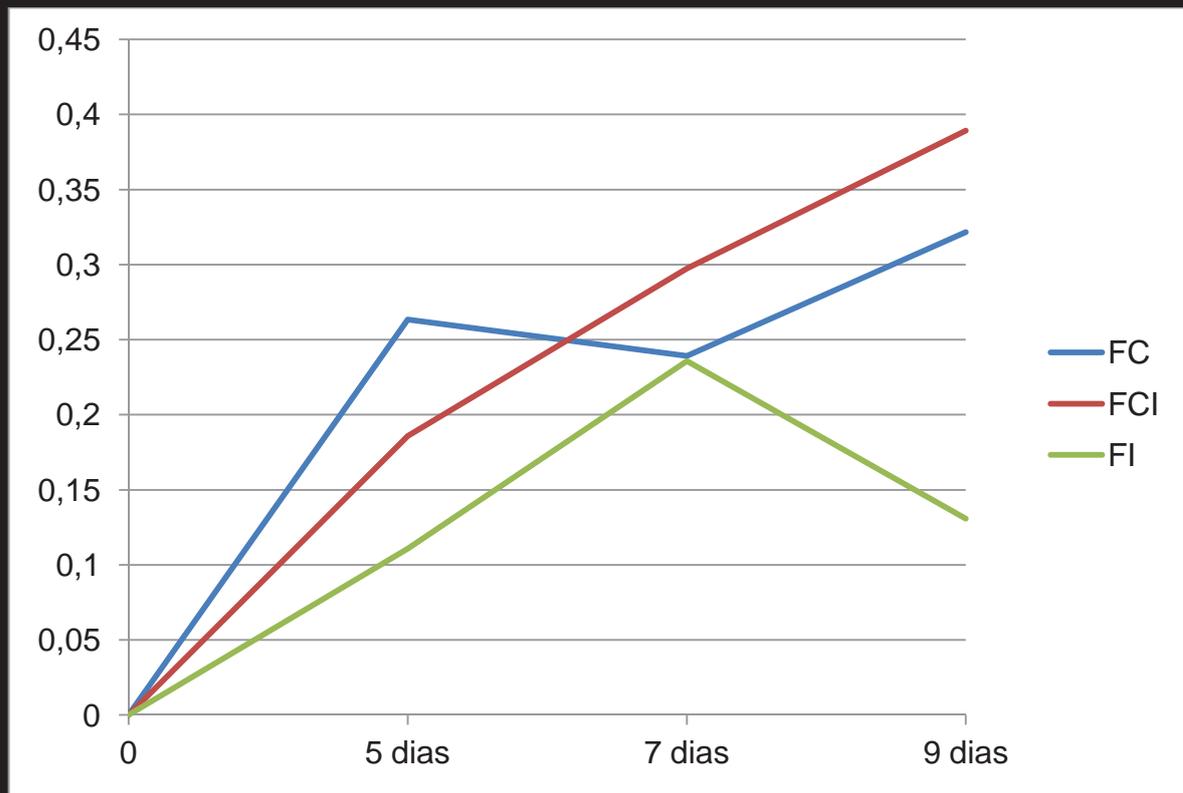


Fig 9. Gráfico com os valores médios (mm) da quantidade de movimentação dentária dos grupos nos períodos avaliados.

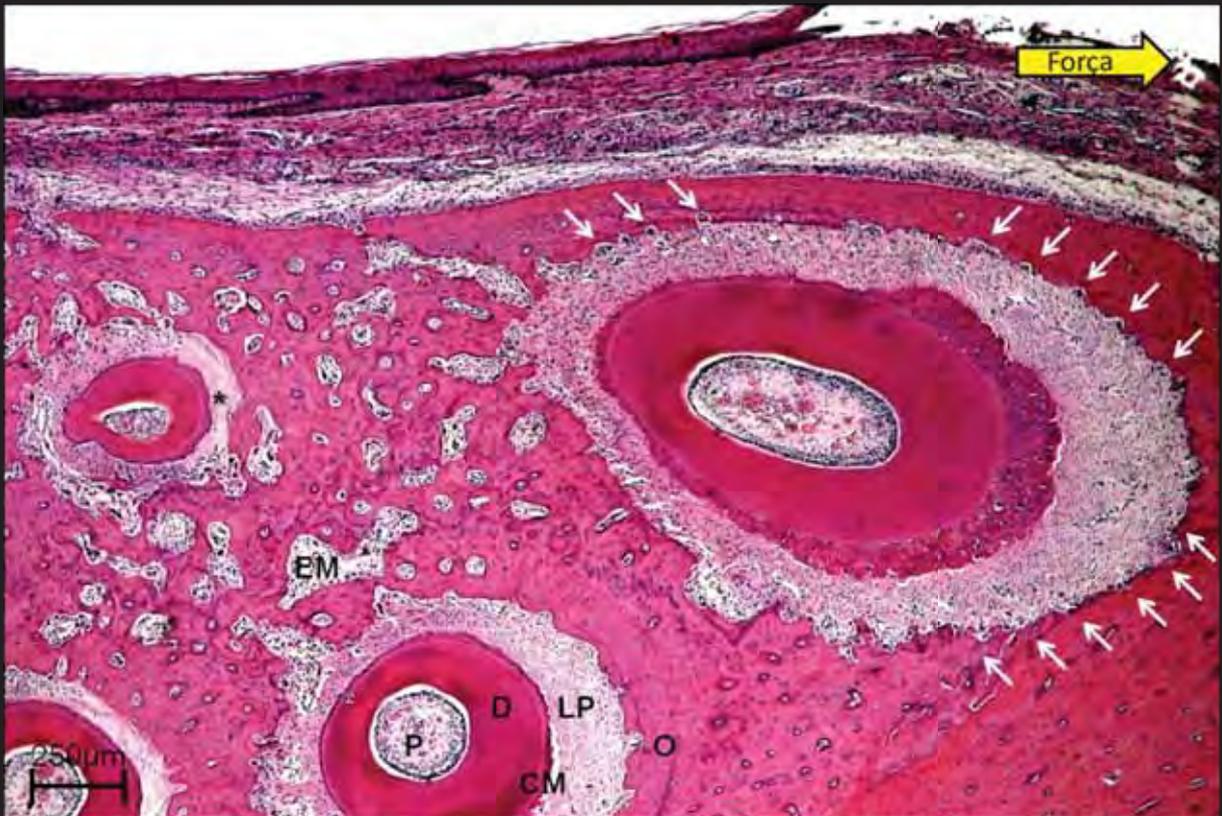


Fig 10. Raízes intermediária e mesiovestibular após 5 dias de movimentação com força contínua. A área óssea entre as 2 raízes evidencia mais espaços medulares (EM). Área hialina (\*) está evidente na superfície mesial da raiz intermediária (menor raiz) demonstrando que a força foi intensa sobre o ligamento periodontal (LP). Na raiz mesiovestibular (maior), o ligamento apresenta-se com aspecto normal sem formação de áreas hialinas e o tecido ósseo com início de reabsorção direta ou frontal (setas brancas) evidenciando uma força suave atuando. Polpa (P); Dentina (D); Cimento (CM); Ligamento periodontal (LP); Osso (O). (HE. 20x).

