

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PPG EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA**

PAULA MORAES LUPATINI

**AVALIAÇÃO DA DIMENSÃO FRACTAL DA ESTRUTURA DENTÁRIA
E DO OSSO ALVEOLAR ADJACENTE DE INCISIVOS MAXILARES
COM E SEM REABSORÇÃO RADICULAR DO MESMO PACIENTE
ORTODÔNTICO**

**JUIZ DE FORA
2017**

PAULA MORAES LUPATINI

**AVALIAÇÃO DA DIMENSÃO FRACTAL DA ESTRUTURA DENTÁRIA
E DO OSSO ALVEOLAR ADJACENTE DE INCISIVOS MAXILARES
COM E SEM REABSORÇÃO RADICULAR DO MESMO PACIENTE
ORTODÔNTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínica Odontológica, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre. Área de concentração em Clínica Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Marcio José da Silva Campos

Juiz de Fora

2017

PAULA MORAES LUPATINI

**AVALIAÇÃO DA DIMENSÃO FRACTAL DA ESTRUTURA
DENTÁRIA E DO OSSO ALVEOLAR ADJACENTE DE
INCISIVOS MAXILARES COM E SEM REABSORÇÃO
RADICULAR DO MESMO PACIENTE ORTODÔNTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínica Odontológica, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre. Área de concentração em Clínica Odontológica.

Aprovada em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcio José da Silva Campos
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Robert Willer Farinazzo Vitral
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Marco Abdo Gravina
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Sergio Luiz Motta Júnior

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus queridos pais,
pois eles são meu porto seguro,
os maiores incentivadores da minha caminhada e
merecedores de todo meu amor e gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que, com seu amor e graça, me permitiu concluir mais uma etapa.

Ao meu marido **Bruno Farage da Costa Felipe**, pela amizade, apoio e vibração a cada conquista;

Ao meu orientador **Prof. Marcio José da Silva Campos**, pela paciência, ensinamentos e dedicação para a conclusão deste trabalho.

Aos funcionários **Letícia** e **Cláudio** pelo trabalho realizado com dedicação e carinho.

Minha eterna gratidão!

LUPATINI, P.L. **Avaliação da dimensão fractal da estrutura dentária e do osso alveolar adjacente de incisivos maxilares com e sem reabsorção radicular do mesmo paciente ortodôntico.** Juiz de Fora (MG), 2017. 54f. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Juiz de Fora.

RESUMO

Introdução: A reabsorção radicular apical (RRA) é uma consequência comum do tratamento ortodôntico. Sua etiologia é multifatorial, mas ainda não foi totalmente esclarecida. A análise da dimensão fractal é um método quantitativo que descreve e caracteriza a complexidade das imagens ou, mais precisamente, sua composição textural. **Objetivo:** O objetivo deste estudo transversal observacional foi avaliar a qualidade do tecido dentário e do osso adjacente ao terço apical radicular dos incisivos maxilares com RRA em pacientes sob tratamento ortodôntico, determinando a dimensão fractal nas imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico e compará-las com as imagens dos dentes contralaterais correspondentes, sem RRA, no mesmo indivíduo. **Metodologia:** A amostra consistiu em 20 pacientes sob tratamento ortodôntico com aparelho edgewise, que apresentaram RRA em um incisivo maxilar (grupo experimental) e ausência de reabsorção no incisivo contralateral correspondente (grupo controle), identificado através de radiografias periapicais de rotina. A dimensão fractal de duas regiões no terço apical da raiz e de quatro no osso alveolar adjacente aos incisivos com RRA e seus dentes contralaterais sem RRA foi determinada e comparada. **Resultados:** Em todas as regiões ósseas e dentárias avaliadas, exceto no terço apical da raiz no corte coronal, os incisivos sem RRA apresentaram valores de DF maiores do que os incisivos com RRA, mas não houve diferença significativa. **Conclusão:** Não foi encontrada diferença estatística entre a qualidade dos tecidos radiculares e ósseos da região apical dos incisivos maxilares com e sem reabsorção apical radicular do mesmo paciente ortodôntico.

