



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA DE SAÚDE E BIOCÊNCIAS**

ANA PAULA LAZZARI MARQUES PERON

**RESPOSTAS TECIDUAIS DECORRENTES DA MOVIMENTAÇÃO DENTÁRIA
ASSISTIDA CIRURGICAMENTE POR CORTICOTOMIA OU POR
CORTICOINCISÃO EM RATOS**

CURITIBA

2012

ANA PAULA LAZZARI MARQUES PERON

**RESPOSTAS TECIDUAIS DECORRENTES DA MOVIMENTAÇÃO DENTÁRIA
ASSISTIDA CIRURGICAMENTE POR CORTICOTOMIA OU POR
CORTICOINCISÃO EM RATOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Odontologia, Área de concentração em Ortodontia.

Orientadora: Profa. Dra. Elisa Souza Camargo

Coorientadora: Profa. Dra. Vula Papalexiou

CURITIBA

2012



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Odontologia

TERMO DE APROVAÇÃO

ANA PAULA LAZZARI MARQUES PERON

RESPOSTAS TECIDUAIS DECORRENTES DA MOVIMENTAÇÃO DENTÁRIA ASSISTIDA CIRURGICAMENTE POR CORTICOTOMIA E CORTICOINCISÃO EM RATOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como parte dos requisitos parciais para a obtenção do Título de **Mestre em Odontologia**, Área de Concentração em **Ortodontia**.

Orientador(a):

Profª Drª Elisa Souza Camargo
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR

Profª Drª Aline Cristina Batista Rodrigues Johann
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR

Profª Drª Margareth Maria Gomes de Souza
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, UFRJ

Curitiba, 14 de Dezembro de 2012.

Dedico este trabalho ao meu marido
Junior, por todo apoio, compreensão,
dedicação e paciência. Seu amor e
admiração tornam minha vida mais feliz e
me incentivam a seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me permitir mais esta conquista e colocar em meu caminho pessoas e oportunidades tão especiais.

Aos meus pais, Eustáchio e Mariza, por todo o esforço e renúncias que fizeram para eu chegar até aqui. Por suportar as ausências e a distância em favor de minha educação.

Ao Professor Dr. Sérgio Vieira, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da PUCPR, pelo trabalho e dedicação prestados a esta escola.

À minha orientadora, Professora Dra. Elisa Souza Camargo, pelo incentivo constante na realização desta pesquisa. Muito obrigada por doar parte de seu tempo e compartilhar seu conhecimento ao longo desta trajetória.

Ao Professor Dr. Odilon Guariza Filho por todos os ensinamentos referentes à grande “arte” da Ortodontia.

Ao Professor Dr. Orlando Tanaka pelo exemplo de dedicação à prática da docência e à Ortodontia.

Ao Professor Dr. Sérgio Aparecido Ignácio pelo suporte estatístico que foi parte fundamental para a realização desta pesquisa. Muito obrigada pela preciosa ajuda nas análises estatísticas.

A todos os Professores do Programa de Pós-Graduação pela rica contribuição em minha formação pessoal e profissional.

Aos meus colegas de mestrado, pela troca de experiências, de conhecimentos e pelo agradável período que compartilhamos nestes dois anos.

Aos colegas de mestrado: Camila Rychuv Santos, Cristiano Miranda de Araújo, Giovana Carla Franzon Frigotto e Luciana Trevisan Bittencourt pelo companheirismo e amizade conquistados neste caminho que percorremos juntos.

À minha colega Viviane da Silva Kagy pelas experiências compartilhadas ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, pelos ótimos momentos de convívio e de aprendizado.

Aos funcionários da Técnica Operatória Mizael Gomes Barbosa e Álvaro Roberto Gonçalves Machado que se apresentaram sempre solícitos e não mediram esforços para tornar possível a conclusão da fase experimental.

Aos funcionários do laboratório Ana Paula Camargo Martins, Marina Luise Viola de Azevedo e Seigo Nagashima, por toda a atenção, trabalho e suporte laboratorial que me proporcionaram.

Aos funcionários do Biotério da PUCPR, especialmente ao Rafael Zotz e Cândido Pereira por todo o apoio prestado no cuidado e manipulação dos animais.

À aluna Arieli Carini Michels pelo auxílio prestado durante a realização deste trabalho.

À PUCPR por me receber nesta instituição tornando possível mais esta conquista.

Meu agradecimento especial às Professoras Dra. Aline Cristina Batista Rodrigues Johann e Dra. Vula Papalexiou que compartilharam momentos tão especiais de suas vidas, a maternidade, para me auxiliar no desenvolvimento desta pesquisa. Muito obrigada por todo o trabalho, dedicação e conhecimentos cedidos. Sua contribuição foi primordial para a conclusão desta pesquisa e para minha formação profissional.

SUMÁRIO

1 ARTIGO EM PORTUGUÊS.....	7
PÁGINA TÍTULO.....	8
RESUMO.....	9
INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	12
Análise Histológica.....	15
Análise Estatística.....	17
RESULTADOS.....	19
DISCUSSÃO.....	25
CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS.....	32
2 ARTIGO EM INGLÊS.....	36
TITLE PAGE.....	37
ABSTRACT.....	38
INTRODUCTION AND LITERATURE REVIEW.....	39
MATERIAL AND METHODS.....	41
Histology Analysis.....	44
Statistical Analysis.....	46
RESULTS.....	48
DISCUSSION.....	54
CONCLUSIONS.....	60
REFERENCES.....	61
3 ANEXOS.....	65
ANEXO 1 - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - PUCPR.....	66
ANEXO 2 - ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	68
ANEXO 3 - NORMAS PARA PUBLICAÇÃO – AMERICAN JOURNAL OF ORTHODONTICS AND DENTOFACIAL ORTHOPEDICS.....	78

1 ARTIGO EM PORTUGUÊS

PÁGINA TÍTULO

Respostas teciduais decorrentes da movimentação dentária assistida cirurgicamente por corticotomia ou por corticoincisão em ratos

Ana Paula Lazzari Marques Peron

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil.

Escola de Saúde e Biociências

Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Ortodontia

Vula Papalexiou

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil.

Escola de Saúde e Biociências

Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Periodontia

Elisa Souza Camargo

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil.

Escola de Saúde e Biociências

Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Ortodontia

Autor Correspondente

Elisa Souza Camargo

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil.

Endereço: Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho.

Cep 80215-901, Curitiba, Paraná, Brasil

Telefone: 41 32712160

Email: escamargo@uol.com.br

Resumo

Introdução: Foram avaliadas comparativamente as respostas histológicas na movimentação dentária induzida assistida por corticotomia e por corticoincisão.

Métodos: Noventa ratos *Wistar* foram divididos nos grupos: Controle – apenas movimentação dentária (C), Movimentação dentária + corticotomia (CT) e Movimentação dentária + corticoincisão (CI). As cirurgias foram realizadas no osso cortical vestibular e lingual do primeiro molar superior. O movimento dentário foi realizado com mola fechada de níquel titânio gerando 30g/f. Os ratos foram mortos em 3, 14 e 28 dias após a cirurgia e ativação da mola. Para avaliar osteoclastos e reabsorção radicular empregou-se a coloração fosfatase ácida tratarato-resistente; para áreas de hialinização, hematoxilina e eosina e para a matriz orgânica óssea, o picrosirius. **Resultados:** CT apresentou número maior de osteoclastos em relação a C no 3º dia ($p<0,05$). No mesmo período, houve atraso no início da remodelação da matriz orgânica óssea e menor incidência de reabsorção radicular em CT e CI ($p<0,05$). Observou-se menor presença de áreas de hialinização em CI no 3º dia ($p<0,05$). **Conclusões:** A corticotomia é efetiva em aumentar a reabsorção óssea nos estágios iniciais da movimentação dentária, o mesmo não ocorre para a corticoincisão. Os procedimentos cirúrgicos não aceleraram a remodelação da matriz orgânica óssea. A corticotomia e a corticoincisão diminuem o risco a reabsorções radiculares apenas no estágio inicial da movimentação. A corticoincisão reduz as áreas de hialinização, o que pode favorecer a movimentação dentária, o mesmo não é observado para a corticotomia.

INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

O movimento dentário induzido constitui-se de um processo mediado por células, orquestrado, predominantemente, dentro do ligamento periodontal (LP), diretamente dependente da deposição e reabsorção óssea,¹⁻³ onde a atividade osteoclástica é o elemento-chave na definição da cinética do movimento dentário⁴. A lâmina dura sofre reabsorção óssea pelos osteoclastos nas áreas de compressão e aposição óssea pelos osteoblastos nas áreas de tração,^{1,5-7} o que mantém o diâmetro do LP.⁷

As corticotomias alveolares seletivas são definidas como qualquer injúria cirúrgica intencional, em que apenas o osso cortical é cortado, perfurado ou alterado, permanecendo o medular intacto.^{8,9} A utilização de procedimentos cirúrgicos com o objetivo de aumentar a velocidade da movimentação dentária foi primeiramente relatada no final do século XIX.² Em 1959, Köle¹⁰ reintroduziu a técnica associando corticotomias inter-radiculares e osteotomias supra-apicais com o intuito de acelerar a movimentação dentária através da diminuição da resistência da cortical óssea e manutenção do suprimento sanguíneo pelo osso medular. O autor acreditava criar blocos ósseos, contendo um ou mais dentes, os quais poderiam ser movidos com maior rapidez. No entanto, não há estudos biomecânicos ou biológicos para testar a validade do conceito de “bloco ósseo”.⁴ Apesar de estudos em animais¹¹ demonstrarem que a movimentação dentária ocorre em curto período de tempo, sem causar danos aos tecidos pulpar e periodontal, esta terapia permaneceu pouco difundida devido sua natureza invasiva.²

Em 2001, Wilko et al⁵ desenvolveram um novo método aliando as vantagens da corticotomia e do enxerto ósseo com o objetivo de diminuir significativamente o tempo de tratamento ortodôntico e aumentar a espessura do osso alveolar. Propuseram que a dinâmica fisiológica responsável pela aceleração da movimentação dentária seria a diminuição transitória e localizada da densidade e aumento da remodelação óssea,⁵ ou seja, o processo se manifesta como parte do processo de aceleração regional¹² que envolve o osso alveolar após uma lesão (corticotomia), ao invés do movimento ósseo em “bloco”.¹⁰ A aceleração regional é um fenômeno caracterizado pelo aumento transitório e localizado do metabolismo e diminuição da densidade ósseas, onde a remodelação encontra-se exacerbada a fim de acelerar o reparo e, desta maneira, a recuperação funcional.^{7,12} Trabalhos

subsequentes envolvendo corticotomias proporcionaram evidências histológicas^{2,4,13} de que o processo de aceleração da movimentação dentária segue o mecanismo do fenômeno da aceleração regional.

Estudos envolvendo avaliações clínicas^{9,13-16} e histológicas^{2,3,13,16} demonstram a efetividade da utilização das corticotomias na aceleração da movimentação ortodôntica, e consequente diminuição do tempo de tratamento, ou a possibilidade da realização de movimentos considerados complexos¹⁴. Apesar da comprovada efetividade da técnica^{9,13,15,16}, o desconforto pós operatório e o risco de complicações,^{3,16,17} tornam necessário o estudo de efeitos de cirurgias mais simples sobre a movimentação ortodôntica.¹⁶ Neste sentido, Kim et al em 2009¹⁷ introduziram a corticoincisão como uma cirurgia complementar ao tratamento ortodôntico, a fim de obter a aceleração da movimentação dentária com mínima intervenção cirúrgica. Nesta técnica é utilizado um bisturi para separar corticais interproximais de maneira transmucosa, sem rebater retalhos, o que minimiza a morbidade pós operatória. A técnica estimula a movimentação ortodôntica pela aceleração da remodelação óssea,¹⁷ seguindo o mecanismo do fenômeno de aceleração regional.^{17,18}

Apesar da efetividade da corticotomia^{2,9,13,16} e da corticoincisão^{17,18} estar documentada, não existem trabalhos que comparem as duas técnicas. Sendo assim, o presente estudo foi realizado com o propósito de avaliar comparativamente as respostas histológicas decorrentes da movimentação dentária induzida assistida por corticotomia e por corticoincisão no que se refere à: reabsorção óssea; remodelação da matriz orgânica óssea; frequência de reabsorção radicular e de áreas hialinas.

MATERIAL E MÉTODOS

A amostra constituiu-se de 90 ratos machos da linhagem *Wistar* com 9 semanas de vida e peso entre 300 e 350 gramas. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), protocolo número 629, e os animais mantidos no Biotério da PUCPR sob controle de fotoperíodo, 12 horas claro e 12 horas escuro e de temperatura, entre 19° e 20°C. Para evitar danos ao dispositivo ortodôntico, optou-se pela administração de ração farelada, forneceu-se água filtrada ad libitum trocada diariamente.^{16,19,20} O peso corporal foi registrado e as condições bucais e sistêmicas monitoradas durante todo o período experimental.²¹

Os animais foram divididos aleatoriamente em três grupos: grupo controle - apenas movimentação dentária (C, n = 30); grupo movimentação dentária assistida por corticotomia, (CT, n = 30) e grupo movimentação dentária assistida por corticoincisão, (CI, n = 30). Foram utilizados diferentes ratos para os grupos controle e experimentais a fim de eliminar o possível efeito sistêmico do processo de aceleração regional que segue a injúria cirúrgica.¹⁷

Para a realização dos procedimentos cirúrgicos e instalação do dispositivo ortodôntico os animais foram anestesiados com Tiletamina/Zolazepan (Zoletil 50®, Virbac, Jurubatuba, Brasil), na dosagem de 50 mg/kg de peso corporal e volume médio de 0,25 ml/animal. Esta substância foi injetada no músculo quadríceps do membro inferior esquerdo.

O procedimento de corticotomia (Fig 1) envolveu incisão intra-sulcular e rebatimento de retalho nas faces vestibular e palatina da região do primeiro molar superior direito. Com o auxílio de uma broca esférica carbide 1/4 de baixa rotação² (KG Sorensen Ltda, Cotia, Brasil) foram realizadas três perfurações na tábua óssea vestibular e duas na palatina do primeiro molar de maneira a perfurar o osso cortical e atingir levemente o osso medular. As perfurações foram feitas sob irrigação e apresentaram tamanho correspondente ao diâmetro da broca (0,25mm de largura e 0,25mm de profundidade).² Os tecidos foram então suturados com fio reabsorvível (Vicryl-Ethicon 5-0 – Johnson & Johnson, São José dos Campos, Brasil).

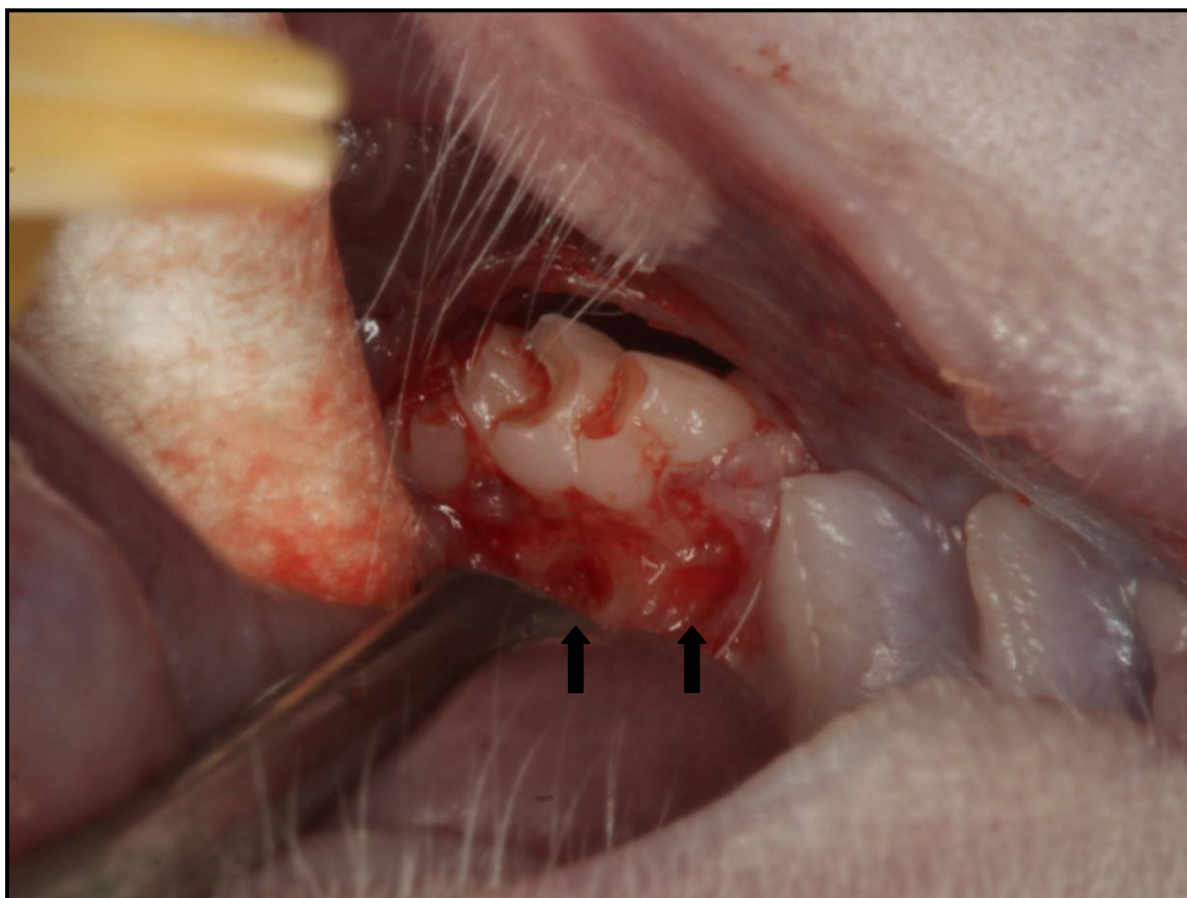


Fig 1. Procedimento cirúrgico de corticotomia; setas, perfurações palatinas.

A corticoincisão (Fig 2) foi realizada na face mesial e distal do primeiro molar superior direito, tanto na tábua óssea vestibular quanto na palatina. Uma lâmina de bisturi foi posicionada entre as raízes, com inclinação de 45° a 60° em relação ao longo eixo dentário, e inserida gradualmente no osso alveolar com o auxílio de um martelo cirúrgico (16 CM.QD 992-16 Quinelato, Schobell ©, Rio Claro, Brasil) de maneira a perfurar a gengiva, o osso cortical e o esponjoso. A lâmina foi então removida com movimentos oscilatórios a fim de evitar a fratura da mesma. A metodologia empregada foi descrita por Kim et al¹⁷, porém, no presente trabalho utilizou-se uma lâmina 15C (Swann-Morton ®, Sheffield, Inglaterra) devido ao reduzido tamanho do modelo experimental em questão.

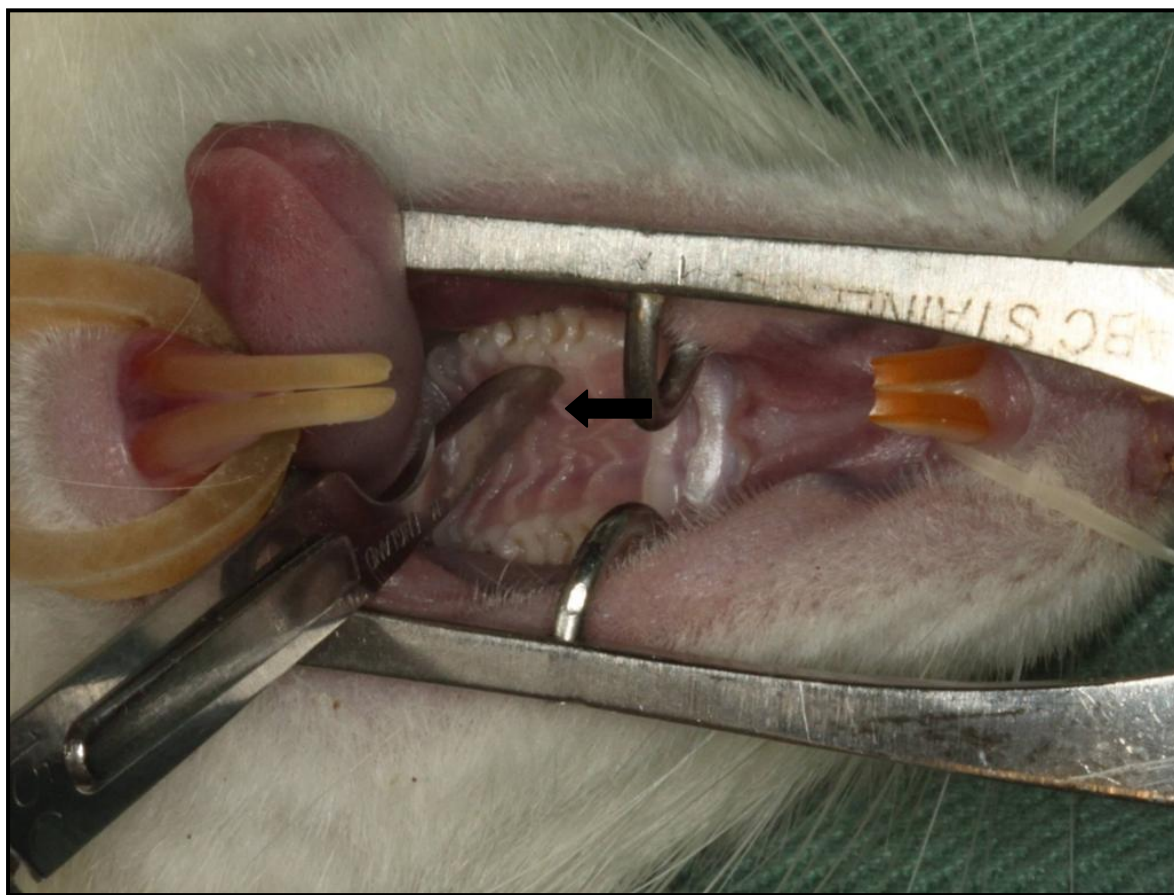


Fig 2. Procedimento cirúrgico de corticoincisão; seta, posição da lâmina de bisturi na região disto-palatina do 1º MS direito.