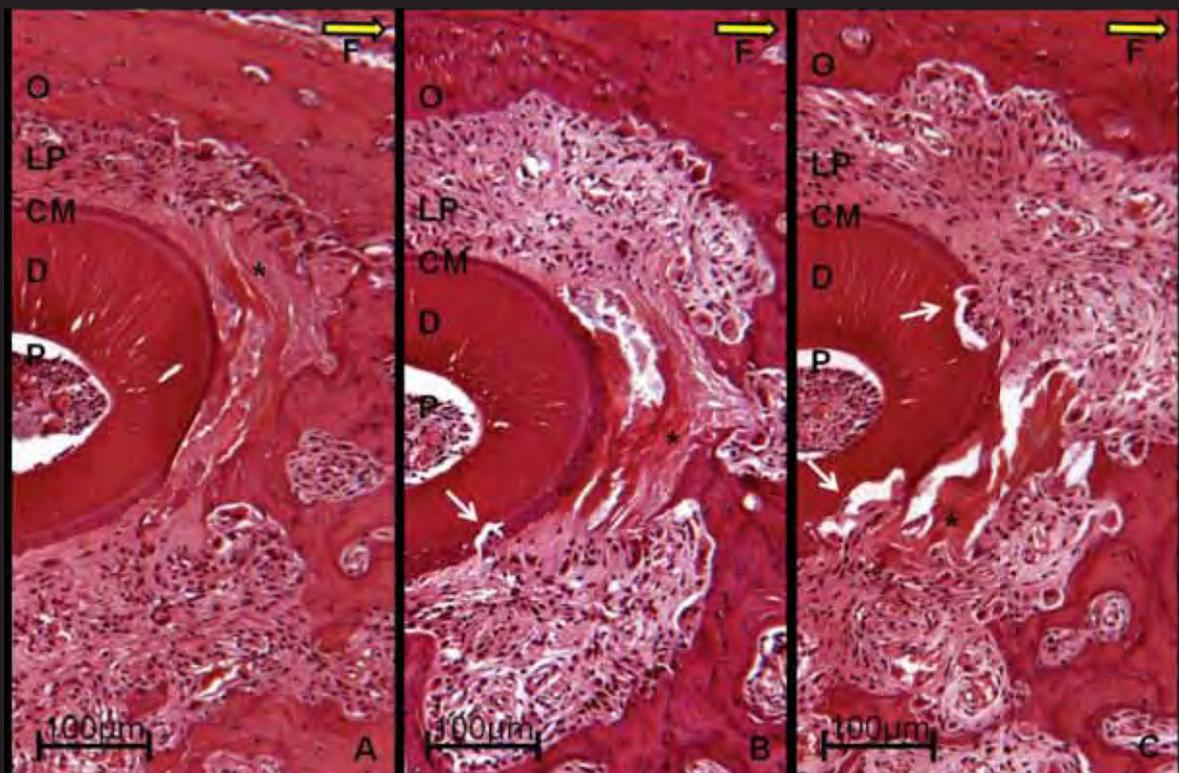


Fig 11. Sequência do lado de compressão da raiz intermediária no grupo FC durante 5, 7 e 9 dias, respectivamente, figuras A, B, C. Observa-se o aumento na espessura do ligamento periodontal (LP), e a reabsorção das áreas hialinas do 5<sup>o</sup> ao 9<sup>o</sup> dia (\*). O tecido ósseo (O) é reabsorvido de forma indireta na periferia das áreas hialinas até o 9<sup>o</sup> dia. No 7<sup>o</sup> e 9<sup>o</sup> dias evidencia-se a reabsorção radicular com formação de lacunas de Howship (setas brancas). Polpa (P); Dentina (D); Cimento (CM); Ligamento periodontal (LP); Osso (O). (HE. 40x).

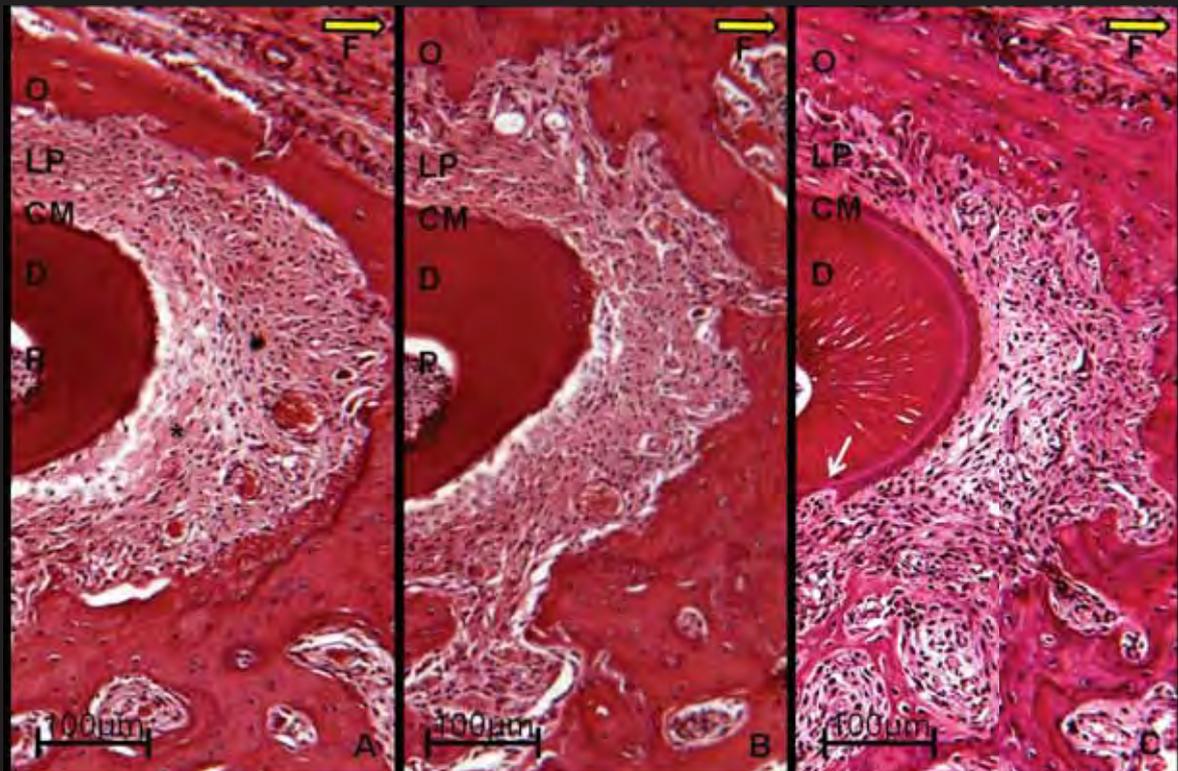


Fig .12 Sequência do lado de compressão da raiz intermediária no grupo FCI durante 5, 7 e 9 dias, respectivamente, figuras A, B e C. Reabsorção radicular com formação de lacunas de Howship (seta branca) aparece no 9º dia de movimentação. Área hialina (\*); Polpa (P); Dentina (D); Cimento (CM); Ligamento periodontal (LP); Osso (O). (HE. 40x).