Palavras-chave: reabsorção da raiz; movimentação dentária; tomografia computadorizada de feixe cônico; fractais.

LUPATINI, P.L. **Assessment of the fractal dimension of the dental structure and the adjacent alveolar bone of maxillary incisors with and without root resorption of the same orthodontic patient.** Juiz de Fora (MG), 2017. 54f. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Juiz de Fora.

Abstract

Introduction: Apical root resorption (ARR) is a common consequence of the orthodontic treatment. Its etiology is multifactorial but has not yet been entirely clarified. The fractal dimension analysis is a quantitative method that describes and characterizes the complexity of images or, more precisely, their textural composition. Objective: The aim of this observational cross-sectional study was to assess the quality of the dental tissue and the adjacent bone of the root apical third of maxillary incisors with ARR in patients under orthodontic treatment by determining the fractal dimension in cone beam computed tomography images and compare them with the images of the corresponding contralateral teeth without ARR in the same individual. Methodology: The study sample consisted of 20 patients under orthodontic treatment with edgewise appliance, who presented apical root resorption in a maxillary incisor (experimental group) and absence of root resorption in the corresponding contralateral incisor (control group), identified through routine periapical dental radiographs. The fractal dimension of two regions in the apical third of the root and four in the adjacent alveolar bone of incisors with ARR and their contralateral teeth without ARR was determined and compared. Results: In all bone and dental regions evaluated, except the coronal slice of the apical third of the root, the incisors without ARR had higher FD values than incisors with ARR, but there was no significant difference. Conclusion: No statistical difference was found between the quality of the radicular and bone tissues of the apical region of the maxillary incisors with and without apical root resorption of the same orthodontic patient.

Keywords: root resorption; tooth movement; cone beam computed tomography; fractals.

LISTA DE TABELAS

Shapiro-Wilk Normality Test.....	38
Mean values and standard deviations of the fractal dimension of each variable in incisors with and without ARR, and the comparisons between two groups.....	39

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Determinação do comprimento radicular.....	26
Figura 2- Marcações na vestibular e lingual da imagem do corte sagital indicando o terço radicular dos incisivos.....	26
Figura 3- Terço radicular colado sobre uma imagem com um valor de dimensão fractal conhecido.....	27
Figura 4- Determinação das RDIs para análise da dimensão fractal do osso alveolar em dentes com e sem RRA.....	28
Figura 5- Transformação da imagem da RDI antes do cálculo da DF.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARR	<i>Apical root resorption</i>
CBCT	<i>Cone Beam Computed Tomography</i>
CCI	Coeficiente de Correlação Intraclasse
CEJ	<i>Cementum-enamel junction</i>
CT	<i>Computed Tomography</i>
DF	Dimensão Fractal
DM	Densidade Mineral
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DP	Desvio-Padrão
EH	Escala de <i>Hounsfield</i>
FD	<i>Fractal Dimension</i>
FOV	<i>Field of view</i> (campo de visão)
<i>HU</i>	<i>Hounsfield Unit</i> (Unidade de <i>Hounsfield</i>)
IL	Interleucina
JCE	Junção cimento-esmalte
JPEG	<i>Joint Photographics Expert Groups</i>
LOG	Logaritmo
LPD	Ligamento Periodontal
Mm	Milímetros
MmHg	Milímetros de mercúrio
MPR	<i>Multiplanar Reconstruction</i>
OPG	Osteoprotegerina
RDI	Região de Interesse
Rgb	Sistema de cores luminosas, chamados de cor-luz, formado pelas cores vermelho (<i>Red</i>), verde (<i>Green</i>) e azul(<i>Blue</i>)