O dispositivo ortodôntico (Fig 3) foi instalado imediatamente após a conclusão dos procedimentos cirúrgicos e constituiu-se de uma mola fechada de *nickel titanium* (9F, G&H® Wire company, Franklin, IN) amarrada, com fio de amarelo .010" de aço inox (Dental Morelli Ltda, Sorocaba, Brasil),²⁰ ao primeiro molar superior direito e aos incisivos centrais superiores, promovendo deslocamento mesial do molar. A mensuração da força (30g/f)²² produzida pela mola foi padronizada no momento da instalação com o auxílio de um tensiômetro (Correx Tension Gauge – Haag-Sreit internacional, Koeniz, Suíça) previamente calibrado. O dispositivo não foi reativado durante o período experimental, no entanto, seu posicionamento foi conferido diariamente.

Com o objetivo de aumentar a estabilidade do dispositivo^{2,20} e proteger o animal contra possíveis danos causados pela ligadura², os incisivos foram condicionados com ácido fosfórico 37% (Villeve®, Joinville, Brasil), recobertos com o agente de união (Prime & Bond 2.1, Dentsply Ltda, Petrópolis, Brasil) e finalmente

com resina composta fotopolimerizável (Charisma®, Heraeus, Hanau, Alemanha) seguindo as recomendações dos fabricantes. Os incisivos inferiores foram cortados para evitar danos ao dispositivo em virtude do trauma oclusal.²⁰ Nos grupos de 28 dias, os ratos foram sedados no 14º dia para adição de novos incrementos de resina composta sobre os incisivos, de modo a garantir a permanência dos dispositivos.

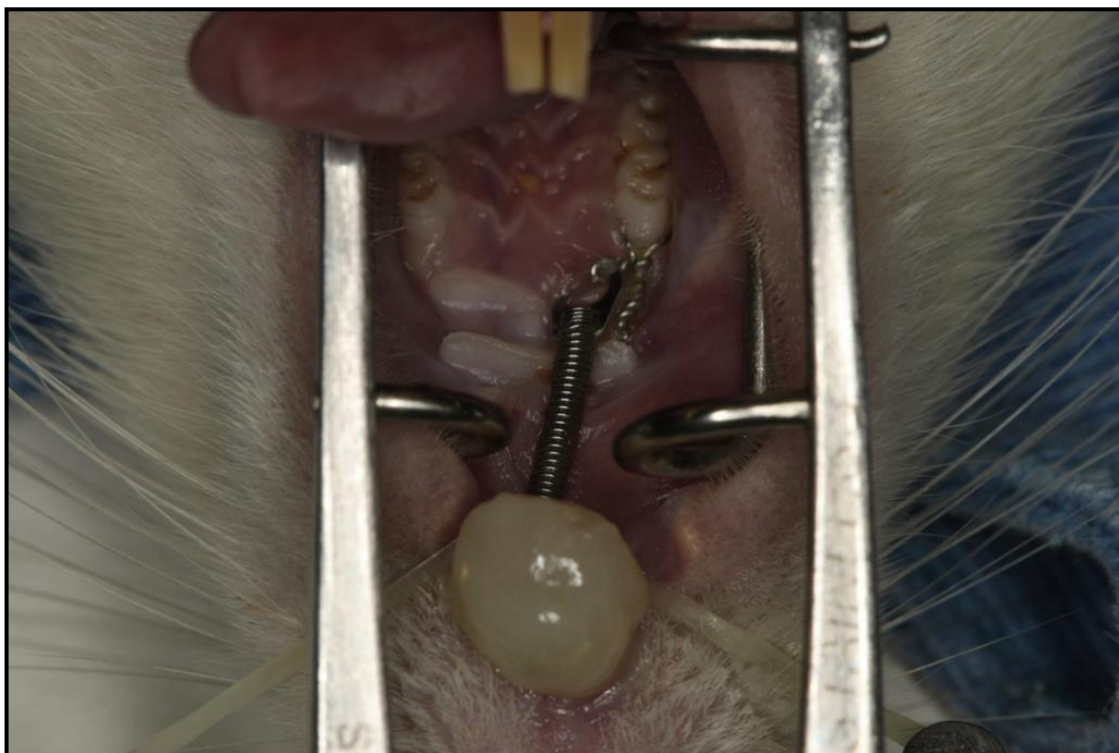


Fig 3.Dispositivo ortodôntico instalado.

Os animais foram mortos por overdose de solução anestésica de pentobarbital sódico intraperitoneal (Thiopentax, Contagem, Brasil) na dose de 100mg/kg após 3, 14 e 28 dias do início da movimentação dentária e do procedimento cirúrgico, contendo 10 ratos em cada subgrupo.

Análise Histológica

A maxila de cada animal foi removida, dissecada e seccionada na linha mediana. A hemi-maxila direita foi fixada em formol a 10% por um período de 48 horas e desmineralizada com ácido etilenodiamino tetra-acético 5% (EDTA – Biotec Reagentes Analíticos, Pinhais, Brasil) até a completa descalcificação. Os espécimes foram então processados e emblocados em parafina. A partir do terço cervical foram

obtidas 15 secções transversais, com 4 µm de espessura e intervalos de 60 µm, coradas com fosfatase ácida tartarato-resistente (TRAP), picrossirius e hematoxilina e eosina (HE), totalizando cinco secções para cada coloração.

O número de osteoclastos foi utilizado como indicativo da reabsorção óssea alveolar. A coloração TRAP (Kit TRAP 387 - Sigma-Aldrich Chemicals, St. Louis, MO) foi realizada seguindo as recomendações do fabricante e foi empregada para a análise quantitativa de osteoclastos por se tratar de um marcador pontual dos mesmos.^{16,20,21,23-25} Os osteoclastos foram definidos como células TRAP positivas, multinucleadas, em contato ou próximas às superfícies ósseas^{20,21} e foram avaliados no ligamento periodontal da face mesial da raiz disto vestibular (DV) do primeiro molar superior^{1,24,26} direito. A partir de cada uma das cinco secções, foram capturadas imagens de cinco campos microscópicos consecutivos,²⁴ totalizando uma área de 942.813,00 µm², por intermédio de um microscópio de luz Olympus BX – 40 (Olympus, Tóquio, Japão), acoplado a microcâmera, Dinolite® AM 423X (AmMo Eletronics Corporation, New Taipei City, Taiwan) em magnificação de 400x.^{20,23,24} Os osteoclastos foram contados por um mesmo operador “cego” com o auxílio do programa de morfometria Image Pro Plus 4,5 (Media Cybernetics, Rockville, MD) onde um retículo de contagem foi aplicado sobre as imagens. O número total de osteoclastos para cada animal foi obtido pela média das cinco secções.²⁴

Para identificar a presença de reabsorção radicular utilizou-se novamente o TRAP por se tratar de um marcador também para cementoclastos.²³ A avaliação foi realizada em toda a circunferência da raiz DV do primeiro molar em microscópio de luz Olympus BX – 40 (Olympus, Tóquio, Japão), com magnificação de 400x, onde identificaram-se as raízes que possuíam lacunas de reabsorção de cimento e/ou dentina com presença ou não de cementoclastos em contato. Os cementoclastos foram definidos como células TRAP positivas, multinucleadas, em contato ou próximas às superfícies radiculares.

A presença de áreas de hialinização foi avaliada na mesial da mesma raiz em microscópio de luz Olympus BX – 40 (Olympus, Tóquio, Japão), com magnificação de 100x e coloração HE. As áreas de hialinização foram definidas como alterações degenerativas do LP, homogêneas e livres de células^{21,27}.

A neoformação da matriz orgânica óssea foi verificada nas lâminas coradas com picrossirius (Aldrich Chemical Company, Milwaukee, WI). Uma área na distal da referida raiz de cada secção foi selecionada e uma imagem capturada por

intermédio de um microscópio de luz Olympus BX – 50 (Olympus, Tóquio, Japão) acoplado a microcâmara Dinolite® AM 423X (AmMo Eletronics Corporation, New Taipei City, Taiwan) e a uma lente polarizadora (Olympus U-P110, Tóquio, Japão) com magnificação de 100x.^{22,28,29} As imagens foram editadas com o auxílio do programa Adobe Photoshop® CS6® (Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA) nas quais LP e dente foram excluídos, selecionando-se apenas o tecido ósseo. O programa de morfometria Image Pro Plus 4,5 (Media Cybernetics, Rockville, MD) foi utilizado para mensurar a percentagem das áreas de colágeno maduro e imaturo.^{20,22} A percentagem de cada tipo de colágeno para cada animal foi obtida pela média das cinco secções.

Contra um fundo preto, as fibras espessas, ordenadas e fortemente aderidas representam o colágeno maduro com coloração vermelha e as fibras mais finas desorganizadas e frouxas correspondem ao colágeno imaturo conferindo a cor esverdeada.^{20,22,29,30} As primeiras são denominadas de colágeno tipo I e as segundas de tipo III.³⁰

Análise Estatística

A análise estatística foi realizada usando o programa SPSS (versão 19.0; IBM SPSS, Armonk, NY). O nível de significância adotado foi de 0,05.

Para as variáveis dependentes número de osteoclastos e percentagem de colágeno maduro e imaturo no tecido ósseo, testou-se inicialmente a normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias, utilizando os testes de normalidade de Shapiro - Wilk e o teste de homogeneidade de variância de Levene.

Uma vez que os diferentes tratamentos apresentaram distribuição normal ($p > 0,05$), a comparação dos valores médios segundo grupo e tempo foi realizada utilizando o teste paramétrico ANOVA a dois critérios, modelo fatorial completo. Quando ANOVA indicou existir diferença, e como os tratamentos apresentaram heterogeneidade de variância ($p < 0,05$), a comparação dos tratamentos 2 a 2 foi feita por meio do teste paramétrico de comparações múltiplas para variâncias heterogêneas de Games-Howell.

Para as variáveis reabsorção radicular e área de hialinização (com escala categórica dicotômica) a análise da interação grupo x tempo foi realizada empregando o teste Qui-quadrado. Quando este teste indicou existir diferença entre

as variáveis, foi aplicado o teste de diferença entre duas proporções visando identificar as variáveis que apresentavam alteração estatisticamente significativa quando comparadas 2 a 2.

Na avaliação da confiabilidade para a análise quantitativa dos osteoclastos, o erro de Dahlberg encontrado foi menor que 6,2% indicando reprodutibilidade confiável dos valores obtidos pelo operador. Para a variável reabsorção radicular o coeficiente de concordância de Kappa foi de 0,659, enquanto para a variável área de hialinização o foi de 0,861. Valores de Kappa $\geq 0,00$ e $< 0,20$ denotam concordância muito fraca; $\geq 0,20$ e $< 0,40$, concordância fraca; $\geq 0,40$ e $< 0,60$, concordância moderada; $\geq 0,60$ e $< 0,80$, concordância substancial e $\geq 0,80$ e $< 1,0$ concordância excelente.³¹ Os resultados mostram que o avaliador reproduziu as medidas de forma confiável.

RESULTADOS

Em relação à presença de osteoclastos, foi constatado número maior destas células no 3º dia no grupo CT quando comparado ao grupo C ($p < 0,05$). No mesmo período, o número de osteoclastos não diferiu entre os grupos CI e C e entre CI e CT ($p > 0,05$) (Tabela I; Fig 4).

Tabela I. Médias e desvios padrão das variáveis: número de osteoclastos e % de colágeno maduro e imaturo nos grupos controle (C), movimentação dentária assistida por corticotomia (CT) e movimentação dentária assistida por corticoincisão (CI), nos dias 3, 14 e 28

Variáveis	Grupo	Grupo	Grupo	Teste Games - Howell		
	C	CT	CI	C x CT	C x CI	CT x CI
	(Média ±DP)	(Média ±DP)	(Média ±DP)	(Valor p)	(Valor p)	(Valor p)
Número de Osteoclastos ^a						
3 dias	3,759±1,611	8,172±1,8413	6,899±2,793	0,000*	0,125	0,944
14 dias	2,729±1,054	7,233±4,416	7,763±4,472	0,141	0,088	1,00
28 dias	3,969±2,403	4,718 ±1,388	8,35±4,116	0,992	0,165	0,268
% de Colágeno Maduro ^b						
3 dias	82,681±8,124	96,122±0,728	94,998±1,181	0,009*	0,016*	0,278
14 dias	77,263±12,223	88,621±5,112	81,79±11,756	0,238	0,993	0,745
28 dias	86,294±7,090	92,214 ±3,148	85,101±6,693	0,353	1,000	0,141
% de Colágeno Imaturo ^b						
3 dias	17,319±8,12	3,878±0,728	5,002±1,181	0,009*	0,016*	0,278
14 dias	22,737±12,223	11,379±5,112	18,21±11,756	0,238	0,993	0,745
28 dias	13,706±7,090	7,786±3,148	14,899±6,693	0,353	1,000	0,141

ANOVA a dois critérios modelo fatorial completo: ^ap = 0,0747, ^bp = 0,0725.

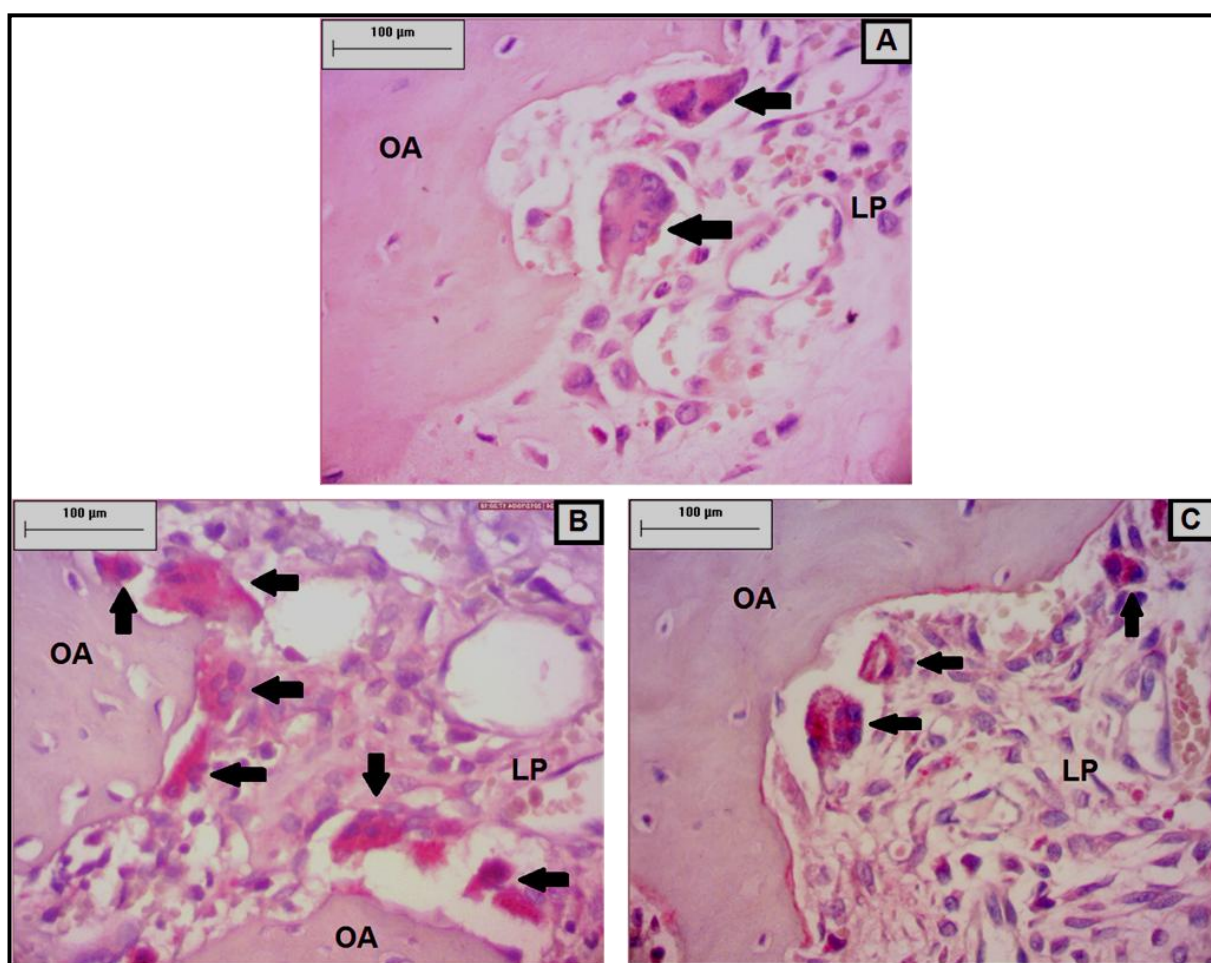


Fig 4. Fotomicrografias da face mesial do ligamento periodontal (LP) e osso alveolar (OA) da raiz disto – vestibular do 1º molar superior direito. Maior número de osteoclastos (células multinucleadas TRAP⁺, Setas) foi observado no grupo CT (B) comparado com C (A) e CI (C) no 3º dia. Coloração TRAP, magnificação 400x.

No que se refere à percentagem de colágeno maduro e imaturo no tecido ósseo, observou-se menor percentagem de fibras colágenas imaturas nos grupos experimentais em relação ao grupo C no 3º dia ($p < 0,05$). Neste período, os grupos CT e CI apresentaram percentagem semelhante destas fibras ($p > 0,05$) (Tabela I; Fig 5).

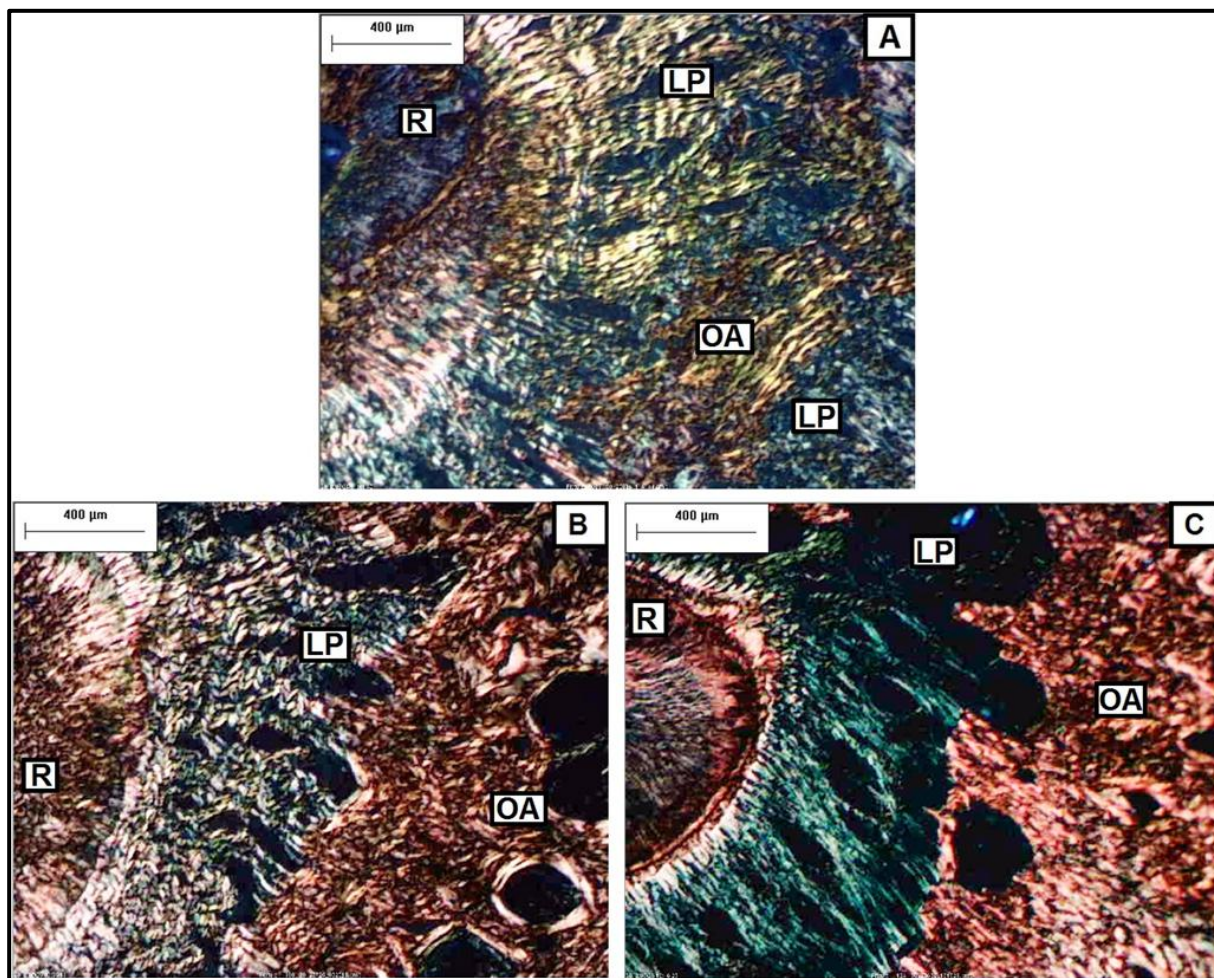


Fig 5. Fotomicrografias da face distal do ligamento periodontal (LP) e osso alveolar (OA) da raiz (R) disto – vestibular do 1º molar superior direito. Maior percentagem de colágeno imaturo (verde) no osso alveolar foi observada no grupo C (A) comparado com CT (B) e CI (C) no 3º dia. Coloração picrosirius, magnificação 100x.