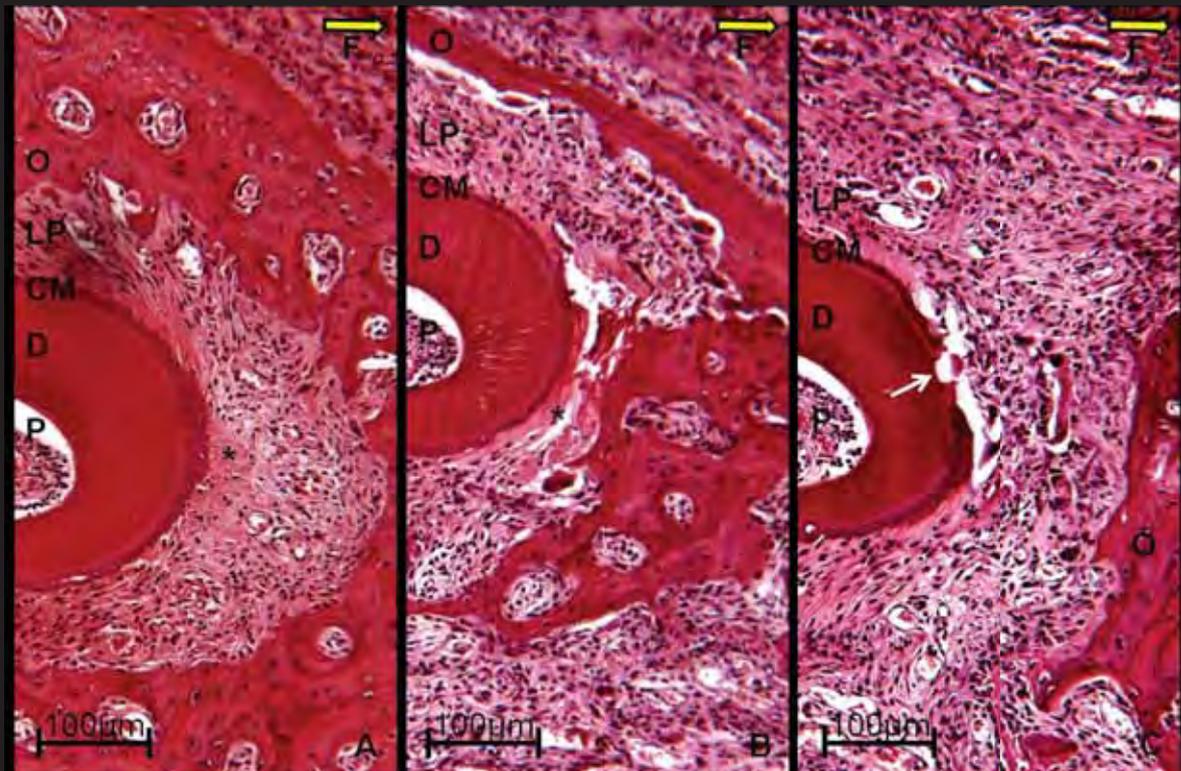


Fig 13. Sequência do lado de compressão da raiz intermediária no grupo FI, durante 5, 7 e 9 dias, respectivamente, figuras A, B e C. O ligamento periodontal (LP) aparece comprimido no 7º dia e pequenas áreas hialinas (\*) estão presentes até o 9º dia. Reabsorção radicular com formação de lacunas de Howship (seta branca). Polpa (P); Dentina (D); Cimento (CM); Ligamento periodontal (LP); Osso (O). (HE. 40x).

TABELAS

Tabela I. Valores médios e desvios padrão (mm) das quantidades de movimentação dentária, nos grupos e períodos avaliados.

Grupo	5 dias		7 dias		9 dias		
	média	dp	média	dp	média	dp	
FC	0,26	0,09	0,24	0,13	0,32	0,15	a
FCI	0,19	0,03	0,30	0,11	0,39	0,41	a
FI	0,11	0,08	0,24	0,10	0,13	0,08	b
	A		A		A		

Grupos com a mesma letra não possuem diferença, estatisticamente significante, entre si.  
Letra maiúscula refere-se à comparação entre o tempo e letra minúscula entre os grupos.

Tabela II. Valores percentuais médios das áreas hialinas no ligamento periodontal, do lado de compressão da raiz intermediária, nos grupos e períodos avaliados.

Grupo	5 dias	7 dias	9 dias	
FC	47,16%	14,38%	4,49%	a
FCI	10,18%	0,84%	0,81%	b
FI	10,11%	2,73%	2,91%	b
	A	B	B	

Grupos com a mesma letra não possuem diferença, estatisticamente significante, entre si.  
Letra maiúscula refere-se à comparação entre o tempo e letra minúscula entre os grupos.

Tabela III. Valores percentuais médios de reabsorção radicular, nos lados de tração e compressão da raiz intermediária, nos grupos e períodos avaliados.

Grupo	5 dias		7 dias		9 dias		Tração	Comp.
	Tração	Comp.	Tração	Comp.	Tração	Comp.		
FC	0%	0,25%	0,26%	1,23%	0,28%	3,02%	a	a
FCI	0%	0%	0%	0,76%	0,10%	1,39%	a	a
FI	0%	0%	0,24%	0,60%	0,15%	0,30%	a	a
	A	A	A	A	A	A		

Grupos com a mesma letra não possuem diferença, estatisticamente significativa, entre si.

Letra maiúscula refere-se à comparação entre o tempo e letra minúscula entre os grupos.

Tabela IV. Valores percentuais médios das quantidades ósseas, nas regiões de tração e compressão, nos grupos e períodos avaliados.

Grupo	5 dias		7 dias		9 dias		Tração	Comp.
	Tração	Comp.	Tração	Comp.	Tração	Comp.		
FC	25,71%	18,70%	28,43%	16,22%	29,21%	14,64%	a	a
FCI	25,84%	14,85%	24,76%	16,14%	26,00%	15,05%	ab	a
FI	23,07%	15,92%	21,85%	13,95%	23,05%	15,88%	b	a
	A	A	A	A	A	A		

Grupos com a mesma letra não possuem diferença, estatisticamente significativa, entre si.

Letra maiúscula refere-se à comparação entre o tempo e letra minúscula entre os grupos.

Tabela V. Valores médios e desvios padrão da espessura do ligamento periodontal (mm), nos lados de tração e compressão das raízes intermediária e mesiovestibular, no lado não movimentado.

Raiz	Tração				Compressão			
	Intermediária		Mesiovestibular		Intermediária		Mesiovestibular	
	média	dp	média	dp	média	dp	média	dp
Lado Controle	0,090	0,022	0,117	0,022	0,098	0,025	0,170	0,051
p	$2,2 \times 10^{-16} *$				$2,2 \times 10^{-16} *$			

\* Diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

ANEXOS

# Anexo A

## 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](http://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](mailto: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.

### Guidelines for Original Articles

Submit Original Articles via the online Editorial Manager: [ees.elsevier.com/ajodo](http://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, and 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](mailto: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](mailto: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 B

**unesp**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Araçatuba



**COMISSÃO DE ÉTICA NA EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL  
(CEEA)**

### **CERTIFICADO**

Certificamos que o Projeto **"AVALIAÇÃO HISTOMORFOMÉTRICA DA MOVIMENTAÇÃO DENTÁRIA EM RATOS COM FORÇAS CONTÍNUAS, CONTÍNUAS INTERROMPIDAS E INTERMITENTES"** sob responsabilidade do Prof. Dr. **OSMAR APARECIDO CUOGHI** e colaboração de **PEDRO MARCELO TONDELI** está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal (COBEA) e foi aprovado pela CEEA em 25 de julho de 2008 de acordo com o protocolo no. 2008-004689.