RRA
SD

Reabsorção Radicular Apical
Standard Deviation

TCFC

Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 REABSORÇÃO RADICULAR APICAL.....	12
1.2 FATORES ETIOLÓGICOS DA RRA.....	13
1.2.1 FORÇAS ORTODÔNTICAS E DURAÇÃO DO TRATAMENTO.....	14
1.2.2 HEREDITARIEDADE.....	18
1.2.3 MORFOLOGIA E DENSIDADE ÓSSEA.....	18
1.2.4 MORFOLOGIA E DENSIDADE RADICULAR.....	19
1.3 ANÁLISE FRACTAL.....	21
2 PROPOSIÇÃO	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 MATERIAL.....	24
3.2 MÉTODOS.....	24
3.2.1 DETERMINAÇÃO DAS IMAGENS DOS INCISIVOS NA TCFC.....	25
3.2.2 RDI DO TERÇO APICAL RADICULAR.....	27
3.2.3 RDI DO OSSO ALVEOLAR.....	27
3.2.4 DETERMINAÇÃO DA DIMENSÃO FRACTAL.....	28
3.2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	29
ARTIGO	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	47
ANEXO	54

1 INTRODUÇÃO

1.1 REABSORÇÃO RADICULAR APICAL

A reabsorção radicular apical (RRA) é a redução da estrutura da raiz dentária que envolve o ápice radicular (SHARAB et al., 2015) sendo considerada um resultado indesejável do tratamento ortodôntico (KOCADERELI et al., 2011).

A reabsorção tem grande importância na Ortodontia pois, têm elevada frequência clínica e sua causa é dificilmente identificada (CONSOLARO, 2005). Como consequência desta tem-se o encurtamento do comprimento do dente e uma diminuição do aparato periodontal de sustentação que pode levar à mobilidade dos dentes envolvidos quando se tratar de casos severos. Entretanto, na maioria dos casos de RRA, não ocorre um impacto significativo na longevidade dos dentes (REMINGTON et al., 1989). A perda de até 3 mm no terço apical, desde que paralizada a reabsorção, não exige cuidados especiais (CONSOLARO, 2005).

Segundo Consolaro e Furquim (2014) a reabsorção dentária é principalmente classificada em dois tipos: 1) Reabsorção inflamatória: as maiores causas desse tipo de reabsorção são o movimento ortodôntico, a periodontite, o trauma dentário e o clareamento interno. O processo leva a morte dos cementoblastos, porém, a vitalidade do ligamento periodontal é preservada e também o resto epitelial de Malassez (estrutura responsável pela uniformidade do espaço periodontal). 2) Reabsorção por substituição: este tipo de reabsorção ocorre devido a morte dos restos epiteliais de Malassez que resulta em anquilose dentária. A origem desse tipo de reabsorção geralmente é um trauma em dentes erupcionados ou atrofia severa do ligamento periodontal em dentes não-erupcionados.

Apesar de há muito tempo ser reconhecido que o movimento dentário ortodôntico está associado à reabsorção radicular externa, a etiologia precisa permanece desconhecida (HARRIS, KINERET E TOLLEY, 1997).

As reabsorções radiculares inflamatórias induzidas pelo tratamento ortodôntico são frequentes e um risco indesejável do tratamento (HARRIS, KINERET e TOLLEY, 1997; HARRIS, JONES, DARENDELILER, 2006).

A reabsorção dentária está presente em 5 a 10 % da população geral que nunca foi submetida ao tratamento ortodôntico. O trauma é a maior causa de reabsorção dentária que pode desencadear a perda do dente. Entretanto, de um ponto de vista epidemiológico, a causa mais frequente de reabsorção radicular está

associada ao tratamento ortodôntico. (CONSOLARO e FURQUIM, 2014). Os dentes mais susceptíveis à RRA são os incisivos superiores e inferiores (JUNG e CHO, 2011), particularmente os incisivos laterais superiores (MIRABELLA e ARTUN, 1995; SAMESHIMA e SINCLAIR, 2001), pois estes apresentam maiores porcentagens de anomalias no formato das raízes e frequentemente estas raízes, que já são mais delgadas, se encontram deslocadas para mesial e, em casos de distalização do segmento anterior, somente estes dentes são movimentados nas três planos do espaço (SAMESHIMA e SINCLAIR, 2001).

Utilizando radiografias periapicais, Lupi, Handelman e Sadowsky (1996) relataram que a incidência de reabsorções antes e após o tratamento ortodôntico foi de 15% e 73%, respectivamente. Entretanto, quando observado somente reabsorção radicular maior que um terço da raiz dentária, a incidência da reabsorção cai para 2% no grupo pós-tratamento.