Quando avaliada a reabsorção radicular entre os grupos, foi observada no 3º dia menor presença de reabsorção nos grupos experimentais CT e CI em relação ao grupo C ($p < 0,05$). Neste período, não foi verificada diferença entre os grupos CT e CI em relação a esta variável ($p > 0,05$) (Tabela II, Fig 6).

Tabela II. Percentagem de presença de reabsorção radicular e áreas de hialinização nos grupos controle (C), movimentação dentária assistida por corticotomia, (CT) e movimentação dentária assistida por corticoincisão (CI), nos dias 3,14 e 28

Variáveis	Grupo C	Grupo CT	Grupo CI	Teste unilateral da diferença entre duas proporções		
				C x CT (Valor p)	C x CI (Valor p)	CT x CI (Valor p)
Reabsorção						
Radicular ^a						
3 dias	70%	30%	10%	0,042*	0,006*	0,139
14 dias	70%	60%	40%	0,324	0,097	0,191
28 dias	90%	80%	90%	0,269	0,5	0,269
Áreas de hialinização ^b						
3 dias	100%	100%	70%	0,5	0,038*	0,038*
14 dias	10%	20%	30%	0,269	0,139	0,305
28 dias	0%	20%	0%	0,076	0,5	0,076

Teste Qui – quadrado: ^ap = 0,001, ^bp = 0,000.

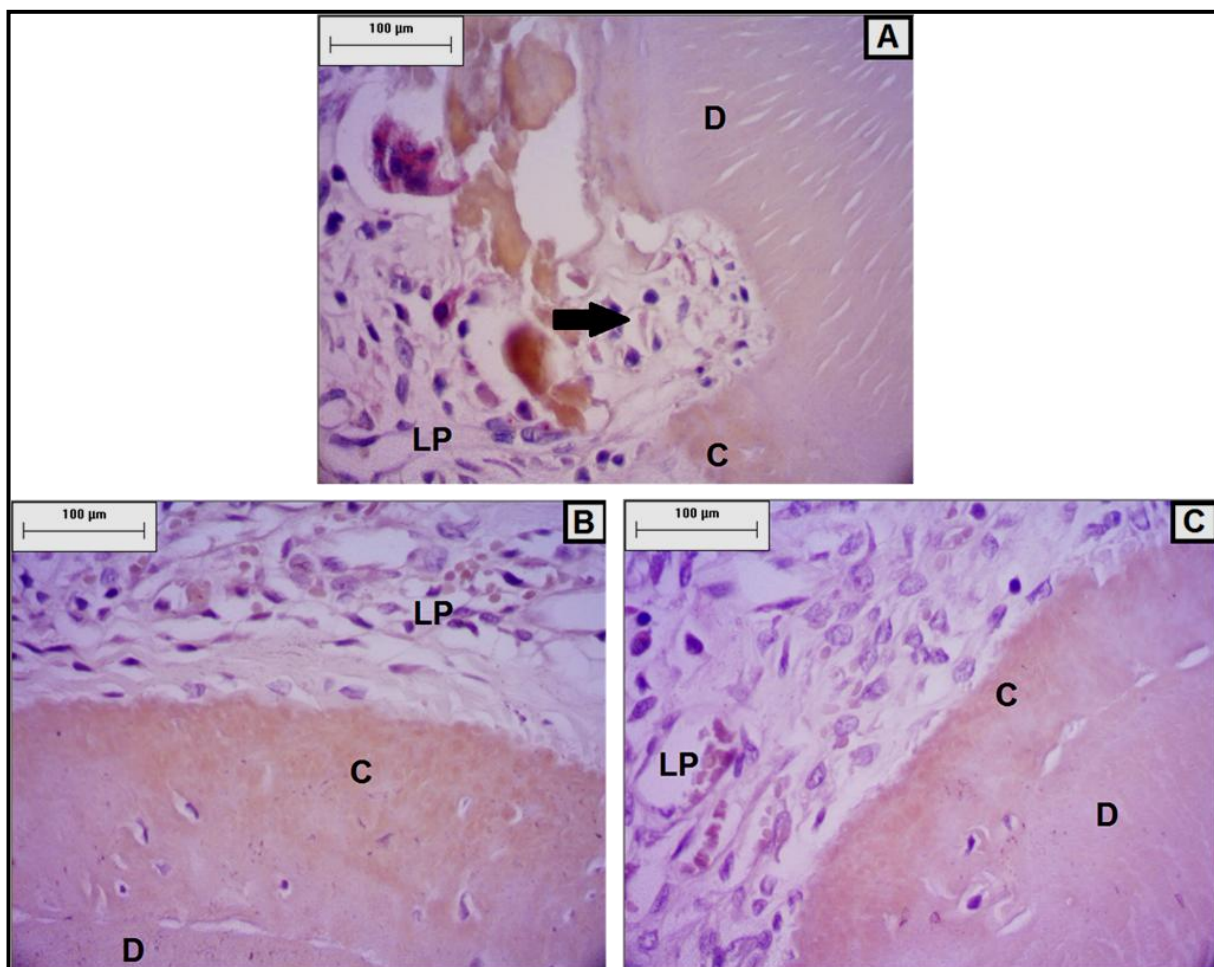


Fig 6. Fotomicrografias do ligamento periodontal (LP) e raiz disto – vestibular do 1º molar superior direito. Menor presença reabsorção radicular (*Seta*) foi observada no grupo CT (B) e CI (C) comparado ao C (A) no 3º dia; C, cimento; D, dentina. Coloração TRAP, magnificação 400x.

Para as áreas de hialinização, foi observada menor presença destas alterações no grupo CI no 3º dia em relação ao C e CT ($p < 0,05$); neste mesmo período não foi verificada diferença entre os grupos C e CT ($p > 0,05$). Na última fase da movimentação observou-se ausência ou redução considerável das áreas hialinas nos três grupos de estudo (Tabela II, Fig 7).

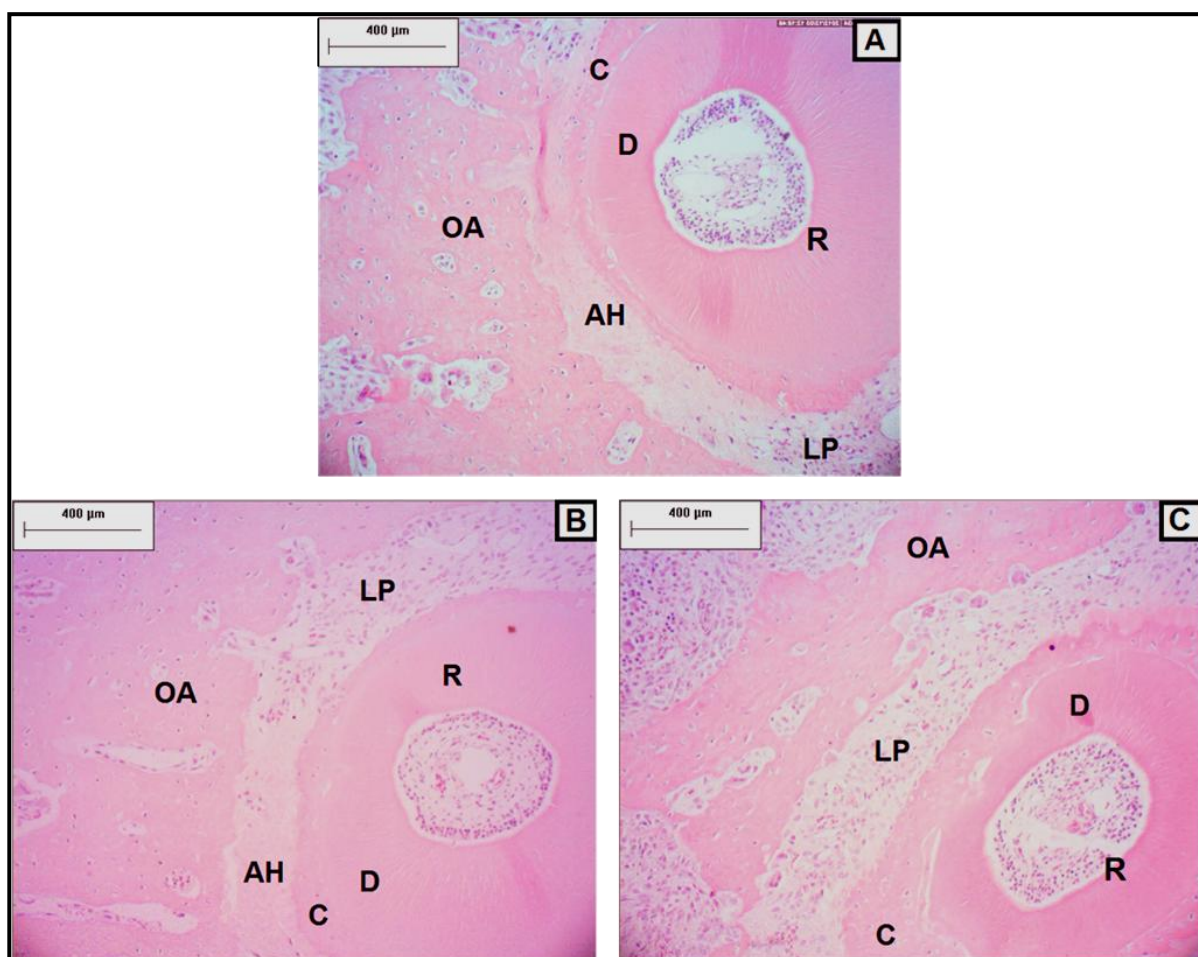


Fig 7. Fotomicrografias da face mesial do ligamento periodontal (LP) e osso alveolar (OA) da raiz (R) disto – vestibular do 1º molar superior direito. Menor presença de áreas de hialinização (AH) foi observada no grupo CI (C) comparado com C (A) e CT (B) no 3º dia; C, cimento; D, dentina. Coloração HE, magnificação 100x.

DISCUSSÃO

A execução de uma injúria seletiva na cortical alveolar é capaz de acelerar o movimento ortodôntico através da modificação do equilíbrio entre reabsorção e aposição, o que diminui o tempo de espera para o osso alveolar reabsorver, permitindo que os dentes movimentem-se mais rapidamente sem causar danos irreversíveis ao periodonto.⁴

As corticotomias proporcionam grande estímulo catabólico de reabsorção e anabólico de neoformação óssea, com aumento do número de osteoclastos e, diminuição da densidade do osso medular.^{2,4}

No presente estudo apenas o grupo movimentação dentária assistida por corticotomia (CT) apresentou maior número de osteoclastos no 3º dia em relação ao controle (C). Como o recrutamento de osteoclastos aos locais de remodelação óssea alveolar é antecedente à movimentação dentária induzida,¹ o maior número destas células no grupo CT poderia facilitar a movimentação dentária neste grupo.

Nos 14º e 28º dias os três grupos não apresentaram diferença quando comparado o número de osteoclastos. Estes resultados demonstram o padrão de aumento do *turnover* ósseo nos estágios precoces após a realização das corticotomias e a tendência a igualar o número de osteoclastos entre os grupos submetidos ou não a procedimentos cirúrgicos com o passar do tempo.¹⁶ Os dados obtidos na presente pesquisa estão em concordância com Wang et al²⁶ que encontraram aumento significativo no número de osteoclastos em ratos submetidos a corticotomias no período de 3 dias. No 21º dia a quantidade destas células se igualou ao controle, porém, não foram avaliados o período de 14 e 28 dias.

Semelhante aos resultados do presente estudo, outros experimentos com animais submetidos à corticotomia demonstraram a presença de maior número de osteoclastos nos grupos experimentais apenas no início do tratamento com estabilização ao longo do tempo.^{3,16,32} Avaliando períodos distintos dos propostos em nossa pesquisa, Lino et al¹⁶ observaram, em cães, aumento do número de células TRAP positivas no 7º dia (primeiro tempo de observação) no grupo corticotomia e aos 14 dias o número de osteoclastos se igualou ao controle. Também os estudos de Iglesias-Linares^{3,32} demonstraram, em ratos, maior reabsorção óssea no 10º dia com diminuição aos 32 dias, períodos respectivamente inicial e final avaliados pelos autores.

Como o maior número de osteoclastos foi observado apenas no início do tratamento, esse fator pode limitar o prolongamento da aceleração da movimentação dentária com o passar do tempo sem que um novo procedimento cirúrgico seja instituído.³ Isso também justifica a indicação de menor período entre as ativações do aparelho ortodôntico, em média a cada duas semanas, em pacientes submetidos à corticotomia.⁵

A corticoincisão tem por objetivo acelerar a movimentação dentária proporcionando a ativação da remodelação catabólica com mínima intervenção cirúrgica.¹⁷ No entanto, no presente trabalho, não se observou aumento significativo no número de osteoclastos no grupo movimentação dentária assistida por corticoincisão (CI) em relação ao C em nenhum dos tempos estudados. Estes resultados estão em discordância aos de Kim et al¹⁷, que verificaram maior número de osteoclastos aos 7 e 14 dias em gatos submetidos a corticoincisão, sugerindo maior facilidade na movimentação dentária devido ao aumento da reabsorção óssea nestes períodos. Uma possível explicação para a divergência de resultados é a discrepância entre o modelo experimental e análises utilizados. Para a identificação e comparação do número de osteoclastos entre os grupos, os pesquisadores citados utilizaram a coloração hematoxilina e eosina e análise descritiva, enquanto na presente pesquisa empregou-se a coloração TRAP, que facilita a identificação destas células, e análise quantitativa para a comparação do número de osteoclastos. Também o período de avaliação inicial foi distinto, enquanto no presente estudo correspondeu ao 3º dia no referido trabalho foi no 7º dia.

No entanto, deve-se destacar que, no presente estudo apesar de não existir diferença significativa entre os grupos CI e C, no 3º dia o primeiro apresentou maior média para o número de osteoclastos. O número destas células também não diferiu entre os grupos CI e CT, proporcionando mais um indicativo do aumento de osteoclastos no grupo CI. Porém, o alto desvio padrão (DP) do grupo CI e o número da amostra (10 ratos), podem ter contribuído para que o resultado não fosse estatisticamente significativo. No entanto esta diferença pode ser considerada clinicamente relevante. Talvez se uma amostra maior tivesse sido utilizada, esta discrepância apareceria como significativa. Pesquisas futuras com amostras maiores poderão confirmar esta tendência.

A neoformação óssea é essencial para o processo de movimentação dentária.^{20,29} A matriz orgânica do osso alveolar é composta fundamentalmente de

fibras colágenas tipo I (colágeno maduro),²² porém durante o processo de reparo tecidual há o aumento do nível de colágeno tipo III, com fibras finas imaturas e esverdeadas (colágeno imaturo).³³

No presente estudo, no 3º dia os grupos experimentais apresentaram o mesmo padrão de remodelação da matriz orgânica óssea na zona de tração (Tabela I), com retardo significativo em relação ao controle. No 14º dia observou-se aumento do colágeno imaturo nos grupos experimentais que se igualaram ao controle e mantiveram este padrão aos 28 dias. Ou seja, os grupos CT e CI apresentaram atraso no início da remodelação óssea a qual se assemelhou à do grupo controle partir do 14º dia.

O grupo CT não apresentou maior taxa de remodelação da matriz orgânica óssea em nenhum momento de avaliação, contrariando a premissa de que a cirurgia de corticotomia aumenta o metabolismo e diminui a densidade ósseas, estimulando a deposição óssea.^{2,34} Baloul et al² observaram, em tomografia microcomputadorizada, diminuição significativa na densidade mineral óssea aos 14 dias em ratos submetidos à corticotomia e movimentação dentária comparados ao controle. Avaliaram também a atividade osteoblástica por meio de reação quantitativa em cadeia de polimerase em tempo real, encontrando maior expressão no primeiro grupo nos 3, 7 e 14 dias o que demonstrou maior neoformação óssea. Os resultados discrepantes entre as pesquisas podem ser devidos à utilização de metodologias distintas, visto que, enquanto Baloul et al² estudaram a atividade osteoblástica e densidade óssea, o presente estudo avaliou a neoformação da matriz orgânica óssea através da maturação de fibras colágenas.

No que se refere à corticoincisão, a neoformação óssea no grupo CI foi inicialmente menor e após os 14 dias semelhante ao C, contrariando estudos experimentais^{17,18} que demonstram maior e mais rápida aposição óssea nos tratamentos submetidos à corticoincisão. Kim et al¹⁷ observaram, por meio de microscopia de fluorescência, aceleração e maior neoformação de osso mineralizado em gatos submetidos a corticoincisão, com o pico aos 14 dias. Os resultados foram expostos qualitativamente. Com a mesma técnica, os autores verificaram quantitativamente, maior neoformação de osso mineralizado em cães submetidos à mesma cirurgia.¹⁸ Porém, a comparação com o presente estudo é dificultada devido a discrepâncias de metodologias e modelos experimentais.

A reabsorção radicular é um efeito colateral indesejável que, em diferentes graus de severidade, está frequentemente associado à movimentação dentária induzida. A possibilidade de eliminar ou mesmo reduzir essa alteração pode ser benéfica ao paciente ortodôntico. Apesar de relatada a diminuição do índice de reabsorção radicular em movimentos ortodônticos assistidos por corticotomia⁵ e corticoincisão,¹⁷ existem poucos estudos histológicos que avaliam quantitativamente esta alteração. No presente estudo, apenas aos 3 dias os grupos CT e CI demonstraram menor presença de reabsorção radicular em relação ao C, ou seja, ambos os procedimentos cirúrgicos apresentaram o mesmo efeito protetor para reabsorção radicular na fase inicial da movimentação. Aos 14 e 28 dias esta diferença desapareceu e os três grupos apresentaram-se semelhantes no que se refere a esta sequela.

Os resultados obtidos contrariam pesquisas que demonstraram a total ausência de reabsorção radicular nos grupos submetidos à corticotomia^{13,16} e corticoincisão.¹⁷ Mostafa et al¹³ analisaram a presença de reabsorção radicular em cães submetidos à corticotomia e movimentação dentária e verificaram ausência desta alteração tanto no grupo controle quanto no experimental, levantando a hipótese de que isso pode ser decorrente da maior resistência à reabsorção nestes animais. Contudo Lino et al,¹⁶ também avaliando os resultados da corticotomia em cães, não observaram reabsorção radicular em qualquer período após as corticotomias mas verificaram esta sequela no grupo controle. No que se refere a corticoincisão, Kim et al,¹⁷ utilizando gatos como modelo experimental, não encontraram reabsorção radicular em nenhum animal submetido a este procedimento cirúrgico.

Todos os trabalhos acima mencionados^{13,16,17} utilizaram estudos qualitativos para avaliar a presença de reabsorção sem especificar os critérios morfológicos e a metodologia de análise. No entanto, no presente experimento empregou-se análise quantitativa o que proporcionou comparação estatística dos resultados obtidos. Além disso esta é a primeira pesquisa avaliando a reabsorção radicular frente a corticotomia e a corticoincisão associados à movimentação dentária induzida em ratos, e este modelo experimental pode ser mais suscetível à reabsorção em virtude do movimento ortodôntico comparado aos modelos utilizados pelos referidos autores.^{13,16,17} Gonzales et al³⁵ demonstraram, em ratos *Wistar*, que todos os animais submetidos à movimentação dentária induzida apresentaram algum grau de

reabsorção radicular. As raízes distais, em especial a DV, mostraram maiores áreas de reabsorções comparadas às outras raízes dos primeiros molares superiores, fato este que poderia ser resultado do diferente padrão de distribuição das tensões mecânicas gerado entre elas. Apesar da erupção dentária contínua, e consequente deposição constante de cemento nas raízes nestes animais, eles são amplamente utilizados para estudo de reabsorções radiculares devido a dificuldade em se obter amostras de tamanho adequado envolvendo animais de maior porte.²³ Outro fator a ser considerado é que no presente estudo a reabsorção foi avaliada na coloração TRAP que, por se tratar de um marcador para cementoclastos,²³ proporcionou avaliação mais precisa da existência de reabsorção radicular permitindo a diferenciação entre esta alteração e um eventual defeito anatômico da raiz. É importante destacar, no entanto, o distinto status filogenético ente humanos e roedores o que torna difícil extrapolar para a clínica os resultados obtidos a partir destes modelos animais.²³

Durante a movimentação dentária induzida, nas áreas de compressão ocorre o estreitamento do LP³⁶ em conjunto com a morte celular em massa, formando áreas de hialinização^{5,7} decorrentes da isquemia localizada gerada pelo excesso de força.⁷ Na clínica ortodôntica, é difícil evitar, pelo menos, algumas áreas avasculares no tecido periodontal.²¹ No presente estudo, apenas o grupo CI em 3 dias demonstrou menor presença de áreas de hialinização em relação ao C. Neste período os grupos CT e C se comportaram da mesma maneira. Nos outros tempos avaliados não foi verificada divergência entre os grupos, observando ainda, redução destas áreas ao longo do tempo. Este último efeito era esperado visto que tipicamente a zona de tecido necrótico é eliminada e reparada com a evolução da movimentação dentária.⁵

No que se refere à corticoincisão, os resultados da presente pesquisa estão em concordância com os obtidos por Kim et al¹⁷ que, apesar de em período diferente (7 dias), também observaram menor presença de áreas de hialinização no grupo corticoincisão nos estágios iniciais da movimentação dentária. Sabe-se que a presença de hialinização não é favorável para o recrutamento de osteoclastos no espaço do tecido periodontal o que conduz ao atraso na reabsorção óssea alveolar²¹ onde o movimento através de reabsorção frontal é praticamente paralizado.⁵ Para acelerar a movimentação dentária é essencial minimizar ou estimular o processo de remoção do tecido hialinizado.¹⁷ Embora, no presente trabalho, tenha sido observada menor presença de áreas de hialinização no grupo CI isso não acarretou

em aumento do número de osteoclastos neste período, como o encontrado por Kim et al.¹⁷

Apesar de existirem poucos estudos avaliando especificamente a presença de áreas de hialinização e corticotomias, Lino et al¹⁶ observaram menor incidência nos grupos com corticotomia comparados ao controle e, quando ela ocorreu, foi nos estágios iniciais do tratamento (7 dias) sendo removida mais rapidamente. Contrariamente a esses resultados, no presente trabalho não se observou discrepância entre os grupos CT e C em relação à presença de áreas de hialinização. Este descompasso pode ser causado, em parte, pela diferença entre animais e metodologia empregados, os autores fizeram análise qualitativa em cães, enquanto na presente pesquisa utilizou-se ratos e análise quantitativa. Também o momento das observações pode ter contribuído para a divergência. O primeiro período avaliado neste trabalho foi o 3º dia no qual, geralmente, há maior formação de áreas de hialinização, talvez no 7º dia poderia ser observada menor hialinização também no grupo corticotomia.