Araçatuba, 25 de julho de 2008

Profª Drª CRISTINA ANTONIALI SILVA

Presidente da CEEA - FOA/UNESP

## Anexo C

### Medidas da movimentação dentária (mm)

Grupo	Rato	Operador 1			Operador 2			Média final
		Mov.	Não Mov.	média	Mov.	Não Mov.	média	
GFC 3	1	7,34	7,34	0	7,32	7,32	0	0
GFC 3	2	7,08	7,04	0,04	7,2	7,19	0,01	0,025
GFC 3	3	7,14	7,04	0,1	7,1	7,1	0	0,05
GFC 3	4	7,06	7,05	0,01	7,14	7,12	0,02	0,015
GFC 3	5	6,88	6,77	0,11	7,1	7,06	0,04	0,075
GFC 3	6	7,34	7,14	0,2	7,43	7,36	0,07	0,135
GFC 5	1	7,38	7,23	0,15	7,39	7,18	0,21	0,18
GFC 5	2	7,23	7,04	0,19	7,28	7,02	0,26	0,225
GFC 5	3	7,23	6,88	0,35	7,34	7,03	0,31	0,33
GFC 5	4	7,09	6,98	0,11	7,24	7,02	0,22	0,165
GFC 5	5	7,17	6,78	0,39	7,23	6,8	0,43	0,41
GFC 5	6	7,41	7,1	0,31	7,4	7,17	0,23	0,27
GFCI 5	1	7,22	6,96	0,26	7,21	6,98	0,23	0,245
GFCI 5	2	7,3	7,07	0,23	7,3	7,2	0,1	0,165
GFCI 5	3	7,02	6,88	0,14	7,17	6,95	0,22	0,18
GFCI 5	4	7,3	7,19	0,11	7,36	7,16	0,2	0,155
GFCI 5	5	7,14	7	0,14	7,13	6,89	0,24	0,19
GFCI 5	6	6,99	6,73	0,26	6,97	6,87	0,1	0,18
GFI 5	1	6,94	6,82	0,12	7,1	6,92	0,18	0,15
GFI 5	2	7,37	7,13	0,24	7,35	7,25	0,1	0,17
GFI 5	3	6,98	6,9	0,08	7,04	6,97	0,07	0,075
GFI 5	4	7,26	7,26	0	7,34	7,27	0,07	0,035
GFI 5	5	7,31	7,08	0,23	7,55	7,36	0,19	0,21
GFI 5	6	7,15	7,15	0	7,19	7,14	0,05	0,025
GFC 7	1	7,45	7,32	0,13	7,44	7,24	0,2	0,165
GFC 7	2	7,23	6,92	0,31	7,08	6,93	0,15	0,23
GFC 7	3	7,24	6,95	0,29	7,08	6,96	0,12	0,205
GFC 7	4	7,38	6,91	0,47	7,53	7,03	0,5	0,485
GFC 7	5	7,25	7,15	0,1	7,29	7,19	0,1	0,1
GFC 7	6	7,28	7,01	0,27	7,44	7,21	0,23	0,25
GFCI 7	1	7,24	6,97	0,27	7,37	6,81	0,56	0,415
GFCI 7	2	7,14	6,89	0,25	7,28	6,83	0,45	0,35
GFCI 7	3	7,17	7,11	0,06	7,21	7,06	0,15	0,105
GFCI 7	4	7,04	6,59	0,45	7,06	6,79	0,27	0,36
GFCI 7	5	7,08	6,8	0,28	7,06	6,87	0,19	0,235
GFCI 7	6	7,42	7,11	0,31	7,51	7,18	0,33	0,32
GFI 7	1	7,42	7,21	0,21	7,21	7,07	0,14	0,175
GFI 7	2	6,99	6,8	0,19	7,14	7,04	0,1	0,145
GFI 7	3	7,27	6,87	0,4	7,36	7,15	0,21	0,305
GFI 7	4	7,43	6,99	0,44	7,61	7,24	0,37	0,405

GFI 7	5	7,06	6,82	0,24	7,04	6,8	0,24	0,24
GFI 7	6	7,14	7,05	0,09	7,28	7,07	0,21	0,15
GFC 9	1	7,57	7,12	0,45	7,51	7,06	0,45	0,45
GFC 9	2	7,31	7,11	0,2	7,55	7,23	0,32	0,26
GFC 9	3	6,99	6,79	0,2	7,03	6,84	0,19	0,195
GFC 9	4	7,7	6,94	0,76	7,54	7,18	0,36	0,56
GFC 9	5	7,37	6,95	0,42	7,6	7,44	0,16	0,29
GFC 9	6	7,01	6,7	0,31	7,1	7,05	0,05	0,18
GFCI 9	1	6,97	6,77	0,2	7,18	7,18	0	0,1
GFCI 9	2	6,84	6,51	0,33	7,1	6,86	0,24	0,285
GFCI 9	3	7,03	6,98	0,05	7,32	7,14	0,18	0,115
GFCI 9	4	6,94	6,74	0,2	7,09	6,99	0,1	0,15
GFCI 9	5	7,97	6,81	1,16	8,2	7,02	1,18	1,17
GFCI 9	6	7,57	7,06	0,51	7,7	7,18	0,52	0,515
GFI 9	1	7,36	7,07	0,29	7,4	7,34	0,06	0,175
GFI 9	2	6,88	6,72	0,16	6,95	6,59	0,36	0,26
GFI 9	3	6,93	6,84	0,09	7,04	6,82	0,22	0,155
GFI 9	4	7,14	7,08	0,06	7,25	7,23	0,02	0,04
GFI 9	5	6,91	6,76	0,15	7,01	7,01	0	0,075
GFI 9	6	6,79	6,64	0,15	6,73	6,72	0,01	0,08