Apesar da alta prevalência da RRA, a reabsorção severa relacionada ao tratamento ortodôntico tem mínima significância clínica (LEE, ARTUN e ALONZO, 1999) pois, tem sido relatado que 5 mm ou mais de reabsorção apical pode ocorrer em apenas 5% dos pacientes ortodônticos (KILLIANY, 1999). Ainda assim, a RRA é uma preocupação para o ortodontista, já que põe em risco o sucesso do tratamento.

1.2 FATORES ETIOLÓGICOS DA RRA

Inseridas na estrutura mineralizada do cimento, as fibras de Sharpey constituem um dos fatores protetores da superfície radicular frente às reabsorções. Estas fibras estão presentes em menor densidade na região apical das raízes, o que justifica a maior predisposição desta área da raiz às reabsorções, juntamente com a justificativa de que a forma da raiz e o tipo de movimento ortodôntico exigem mais da região apical pela maior concentração de forças (CONSOLARO, 2005).

Os fatores responsáveis pela RRA durante o tratamento ortodôntico ainda não foram totalmente entendidos, porém, é provável que sua origem seja multifatorial. O fator biológico com maior probabilidade de influenciar a susceptibilidade à reabsorção é a genética (SAMESHIMA e SINCLAIR, 2001; OTIS, HONG e TUNCAY, 2004).

A patogênese das reabsorções radiculares inflamatórias induzidas pelo tratamento ortodôntico está associada com a remoção de tecido necrótico das áreas

do ligamento periodontal que foram comprimidas em excesso por forças ortodônticas (KUROL e OWMAN-MOLL, 1998).

Os fatores etiológicos relacionados a reabsorções dentárias são locais e não sistêmicos (FRANCISCHONE, 2002; FURQUIM, 2002). As causas locais podem atuar isoladas ou em vários dentes simultaneamente. As reabsorções dentárias simples, que envolvem apenas um dente, têm relação mais frequente com periapicopatias crônicas, clareamentos, traumatismos e reimplantes dentários. As reabsorções dentárias múltiplas estão mais relacionadas com a movimentação dentária ortodôntica, trauma oclusal e bruxismo (CONSOLARO, 2005).

A ausência de receptores de superfície específicos para o paratormônio nos cementoblastos descarta a possibilidade de pacientes com distúrbios hormonais, metabólicos e de outra natureza sistêmica apresentarem maior frequência de reabsorções dentárias. A iniciação de um processo reabsortivo depende de uma significativa necrose dos cementoblastos, fenômeno que é estritamente local (CONSOLARO, 2005).

1.2.1 Forças ortodônticas e duração do tratamento

Durante o movimento ortodôntico o LPD (ligamento periodontal) é submetido à forças mecânicas de tensão e compressão. Na direção do movimento, o LPD é comprimido entre o elemento dentário e o osso alveolar. Em casos de forças pesadas por longos períodos de tempo, o LPD é lesionado, resultando em formação de tecido hialinizado. O processo de reabsorção dentária está intimamente relacionado com a remodelação do LPD em decorrência da sua injúria e necrose (BRUDVIK e RYGH, 1993; BRUDVIK e RYGH, 1994a; BRUDVIK e RYGH, 1994b; GRABER, VANARSDALL e VIG, 2012).

Kurol e Owman-Moll (1998) afirmaram existir uma relação entre a RRA e as áreas hialinizadas no ligamento periodontal. Lesões de reabsorção foram identificadas próximas a áreas com excesso de compressão. Por volta de metade das áreas hialinizadas não estavam em íntimo contato com as lesões de reabsorção na superfície da raiz. Porém, tal evento é compreensível já que se espera que nesta área a força seja tão pesada que os tecidos próximos à superfície da raiz estejam necrosados. Dessa forma, a reabsorção ativa se dará em regiões próximas a zona necrosada onde as respostas teciduais são viáveis. Durante o processo de

remodelação da zona hialinizada, o tecido hialinizado necrótico da parede do osso alveolar é removido por células fagocíticas, como macrófagos, células gigantes de corpo estranho e osteoclastos. Como efeito colateral desta atividade celular, a camada de cementóide da raiz fica com superfícies desprotegidas e pode ser atacada por células absorptivas (BRUDVIK e RYGH, 1993; GRABER, VANARSDALL e VIG, 2012).