A cirurgia de corticotomia associada à movimentação dentária mostrou-se mais efetiva em proporcionar aumento do número de osteoclastos comparada à cirurgia de corticoincisão. Portanto, apesar de mais invasiva, essa seria a técnica de escolha quando o objetivo é aumentar a reabsorção óssea facilitando desta maneira, a movimentação dentária. Em contrapartida, a cirurgia de corticoincisão apresentou maior capacidade na redução das áreas de hialinização nos estágios iniciais da movimentação, o que também pode ser benéfico. Ambas as técnicas cirúrgicas proporcionaram diminuição da reabsorção radicular apenas nos estágios iniciais do movimento dentário. Deste modo, a corticotomia e a corticoincisão não podem ser consideradas como protetoras da integridade radicular, uma vez que as reabsorções ao longo de todo o processo após a aplicação da força devem ser considerados, assim como nas suas reativações, frequentemente realizadas durante os tratamentos ortodônticos.

CONCLUSÕES

A realização de movimentação dentária induzida em ratos *Wistar*, assistida por corticotomia e corticoincisão permite concluir que:

1. A corticotomia alveolar aumenta a reabsorção óssea nos estágios iniciais da movimentação dentária podendo acelerar esse processo. O mesmo não ocorre quando realizada a corticoincisão. Portanto, a corticotomia mostrou-se mais efetiva.
2. Os procedimentos cirúrgicos empregados não são capazes de acelerar a remodelação da matriz orgânica óssea.
3. Ambas as cirurgias são efetivas em diminuir a incidência de reabsorção radicular apenas durante os estágios iniciais da movimentação dentária.
4. A corticoincisão é capaz de diminuir a incidência de áreas de hialinização nos estágios iniciais da movimentação dentária. O mesmo não ocorre quando realizada a corticotomia.

REFERÊNCIAS

1. Noxon SJ, King GJ, Gu G, Huang G. Osteoclast clearance from periodontal tissues during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120:466-476.
2. Baloul SS, Gerstenfeld LC, Morgan EF, Carvalho RS, Van Dyke TE, Kantarci A. Mechanism of action and morphologic changes in the alveolar bone in response to selective alveolar decortication-facilitated tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:S83-101.
3. Iglesias-Linares A, Moreno-Fernandez AM, Yanez-Vico R, Mendoza-Mendoza A, Gonzalez-Moles M, Solano-Reina E. The use of gene therapy vs. corticotomy surgery in accelerating orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res* 2011;14:138-148.
4. Sebaoun JD, Kantarci A, Turner JW, Carvalho RS, Van Dyke TE, Ferguson DJ. Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats. *J Periodontol* 2008;79:1679-1688.
5. Wilcko WM, Wilcko T, Bouquot JE, Ferguson DJ. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:9-19.
6. Mabuchi R, Matsuzaka K, Shimono M. Cell proliferation and cell death in periodontal ligaments during orthodontic tooth movement. *J Periodonto Res* 2002;37:118-124.
7. Melsen B. Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 1999;69:151-158.
8. Murphy KG, Wilcko MT, Wilcko WM, Ferguson DJ. Periodontal accelerated osteogenic orthodontics: a description of the surgical technique. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:2160-2166.
9. Aboul-Ela S-D, EL-Sayed K, Selim E, EL-Mangoury N, Mostafa Y. Miniscrew implant-supported maxillary canine retraction with and without corticotomy-facilitated orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:252-259.

10. Kole H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1959;12:515-529 concl.
11. Düker J. Experimental Animal Research into Segmental Alveolar Movement after Corticotomy. *Journal Maxillofacial Surgery* 1975;3:81-84.
12. Frost H. The biology of fracture healing: an overview for clinicians. Part I. *Clin Orthop Relat Res* 1989;248:283-293.
13. Mostafa Y, Fayed M, Mechanni S, ElBokle N, Heider A. Comparison of corticotomy-facilitated vs standard tooth-movement techniques in dogs with miniscrews as anchor units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:570-577.
14. Oliveira DD, de Oliveira BF, de Araujo Brito HH, de Souza MM, Medeiros PJ. Selective alveolar corticotomy to intrude overerupted molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:902-908.
15. Fischer TJ. Orthodontic treatment acceleration with corticotomy-assisted exposure of palatally impacted canines. *Angle Orthod* 2007;77:417-420.
16. Lino S, Sakoda S, Ito G, Nishimori T, Ikeda T, Miyawaki S. Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:448.e.441-448.e.448.
17. Kim SJ, Park YG, Kang SG. Effects of Corticision on paradental remodeling in orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 2009;79:284-291.
18. Kim SJ, Moon SU, Kang SG, Park YG. Effects of low-level laser therapy after Corticision on tooth movement and paradental remodeling. *Lasers Surg Med* 2009;41:524-533.
19. Kavarizadeh A, Zhang D, Götz W, A J. Correlation of stress and strain profiles and the distribution of osteoclastic cells induced by orthodontic loading in rat *Eur J Oral Sci* 2004;112:140-147.
20. Markezan M, Bolognese AM, Araujo MT. Effects of two low-intensity laser therapy protocols on experimental tooth movement. *Photomed Laser Surg* 2010;28:757-762.

21. Tomizuka R, Shimizu Y, Kanetaka H, Suzuki A, Urayama S, Kikuchi M et al. Histological evaluation of the effects of initially light and gradually increasing force on orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 2007;77:410-416.
22. Retamoso LB, da Cunha TMA, Knop LAH, Shintcovsk RL, Tanaka OM. Organization and quantification of the collagen fibers in bone formation during orthodontic tooth movement. *Micron* 2009;40:827-830.
23. Liu Z, Xu J, Lingling E, Wang D. Ultrasound enhances the healing of orthodontically induced root resorption in rats. *Angle Orthod* 2012;82:48-55.
24. Braga S, de Albuquerque Tadei S, Andrade IJ, Queiroz-Junior C, Garlet Repeke C, Teixeira M et al. Effect of diabetes on orthodontic tooth movement in a mouse model. *Eur J Oral Sci* 2011;119:7-14.
25. Hayman AR. Tartrate – resistant acid phosphatase (TRAP) and the osteoclast/immune cell dichotomy. *Autoimmunity* 2008;41:218-223.
26. Wang L, Lee W, Lei DL, Liu YP, Yamashita DD, Yen SL. Tissue responses in corticotomy- and osteotomy-assisted tooth movements in rats: histology and immunostaining. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:770 e771-711; discussion 770-771.
27. Miyoshi K, Igarashi K, Saeki S, Shinoda H, Mitani H. Tooth movement and changes in periodontal tissue in response to orthodontic force in rats vary depending on the time of day the force is applied. *Eur J Orthod* 2001;23:329-338.
28. Retamoso LB, Montagner F, Camargo ES, Vitral RW, Tanaka OM. Polarized light microscopic analysis of bone formation after inhibition of cyclooxygenase 1 and 2. *Anat Rec (Hoboken)* 2010;293:195-199.
29. Retamoso LB, Knop LAH, Shintcovsk RL, Maciel JV, Machado MA, Tanaka OM. Influence of anti-inflammatory administration in collagen maturation process during orthodontic tooth movement. *Microsc Res Tech* 2011;74:709-713.
30. Montes GS. Structural biology of the fibres of the collagenous and elastic systems. *Cell Biol Int* 1996;20:15-27.
31. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33:159-174.

32. Iglesias-Linares A, Yanez-Vico RM, Moreno-Fernandez AM, Mendoza-Mendoza A, Solano-Reina E. Corticotomy-assisted orthodontic enhancement by bone morphogenetic protein-2 administration. *J Oral Maxillofac Surg* 2012;70:e124-132.
33. Wang HQ, Li XK, Wu ZX, Wei YY, Luo ZJ. The effect on the extracellular matrix of the deep fascia in response to leg lengthening. *BMC Musculoskelet Disord* 2008;9:101.
34. Lee W, Karapetyan G, Moats R, Yamashita DD, Moon HB, Ferguson DJ et al. Corticotomy-/osteotomy-assisted tooth movement microCTs differ. *J Dent Res* 2008;87:861-867.
35. Gonzales C, Hotokezaka H, Yoshimatsu M, Yozgatian JH, Darendeliler MA, Yoshida N. Force magnitude and duration effects on amount of tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod* 2008;78:502-509.
36. Mabuchi R, Matsuzaka K, Shimono M. Cell proliferation and cell death in periodontal ligaments during orthodontic tooth movement. *J Periodontal Res* 2002;37:118-124.

2 ARTIGO EM INGLÊS

TITLE PAGE**Tissue responses resulting from tooth movement surgically assisted by corticotomy or by corticision in rats****Ana Paula Lazzari Marques Peron**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brazil.

School of Health and Biosciences

Graduate Program in Dentistry – Orthodontics

Vula Papalexiou

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brazil.

School of Health and Biosciences

Graduate Program in Dentistry – Periodontology

Elisa Souza Camargo

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brazil.

School of Health and Biosciences

Graduate Program in Dentistry – Orthodontics

Corresponding author**Elisa Souza Camargo**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brazil.

Address: Rua Imaculada Conceição , 1155, Prado Velho

Cep 80215-901, Curitiba, Paraná, Brazil

Telephone and fax numbers: +055 41 32712160

Email address: escamargo@uol.com.br

Abstract

Introduction: The histological responses in corticotomy and corticision-assisted tooth movement were comparatively evaluated. **Methods:** Ninety *Wistar* rats were divided into 3 groups: Control – only tooth movement (C), Tooth movement + corticotomy (CT) and Tooth movement + corticision (CI). Surgeries were performed on the vestibular and lingual cortical bone of the first upper molar. Tooth movement was carried out with nickel-titanium closed coil spring, generating 30 g/f. The rats were sacrificed at 3, 14 and 28 days. To evaluate the number of osteoclasts and root resorption, a tartrate-resistant acid phosphatase stain was used. Hematoxylin and eosin (HE) staining was performed for areas of hyalinization, and the organic bone matrix was stained with picrosirius. **Results:** The CT group showed a greater number of osteoclasts than the C group on day 3 ($p<0.05$). At this same time point, the CT and CI groups showed a delayed onset of organic bone matrix remodeling and a lower incidence of root resorption than the C group ($p<0.05$). There were also fewer hyalinization areas in the CI group than in the C group on day 3 ($p<0.05$). **Conclusions:** Corticotomy effectively increases bone resorption during the early stages of tooth movement, but this increase is not observed for corticision. The surgical procedures did not accelerate the organic bone matrix remodeling. Corticotomies and corticisions decrease the risk of root resorption only during the early stages of movement. Corticision reduces the level of hyalinization, which can help tooth movement, while corticotomy does not.

INTRODUCTION AND LITERATURE REVIEW

Induced tooth movement consists of a cell-mediated process, predominantly orchestrated within the periodontal ligament (PL) and directly dependent on bone deposition and resorption,¹⁻³ where the osteoclastic activity is the key element that defines the kinetics of tooth movement.⁴ Osteoclasts cause bone resorption of the lamina dura in areas of compression and bone apposition in areas of traction,^{1,5-7} and these events maintain the PL diameter.⁷

Selective alveolar corticotomy is defined as any intentional surgical injury in which only the cortical bone is cut, drilled or altered, and the bone marrow remains intact.^{8,9} The use of surgical procedures to increase the speed of tooth movement was first reported in the late 19th century.² In 1959, Köle¹⁰ reintroduced the technique and employed interradicular corticotomies and supra-apical osteotomies to accelerate tooth movement by decreasing the resistance of the cortical bone and maintaining the blood supply through the bone marrow. The goal of this strategy was to create bone blocks containing one or more teeth, which could be moved more quickly than individual teeth. However, no biomechanical or biological studies have tested the validity of the “bone block” concept.⁴ Although studies in animals¹¹ have shown that tooth movement occurs in a short period of time and does not cause damage to the pulp or periodontal tissues, this therapy failed to garner much attention because of its invasive nature.²

In 2001, Wilko et al.⁵ developed a new method that combined the advantages of the corticotomy and bone graft to significantly decrease the time required for orthodontic treatment and to increase the thickness of the alveolar bone. These authors proposed that the physiological dynamics responsible for the acceleration of tooth movement include the transient and localized decrease in density and the increase in bone remodeling,⁵ i.e., the process manifests itself as part of a regional acceleration¹² involving the alveolar bone after an injury (corticotomy), rather than as a bone “block” movement.¹⁰ Regional acceleration is a phenomenon characterized by the transient and localized increase of the metabolism and decreased bone density, where remodeling accelerates the repair and thus the functional recovery.^{7,12} Subsequent studies involving corticotomies have provided histological evidence^{2,4,13} that the process of tooth movement acceleration follows regional acceleratory phenomenon.

Studies involving clinical^{9,13-16} and histological^{2,3,13,16} evaluations have demonstrated that the corticotomy can effectively accelerate orthodontic movement and reduce the treatment time and have also shown the possibility of performing movements considered to be complex.¹⁴ Despite the proven effectiveness of the technique^{9,13,15,16}, the postoperative discomfort and risk of complications^{3,16,17} necessitate examination of the effects of simpler surgeries on orthodontic movement.¹⁶ In accordance with this idea, in 2009, Kim et al.¹⁷ introduced the corticision as a surgery that is complementary to orthodontic treatment to accelerate tooth movement with minimal surgical intervention. In this technique, a scalpel is used to separate the interproximal cortical bones transmucosally without reflecting flaps, a method which minimizes the postoperative morbidity. This technique stimulates orthodontic movement by accelerating the bone remodeling¹⁷ via regional acceleration.^{17,18}

Although the effectiveness of corticotomies^{2,9,13,16} and corticisions^{17,18} have been documented, no studies have compared these techniques. Therefore, the present study was conducted to comparatively evaluate the histological responses arising from induced tooth movement assisted by corticotomy and cortical incision with regard to the bone resorption, the remodeling of the organic bone matrix and the frequency of root resorption and hyaline areas.

MATERIAL AND METHODS

The sample consisted of 90 male *Wistar* rats at 9 weeks of age and weighing 300 to 350 grams. The study was approved by the Ethics Committee on Animal Use (Comitê de Ética no Uso de Animais - CEUA) of the Pontifical Catholic University of Paraná (Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR), protocol number 629, and the animals were housed in the PUCPR vivarium under photoperiod control (12 hours of light and 12 hours of dark) and temperature control (between 19° and 20°C). Ground dry feed was used to avoid damage to the orthodontic device, and filtered water was provided *ad libitum* and changed daily.^{16,19,20} The body weight was recorded, and the oral and systemic conditions were monitored throughout the experimental period.²¹

The animals were randomly divided into the following 3 groups: the control group – only tooth movement (C, n=30); the tooth movement surgically assisted by corticotomy group (CT, n=30) and the tooth movement surgically assisted by corticision group (CI, n=30). Different rats were used for the control and experimental groups to eliminate possible systemic effects of the regional acceleration process that follows surgical injury.¹⁷

For the surgical procedures and installation of the orthodontic device, the animals were anesthetized with Tiletamine/Zolazepan (Zoletil 50®, Virbac, Jurubatuba, Brazil) at a dose of 50 mg/kg of the body weight and an average volume of 0.25 ml/animal. This substance was injected in the quadriceps muscle of the left leg.

The corticotomy procedure (Fig 1) involved an intrasulcular incision and folding of the flap in the vestibular and palatal faces of the upper right first molar region. With the aid of a low-speed 1/4-mm spherical carbide bur² (KG Sorensen Ltda, Cotia, Brazil), 3 perforations were created in the vestibular bone plate and 2 in the palatal bone plate of the first molar to perforate the cortical bone and to reach the medullary bone. The perforations were made under irrigation, with a size corresponding to the bur diameter (0.25 mm width and 0.25 mm depth).² The tissues were subsequently sutured with absorbable thread (Vicryl-Ethicon 5-0, Johnson & Johnson, São José dos Campos, Brazil).

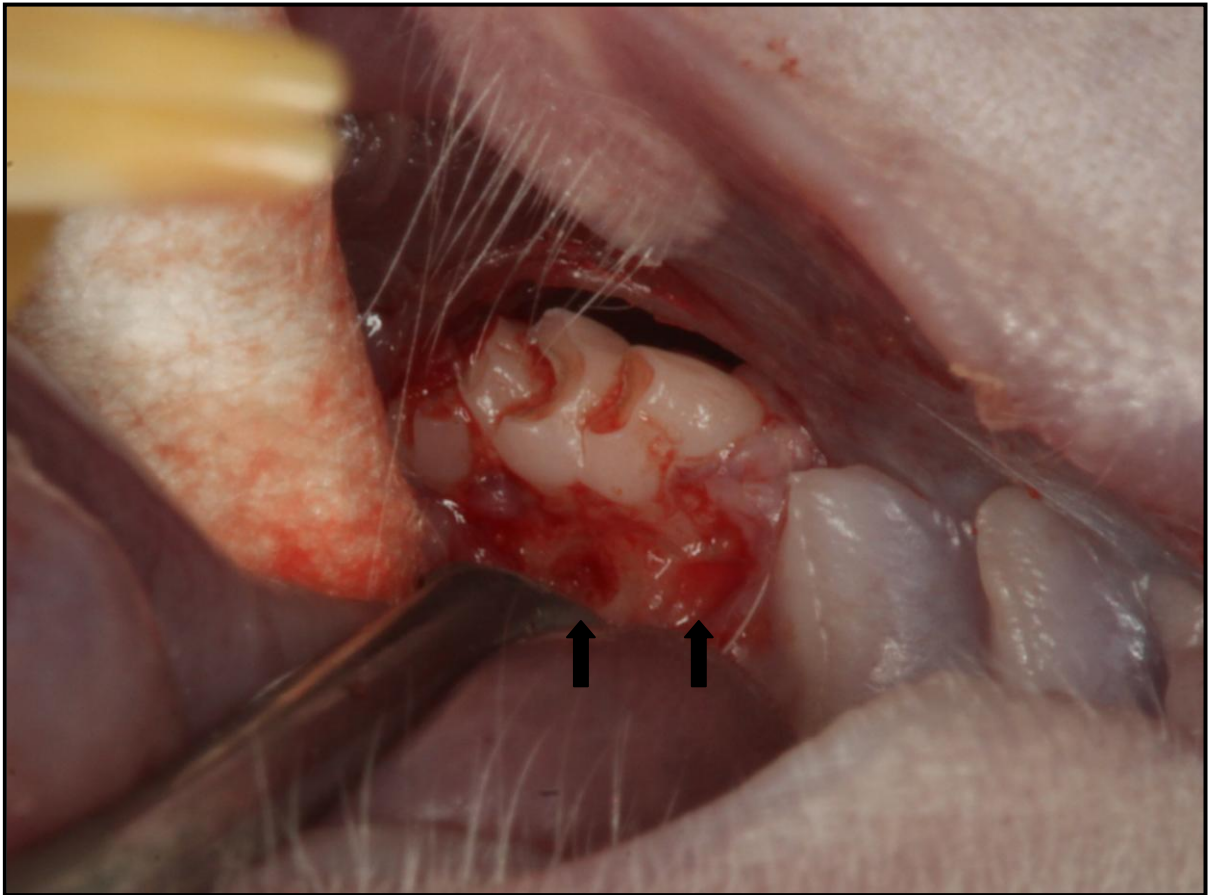


Fig 1. Corticotomy procedure; *black arrows*, palatal perforations.

The corticision (Fig 2) was made at the mesial and distal face of the upper right molar in both the vestibular and palatal bone plates. A scalpel blade was positioned between the roots at an angle of 45° to 60° to the long axis of the tooth and was gradually inserted into the alveolar bone with the aid of a surgical hammer (16 CM.QD 992-16 Quinelato, Schobell ©, Rio Claro, Brazil) to perforate the gum, the cortical bone and the cancellous bone. The blade was later removed with oscillatory movements to prevent fracturing. The methodology used was described by Kim et al¹⁷ however, in the present study, a 15C blade was used (Swann-Morton ®, Sheffield, England), due to the small size of the experimental model.