**Medidas de áreas hialinas em  $\mu\text{m}^2$  (raiz intermediária - área de compressão)**

Grupo	Dias	Rato	Lig.Perio	Hialina	% Hialina
GFC-3	3	1	96886,44	29594,03	30,55
GFC-3	3	2	47599,21	25528,81	53,63
GFC-3	3	3	48605,35	21462,55	44,16
GFC-3	3	4	60225,47	6479,95	10,76
GFC-3	3	5	50090,06	23071,33	46,06
GFC-3	3	6	47860,91	9265,86	19,36
GFC-5	5	1	58879,43	30417,7	51,66
GFC-5	5	2	138104,8	37882,94	27,43
GFC-5	5	3	85658,36	37950,71	44,30
GFC-5	5	4	85700,06	39154,95	45,69
GFC-5	5	5	79023,06	37273	47,17
GFC-5	5	6	47443,86	31649,05	66,71
GFC-7	7	1	103393,5	27983,16	27,06
GFC-7	7	2	89550,5	0	0,00
GFC-7	7	3	86905,34	9716,27	11,18
GFC-7	7	4	91791,11	8375,45	9,12
GFC-7	7	5	81244,9	31619,86	38,92
GFC-7	7	6	110041,3	0	0,00
GFC-9	9	1	66534,43	0	0
GFC-9	9	2	80379,52	3652,33	4,54
GFC-9	9	3	128682,5	18319,02	14,24
GFC-9	9	4	120719,9	5428,98	4,50
GFC-9	9	5	126021,7	4633,45	3,68
GFC-9	9	6	107822,6	0	0,00
GFCI-5	5	1	49192,35	7227,52	14,69
GFCI-5	5	2	46624,35	7829,11	16,79
GFCI-5	5	3	86730,18	8381,7	9,66
GFCI-5	5	4	112444,6	11080,03	9,85
GFCI-5	5	5	92907,77	4607,38	4,96
GFCI-5	5	6	97935,33	5026,53	5,13
GFCI-7	7	1	59859,51	1734,94	2,90
GFCI-7	7	2	74736,8	0	0
GFCI-7	7	3	84999,41	0	0
GFCI-7	7	4	86298,53	0	0
GFCI-7	7	5	36558,8	0	0
GFCI-7	7	6	93480,17	2003,94	2,14
GFCI-9	9	1	112019,2	0	0
GFCI-9	9	2	116259,6	1770,39	1,52
GFCI-9	9	3	98158,45	0	0
GFCI-9	9	4	90652,56	3005,91	3,32
GFCI-9	9	5	103211	0	0
GFCI-9	9	6	109044,6	0	0
GFI-5	5	1	90068,68	4634,49	5,15
GFI-5	5	2	88855,06	0	0

GFI-5	5	3	91138,42	6073,32	6,66
GFI-5	5	4	76914,86	10976,81	14,27
GFI-5	5	5	78411,03	10075,98	12,85
GFI-5	5	6	53156,43	11549,22	21,73
GFI-7	7	1	101020,5	4569,85	4,52
GFI-7	7	2	79533,94	0	0
GFI-7	7	3	75827,39	0	0
GFI-7	7	4	69623,74	2192,65	3,15
GFI-7	7	5	49304,96	2159,29	4,38
GFI-7	7	6	63584,82	2752,54	4,33
GFI-9	9	1	140577,9	0	0
GFI-9	9	2	107217,9	0	0
GFI-9	9	3	82502,31	7260,88	8,80
GFI-9	9	4	128749,2	0	0
GFI-9	9	5	67582,27	3147,7	4,66
GFI-9	9	6	92756,58	3691,95	3,98

**Medidas de área óssea ( $\mu\text{m}^2$ )**

Grupo	Dias	Rato	ÁreaTotal	Área.Comp	%Os.Comp	Área.Tração	%Os.Tração
GFC-3	3	1	1288689,28	236151,65	18,3249487	364932,16	28,3180877
GFC-3	3	2	1437511,24	295875,61	20,5824902	433858,38	30,1812165
GFC-3	3	3	1168310,29	262474,94	22,4662012	288476,07	24,6917341
GFC-3	3	4	1098436,32	172925,49	15,742878	294086,46	26,7731915
GFC-3	3	5	1084796,62	206833,92	19,0666081	185413,08	17,091967
GFC-3	3	6	1212556,4	265618,48	21,9056598	307617,72	25,3693535
GFC-5	5	1	1138966,5	190191,45	16,6985991	370218,3	32,5047576
GFC-5	5	2	1200471,27	183194,36	15,2602036	301107,53	25,0824437
GFC-5	5	3	1282654,54	287574,19	22,4202372	299183,88	23,3253671
GFC-5	5	4	1058772,56	175705,14	16,5951732	217856,61	20,576337
GFC-5	5	5	1271552,61	269511,66	21,1954785	397712,47	31,2777047
GFC-5	5	6	1062801,29	213030,28	20,0442248	228380,93	21,4885823
GFC-7	7	1	1096996,44	184390,26	16,8086471	288916,06	26,3370098
GFC-7	7	2	1184549,26	220135,8	18,5839296	396518,66	33,4742229
GFC-7	7	3	1154314,02	185713,35	16,0886333	308982,52	26,7676312
GFC-7	7	4	1062607,35	159218,03	14,9837125	304626,41	28,6678245
GFC-7	7	5	1193467,92	208940,04	17,5069674	352867,89	29,5666003
GFC-7	7	6	1161627,03	154734,72	13,3205165	299326,72	25,7678852
GFC-9	9	1	1040854,96	193349,58	18,5760348	292412	28,0934435
GFC-9	9	2	1256721,18	229638,34	18,2728153	462037,56	36,7653197
GFC-9	9	3	1114269,7	174668,77	15,6756277	278122,74	24,9600918
GFC-9	9	4	1109763,45	151120,96	13,6174029	309636,25	27,9011036
GFC-9	9	5	1061060,09	106613,14	10,0477947	303575,44	28,6105794
GFC-9	9	6	1052947,38	122582,07	11,641804	304624,33	28,9306318
GFCI-5	5	1	1148019,66	186394,19	16,2361496	282227,58	24,583863
GFCI-5	5	2	1104112,4	173218,47	15,6884815	308119,22	27,9065084
GFCI-5	5	3	1250365,31	196655,76	15,7278644	387856,48	31,019453
GFCI-5	5	4	1220465,79	153583,65	12,5840193	297691,88	24,3916612
GFCI-5	5	5	1031023,99	134188,64	13,0150842	291182,73	28,2420907
GFCI-5	5	6	1124632,41	177907,18	15,8191404	212199,3	18,8683252
GFCI-7	7	1	1106197,66	190586,61	17,2289833	201106,75	18,1800014
GFCI-7	7	2	1131743,15	219468,52	19,3920785	377790,93	33,3813313
GFCI-7	7	3	1018206,94	149468,39	14,679569	265221,23	26,047871
GFCI-7	7	4	1082724,91	141342,13	13,0542974	181224,83	16,7378462
GFCI-7	7	5	1018603,13	182982,71	17,9640828	288394,74	28,3127679
GFCI-7	7	6	1155355,61	167478,79	14,495865	299426,81	25,9164198
GFCI-9	9	1	1083939,58	184894,89	17,0576749	342055,81	31,5567229
GFCI-9	9	2	1191566,16	187103,18	15,7022905	281558,21	23,6292553
GFCI-9	9	3	1054642,7	135766,14	12,8731882	229859,38	21,7950003
GFCI-9	9	4	1136773,84	116154,26	10,2178864	277624,37	24,4221287
GFCI-9	9	5	1226674,66	207307,28	16,8999399	285151,12	23,2458637
GFCI-9	9	6	1066272,2	187164,7	17,553182	334304,89	31,352678
GFI-5	5	1	1160739,74	216513,7	18,6530789	239063,72	20,5958073
GFI-5	5	2	1261911,4	185000,2	14,6603161	287402,16	22,7751457