Todos os elementos dentários desenvolvem lacunas de reabsorção no lado de pressão das superfícies das raízes, mesmo quando forças ortodônticas são aplicadas por um curto período de tempo e, estas lacunas, em sua maioria, não são visíveis radiograficamente (KVAM, 1972). Essas áreas de reabsorção detectadas histologicamente são consideradas um estágio inicial da reabsorção radicular externa. Acredita-se que quando a reabsorção excede a capacidade de reparação do cimento, é desencadeada a reabsorção radicular externa (ABASS e HARTSFIELD, 2007).

Um aumento na duração e magnitude da força aplicada pode levar à um aumento dessas lesões de reabsorção, resultando na exposição da dentina radicular sob o cimento danificado. Essa dentina exposta aumenta a probabilidade de ataques dos osteoclastos e posterior reabsorção radicular externa. Até mesmo com forças iniciais de 50 cN podem ser esperados hialinização e lesões reabsortivas. A RRA precoce que ocorre próxima à áreas hialinizadas indica que o processo de remodelação (reabsorção e reparo do tecido dos tecidos duros) pode estar relacionado com a força aplicada (KURROL e OWMAN-MOLL, 1998).

Roscoe, Meira e Cattaneo (2015), em um trabalho de revisão sistemática, concluíram que existe uma correlação positiva entre altos níveis de força ortodôntica e reabsorção radicular, ou seja, a quantidade e a extensão da RRA tende a aumentar de maneira significativa em função da intensidade da força aplicada (KARADENIZ *et al.*, 2011).

Em 1932, foi proposto por Schwarz que a força ótima para a movimentação dentária, caracterizada por uma resposta celular máxima com manutenção da vitalidade dos tecidos, deve estar dentro dos níveis de pressão capilar. Este nível ideal de força deveria estar entre 20 a 26 cN/cm² na superfície radicular, ou seja, equivalente à pressão capilar de 15 a 20mmHg. Esses valores são parâmetros importantes para se entender que se o estresse acima da pressão capilar exceder esse limite ocorre uma alteração no fluxo sanguíneo e interferência no mecanismo

biológico do ligamento periodontal, osso alveolar e, também, no cimento radicular (CUOGHI e MENDONÇA, 2012).

A aplicação de forças excessivas, portanto, pode resultar na degradação das camadas externas de proteção do pré-cimento e sua camada de formação de cementoblastos, ativando a atividade reabsortiva das células clásticas. Com consequência deste processo, temos um tecido mineralizado do dente desnudo, gerando eventos inflamatórios semelhantes à reabsorção óssea, porém na superfície dentária (REITAN, 1957; KVAM, 1972).

O ligante do receptor do ativador do fator nuclear Kappa B (RANKL) e seus 2 receptores RANK e OPG (osteoprotegerina) são reconhecidos como fundamentais na regulação do recrutamento e ativação dos osteoclastos (ALHASHIMI et al., 2001). A ligação do RANKL ao receptor RANK leva a uma rápida diferenciação de osteoclastos precursores hematopoiéticos em osteoclastos maduros, através dos quais, muitos hormônios e citocinas produzem seus efeitos de reabsorção óssea. A OPG é antagonista natural do RANKL e, portanto, contribui na regulação da reabsorção óssea. A OPG se liga ao RANKL e impede sua ligação ao RANK, inibindo, dessa forma, a efetivação da maturação do osteoclasto mediada pelo RANKL (THEOLEYRE, 2004). A Interleucina 17 (IL-17), presente tanto no periodonto (HAYASHI et al., 2012; YAMAGUCHI et al., 2012) quanto nas células pulpares (NAKANO et al., 2015), induzida por forças ortodônticas excessivas, pode estimular a osteoclastogênese e a odontoclastogênese através do sistema RANK/ RANKL /OPG e esta indução pode contribuir para a resposta inflamatória associada com a subsequente reabsorção radicular (HAYASHI et al., 2012; YAMAGUCHI et al., 2012; NAKANO et al., 2015).