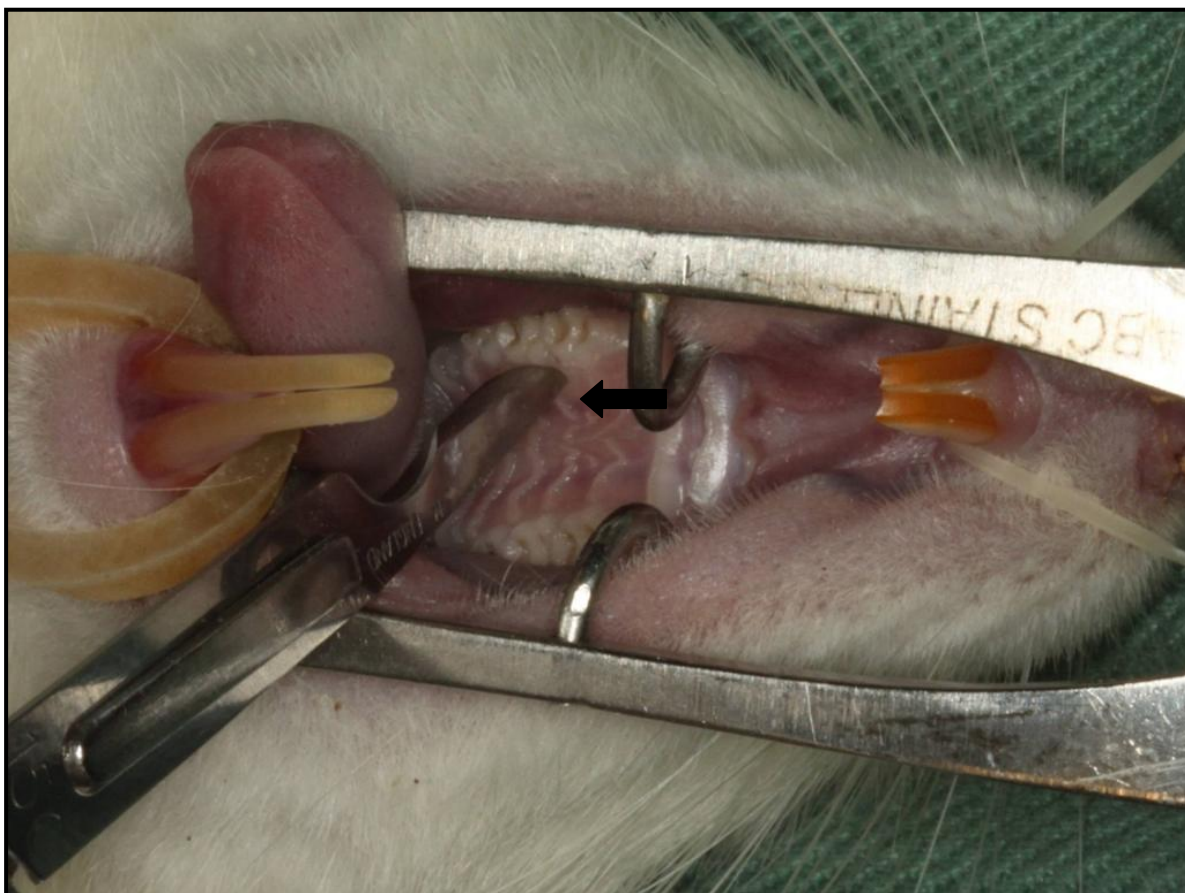


Fig 2. Corticision procedure; *black arrow*, position of scalpel blade in the disto - palatal face of the upper right molar.

The orthodontic device (Fig 3) was installed immediately after completion of the surgical procedures and consisted of a nickel-titanium closed coil spring (9F, G&H® Wire Company, Franklin, IN) tied with 0.010" stainless steel wire (Dental Morelli Ltda, Sorocaba, Brazil)²⁰ to the first upper right molar and upper central incisors, promoting molar mesial displacement. The measurement of the force (30 g/f)²² produced by the spring was standardized at the time of installation with the aid of a calibrated dynamometer (Correx Tension Gauge, Haag-Sreit International, Koeniz, Switzerland). The device was not reactivated during the experimental period, although its position was checked daily.

To increase the device stability^{2,20} and protect the animals from potential damage caused by the ligature,² the incisors were conditioned in 37% phosphoric acid (Villeve ®, Joinville, Brazil), covered with a bonding agent (Prime & Bond 2.1, Dentsply Ltda, Petrópolis, Brazil) and finally covered with a photopolymerizable

composite resin (Charisma®, Heraeus, Hanau, Germany) following the manufacturers' recommendations. The lower incisors were cut to prevent damage to the device due to occlusal trauma.²⁰ In the 28-day groups, the rats were sedated on day 14, and new composite resin increments were added to the incisors to ensure the device's stability.

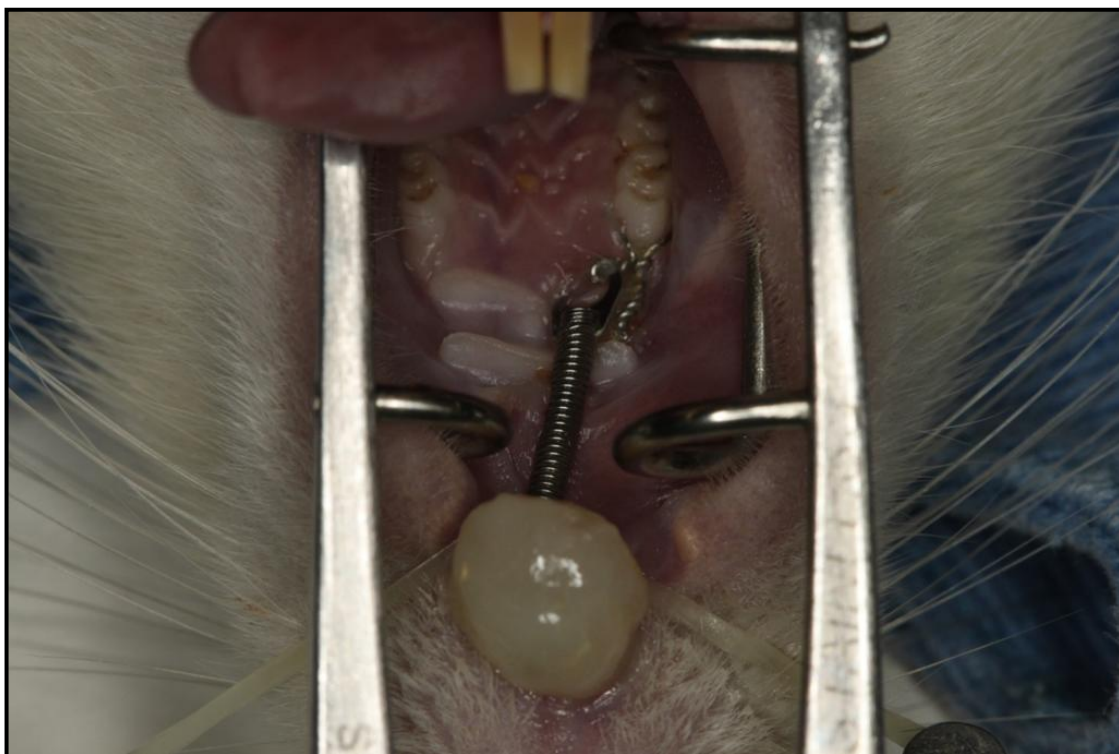


Fig 3. The orthodontic device.

The animals were sacrificed by intraperitoneal anesthetic overdoses of sodium pentobarbital (Thiopentax, Contagem, Brazil) at a dose of 100 mg/kg at 3, 14 and 28 days following the surgical procedure and the onset of tooth movement. Each subgroup contained 10 rats.

Histological Analysis

The jaw of each animal was removed, dissected and sectioned at the midline. The right hemi-maxilla was fixed in 10% formalin for a period of 48 hours and demineralized with 5% ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA, Biotec Reagentes Analíticos, Pinhais, Brazil) until complete decalcification was achieved. The specimens were subsequently processed and embedded in paraffin. From the

cervical third, 15 cross-sections were obtained with 4- μ m thicknesses and intervals of 60 μ m. The sections were stained with tartrate-resistant acid phosphatase (TRAP), picrosirius or HE for a total of five sections per stain

The osteoclast number was used as a measure of the alveolar bone resorption. The TRAP staining (TRAP 387 Kit, Sigma-Aldrich Chemicals, St. Louis, MO) followed the manufacturer's recommendations and, as a marker of osteoclasts, was used for the quantitative analysis of these cells.^{16,20,21,23-25} The osteoclasts were defined as multinucleated, TRAP-positive cells in contact with or near bone surfaces^{20,21} and were evaluated in the PL of the mesial face of the distal vestibular (DV) root of the first right upper molar^{1,24,26}. From each of the 5 sections, images were captured from 5 consecutive microscopic fields²⁴ for a total area of 942,813.00 μ m² using an Olympus BX40 light microscope (Olympus, Tokyo, Japan) coupled to a Dinolite® AM 423X microcamera (AmMo Electronics Corporation, New Taipei City, Taiwan) at 400x magnification.^{20,23,24} The osteoclasts were counted by the same "blind" operator with the aid of Image Pro Plus 4,5 morphometry software (Media Cybernetics, Rockville, MD), where a counting reticle was applied over the images. The total number of osteoclasts for each animal was calculated by averaging the values obtained for each of the 5 sections.²⁴

TRAP was used to identify the presence of root resorption, as it is also a marker for cementoclasts.²³ The evaluation was performed on the entire circumference of the DV root of the first molar with an Olympus BX40 light microscope (Olympus, Tokyo, Japan) at 400x magnification, where the roots with cement and/or dentin resorption gaps, cementoclasts with or without contact, were identified. The cementoclasts were defined as TRAP-positive multinucleated cells in contact with or near root surfaces.

The presence of hyalinization areas was evaluated in the same mesial root using HE staining and an Olympus BX40 light microscope (Olympus, Tokyo, Japan) at 100x magnification. The hyalinization areas were identified by PL degenerative changes and appeared both homogeneous and cell-free.^{21,27}

Neoformation of the organic bone matrix was verified in the slides stained with picrosirius (Aldrich Chemical Company, Milwaukee, WI). One area on the distal side of the referred root, from each section, was selected, and an image was captured with an Olympus BX50 light microscope (Olympus, Tokyo, Japan) coupled to a Dinolite® AM 423X microcamera (AmMo Electronics Corporation, New Taipei City

241,Taiwan) and a polarizer lens (Olympus U–P110, Tokyo, Japan) at 100x magnification.^{22,28,29} The images were edited with the aid of the Adobe Photoshop® CS6® software (Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA). During the editing, the PL and teeth were excluded, and only the bone tissue was selected. The Image Pro Plus 4.5 morphometry software (Media Cybernetics, Rockville, MD) was used to measure the percentages of the mature and immature collagen areas.^{20,22} The percentage of each collagen type was obtained by averaging the values acquired for the 5 sections per animal.

Against a black background, the thick, ordered and strongly adherent fibers represent the mature collagen, which was red in color, and the finer, more disorganized and looser fibers corresponded to the immature collagen, which had a greenish color.^{20,22,29,30} The mature collagen is known as “type I collagen,” and the immature collagen is known as “type III”.³⁰

Statistical Analysis

Statistical analysis was performed using the SPSS software, version 19.0 (IBM SPSS, Armonk, NY). The significance level was set at 0.05.

For the dependent variables (the number of osteoclasts and the percentage of mature and immature collagen in the bone tissue), the normality of the data and the homogeneity of variance were tested using the Shapiro-Wilk's normality tests and the Levene's test of homogeneity of variance.

The different treatments showed normal distributions ($p > 0.05$); therefore, the comparison of the mean values according to group and time was performed using the two-way ANOVA parametric test with a full factorial design. When the ANOVA indicated a difference, and because the treatments showed heterogeneity of variance ($p < 0.05$), the treatments were compared 2 by 2 using the Games-Howell parametric test for heterogeneous variances.

For the root resorption and hyalinization area variables (with dichotomous categorical scales), the analysis of group x time was performed using the Chi-square test. When this test indicated a difference between the variables, the test for the difference between two proportions was used to identify the variables that showed a statistically significant difference when compared 2 by 2.

In terms of the reliability of the quantitative analysis of the osteoclasts, the Dahlberg error was less than 6.2%, indicating reliable reproducibility of the values obtained by the operator. The Kappa coefficient of concordance was 0.659 for the variable of root resorption and 0.861 for the variable of the hyalinization area. Kappa values are categorized as follows: values ≥ 0.00 and < 0.20 denote very weak concordance; values ≥ 0.20 and < 0.40 indicate weak concordance; values ≥ 0.40 and < 0.60 indicate moderate concordance; ≥ 0.60 and < 0.80 denote substantial concordance; ≥ 0.80 and < 1.0 demonstrate excellent concordance.³¹ The results show that the operator reproduced the measurements in a reliable way.

RESULTS

Regarding the presence of osteoclasts, a greater number of these cells was found in the CT group than in the C group at day 3 ($p < 0.05$). For the same time period, the number of osteoclasts was similar between the CI and C groups and between the CI and CT groups ($p > 0.05$) (Table I; Fig 4).

Table I. Means and standard deviations of variables: number of osteoclasts and % of mature and immature collagen in control (C), tooth movement surgically assisted by corticotomy (CT) and tooth movement surgically assisted by corticision (CI) groups, on days 3,14 and 28

Variables	Group	Group	Group	Games – Howell Test		
	C	CT	CI	C x CT	C x CI	CT x CI
	(Mean ±SD)	(Mean ±SD)	(Mean ±SD)	(p value)	(p value)	(p value)
Number of Osteoclasts ^a						
3 days	3.759±1.611	8.172±1.8413	6.899±2.793	0.000 *	0.125	0.944
14 days	2.729±1.054	7.233±4.416	7.763±4.472	0.141	0.088*	1.00
28 days	3.969±2.403	4.718 ±1.388	8.35±4.116	0.992	0.165	0.268
% Mature Collagen ^b						
3 days	82.681±8.124	96.122±0.728	94.998±1.181	0.009*	0.016*	0.278
14 days	77.263±12.223	88.621±5.112	81.79±11.756	0.238	0.993	0.745
28 days	86.294±7.090	92.214 ±3.148	85.101±6.693	0.353	1.000	0.141
% Immature Collagen ^b						
3 days	17.319±8.12	3.878±0.728	5.002±1.181	0.009*	0.016*	0.278
14 days	22.737±12.223	11.379±5.112	18.21±11.756	0.238	0.993	0.745
28 days	13.706±7.090	7.786±3.148	14.899±6.693	0.353	1.000	0.141

Two-way ANOVA, full factorial model; ^a $p = 0.0747$, ^b $p = 0.0725$.

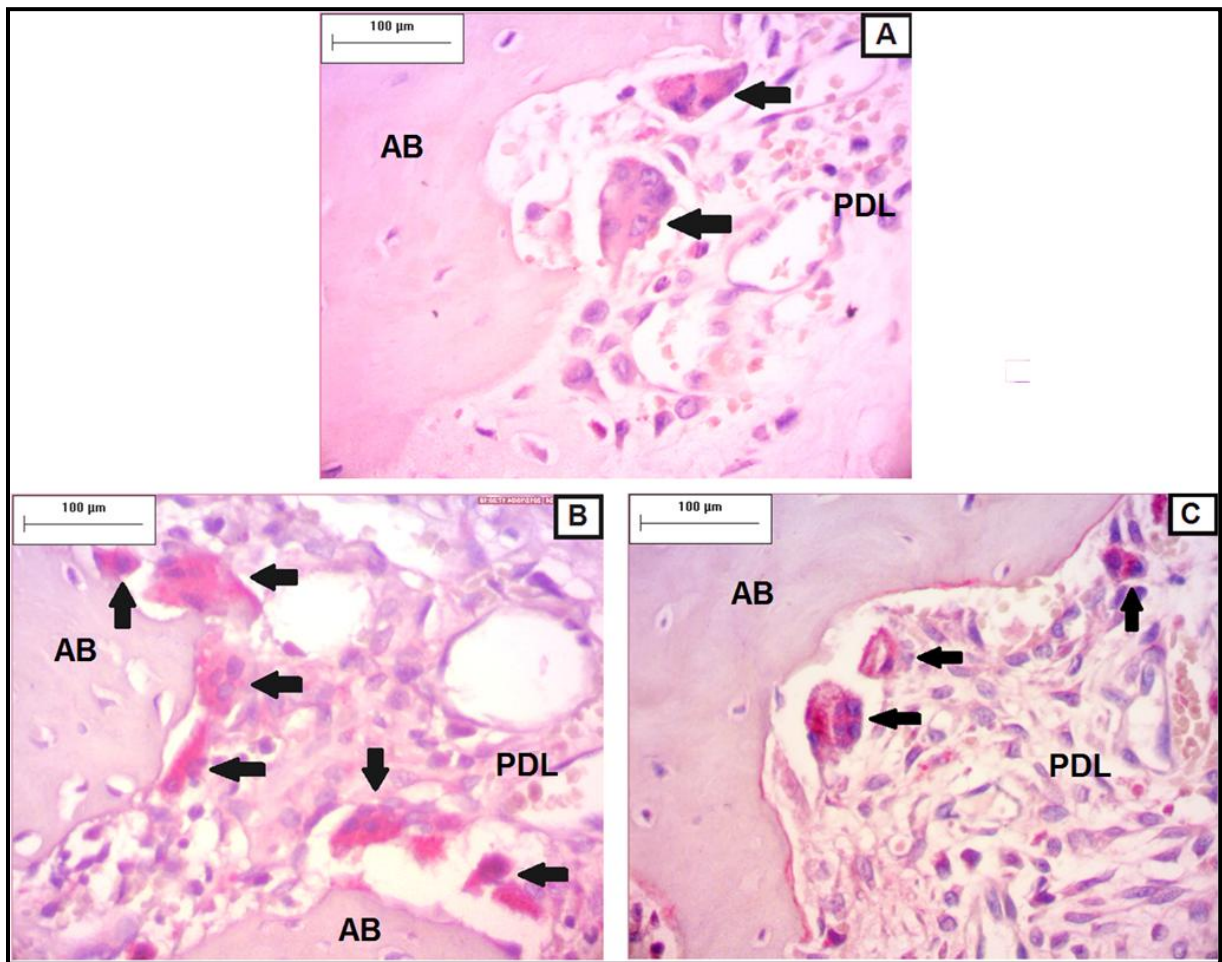


Fig 4. Photomicrographs of the mesial face of the periodontal ligament (**PDL**) and alveolar bone (**AB**) of the distovestibular root of the first upper right molar. Greater numbers of osteoclasts (multinucleated cells TRAP⁺ indicated by arrows) were observed in the CT group (**B**) compared with the C (**A**) and CI (**C**) groups on the 3rd day. TRAP staining, 400x magnification.

With regard to the percentages of mature and immature collagen fibers in the bone tissue, there was a lower percentage of immature collagen fibers in the experimental groups than in the C group on day 3 ($p < 0.05$). For this time point, the CT and CI groups showed similar percentages of these fibers ($p > 0.05$) (Table I; Fig 5).

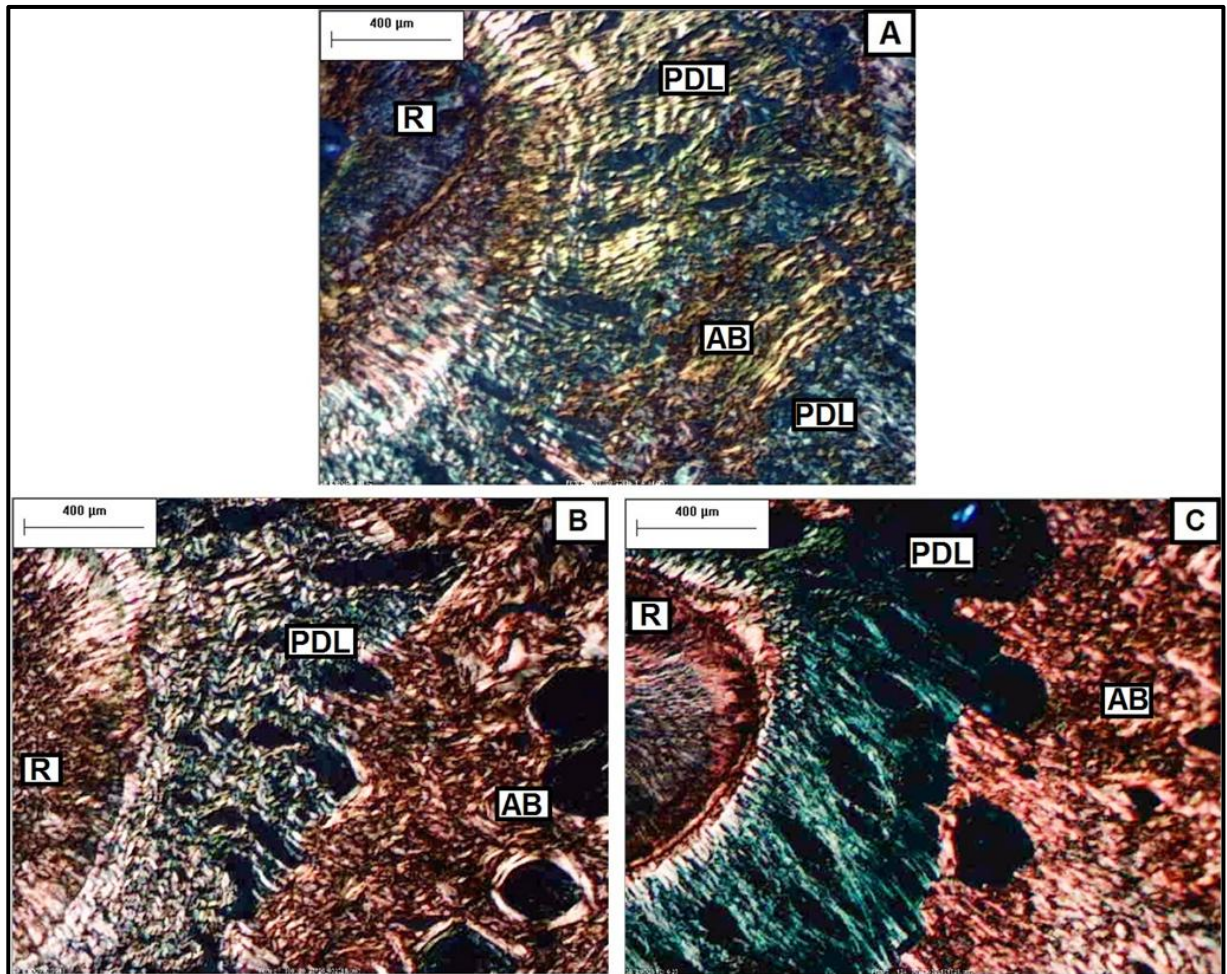


Fig 5. Photomicrographs of the distal face of the periodontal ligament (**PDL**) and alveolar bone (**AB**) of the distovestibular root (**R**) of the first upper right molar. A higher percentage of immature collagen (green) in alveolar bone was observed in the C group (**A**) compared with the CT (**B**) and CI (**C**) groups at day 3. Picrosirius staining, 100x magnification.