GFI-5	5	3	1039615,27	104483,05	10,050165	212844,69	20,4734094
GFI-5	5	4	1017773,2	167488,17	16,4563353	253709,55	24,9279063
GFI-5	5	5	1173960,3	218896,11	18,6459551	282843,77	24,093129
GFI-5	5	6	1084888,37	185319,24	17,0818718	277426,27	25,5718724
GFI-7	7	1	1001263,15	71942,55	7,18517904	247694,61	24,7382129
GFI-7	7	2	1105685,73	173003,69	15,6467326	203950,01	18,4455677
GFI-7	7	3	904113,96	119055,9	13,1682404	213081,36	23,5679759
GFI-7	7	4	1091981,39	169465	15,5190374	222741,34	20,3979062
GFI-7	7	5	888161,72	150501,64	16,9452969	163936,97	18,458009
GFI-7	7	6	1051351,12	160270,04	15,2441974	267830,94	25,4749279
GFI-9	9	1	1263502,46	176694,6	13,9845078	317406,98	25,1212
GFI-9	9	2	1262854,99	233166,6	18,46345	323383,34	25,6073217
GFI-9	9	3	1233373,56	197324,09	15,9987287	240438,95	19,4944142
GFI-9	9	4	1208561,04	160131,37	13,2497544	281338,22	23,2787762
GFI-9	9	5	1262742,38	245191,26	19,4173621	284565,16	22,5354882
GFI-9	9	6	1051967,32	149192,09	14,1821982	233909,99	22,2354807

**Medidas de reabsorção radicular em  $\mu\text{m}^2$  (raiz intermediária)**

Grupo	Dias	Rato	ÁreaRaiz	Reab.Tração	%Re.Tração	Reab.Comp	%Re.Comp
GFC-3	3	1	120365,44	0	0,00	0	0,00
GFC-3	3	2	84063,13	0	0,00	0	0,00
GFC-3	3	3	131490,31	0	0,00	0	0,00
GFC-3	3	4	47690,96	0	0,00	0	0,00
GFC-3	3	5	109484,55	0	0,00	0	0,00
GFC-3	3	6	91382,4	0	0,00	0	0,00
GFC-5	5	1	119961,94	0	0,00	0	0,00
GFC-5	5	2	125969,58	0	0,00	0	0,00
GFC-5	5	3	127628,41	0	0,00	0	0,00
GFC-5	5	4	107975,86	0	0,00	1650,48	1,53
GFC-5	5	5	107259,58	0	0,00	0	0,00
GFC-5	5	6	147568,72	0	0,00	0	0,00
GFC-7	7	1	119467,74	0	0,00	0	0,00
GFC-7	7	2	76811,64	0	0,00	0	0,00
GFC-7	7	3	87185,81	0	0,00	0	0,00
GFC-7	7	4	88663,22	1361,68	1,54	0	0,00
GFC-7	7	5	105817,62	0	0,00	627,66	0,59
GFC-7	7	6	95204,68	0	0,00	6454,93	6,78
GFC-9	9	1	49396,71	0	0,00	430,61	0,87
GFC-9	9	2	109543,98	0	0,00	737,14	0,67
GFC-9	9	3	96342,19	0	0,00	6324,6	6,56
GFC-9	9	4	95767,7	0	0,00	1134,38	1,18
GFC-9	9	5	94836,63	0	0,00	1530,58	1,61
GFC-9	9	6	71833,07	1215,71	1,69	5168,32	7,19
GFCI-5	5	1	103987,8	0	0,00	107259,58	103,15
GFCI-5	5	2	81123,96	0	0,00	147568,72	181,91
GFCI-5	5	3	71215,84	0	0,00	0	0,00
GFCI-5	5	4	164011	0	0,00	0	0,00
GFCI-5	5	5	74157,1	0	0,00	0	0,00
GFCI-5	5	6	140272,39	0	0,00	0	0,00
GFCI-7	7	1	91600,31	0	0,00	0	0,00
GFCI-7	7	2	80214,78	0	0,00	0	0,00
GFCI-7	7	3	92784,74	0	0,00	0	0,00
GFCI-7	7	4	102987,92	0	0,00	0	0,00
GFCI-7	7	5	81410,68	0	0,00	0	0,00
GFCI-7	7	6	101068,44	0	0,00	4600,09	4,55
GFCI-9	9	1	63347,1	0	0,00	0	0,00
GFCI-9	9	2	91873,48	0	0,00	0	0,00
GFCI-9	9	3	114082,55	0	0,00	385,77	0,34
GFCI-9	9	4	148792,76	0	0,00	1844,41	1,24
GFCI-9	9	5	103682,31	645,39	0,62	7000,22	6,75
GFCI-9	9	6	63626,53	0	0,00	0	0,00
GFI-5	5	1	99259,47	0	0,00	0	0,00
GFI-5	5	2	143349,19	0	0,00	0	0,00

GFI-5	5	3	120871,12	0	0,00	0	0,00
GFI-5	5	4	73951,7	0	0,00	0	0,00
GFI-5	5	5	108470,07	0	0,00	0	0,00
GFI-5	5	6	39800,34	0	0,00	0	0,00
GFI-7	7	1	186860,25	0	0,00	1535,79	0,82
GFI-7	7	2	97404,63	360,75	0,37	0	0,00
GFI-7	7	3	88527,68	0	0,00	2466,86	2,79
GFI-7	7	4	155534,41	1650,48	1,06	0	0,00
GFI-7	7	5	81056,18	0	0,00	0	0,00
GFI-7	7	6	73542,99	0	0,00	0	0,00
GFI-9	9	1	168216,97	0	0,00	0	0,00
GFI-9	9	2	140133,72	0	0,00	0	0,00
GFI-9	9	3	134051,01	0	0,00	0	0,00
GFI-9	9	4	125961,24	0	0,00	183,5	0,15
GFI-9	9	5	90279,29	805,95	0,89	365,96	0,41
GFI-9	9	6	85516,56	0	0,00	1090,59	1,28

**Medidas de espessura do ligamento periodontal ( $\mu\text{m}$ ) - lado não movimentado**

Grupo	Dias	Rato	blocos	Esp.Inter.Trac	Esp.Inter.Comp	Esp.Mes.Trac	Esp.Mes.Comp
GFC-3	3	1	med1	81,19	109,18	130,33	146,41
GFC-3	3	2	med1	94,74	136,54	113,75	180,87
GFC-3	3	3	med1	49,18	63,41	113,68	114,34
GFC-3	3	4	med1	105,76	87,72	127,94	105,98
GFC-3	3	5	med1	82,71	98,79	145,71	153,94
GFC-3	3	6	med1	80,1	75,1	119,81	150,82
GFC-3	3	1	med2	121,3	143,32	134,63	236,66
GFC-3	3	2	med2	82,77	113,2	85,25	171,45
GFC-3	3	3	med2	99,57	75,05	88,89	202,36
GFC-3	3	4	med2	73,66	102,78	114,45	244,47
GFC-3	3	5	med2	72,89	76,98	129,88	266,1
GFC-3	3	6	med2	76,47	87,24	101,79	223,99
GFC-3	3	1	med3	99,18	92,16	121,41	124,05
GFC-3	3	2	med3	63,6	90,06	106,51	111,08
GFC-3	3	3	med3	52,17	53,14	84,35	121,33
GFC-3	3	4	med3	75,1	63,6	101,42	117,75
GFC-3	3	5	med3	75,38	74,88	113,26	158
GFC-3	3	6	med3	55,78	42,86	88,97	148,63
GFC-5	5	1	med1	98,58	101,74	111,48	111,23
GFC-5	5	2	med1	97,02	108,23	73,59	83,02
GFC-5	5	3	med1	111,75	87,18	121,21	118,82
GFC-5	5	4	med1	89,32	97,91	149,58	125,39
GFC-5	5	5	med1	70,82	86,76	127,35	113,97
GFC-5	5	6	med1	116,55	88,66	109,3	89,4
GFC-5	5	1	med2	96,18	126,46	126,15	185,75
GFC-5	5	2	med2	78,17	118,42	120,62	158,46
GFC-5	5	3	med2	123,89	151,8	150,97	245,56
GFC-5	5	4	med2	111,53	99,68	126,06	181,48
GFC-5	5	5	med2	93,86	132,2	131,41	182,49
GFC-5	5	6	med2	89,4	90,06	150,52	249,92
GFC-5	5	1	med3	79,42	64,34	94,03	135,96
GFC-5	5	2	med3	56,08	57,71	84,81	111,08
GFC-5	5	3	med3	84,11	106,27	135,01	136,27
GFC-5	5	4	med3	75,31	76,75	117,54	138,82
GFC-5	5	5	med3	69,75	70,18	91,9	119,86
GFC-5	5	6	med3	69,75	85,8	106,24	135,05
GFC-7	7	1	med1	115,39	130,97	111,34	119,47
GFC-7	7	2	med1	88,66	105,76	130,86	141,5
GFC-7	7	3	med1	95,11	120,79	122,41	162,72
GFC-7	7	4	med1	76,75	98,13	125,12	160,39
GFC-7	7	5	med1	118,52	79,67	136,96	156,71
GFC-7	7	6	med1	155,53	98,13	140,5	178,62
GFC-7	7	1	med2	88,19	158,85	72,68	206,91
GFC-7	7	2	med2	53,51	109,46	75,38	207,48