A direção da força também pode influenciar na reabsorção dentária apical e os maiores danos são obtidos com movimentos intrusivos (STENVIK e MJOR, 1970; KALEY e PHILLIPS, 1991; PARKER e HARRIS, 1998). O ápice dentário e o periodonto associado podem sofrer alto estresse de compressão quando uma força intrusiva é aplicada à coroa. Devido a esse potencial para altos níveis de estresse, a intrusão é uma técnica que, claramente, pode aumentar o risco de RRA (COSTOPOULOS E NANDA, 1996). Harris, Jones e Darendeliler (2006) encontraram uma relação diretamente proporcional entre o volume das crateras de reabsorção radicular e a magnitude dos movimentos intrusivos.

A reabsorção dentária inflamatória induzida por movimentos ortodônticos

parece ser altamente dependente do tipo de movimento ortodôntico empregado. As áreas de “alta-pressão” são mais susceptíveis a reabsorção que as áreas de “alta-tensão” (ROSCOE, MEIRA e CAETTANEO, 2015).

Owman-Moll e colaboradores mostraram, em dois estudos distintos, que as variações individuais interferem mais na magnitude do movimento dentário e na extensão e severidade da reabsorção radicular que o tipo (OWMAN-MOLL, KUROL e LUNDGREN, 1995) e a quantidade (OWMAN-MOLL, KUROL e LUNDGREN, 1996) de força ortodôntica empregada.

Existe uma relação entre força ortodôntica e a reabsorção radicular, porém, ela é dependente da susceptibilidade individual previamente indefinida. O que acontece é que as forças mecânicas e os outros fatores ambientais como bruxismo, onicofagia crônica, mordida aberta com interposição lingual, não explicam de forma adequada a variação vista entre expressões individuais da RRA. Por isso, tem-se aumentado o interesse nos fatores genéticos que influenciam a susceptibilidade à RRA (GRABER, VANARSDALL e VIG, 2012). A reação do indivíduo à força ortodôntica pode variar dependendo da sua carga genética (HARRIS, KINERET e TOLLEY, 1997).

Roscoe, Meira e Cattaneo (2015) concluíram, através de uma revisão sistemática, que existe uma correlação positiva entre o tempo do tratamento ortodôntico e reabsorção radicular. Além disso, uma pausa na movimentação dentária ajuda na redução do risco de reabsorção radicular pois permite a recuperação do cimento.

Outros estudos concluíram que a duração do tratamento ortodôntico pode ter correlação com a severidade da reabsorção radicular apical (MCFADDEN et al., 1989; LINGE e LINGE, 1991; SHARAB et al., 2015).

As variações genéticas e relacionadas ao tratamento ortodôntico (duração do tratamento, extrações e medidas cefalométricas), juntas, explicam 25 % do total das variações associadas a reabsorção apical radicular no estudo proposto por Sharab et al. (2015) no qual foi realizado uma análise combinada de múltiplos fatores genéticos e clínicos potencialmente associados com a reabsorção apical externa e ortodontia.

1.2.2 Hereditariedade

Um estudo com 103 pares de irmãos tratados com a mesma técnica por um único ortodontista revelou variações maiores entre famílias que dentro das famílias, o que sugere que existe um fator genético na susceptibilidade da reabsorção apical externa (HARRIS, KINERET e TOLLEY, 1997).

A reabsorção radicular externa tem sido ligada ao gene interleucina -1B (IL-1B) indicando uma importante predisposição genética a este problema. (AL QAWASMI et al., 2003a; AL QAWASMI et al., 2003b), a expressão de IL1B também afeta a reabsorção radicular apical durante o tratamento ortodôntico. (SHARAB et al., 2015).

É importante observar que existem casos em que o paciente têm o marcador de DNA que normalmente acompanha a RRA e não a manifesta, e o contrário também pode acontecer, pacientes com RRA que não apresentam o marcador. Desta forma, o valor “preditivo” desse marcador é limitado se avaliado isoladamente, deve-se buscar mais informações sobre outros marcadores de DNA e outras possíveis variáveis que possam estar envolvidas no processo de reabsorção radicular (GRABER, VANARSDALL e VIG, 2012).