When the root resorption was evaluated between the groups, a lower presence of resorption was observed in the CT and CI groups than in the C group on day 3 ($p < 0.05$). For this time point, no difference in the presence of resorption was observed between the CI and CT groups ($p > 0.05$) (Table II, Fig 6).

Table II. Percentage of presence and absence of root resorption and hyalinization areas in the control (C), tooth movement surgically assisted by corticotomy (CT) and tooth movement surgically assisted by corticision (CI) groups, on days 3,14 and 28

Variables	Group C	Group CT	Group CI	Unilateral test of the difference between two proportions		
	PRES	PRES	PRES	C x CT (p value)	C x CI (p value)	CT x CI (p value)
Root						
Resorption ^a						
3 days	70%	30%	10%	0.042*	0.006*	0.139
14 days	70%	60%	40%	0.324	0.097	0.191
28 days	90%	80%	90%	0.269	0.5	0.269
Hyalinization areas ^b						
3 days	100%	100%	70%	0.5	0.038*	0.038*
14 days	10%	20%	30%	0.269	0.139	0.305
28 days	0%	20%	0%	0.076	0.5	0.076

Chi-square test; ^a $p = 0.001$, ^b $p = 0.000$.

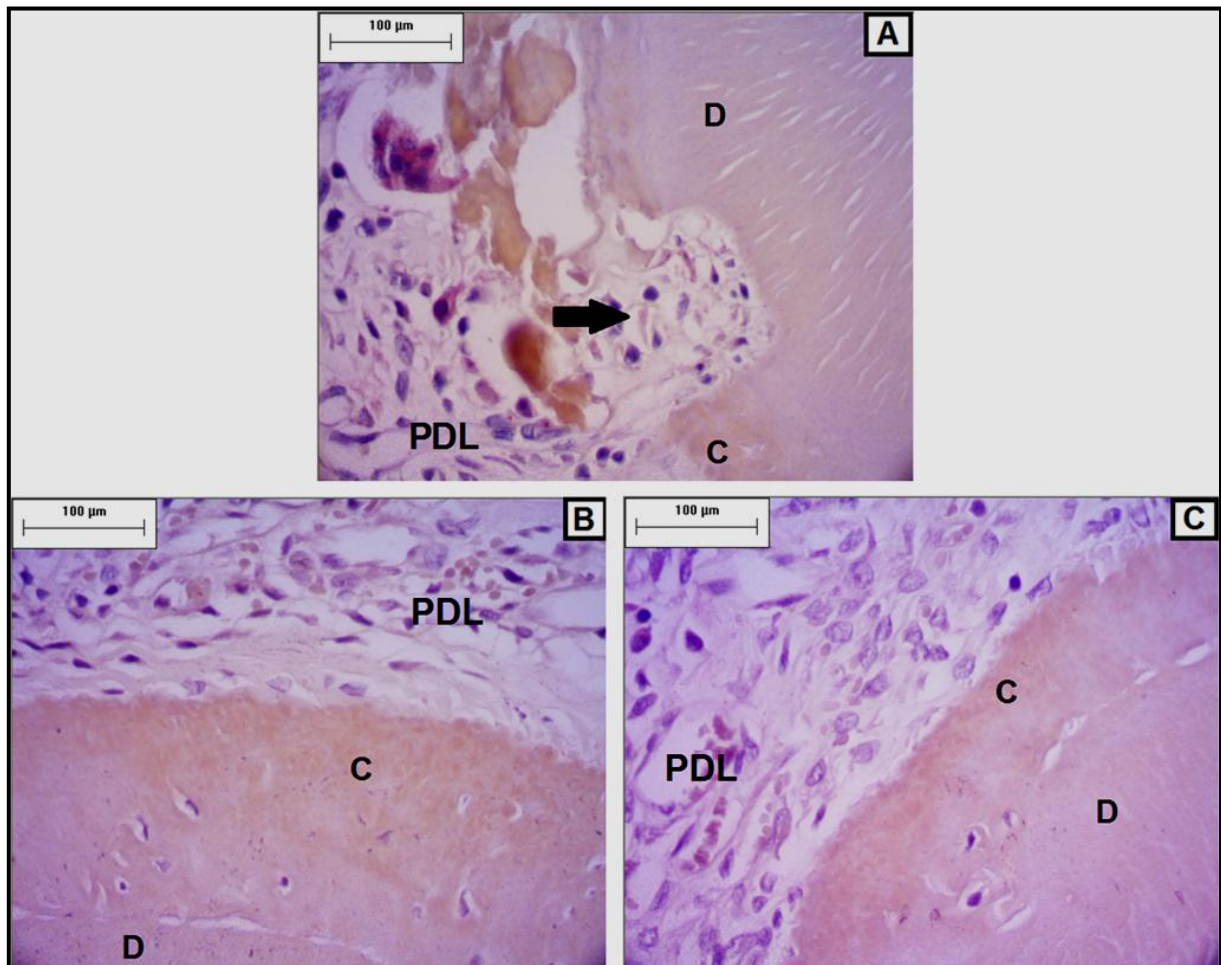


Fig 6. Photomicrographs of the periodontal ligament (**PDL**) and distovestibular root of the first upper right molar. Lower presence of resorption (black *arrow*) was observed in the CT group (**B**) and CI (**C**) compared to C (**A**) on day 3; **C**, cementum; **D**, dentin. TRAP staining, magnification 400X.

Fewer hyalinization areas were observed in the CI group than in the C and CT groups on day 3 ($p<0.05$). For the same time point, no differences were found between the C and CT groups ($p>0.05$). In the last stage of movement, an absence or substantial reduction in the number of hyaline areas was observed in the 3 study groups (Table II, Fig 7).

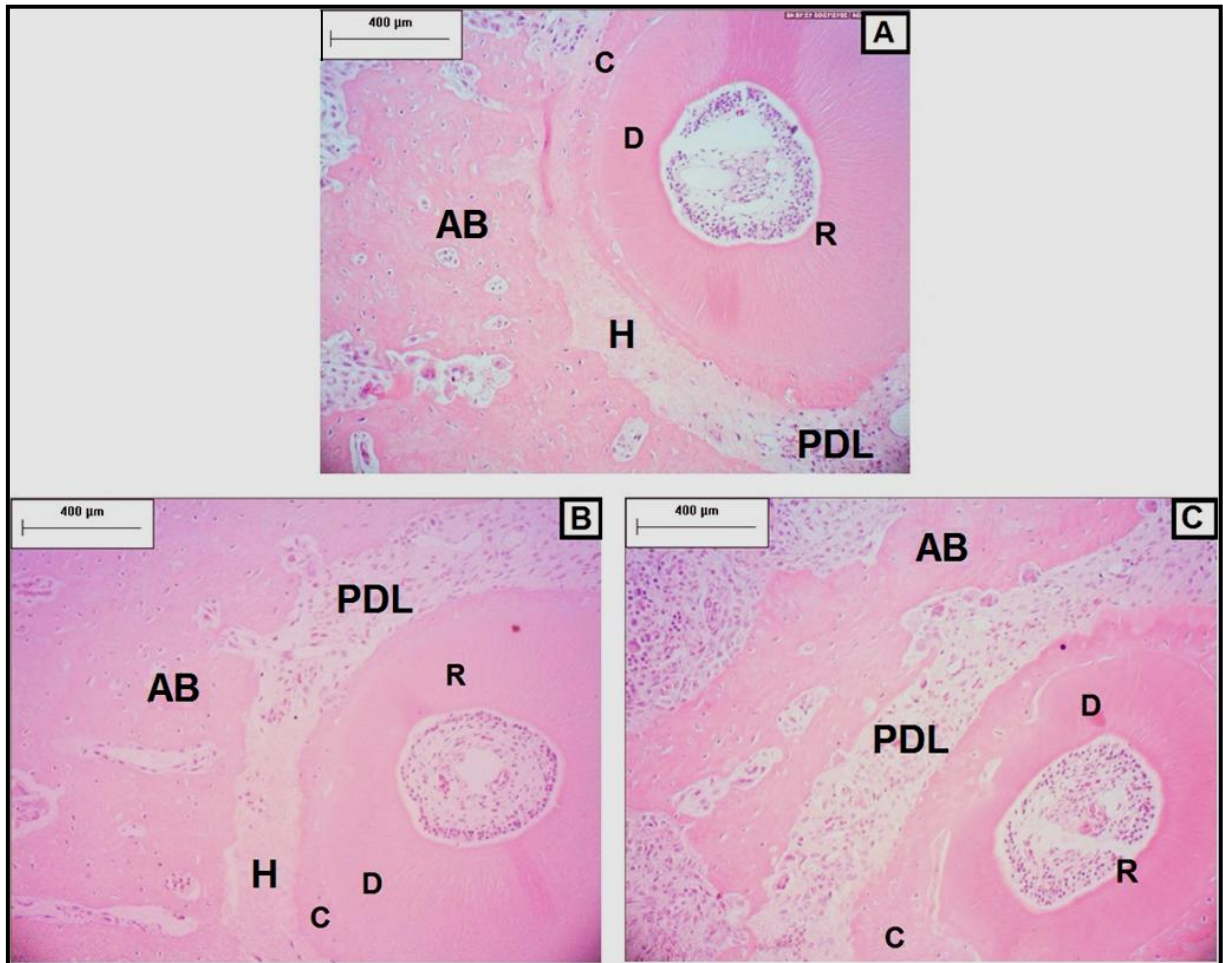


Fig 7. Photomicrographs of the mesial face of the periodontal ligament (**PDL**) and alveolar bone (**AB**) of the distovestibular root of the first upper right molar. Fewer hyalinization areas (**H**) were observed in the CI group (**C**) compared with the C (**A**) and CT (**B**) groups on the 3rd day; **C**, cementum; **D**, dentin. HE staining, 100x magnification.

DISCUSSION

The execution of a selective injury in the alveolar cortical bone accelerates the orthodontic movement by changing the equilibrium between resorption and apposition, thus reducing the time required for the alveolar bone to resorb and allowing the teeth to move more quickly without causing irreversible damage to the periodontium.⁴

Corticotomies provide a great catabolic stimulation of resorption and an anabolic stimulation of new bone formation, leading to increased numbers of osteoclasts and decreased bone marrow density.^{2,4}

In the present study, only the tooth movement surgically assisted by corticotomy (CT) group showed a higher number of osteoclasts on the 3rd day than the control (C) group. Because the recruitment of osteoclasts to sites of alveolar bone remodeling precedes the induced tooth movement,¹ the higher number of these cells in the CT could facilitate tooth movement in this group.

The number of osteoclasts were similar in the 3 groups on the 14th and 28th days. These results demonstrate a pattern of increased bone turnover in the early stages after the completion of corticotomies and a tendency for uniform numbers of osteoclasts between the surgically treated and control groups over time.¹⁶ The data obtained in the present study agree with those of Wang et al.,²⁶ who found a significant increase in the number of osteoclasts in rats 3 days following a corticotomy. On the 21st day, the number of these cells was equal in the experimental and control groups, although the time points of 14 and 28 days were not evaluated.

Similar to the results presented in this report, other studies involving animals subjected to corticotomy have demonstrated the presence of a higher number of osteoclasts in the experimental groups only at the beginning of the treatment, with stabilization being observed over time.^{3,16,32} In a study using dogs, Lino et al.¹⁶ observed an increased number of TRAP-positive cells on day 7 (first observation) in the corticotomy group, while the number of osteoclasts was the same in the experimental and control groups at 14 days. The studies performed by Iglesias-Linares^{3,32} with a rat model also showed greater bone resorption on day 10 with a decrease at 32 days; these constituted the initial and final time points evaluated by the authors.

Because a higher number of osteoclasts was observed only at the beginning of the treatment, the acceleration of tooth movement may decrease over time without a new surgical procedure.³ This justifies the short time periods between the activations of orthodontic devices (every two weeks on average) in patients subjected to corticotomy.⁵

The purpose of corticision is to accelerate tooth movement and promote the activation of the catabolic remodeling with minimal surgical intervention.¹⁷ However, in the present study, there was no significant increase in the number of osteoclasts in the tooth movement surgically assisted by corticision (CI) group compared to the control (C) group at any of the time points studied. These results disagree with those of Kim et al.,¹⁷ who found a higher number of osteoclasts at 7 and 14 days in cats subjected to corticision compared to untreated cats, suggesting improved tooth movement due to an increase of bone resorption during these time periods. A possible explanation for the divergent results is the difference between experimental model and analysis used. For the identification and comparison of the osteoclast numbers between the groups, the cited researchers used HE staining and descriptive analyses. In the present study, TRAP staining, which facilitates the identification and quantitative analysis of these cells, was used. The initial period of evaluation also differed between these studies; in the present study, the initial evaluation was on the 3rd day, while the cited study used the time point of 7 days.

However, it should be noted that in this study, although there was no significant difference between the CI and C groups, the CI group showed a higher average number of osteoclasts on the 3rd day. The number of these cells was also similar between the CI and CT groups, providing further evidence for an increase of osteoclasts in the CI group. However, the high standard deviation (SD) of the CI group and the limited sample number (10 rats) may have contributed to the lack of statistical significance for this parameter. Even so, this difference can be considered clinically relevant. It is possible that the use of a larger sample size would have yielded a statistically significant result, and future studies with larger sample sizes may confirm this trend.

New bone formation is essential for the process of tooth movement.^{20,29} The organic matrix of the alveolar bone is primarily composed of type I collagen fibers (mature collagen);²² however, during tissue repair, there is an increased amount of

type III collagen, as demonstrated by the presence of fine greenish fibers (immature collagen).³³

In the present study, the experimental groups showed the same remodeling pattern of the organic bone matrix in the traction zone with significant delays compared to the control group at day 3. The increase in immature collagen was similar in the experimental and control groups on the 14th day, and this pattern was maintained at 28 days. Thus, the CT and CI groups showed a delayed onset of bone remodeling with similar remodeling to the control group at the 14th and 28th days.

The CT group did not show a higher rate of remodeling of the organic bone matrix at any of the time points evaluated, contradicting the assumption that corticotomy increases metabolism and decreases bone density, thereby stimulating bone deposition.^{2,34} Using micro-computed tomography, Baloul et al.² observed a significant decrease in the bone mineral density at day 14 in rats subjected to corticotomy and tooth movement compared to control rats. These authors also evaluated the osteoblastic activity by real-time quantitative polymerase chain reaction and found higher expression in the treated group at 3, 7 and 14 days, demonstrating a higher rate of new bone formation compared to the control group. The divergent results between studies may be due to the use of different methodologies because, while Baloul et al.² studied osteoblastic activity and bone density, the present study evaluated the new formation of the organic bone matrix through the maturation of collagen fibers.

With regard to corticision, bone neoformation in the CI group was initially lower than in the control group and similar to the control group after 14 days. These results differed from previous experimental studies^{17,18} showing greater and faster bone apposition in groups subjected to corticision. Using fluorescence microscopy and qualitative analysis, Kim et al.¹⁷ observed accelerated and greater formation of new mineralized bone in cats subjected to corticision, with a peak response being observed at 14 days. With the same technique, the authors quantitatively found a greater degree of new bone formation in dogs subjected to the same surgery.¹⁸ However, comparing the results of these authors with the results presented here is difficult due to differences in the methodologies and experimental models.

Root resorption is an undesirable side effect that in varying degrees of severity, is frequently associated with induced tooth movement. Eliminating or even reducing this side effect would be beneficial to the orthodontic patient. Although

orthodontic movements assisted by corticotomy⁵ and corticision¹⁷ have been reported to decrease the rate of root resorption, there are few histological studies that quantitatively evaluate this effect. In the present study, the CT and CI groups showed a lower degree of root resorption compared to the C group only at day 3. Therefore, both surgical procedures showed the same protective effect in terms of root resorption during the initial phase of movement. At 14 and 28 days, this difference disappeared, and the 3 groups displayed similar occurrences of root resorption.

The results obtained in the current study differ from those of previous studies demonstrating the total absence of root resorption in groups subjected to corticotomy^{13,16} and corticision.¹⁷ Mostafa et al.¹³ analyzed the presence of root resorption in dogs subjected to corticotomy and tooth movement and found an absence of this alteration in both the control and experimental groups, a finding that may be due to a greater resistance to resorption in these animals. However, Lino et al.,¹⁶ also evaluating the results of corticotomies in dogs, did not observe root resorption at any point after the corticotomies but found this side effect in the control group. Regarding corticision, Kim et al.¹⁷ did not observe root resorption in any animals subjected to this surgical procedure in a feline experimental model.

All of the studied mentioned above^{13,16,17} used qualitative studies to evaluate the presence of resorption without specifying the morphological criteria or analysis methodology. However, in the present experiment, quantitative analysis provided statistical comparisons of the obtained results. In addition, this study is the first to evaluate the association of corticotomy and corticision with the induced tooth movement in rats in terms of root resorption. This experimental model may be more susceptible to resorption due to orthodontic movement compared to models used by other authors^{13,16,17}. Gonzales et al.³⁵ showed that all *Wistar* rats subjected to induced tooth movement showed some degree of root resorption. Distal roots, especially the DV, showed larger resorption areas than other roots of the first upper molars, a fact that could be due to a different distribution pattern of mechanical stresses. Despite the continuous tooth eruption and consequent deposition of cement on the roots of these animals, rats are widely used for the study of root resorption, due to the difficulty of obtaining adequate sample sizes of larger animals.²³ Another factor to consider is that resorption was evaluated by TRAP staining in the present study, a method which provided an accurate evaluation of the existence of root resorption. Because TRAP is a marker for cementoclasts,²³ this method also allowed

the differentiation between root resorption and eventual anatomical root defects. It is important to note, however, the distinct phylogenetic status between humans and rodents, which makes it difficult to extrapolate the clinical results obtained from these animal models.²³

During induced tooth movement, the narrowing of the LP³⁶ and massive cell death occur in compression areas, resulting in hyalinization^{5,7} due to localized ischemia generated by excessive force.⁷ In orthodontic practice, it is difficult to avoid at least a portion of avascular areas in the periodontal tissue.²¹ In the present study, only the CI group showed a lower degree of hyalinization than the C group at day 3, while the CT and C groups were similar. At the other time points evaluated, no difference was found between the groups, and a decrease of these areas over time was also observed. This latter effect was expected, given that the necrotic tissue zone is typically eliminated and repaired with the evolution of tooth movement.⁵

With regard to corticision, the results of the present study agree with those obtained by Kim et al.,¹⁷ who also observed a lower degree of hyalinization in the corticision group at the early stages of tooth movement, although a different time point (7 days) was evaluated. It is known that the presence of hyalinization is not favorable for the recruitment of osteoclasts within the periodontal tissue and leads to delayed alveolar bone resorption,²¹ where the movement through the frontal resorption is virtually paralyzed.⁵ To accelerate the tooth movement, it is essential to minimize the presence of hyaline tissue or to stimulate its removal.¹⁷ Although the present study found fewer hyalinization areas in the CI group, this reduction did not result in an increased number of osteoclasts, as found by Kim et al.¹⁷

Although there are few studies specifically correlating corticotomies with the presence of hyalinization, Lino et al.¹⁶ observed a lower incidence in the groups subjected to corticotomy compared to the control group, and when hyalinization occurred, it was in the early stages of treatment (7 days) and was removed quickly. In contrast, the present study showed no difference between the CT and C groups in the presence of hyalinization areas. The discordance of these results may be partially due to the difference in the animals and methodologies used, as the previous study involved a qualitative analysis in dogs, while the present study performed a quantitative analysis in rats. The time points evaluated may also have contributed to the discrepancy, as the earliest time point evaluated in the present study was the 3rd day, at which time there is generally greater formation of hyalinization areas. It is

possible that evaluating the time point of 7 days may have led to the observation of lower levels of hyalinization in the corticotomy group.