GFC-7	7	3	med2	88,09	106,86	69,46	255,63
GFC-7	7	4	med2	81,19	105,9	69,43	275,85
GFC-7	7	5	med2	66,44	96	86,64	257,14
GFC-7	7	6	med2	90,99	101,34	93,86	287,24
GFC-7	7	1	med3	71,35	61,4	71,74	149,41
GFC-7	7	2	med3	60,74	74,71	94,03	150,44
GFC-7	7	3	med3	68,79	100,22	98,36	184,17
GFC-7	7	4	med3	49,79	64,34	89,12	206,26
GFC-7	7	5	med3	61,28	106,27	124,06	184,55
GFC-7	7	6	med3	75,59	58,21	127,03	183,68
GFC-9	9	1	med1	140,07	138,85	142,08	145,24
GFC-9	9	2	med1	92,16	142,76	118,39	214,04
GFC-9	9	3	med1	108,03	132,61	142,5	153,81
GFC-9	9	4	med1	107,22	105,43	126,59	135,6
GFC-9	9	5	med1	107,22	105,43	126,59	135,6
GFC-9	9	6	med1	95,36	122,74	116,98	168,17
GFC-9	9	1	med2	114,98	103,18	129,5	205,07
GFC-9	9	2	med2	84,02	117,54	113,87	186,24
GFC-9	9	3	med2	97,14	112,97	79,3	285,94
GFC-9	9	4	med2	75,56	138,64	98,24	261,57
GFC-9	9	5	med2	75,56	138,64	98,24	261,57
GFC-9	9	6	med2	86,69	93,91	132,86	271,15
GFC-9	9	1	med3	64,9	80,72	112,68	171,74
GFC-9	9	2	med3	98,36	83,22	71,69	127,28
GFC-9	9	3	med3	100,25	66,57	100,15	226,79
GFC-9	9	4	med3	82,87	99,73	109,83	207,3
GFC-9	9	5	med3	82,87	99,73	109,83	207,3
GFC-9	9	6	med3	36,9	67,89	110,33	178,3
GFCI-5	5	1	med1	48,52	50,04	114,16	138,85
GFCI-5	5	2	med1	139,92	90,69	130,32	107,77
GFCI-5	5	3	med1	111,86	123,76	141,63	122,7
GFCI-5	5	4	med1	92,93	105,01	87,91	114,25
GFCI-5	5	5	med1	92,97	156,76	129,95	129,43
GFCI-5	5	6	med1	130,27	99,09	148,91	129,8
GFCI-5	5	1	med2	115,6	111,43	141,38	154,13
GFCI-5	5	2	med2	115,67	106,95	121,39	194,41
GFCI-5	5	3	med2	99,9	98,19	163,18	185,88
GFCI-5	5	4	med2	78,47	157,51	149,25	206,35
GFCI-5	5	5	med2	121,85	143,39	130,25	265,36
GFCI-5	5	6	med2	122,82	111,79	184,35	241,22
GFCI-5	5	1	med3	120,92	137,56	133,87	94,6
GFCI-5	5	2	med3	98,11	73,97	114,66	106,52
GFCI-5	5	3	med3	88,13	101,74	119,31	147,24
GFCI-5	5	4	med3	47,01	74,53	141,04	168,2
GFCI-5	5	5	med3	78,63	88,03	113,71	235,63
GFCI-5	5	6	med3	96,54	88,84	112,2	153,13

GFCI-7	7	1	med1	139,78	87,09	172,42	121,59
GFCI-7	7	2	med1	95,98	111,43	170,16	246,85
GFCI-7	7	3	med1	73,97	125,93	119,19	179,67
GFCI-7	7	4	med1	139,24	117,43	137,07	150,97
GFCI-7	7	5	med1	82,09	106,28	110,75	120,23
GFCI-7	7	6	med1	118,94	109,46	112,78	127,37
GFCI-7	7	1	med2	111,19	141,32	140,44	236,51
GFCI-7	7	2	med2	98,24	122,97	96	323,48
GFCI-7	7	3	med2	83,8	135,19	117,28	297,5
GFCI-7	7	4	med2	109,92	159,76	99,18	260,33
GFCI-7	7	5	med2	55,18	120,23	123,36	172,45
GFCI-7	7	6	med2	111,19	123,43	131,27	202,68
GFCI-7	7	1	med3	94,74	96,33	137,56	173,17
GFCI-7	7	2	med3	78,79	60,92	112,99	209,68
GFCI-7	7	3	med3	68,47	96,59	108,41	191,25
GFCI-7	7	4	med3	101,34	80,83	137,94	173,07
GFCI-7	7	5	med3	41,38	93,6	157,27	237,21
GFCI-7	7	6	med3	100,06	73,08	144,58	132,17
GFCI-9	9	1	med1	129,8	155,86	137,94	198,72
GFCI-9	9	2	med1	105,03	87,24	152,99	134,88
GFCI-9	9	3	med1	53,14	103,53	94,97	87,72
GFCI-9	9	4	med1	152,23	89,31	130,6	140,78
GFCI-9	9	5	med1	88,51	110,75	121,47	144,01
GFCI-9	9	6	med1	111,23	118,55	128,45	172,43
GFCI-9	9	1	med2	104,06	145,62	72,38	220,96
GFCI-9	9	2	med2	82,93	116,85	133,74	156,68
GFCI-9	9	3	med2	66,14	95,01	100,1	202,5
GFCI-9	9	4	med2	98,29	80,48	109,18	172,57
GFCI-9	9	5	med2	84,62	102,97	109,9	180,51
GFCI-9	9	6	med2	115,9	102,81	103,98	202,17
GFCI-9	9	1	med3	70,54	71,35	111,2	158,25
GFCI-9	9	2	med3	70,11	58,09	133,8	195,12
GFCI-9	9	3	med3	63,8	84,81	67,18	120,93
GFCI-9	9	4	med3	67,67	80,06	84,94	98,24
GFCI-9	9	5	med3	54,07	46,5	109,83	138,88
GFCI-9	9	6	med3	56,61	78,91	108,3	184,05
GFI-5	5	1	med1	76	105,42	104,31	103,53
GFI-5	5	2	med1	113,06	117,64	127,64	121,62
GFI-5	5	3	med1	116,17	97,05	111,75	135,66
GFI-5	5	4	med1	107,33	80,72	142,55	94,14
GFI-5	5	5	med1	103,74	89,91	144,75	158,94
GFI-5	5	6	med1	103,74	98,11	122,03	102,44
GFI-5	5	1	med2	62,51	112,67	109,83	232,5
GFI-5	5	2	med2	108,77	101,59	122,16	192,4
GFI-5	5	3	med2	105,03	106,87	110,63	231,07
GFI-5	5	4	med2	94,66	109,46	90,06	225,27

GFI-5	5	5	med2	67,93	119,93	96,41	338,1
GFI-5	5	6	med2	95,84	89,54	133,89	192,06
GFI-5	5	1	med3	77,2	80,58	93	142,22
GFI-5	5	2	med3	80,67	89,54	124,16	143,48
GFI-5	5	3	med3	76,25	73,63	105,3	157,19
GFI-5	5	4	med3	96,87	60,92	103,11	154,46
GFI-5	5	5	med3	83,22	59,36	90,52	174,68
GFI-5	5	6	med3	68,47	90,06	115,83	161,84
GFI-7	7	1	med1	116,28	91,44	111,65	100,88
GFI-7	7	2	med1	100,22	77,31	149,21	113,43
GFI-7	7	3	med1	101,51	108,3	118,28	110,21
GFI-7	7	4	med1	79,16	102,62	112,79	110,97
GFI-7	7	5	med1	90,88	106,51	132,55	118,28
GFI-7	7	6	med1	70,46	103,38	121,85	100,93
GFI-7	7	1	med2	109,79	79,47	77,02	169,01
GFI-7	7	2	med2	105,43	142,23	154,46	259,41
GFI-7	7	3	med2	93,14	91,53	159,04	188,4
GFI-7	7	4	med2	74,55	81,61	118,31	162,66
GFI-7	7	5	med2	100,25	107,22	93,52	161,79
GFI-7	7	6	med2	86,18	59,21	106,55	165,43
GFI-7	7	1	med3	82,87	65,38	109,64	122,03
GFI-7	7	2	med3	88,03	99,09	142,58	178,9
GFI-7	7	3	med3	95,01	60,25	119,82	176,17
GFI-7	7	4	med3	64,4	71,35	85,78	124,97
GFI-7	7	5	med3	82,93	96,33	94,14	146,22
GFI-7	7	6	med3	66,49	45,11	102,19	116,98
GFI-9	9	1	med1	156,5	118,63	153,89	124,16
GFI-9	9	2	med1	110,33	107,07	133,8	161,96
GFI-9	9	3	med1	103,99	97,62	125,39	97,82
GFI-9	9	4	med1	117,54	129,1	129,91	191,89
GFI-9	9	5	med1	58,28	95,58	116,47	188,09
GFI-9	9	6	med1	125,97	109,64	134,88	143,42
GFI-9	9	1	med2	110,21	95,45	139,84	163,59
GFI-9	9	2	med2	90,27	128,81	114,53	227,27
GFI-9	9	3	med2	97,82	111,56	115,6	187,73
GFI-9	9	4	med2	88,38	136,23	129,88	235,42
GFI-9	9	5	med2	93,14	86,18	112,62	273,9
GFI-9	9	6	med2	118,42	128,79	128,33	170,4
GFI-9	9	1	med3	54,59	68,48	80,67	123,76
GFI-9	9	2	med3	57,49	74,53	109,83	112,34
GFI-9	9	3	med3	68,42	69,43	118,61	153,08
GFI-9	9	4	med3	70,42	76,64	124,57	192,14
GFI-9	9	5	med3	65,92	64,98	101,74	136,28
GFI-9	9	6	med3	92,15	89,32	116,29	142,05

PAINEL DE FOTOGRAFIAS:

INSTALAÇÃO DO DISPOSITIVO PARA  
MOVIMENTAÇÃO DENTÁRIA INDUZIDA  
EM MURINOS

Fig. 1. Anestesia intramuscular com cloridrato de ketamina associado ao relaxante muscular cloridrato de xilazina



Fig. 2. Luxação do incisivo superior direito com sindesmótomo adaptado. Os dedos devem ficar firmes apoiando a maxila e o instrumento, sem utilizar o outro incisivo como apoio, pois é facilmente fraturado.



Fig. 3. Início da extração do incisivo superior direito com uma pinça adaptada para murinos. A exodontia deve ser feita girando a pinça no sentido do alvéolo, acompanhando a curvatura dentária e alveolar.



Fig. 4. Após a extração do incisivo com o alvéolo dentário vazio. Note a curvatura do incisivo.



Fig. 5. Esfregação do incisivo com gaze embebida em fluoreto de sódio fosfato acidulado a 2% para remoção do ligamento periodontal.



Fig. 6. Corte da papila dentária e órgão do esmalte, que promovem a rizogênese contínua dos incisivos murinos, com lâmina de bisturi nº 15.



Fig. 7. Remoção do conteúdo pulpar por via retrógrada e limpeza das paredes do canal com lima Flexofile nº 25.



Fig. 8. Após a lavagem do conduto com soro fisiológico e secagem com cones de papel absorvente, o canal é preenchido com pasta de hidróxido de cálcio e propilenoglicol.



Fig. 9. Selamento do canal radicular com a acomodação de MTA no ápice cortado, formando um "plug".



Fig. 10. Reimplante imediato do incisivo superior direito no alvéolo. O tamanho e a curvatura da raiz são suficientes para a estabilização e o reparo do incisivo reimplantado.



Fig. 11. Após 15 dias para ocorrer o reparo do incisivo reimplantado e formação das áreas de anquilose, inicia-se a instalação do dispositivo para MDI. Realiza-se o condicionamento ácido, inserção e polimerização de resina no incisivo, próximo ao nível cervical, que servirá como retenção para o fio de aço.



Fig. 12. Fio de aço inoxidável 0,20mm de diâmetro com uma curvatura prévia para facilitar sua passagem na distal do 1º molar superior direito, entre o ponto de contato com o segundo molar e a papila gengival.



Fig. 13. A passagem do fio entre os molares deve ser realizada girando o fio, acompanhando a curvatura prévia, no sentido de vestibular para palatino, e de posterior para anterior, de modo a respeitar a anatomia dos molares murinos (em destaque). Esta etapa deve ser feita sem pressão, pois o fio deve correr solto para não traumatizar.



Fig. 14. Amarração da mola de NiTi no primeiro molar superior direito.



Fig. 15. Dispositivo para MDI instalado, utilizando o incisivo superior direito, previamente induzido a anquilose, como ancoragem para mesialização do molar.