The corticotomy surgery increased osteoclast numbers more effectively than the corticision surgery. Therefore, although more invasive, corticotomy is the technique of choice when the objective is to increase bone resorption and thus facilitate tooth movement. In contrast, the cortical incision surgery showed a greater ability to reduce the number of hyalinization areas at the early stages of movement, which can also be beneficial. Both surgical techniques promoted decreased root resorption only at the early stages of tooth movement. Therefore, corticotomies and corticisions should not be regarded as protectors of root integrity. Resorption should be considered after the application of force and after reactivation, which is frequently performed during orthodontic treatment.

CONCLUSIONS

Performing induced tooth movement assisted by corticotomy and cortical incision in *Wistar* rats showed that

1. Alveolar corticotomy increases bone resorption in the early stages of tooth movement and can accelerate this process. The same increase does not occur when corticision is performed. Therefore, corticotomy is more effective.
2. The surgical procedures employed were not able to accelerate the remodeling of organic bone matrix.
3. Both surgeries are effective in decreasing the incidence of root resorption only during the early stages of tooth movement.
4. Corticision can reduce the incidence of hyalinization during the early stages of tooth movement. The same reduction is not observed for corticotomies.

REFERENCES

1. Noxon SJ, King GJ, Gu G, Huang G. Osteoclast clearance from periodontal tissues during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120:466-476.
2. Baloul SS, Gerstenfeld LC, Morgan EF, Carvalho RS, Van Dyke TE, Kantarci A. Mechanism of action and morphologic changes in the alveolar bone in response to selective alveolar decortication-facilitated tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:S83-101.
3. Iglesias-Linares A, Moreno-Fernandez AM, Yanez-Vico R, Mendoza-Mendoza A, Gonzalez-Moles M, Solano-Reina E. The use of gene therapy vs. corticotomy surgery in accelerating orthodontic tooth movement. *Orthod Craniofac Res* 2011;14:138-148.
4. Sebaoun JD, Kantarci A, Turner JW, Carvalho RS, Van Dyke TE, Ferguson DJ. Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats. *J Periodontol* 2008;79:1679-1688.
5. Wilcko WM, Wilcko T, Bouquot JE, Ferguson DJ. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:9-19.
6. Mabuchi R, Matsuzaka K, Shimono M. Cell proliferation and cell death in periodontal ligaments during orthodontic tooth movement. *J Periodonto Res* 2002;37:118-124.
7. Melsen B. Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 1999;69:151-158.
8. Murphy KG, Wilcko MT, Wilcko WM, Ferguson DJ. Periodontal accelerated osteogenic orthodontics: a description of the surgical technique. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:2160-2166.
9. Aboul-Ela S-D, EL-Sayed K, Selim E, EL-Mangoury N, Mostafa Y. Miniscrew implant-supported maxillary canine retraction with and without corticotomy-facilitated orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:252-259.

10. Kole H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1959;12:515-529 concl.
11. Düker J. Experimental Animal Research into Segmental Alveolar Movement after Corticotomy. *Journal Maxillofacial Surgery* 1975;3:81-84.
12. Frost H. The biology of fracture healing: an overview for clinicians. Part I. *Clin Orthop Relat Res* 1989;248:283-293.
13. Mostafa Y, Fayed M, Mechanni S, ElBokle N, Heider A. Comparison of corticotomy-facilitated vs standard tooth-movement techniques in dogs with miniscrews as anchor units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:570-577.
14. Oliveira DD, de Oliveira BF, de Araujo Brito HH, de Souza MM, Medeiros PJ. Selective alveolar corticotomy to intrude overerupted molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:902-908.
15. Fischer TJ. Orthodontic treatment acceleration with corticotomy-assisted exposure of palatally impacted canines. *Angle Orthod* 2007;77:417-420.
16. Lino S, Sakoda S, Ito G, Nishimori T, Ikeda T, Miyawaki S. Acceleration of orthodontic tooth movement by alveolar corticotomy in the dog. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:448.e.441-448.e.448.
17. Kim SJ, Park YG, Kang SG. Effects of Corticision on paradental remodeling in orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 2009;79:284-291.
18. Kim SJ, Moon SU, Kang SG, Park YG. Effects of low-level laser therapy after Corticision on tooth movement and paradental remodeling. *Lasers Surg Med* 2009;41:524-533.
19. Kavarizadeh A, Zhang D, Götz W, A J. Correlation of stress and strain profiles and the distribution of osteoclastic cells induced by orthodontic loading in rat *Eur J Oral Sci* 2004;112:140-147.
20. Markezan M, Bolognese AM, Araujo MT. Effects of two low-intensity laser therapy protocols on experimental tooth movement. *Photomed Laser Surg* 2010;28:757-762.

21. Tomizuka R, Shimizu Y, Kanetaka H, Suzuki A, Urayama S, Kikuchi M et al. Histological evaluation of the effects of initially light and gradually increasing force on orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 2007;77:410-416.
22. Retamoso LB, da Cunha TMA, Knop LAH, Shintcovsk RL, Tanaka OM. Organization and quantification of the collagen fibers in bone formation during orthodontic tooth movement. *Micron* 2009;40:827-830.
23. Liu Z, Xu J, Lingling E, Wang D. Ultrasound enhances the healing of orthodontically induced root resorption in rats. *Angle Orthod* 2012;82:48-55.
24. Braga S, de Albuquerque Tadei S, Andrade IJ, Queiroz-Junior C, Garlet Repeke C, Teixeira M et al. Effect of diabetes on orthodontic tooth movement in a mouse model. *Eur J Oral Sci* 2011;119:7-14.
25. Hayman AR. Tartrate-resistant acid phosphatase (TRAP) and the osteoclast/immune cell dichotomy. *Autoimmunity* 2008;41:218-223.
26. Wang L, Lee W, Lei DL, Liu YP, Yamashita DD, Yen SL. Tissue responses in corticotomy- and osteotomy-assisted tooth movements in rats: histology and immunostaining. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:770 e771-711; discussion 770-771.
27. Miyoshi K, Igarashi K, Saeki S, Shinoda H, Mitani H. Tooth movement and changes in periodontal tissue in response to orthodontic force in rats vary depending on the time of day the force is applied. *Eur J Orthod* 2001;23:329-338.
28. Retamoso LB, Montagner F, Camargo ES, Vitral RW, Tanaka OM. Polarized light microscopic analysis of bone formation after inhibition of cyclooxygenase 1 and 2. *Anat Rec (Hoboken)* 2010;293:195-199.
29. Retamoso LB, Knop LAH, Shintcovsk RL, Maciel JV, Machado MA, Tanaka OM. Influence of anti-inflammatory administration in collagen maturation process during orthodontic tooth movement. *Microsc Res Tech* 2011;74:709-713.
30. Montes GS. Structural biology of the fibres of the collagenous and elastic systems. *Cell Biol Int* 1996;20:15-27.
31. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33:159-174.

32. Iglesias-Linares A, Yanez-Vico RM, Moreno-Fernandez AM, Mendoza-Mendoza A, Solano-Reina E. Corticotomy-assisted orthodontic enhancement by bone morphogenetic protein-2 administration. *J Oral Maxillofac Surg* 2012;70:e124-132.
33. Wang HQ, Li XK, Wu ZX, Wei YY, Luo ZJ. The effect on the extracellular matrix of the deep fascia in response to leg lengthening. *BMC Musculoskelet Disord* 2008;9:101.
34. Lee W, Karapetyan G, Moats R, Yamashita DD, Moon HB, Ferguson DJ et al. Corticotomy-/osteotomy-assisted tooth movement microCTs differ. *J Dent Res* 2008;87:861-867.
35. Gonzales C, Hotokezaka H, Yoshimatsu M, Yozgatian JH, Darendeliler MA, Yoshida N. Force magnitude and duration effects on amount of tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod* 2008;78:502-509.
36. Mabuchi R, Matsuzaka K, Shimono M. Cell proliferation and cell death in periodontal ligaments during orthodontic tooth movement. *J Periodontal Res* 2002;37:118-124.

3 ANEXOS

ANEXO 1– PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – PUCPR



Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Núcleo de Bioética
Comitê de Ética no Uso de Animais

Curitiba, 11 de agosto de 2011.

PARECER DE PROTOCOLO DE PESQUISA

REGISTRO DO PROJETO: 629 – 1ª versão

TÍTULO DO PROJETO: A influência da corticotomia e da corticoincisão no movimento dentário induzido em ratos

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Ana Paula Lazzari Marques Peron

EQUIPE DE PESQUISA:

Ana Paula Lazzari Marques Peron, Elisa Souza Camargo.

INSTITUIÇÃO:

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

CENTRO / CURSO:

CCBS / Mestrado em Odontologia

ESPÉCIE DE ANIMAL	SEXO	IDADE / PESO	CATEGORIA	QUANTIDADE
Ratos (<i>Rattus norvegicus</i>)	Machos	09 semanas 300-350g	C	90

O colegiado do CEUA em reunião no dia 11/08/2011, avaliou o projeto e emite o seguinte parecer: **APROVADO**.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEUA-PUCPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

Se a pesquisa, ou parte dela for realizada em outras instituições, cabe ao pesquisador não iniciá-la antes de receber a autorização formal para a sua realização. O documento que autoriza o início da pesquisa deve ser carimbado e assinado pelo responsável da instituição e deve ser mantido em poder do pesquisador responsável, podendo ser requerido por este CEUA em qualquer tempo.



Lembramos ao pesquisador que é obrigatório encaminhar o relatório anual parcial e relatório final da pesquisa a este CEUA.

Atenciosamente,


Profª Gracinda Maria D'Almeida e Oliveira
Coordenadora Adjunta
Comitê de Ética no Uso de Animais



ANEXO 2 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

QUADRO A.2.1 - TESTE DE NORMALIDADE DOS DADOS

Grupo x Tempo		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Valor p
% da área do colágeno maturo no tecido ósseo (um ²)	Controle/3 dias	,920	10	,360
	Controle/14 dias	,937	10	,516
	Controle/28 dias	,871	10	,103
	Corticotomia/3 dias	,878	10	,125
	Corticotomia/14 dias	,933	10	,476
	Corticotomia/28 dias	,925	10	,405
	Corticoincisão/3 dias	,968	10	,874
	Corticoincisão/14 dias	,862	10	,080
	Corticoincisão/28 dias	,950	10	,669
% da área do colágeno imaturo no tecido ósseo (um ²)	Controle/3 dias	,920	10	,360
	Controle/14 dias	,937	10	,516
	Controle/28 dias	,871	10	,103
	Corticotomia/3 dias	,878	10	,125
	Corticotomia/14 dias	,933	10	,476
	Corticotomia/28 dias	,925	10	,405
	Corticoincisão/3 dias	,968	10	,874
	Corticoincisão/14 dias	,862	10	,080
	Corticoincisão/28 dias	,950	10	,669
Osteoclastos	Controle/3 dias	,951	10	,684
	Controle/14 dias	,910	10	,282
	Controle/28 dias	,895	10	,192
	Corticotomia/3 dias	,968	10	,875
	Corticotomia/14 dias	,949	10	,651
	Corticotomia/28 dias	,919	10	,350
	Corticoincisão/3 dias	,960	10	,786
	Corticoincisão/14 dias	,972	10	,907
	Corticoincisão/28 dias	,970	10	,895

QUADRO A.2.2 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PERCENTAGEM DE COLÁGENO MATURO E IMATURO NO TECIDO ÓSSEO E NÚMERO DE OSTEÓCLASTOS SEGUNDO GRUPO E TEMPO

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
% da área do colágeno maturo (um ²)	Controle/3 dias	10	82,6810	8,12439	2,56916	76,8692	88,4928	71,49	93,91
	Controle/14 dias	10	77,2630	12,22358	3,86543	68,5188	86,0072	56,27	93,19
	Controle/28 dias	10	86,2940	7,09053	2,24222	81,2217	91,3663	74,86	93,58
	Corticotomia/3 dias	10	96,1220	,72857	,23039	95,6008	96,6432	95,35	97,30
	Corticotomia/14 dias	10	88,6210	5,11224	1,61663	84,9639	92,2781	77,97	95,13
	Corticotomia/28 dias	10	92,2140	3,14886	,99576	89,9614	94,4666	87,94	96,59
	Corticoincisão/3 dias	10	94,9980	1,18121	,37353	94,1530	95,8430	92,75	96,69
	Corticoincisão/14 dias	10	81,7900	11,75680	3,71783	73,3797	90,2003	55,23	92,83
	Corticoincisão/28 dias	10	85,1010	6,69374	2,11675	80,3126	89,8894	71,99	95,03
	Total	90	87,2316	9,23631	,97359	85,2970	89,1661	55,23	97,30
% da área do colágeno imaturo no tecido ósseo (um ²)	Controle/3 dias	10	17,3190	8,12439	2,56916	11,5072	23,1308	6,09	28,51
	Controle/14 dias	10	22,7370	12,22358	3,86543	13,9928	31,4812	6,81	43,73
	Controle/28 dias	10	13,7060	7,09053	2,24222	8,6337	18,7783	6,42	25,14
	Corticotomia/3 dias	10	3,8780	,72857	,23039	3,3568	4,3992	2,70	4,65
	Corticotomia/14 dias	10	11,3790	5,11224	1,61663	7,7219	15,0361	4,87	22,03
	Corticotomia/28 dias	10	7,7860	3,14886	,99576	5,5334	10,0386	3,41	12,06
	Corticoincisão/3 dias	10	5,0020	1,18121	,37353	4,1570	5,8470	3,31	7,25
	Corticoincisão/14 dias	10	18,2100	11,75680	3,71783	9,7997	26,6203	7,17	44,77
	Corticoincisão/28 dias	10	14,8990	6,69374	2,11675	10,1106	19,6874	4,97	28,01
	Total	90	12,7684	9,23631	,97359	10,8339	14,7030	2,70	44,77
Osteoclastos	Controle/3 dias	10	3,7590	1,61893	,51195	2,6009	4,9171	1,25	7,00
	Controle/14 dias	10	2,7290	1,05423	,33338	1,9748	3,4832	,50	4,50
	Controle/28 dias	10	3,9690	2,40354	,76006	2,2496	5,6884	1,33	8,00
	Corticotomia/3 dias	10	8,1720	1,84136	,58229	6,8548	9,4892	5,50	11,40
	Corticotomia/14 dias	10	7,2330	4,41646	1,39661	4,0737	10,3923	1,50	15,00
	Corticotomia/28 dias	10	4,7180	1,38840	,43905	3,7248	5,7112	2,50	6,50
	Corticoincisão/3 dias	10	6,8990	2,79301	,88323	4,9010	8,8970	2,67	11,50
	Corticoincisão/14 dias	10	7,7630	4,47260	1,41436	4,5635	10,9625	1,00	15,00
	Corticoincisão/28 dias	10	8,3500	4,11670	1,30181	5,4051	11,2949	2,00	16,00
	Total	90	5,9547	3,48874	,36775	5,2240	6,6854	,50	16,00

QUADRO A.2.3 - TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIAS - LEVENE

	Levene Statistic	df1	df2	Valor p
% da área do colágeno maduro no tecido ósseo (um ²)	5,241	8	81	0,0000
% da área do colágeno imaturo no tecido ósseo (um ²)	5,241	8	81	0,0000
Osteoclastos	5,476	8	81	0,0000

QUADRO A.2.4 – TESTE PARAMÉTRICO ANOVA A DOIS CRITÉRIOS PARA PERCENTAGEM DE COLÁGENO MATURO NO TECIDO ÓSSEO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Valor p	Noncent. Parameter	Observed Power ^b
Grupo	1572,950	2	786,475	14,543	0,0000	29,087	,999
Tempo	1156,024	2	578,012	10,688	0,0001	21,377	,987
Grupo * Tempo	483,240	4	120,810	2,234	0,0725	8,936	,631
Error	4380,319	81	54,078				
Corrected Total	7592,533	89					

b. Computed using alpha = ,05

QUADRO A.2.5 – TESTE PARAMÉTRICO ANOVA A DOIS CRITÉRIOS PARA PERCENTAGEM DE COLÁGENO IMATURO NO TECIDO ÓSSEO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Valor p	Noncent. Parameter	Observed Power ^b
Grupo	1572,950	2	786,475	14,543	0,0000	29,087	,999
Tempo	1156,024	2	578,012	10,688	0,0001	21,377	,987
Grupo * Tempo	483,240	4	120,810	2,234	0,0725	8,936	,631
Error	4380,319	81	54,078				
Corrected Total	7592,533	89					

b. Computed using alpha = ,05

QUADRO A.2.6 – TESTE PARAMÉTRICO ANOVA A DOIS CRITÉRIOS PARA NÚMERO DE OSTEOCLASTOS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Valor p	Noncent. Parameter	Observed Power ^b
Grupo	288,229	2	144,114	16,400	0,0000	32,801	1,000
Tempo	5,455	2	2,727	,310	0,7340	,621	,098
Grupo * Tempo	77,799	4	19,450	2,213	0,0747	8,854	,626
Error	711,765	81	8,787				
Corrected Total	1083,248	89					

a. R Squared = ,343 (Adjusted R Squared = ,278)

b. Computed using alpha = ,05

QUADRO A.2.7– TESTE PARAMÉTRICO DE COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS PARA VARIÂNCIAS HETEROGENIAS DE GAMES-HOWELL SEGUNDO GRUPO E TEMPO PARA: PERCENTAGEM DE COLÁGENO MATURO, PERCENTAGEM DE COLÁGENO MATURO E NÚMERO DE OSTEOCLASTOS

Games-Howell							
Dependent Variable			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Valor p	Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
% da área do colágeno maturo no tecido ósseo (um ²)	Controle/3 dias	Controle/14 dias	5,41800	4,64135	0,9524	-11,1435	21,9795
		Controle/28 dias	-3,61300	3,41001	0,9731	-15,5878	8,3618
		Corticotomia/3 dias	-13,44100 [*]	2,57947	0,0092	-23,6064	-3,2756
		Corticotomia/14 dias	-5,94000	3,03547	0,5900	-16,8205	4,9405
		Corticotomia/28 dias	-9,53300	2,75538	0,0784	-19,8488	,7828
		Corticoincisão/3 dias	-12,31700 [*]	2,59617	0,0161	-22,4870	-2,1470
		Corticoincisão/14 dias	,89100	4,51916	1,0000	-15,1858	16,9678
		Corticoincisão/28 dias	-2,42000	3,32884	0,9976	-14,1358	9,2958
	Controle/14 dias	Controle/3 dias	-5,41800	4,64135	0,9524	-21,9795	11,1435
		Controle/28 dias	-9,03100	4,46869	0,5534	-25,1643	7,1023
		Corticotomia/3 dias	-18,85900 [*]	3,87229	0,0146	-34,1518	-3,5662
		Corticotomia/14 dias	-11,35800	4,18988	0,2380	-26,9444	4,2284
		Corticotomia/28 dias	-14,95100	3,99163	0,0579	-30,3009	,3989
		Corticoincisão/3 dias	-17,73500 [*]	3,88344	0,0213	-33,0299	-2,4401
		Corticoincisão/14 dias	-4,52700	5,36319	0,9934	-23,3223	14,2683
		Corticoincisão/28 dias	-7,83800	4,40706	0,6943	-23,8333	8,1573
	Controle/28 dias	Controle/3 dias	3,61300	3,41001	0,9731	-8,3618	15,5878
		Controle/14 dias	9,03100	4,46869	0,5534	-7,1023	25,1643
		Corticotomia/3 dias	-9,82800 [*]	2,25403	0,0280	-18,7004	-,9556
		Corticotomia/14 dias	-2,32700	2,76425	0,9934	-12,1307	7,4767
		Corticotomia/28 dias	-5,92000	2,45339	0,3537	-14,9986	3,1586
		Corticoincisão/3 dias	-8,70400	2,27312	0,0557	-17,5826	,1746
		Corticoincisão/14 dias	4,50400	4,34164	0,9751	-11,1160	20,1240
		Corticoincisão/28 dias	1,19300	3,08353	1,0000	-9,6156	12,0016
	Corticotomia/3 dias	Controle/3 dias	13,44100 [*]	2,57947	0,0092	3,2756	23,6064
		Controle/14 dias	18,85900 [*]	3,87229	0,0146	3,5662	34,1518
		Controle/28 dias	9,82800 [*]	2,25403	0,0280	,9556	18,7004
		Corticotomia/14 dias	7,50100 [*]	1,63297	0,0197	1,1018	13,9002
		Corticotomia/28 dias	3,90800	1,02206	0,0530	-,0417	7,8577
		Corticoincisão/3 dias	1,12400	,43887	0,2784	-,4518	2,6998
		Corticoincisão/14 dias	14,33200	3,72496	0,0574	-,3769	29,0409
		Corticoincisão/28 dias	11,02100 [*]	2,12925	0,0095	2,6448	19,3972
	Corticotomia/14 dias	Controle/3 dias	5,94000	3,03547	0,5900	-4,9405	16,8205
		Controle/14 dias	11,35800	4,18988	0,2380	-4,2284	26,9444
		Controle/28 dias	2,32700	2,76425	0,9934	-7,4767	12,1307
		Corticotomia/3 dias	-7,50100 [*]	1,63297	0,0197	-13,9002	-1,1018
		Corticotomia/28 dias	-3,59300	1,89869	0,6281	-10,4113	3,2253
		Corticoincisão/3 dias	-6,37700	1,65922	0,0516	-12,7894	,0354
		Corticoincisão/14 dias	6,83100	4,05410	0,7453	-8,1991	21,8611
		Corticoincisão/28 dias	3,52000	2,66348	0,9110	-5,8913	12,9313
	Corticotomia/28 dias	Controle/3 dias	9,53300	2,75538	0,0784	-,7828	19,8488
		Controle/14 dias	14,95100	3,99163	0,0579	-,3989	30,3009
		Controle/28 dias	5,92000	2,45339	0,3537	-3,1586	14,9986
		Corticotomia/3 dias	-3,90800	1,02206	0,0530	-7,8577	,0417
		Corticotomia/14 dias	3,59300	1,89869	0,6281	-3,2253	10,4113
		Corticoincisão/3 dias	-2,78400	1,06351	0,2746	-6,7761	1,2081
		Corticoincisão/14 dias	10,42400	3,84887	0,2516	-4,3475	25,1955
		Corticoincisão/28 dias	7,11300	2,33926	0,1419	-1,4981	15,7241
	Corticoincisão/3 dias	Controle/3 dias	12,31700 [*]	2,59617	0,0161	2,1470	22,4870
		Controle/14 dias	17,73500 [*]	3,88344	0,0213	2,4401	33,0299
		Controle/28 dias	8,70400	2,27312	0,0557	-,1746	17,5826
		Corticotomia/3 dias	-1,12400	,43887	0,2784	-2,6998	,4518
		Corticotomia/14 dias	6,37700	1,65922	0,0516	-,0354	12,7894
		Corticotomia/28 dias	2,78400	1,06351	0,2746	-1,2081	6,7761
		Corticoincisão/14 dias	13,20800	3,73654	0,0870	-1,5031	27,9191
		Corticoincisão/28 dias	9,89700 [*]	2,14945	0,0187	1,5137	18,2803
	Corticoincisão/14 dias	Controle/3 dias	-,89100	4,51916	1,0000	-16,9678	15,1858
		Controle/14 dias	4,52700	5,36319	0,9934	-14,2683	23,3223
		Controle/28 dias	-4,50400	4,34164	0,9751	-20,1240	11,1160
		Corticotomia/3 dias	-14,33200	3,72496	0,0574	-29,0409	,3769
		Corticotomia/14 dias	-6,83100	4,05410	0,7453	-21,8611	8,1991
		Corticotomia/28 dias	-10,42400	3,84887	0,2516	-25,1955	4,3475
		Corticoincisão/3 dias	-13,20800	3,73654	0,0870	-27,9191	1,5031
		Corticoincisão/28 dias	-3,31100	4,27818	0,9960	-18,7829	12,1609
	Corticoincisão/28 dias	Controle/3 dias	2,42000	3,32884	0,9976	-9,2958	14,1358
		Controle/14 dias	7,83800	4,40706	0,6943	-8,1573	23,8333
		Controle/28 dias	-1,19300	3,08353	1,0000	-12,0016	9,6156
		Corticotomia/3 dias	-11,02100 [*]	2,12925	0,0095	-19,3972	-2,6448
		Corticotomia/14 dias	-3,52000	2,66348	0,9110	-12,9313	5,8913
		Corticotomia/28 dias	-7,11300	2,33926	0,1419	-15,7241	1,4981
		Corticoincisão/3 dias	-9,89700 [*]	2,14945	0,0187	-18,2803	-1,5137
		Corticoincisão/14 dias	3,31100	4,27818	0,9960	-12,1609	18,7829

% da área do colágeno imaturo no tecido ósseo (um²)	Controle/3 dias	Controle/14 dias	-5,41800	4,64135	0,9524	-21,9795	11,1435
		Controle/28 dias	3,61300	3,41001	0,9731	-8,3618	15,5878
		Corticotomia/3 dias	13,44100*	2,57947	0,0092	3,2756	23,6064
		Corticotomia/14 dias	5,94000	3,03547	0,5900	-4,9405	16,8205
		Corticotomia/28 dias	9,53300	2,75538	0,0784	-,7828	19,8488
		Corticoincisão/3 dias	12,31700*	2,59617	0,0161	2,1470	22,4870
		Corticoincisão/14 dias	-,89100	4,51916	1,0000	-16,9678	15,1858
		Corticoincisão/28 dias	2,42000	3,32884	0,9976	-9,2958	14,1358
	Controle/14 dias	Controle/3 dias	5,41800	4,64135	0,9524	-11,1435	21,9795
		Controle/28 dias	9,03100	4,46869	0,5534	-7,1023	25,1643
		Corticotomia/3 dias	18,85900*	3,87229	0,0146	3,5662	34,1518
		Corticotomia/14 dias	11,35800	4,18988	0,2380	-4,2284	26,9444
		Corticotomia/28 dias	14,95100	3,99163	0,0579	-,3989	30,3009
		Corticoincisão/3 dias	17,73500*	3,88344	0,0213	2,4401	33,0299
		Corticoincisão/14 dias	4,52700	5,36319	0,9934	-14,2683	23,3223
		Corticoincisão/28 dias	7,83800	4,40706	0,6943	-8,1573	23,8333
	Controle/28 dias	Controle/3 dias	-3,61300	3,41001	0,9731	-15,5878	8,3618
		Controle/14 dias	-9,03100	4,46869	0,5534	-25,1643	7,1023
		Corticotomia/3 dias	9,82800*	2,25403	0,0280	,9556	18,7004
		Corticotomia/14 dias	2,32700	2,76425	0,9934	-7,4767	12,1307
		Corticotomia/28 dias	5,92000	2,45339	0,3537	-3,1586	14,9986
		Corticoincisão/3 dias	8,70400	2,27312	0,0557	-,1746	17,5826
		Corticoincisão/14 dias	-4,50400	4,34164	0,9751	-20,1240	11,1160
		Corticoincisão/28 dias	-1,19300	3,08353	1,0000	-12,0016	9,6156
	Corticotomia/3 dias	Controle/3 dias	-13,44100*	2,57947	0,0092	-23,6064	-3,2756
		Controle/14 dias	-18,85900*	3,87229	0,0146	-34,1518	-3,5662
		Controle/28 dias	-9,82800*	2,25403	0,0280	-18,7004	-,9556
		Corticotomia/14 dias	-7,50100*	1,63297	0,0197	-13,9002	-1,1018
		Corticotomia/28 dias	-3,90800	1,02206	0,0530	-7,8577	,0417
		Corticoincisão/3 dias	-1,12400	,43887	0,2784	-2,6998	,4518
		Corticoincisão/14 dias	-14,33200	3,72496	0,0574	-29,0409	,3769
		Corticoincisão/28 dias	-11,02100*	2,12925	0,0095	-19,3972	-2,6448
	Corticotomia/14 dias	Controle/3 dias	-5,94000	3,03547	0,5900	-16,8205	4,9405
		Controle/14 dias	-11,35800	4,18988	0,2380	-26,9444	4,2284
		Controle/28 dias	-2,32700	2,76425	0,9934	-12,1307	7,4767
		Corticotomia/3 dias	7,50100*	1,63297	0,0197	1,1018	13,9002
		Corticotomia/28 dias	3,59300	1,89869	0,6281	-3,2253	10,4113
		Corticoincisão/3 dias	6,37700	1,65922	0,0516	-,0354	12,7894
		Corticoincisão/14 dias	-6,83100	4,05410	0,7453	-21,8611	8,1991
		Corticoincisão/28 dias	-3,52000	2,66348	0,9110	-12,9313	5,8913
	Corticotomia/28 dias	Controle/3 dias	-9,53300	2,75538	0,0784	-19,8488	,7828
		Controle/14 dias	-14,95100	3,99163	0,0579	-30,3009	,3989
		Controle/28 dias	-5,92000	2,45339	0,3537	-14,9986	3,1586
		Corticotomia/3 dias	3,90800	1,02206	0,0530	-,0417	7,8577
		Corticotomia/14 dias	-3,59300	1,89869	0,6281	-10,4113	3,2253
		Corticoincisão/3 dias	2,78400	1,06351	0,2746	-1,2081	6,7761
		Corticoincisão/14 dias	-10,42400	3,84887	0,2516	-25,1955	4,3475
		Corticoincisão/28 dias	-7,11300	2,33926	0,1419	-15,7241	1,4981
	Corticoincisão/3 dias	Controle/3 dias	-12,31700*	2,59617	0,0161	-22,4870	-2,1470
		Controle/14 dias	-17,73500*	3,88344	0,0213	-33,0299	-2,4401
		Controle/28 dias	-8,70400	2,27312	0,0557	-17,5826	,1746
		Corticotomia/3 dias	1,12400	,43887	0,2784	-,4518	2,6998
		Corticotomia/14 dias	-6,37700	1,65922	0,0516	-12,7894	,0354
		Corticotomia/28 dias	-2,78400	1,06351	0,2746	-6,7761	1,2081
		Corticoincisão/14 dias	-13,20800	3,73654	0,0870	-27,9191	1,5031
		Corticoincisão/28 dias	-9,89700*	2,14945	0,0187	-18,2803	-1,5137
	Corticoincisão/14 dias	Controle/3 dias	,89100	4,51916	1,0000	-15,1858	16,9678
		Controle/14 dias	-4,52700	5,36319	0,9934	-23,3223	14,2683
		Controle/28 dias	4,50400	4,34164	0,9751	-11,1160	20,1240
		Corticotomia/3 dias	14,33200	3,72496	0,0574	-,3769	29,0409
		Corticotomia/14 dias	6,83100	4,05410	0,7453	-8,1991	21,8611
		Corticotomia/28 dias	10,42400	3,84887	0,2516	-4,3475	25,1955
		Corticoincisão/3 dias	13,20800	3,73654	0,0870	-1,5031	27,9191
		Corticoincisão/28 dias	3,31100	4,27818	0,9960	-12,1609	18,7829
	Corticoincisão/28 dias	Controle/3 dias	-2,42000	3,32884	0,9976	-14,1358	9,2958
		Controle/14 dias	-7,83800	4,40706	0,6943	-23,8333	8,1573
		Controle/28 dias	1,19300	3,08353	1,0000	-9,6156	12,0016
		Corticotomia/3 dias	11,02100*	2,12925	0,0095	2,6448	19,3972
		Corticotomia/14 dias	3,52000	2,66348	0,9110	-5,8913	12,9313
		Corticotomia/28 dias	7,11300	2,33926	0,1419	-1,4981	15,7241
		Corticoincisão/3 dias	9,89700*	2,14945	0,0187	1,5137	18,2803
		Corticoincisão/14 dias	-3,31100	4,27818	0,9960	-18,7829	12,1609

Osteoclastos	Controle/3 dias	Controle/14 dias	1,03000	,61093	0,7463	-1,1536	3,2136
		Controle/28 dias	-,21000	,91640	1,0000	-3,4765	3,0565
		Corticotomia/3 dias	-4,41300 [*]	,77534	0,0006	-7,1351	-1,6909
		Corticotomia/14 dias	-3,47400	1,48748	0,3949	-9,0677	2,1197
		Corticotomia/28 dias	-,95900	,67443	0,8749	-3,3288	1,4108
		Corticoincisão/3 dias	-3,14000	1,02088	0,1259	-6,8259	,5459
		Corticoincisão/14 dias	-4,00400	1,50416	0,2598	-9,6659	1,6579
		Corticoincisão/28 dias	-4,59100	1,39886	0,1029	-9,8219	,6399
	Controle/14 dias	Controle/3 dias	-1,03000	,61093	0,7463	-3,2136	1,1536
		Controle/28 dias	-1,24000	,82996	0,8393	-4,3146	1,8346
		Corticotomia/3 dias	-5,44300 [*]	,67097	0,0000	-7,8683	-3,0177
		Corticotomia/14 dias	-4,50400	1,43585	0,1415	-10,0453	1,0373
		Corticotomia/28 dias	-1,98900 [*]	,55128	0,0435	-3,9376	-,0404
		Corticoincisão/3 dias	-4,17000 [*]	,94405	0,0174	-7,7119	-,6281
		Corticoincisão/14 dias	-5,03400	1,45312	0,0889	-10,6451	,5771
		Corticoincisão/28 dias	-5,62100 [*]	1,34382	0,0305	-10,7902	-,4518
	Controle/28 dias	Controle/3 dias	,21000	,91640	1,0000	-3,0565	3,4765
		Controle/14 dias	1,24000	,82996	0,8393	-1,8346	4,3146
		Corticotomia/3 dias	-4,20300 [*]	,95748	0,0093	-7,5856	-,8204
		Corticotomia/14 dias	-3,26400	1,59003	0,5359	-9,0383	2,5103
		Corticotomia/28 dias	-,74900	,87776	0,9924	-3,9192	2,4212
		Corticoincisão/3 dias	-2,93000	1,16524	0,2887	-7,0239	1,1639
		Corticoincisão/14 dias	-3,79400	1,60565	0,3712	-9,6319	2,0439
		Corticoincisão/28 dias	-4,38100	1,50746	0,1657	-9,8202	1,0582
	Corticotomia/3 dias	Controle/3 dias	4,41300 [*]	,77534	0,0006	1,6909	7,1351
		Controle/14 dias	5,44300 [*]	,67097	0,0000	3,0177	7,8683
		Controle/28 dias	4,20300 [*]	,95748	0,0093	,8204	7,5856
		Corticotomia/14 dias	,93900	1,51313	0,9990	-4,6914	6,5694
		Corticotomia/28 dias	3,45400 [*]	,72927	0,0047	,8752	6,0328
		Corticoincisão/3 dias	1,27300	1,05790	0,9440	-2,5043	5,0503
		Corticoincisão/14 dias	,40900	1,52953	1,0000	-5,2886	6,1066
		Corticoincisão/28 dias	-,17800	1,42611	1,0000	-5,4518	5,0958
	Corticotomia/14 dias	Controle/3 dias	3,47400	1,48748	0,3949	-2,1197	9,0677
		Controle/14 dias	4,50400	1,43585	0,1415	-1,0373	10,0453
		Controle/28 dias	3,26400	1,59003	0,5359	-2,5103	9,0383
		Corticotomia/3 dias	-,93900	1,51313	0,9990	-6,5694	4,6914
		Corticotomia/28 dias	2,51500	1,46399	0,7270	-3,0510	8,0810
		Corticoincisão/3 dias	,33400	1,65245	1,0000	-5,5866	6,2546
		Corticoincisão/14 dias	-,53000	1,98769	1,0000	-7,4947	6,4347
		Corticoincisão/28 dias	-1,11700	1,90925	0,9995	-7,8107	5,5767
	Corticotomia/28 dias	Controle/3 dias	,95900	,67443	0,8749	-1,4108	3,3288
		Controle/14 dias	1,98900 [*]	,55128	0,0435	,0404	3,9376
		Controle/28 dias	,74900	,87776	0,9924	-2,4212	3,9192
		Corticotomia/3 dias	-3,45400 [*]	,72927	0,0047	-6,0328	-,8752
		Corticotomia/14 dias	-2,51500	1,46399	0,7270	-8,0810	3,0510
		Corticoincisão/3 dias	-2,18100	,98634	0,4502	-5,7933	1,4313
		Corticoincisão/14 dias	-3,04500	1,48094	0,5411	-8,6800	2,5900
		Corticoincisão/28 dias	-3,63200	1,37386	0,2683	-8,8304	1,5664
	Corticoincisão/3 dias	Controle/3 dias	3,14000	1,02088	0,1259	-,5459	6,8259
		Controle/14 dias	4,17000 [*]	,94405	0,0174	,6281	7,7119
		Controle/28 dias	2,93000	1,16524	0,2887	-1,1639	7,0239
		Corticotomia/3 dias	-1,27300	1,05790	0,9440	-5,0503	2,5043
		Corticotomia/14 dias	-,33400	1,65245	1,0000	-6,2546	5,5866
		Corticotomia/28 dias	2,18100	,98634	0,4502	-1,4313	5,7933
		Corticoincisão/14 dias	-,86400	1,66748	0,9998	-6,8449	5,1169
		Corticoincisão/28 dias	-1,45100	1,57315	0,9880	-7,0553	4,1533
	Corticoincisão/14 dias	Controle/3 dias	4,00400	1,50416	0,2598	-1,6579	9,6659
		Controle/14 dias	5,03400	1,45312	0,0889	-,5771	10,6451
		Controle/28 dias	3,79400	1,60565	0,3712	-2,0439	9,6319
		Corticotomia/3 dias	-,40900	1,52953	1,0000	-6,1066	5,2886
		Corticotomia/14 dias	,53000	1,98769	1,0000	-6,4347	7,4947
		Corticotomia/28 dias	3,04500	1,48094	0,5411	-2,5900	8,6800
		Corticoincisão/3 dias	,86400	1,66748	0,9998	-5,1169	6,8449
		Corticoincisão/28 dias	-,58700	1,92227	1,0000	-7,3280	6,1540
	Corticoincisão/28 dias	Controle/3 dias	4,59100	1,39886	0,1029	-,6399	9,8219
		Controle/14 dias	5,62100 [*]	1,34382	0,0305	,4518	10,7902
		Controle/28 dias	4,38100	1,50746	0,1657	-1,0582	9,8202
		Corticotomia/3 dias	,17800	1,42611	1,0000	-5,0958	5,4518
		Corticotomia/14 dias	1,11700	1,90925	0,9995	-5,5767	7,8107
		Corticotomia/28 dias	3,63200	1,37386	0,2683	-1,5664	8,8304
		Corticoincisão/3 dias	1,45100	1,57315	0,9880	-4,1533	7,0553
		Corticoincisão/14 dias	,58700	1,92227	1,0000	-6,1540	7,3280

QUADRO A.2.8 - FREQUÊNCIA CRUZADA PARA REABSORÇÃO RADICULAR

[illegible]

QUADRO A.2.9 - FREQUÊNCIA CRUZADA ÁREAS DE HIALINIZAÇÃO

[illegible]

QUADRO A.2.10 - TESTE QUI-QUADRADO PARA REABSORÇÃO RADICULAR

Chi-Square Tests - Reabsorção radicular			
	Value	df	Valor p
Pearson Chi-Square	25,833 ^a	8	0,0011
N of Valid Cases	90		
a. 9 cells (50,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is			

QUADRO A.2.11 - TESTE QUI-QUADRADO PARA ÁREAS DE HIALINIZAÇÃO

Chi-Square Tests Áreas de hialinização			
	Value	df	Valor p
Pearson Chi-Square	55,075 ^a	8	0,0000
N of Valid Cases	90		
a. 9 cells (50,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is			

ANEXO 3 – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO – AMERICAN JOURNAL OF ORTHODONTICS AND DENTOFACIAL ORTHOPEDICS

AJO-DO

American Journal of Orthodontics
& Dentofacial Orthopedics

[RSS Feeds](#)

[AAO Member Log In](#) |
 [Login](#) |
 [Register](#)

Home
Issues ▾
Back Issues ▾
Collections ▾
For Authors ▾
Journal Information ▾
Subscribe
AAO ▾
AJODO Blog
More Periodicals ▾

Search for in All Fields Go [Advanced Search](#)

Information for Authors

Electronic manuscript submission and review

The *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* uses the *Elsevier Editorial System (EES)*, an online manuscript submission and review system.

To submit or review an article, please go to the **AJO-DO** EES website: ees.elsevier.com/ajodo .

Send other correspondence to:

Dr. Vincent G. Kokich, 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

E-mail: vgkokich@u.washington.edu

General Information

The *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* publishes original research, reviews, case reports, clinical material, 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 EES: ees.elsevier.com/ajodo.

Before you begin, please review the guidelines below. To view a 7-minute video explaining how to prepare your article for submission, go to [Video on Manuscript Preparation](#).

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 and include written permission for its use from the copyright holder. 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 EES.
8. Use the International College of Medical Journal Editors Form for the Disclosure of Conflict of Interest (ICMJE Conflict of Interest Form). 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.
9. Institutional Review Board approval. For those articles that report on the results of experiments of treatments where patients or animals have been used as the sample, Institutional Review Board (IRB) approval is mandatory. No experimental studies will be sent out for review without an IRB approval accompanying the manuscript submission.
10. Systematic Reviews and Meta-Analyses must be accompanied by the current PRISMA checklist and flow diagram (go to [Video on CONSORT and PRISMA](#)). For complete instructions, see our [Guidelines for Systematic Reviews and Meta-Analyses](#).
11. Randomized Clinical Trials must be accompanied by the current CONSORT statement, checklist, and flow diagram (go to [Video on CONSORT and PRISMA](#)). For complete instructions, see our [Guidelines for Randomized Clinical Trials](#).

Other Articles

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

Case Reports will be evaluated for completeness and quality of records, quality of treatment, uniqueness of the case, and quality of the manuscript. A high quality manuscript must include the following sections: introduction; diagnosis; etiology; treatment objectives, treatment alternatives, treatment progress, and treatment results; and discussion. The submitted figures must include extraoral and intraoral photographs and dental casts, panoramic radiographs, cephalometric radiographs, and tracings from both pretreatment and posttreatment, and progress or retention figures as appropriate. Complete Case Report Guidelines can be downloaded from [Case Report Guidelines](#)

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

Miscellaneous Submissions

Letters to the Editor and their responses appear in the Readers' Forum section and are encouraged to stimulate healthy discourse between authors and our readers. Letters to the Editor must refer to an article that was published within the previous six (6) months and must be less than 500 words including references. Send letters or questions directly to the editor, via e-mail: vgkokich@u.washington.edu. Submit a signed copyright release with the letter.

Brief, substantiated commentary on subjects of interest to the orthodontic profession is published occasionally as a Special Article. Submit Guest Editorials and Special Articles via the Web site.

Books and monographs (domestic and foreign) will be reviewed, depending upon their interest and value to subscribers. Send books to the Editor in Chief, Dr. Vincent G. Kokich, Department of Orthodontics, University of Washington D-569, HSC Box 357446, Seattle, WA 98195-7446. 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\(s\)](#)

____ [ICMJE Conflict of interest statement](#)

____ Permissions to reproduce previously published material

Updated January 2012