1.2.3 Morfologia e densidade óssea

Segundo Rygh e Reitan (1972) e Goldie e King (1984) a densidade mineral óssea é um fator que está relacionado com a incidência de RRA. Tem sido sugerido que o movimento dentário em áreas de maior densidade óssea está associado com reabsorções radiculares mais extensas pois ossos com maior densidade mineral (DM) requerem a aplicação de forças mais intensas para a realização da movimentação dentária (RYGH e REITAN, 1972; MIDGETT, SHAYE e FRUGE, 1981).

Ferguson et al. (2016) conduziram um estudo para comparar a reabsorção radicular de incisivos superiores em pacientes submetidos e não-submetidos a cirurgia de corticotomia durante a terapia ortodôntica. Foi concluído que a terapia ortodôntica associada à corticotomia resulta em menor reabsorção radicular, e a explicação dada para este fato foi a de que houve uma osteopenia transitória nos pacientes submetidos a esse tipo de procedimento, condição caracterizada por uma densidade óssea diminuída.

Campos (2012) não encontrou associação significativa entre a densidade do osso alveolar lingual adjacente à incisivos com RRA e a quantidade de reabsorção radicular correspondente. Na região supra-apical, o osso associado aos incisivos com RRA apresentou a densidade mineral óssea significativamente menor que os incisivos sem RRA. A explicação encontrada para este resultado foi associada à variabilidade na qualidade óssea dos pacientes.

Scheibel et al. (2014) ao avaliarem, por meio da fotodensitometria, a correlação entre a densidade óssea alveolar inicial de incisivos superiores e a RRA após 12 meses do início do tratamento ortodôntico, através de radiografias periapicais desses dentes, concluíram que a densidade alveolar na região apical dos incisivos superiores não foi um fator preditivo da RRA.

A quantidade, espessura e qualidade do osso alveolar presente ao redor das raízes não apresentaram efeitos significativos na extensão da reabsorção radicular em um estudo em que a dimensão fractal foi calculada como uma estimativa da densidade óssea, a partir de radiografias cefalométricas (OTIS, HONG e TUCAY, 2004).

A distribuição e concentração de forças na raiz, também podem ser influenciadas pela morfologia da crista óssea e, supostamente, cristas ósseas mais delicadas e triangulares permitem uma deflexão óssea maior, reduzindo o efeito da força sobre as células do ligamento periodontal. Cristas ósseas alveolares quadradas e largas absorveriam menos força e sua concentração no ligamento periodontal aumentaria chance de lesão na camada cementoblástica, seguida de reabsorção dentária (CONSOLARO, 2005).

1.2.4 Morfologia e densidade radicular

O tamanho do incisivo e da sua raiz estão relacionados com a extensão da reabsorção nos sentidos vertical e horizontal. A reabsorção apical no sentido vertical está inversamente relacionada com o tamanho do incisivo e sua raiz, no sentido horizontal também está inversamente relacionada com a largura da raiz (OTIS, HONG e TUCAY, 2004). Dentes que apresentam raízes mais estreitas, cônicas ou com ápices em forma de pipeta são mais susceptíveis a RRA durante o tratamento ortodôntico (SAMESHIMA E SINCLAIR, 2001; CONSOLARO, 2005; SMALE et al., 2005; PROFFIT, 2007).

A aplicação de forças ortodônticas altera o conteúdo mineral do cemento radicular. Ao se comparar, através de TCFC, indivíduos submetidos e não-submetidos ao tratamento ortodôntico encontrou-se um significativo aumento nos valores de densidade mineral radicular em indivíduos tratados com aparelhos ortodônticos, avaliados após pelo menos um ano do seu término (CAMPOS, et al., 2012). Wierzbicki *et al.* (2009) também encontraram uma tendência de aumento da composição mineral do cemento (cálcio, fósforo e flúor) em várias áreas onde ocorre a compressão do ligamento periodontal decorrentes do tratamento ortodôntico. Sugere-se que quanto maior a densidade mineral do cemento maior é a sua resistência à reabsorção radicular, funcionando como uma proteção da raiz contra o processo de reabsorção (REITAN e RYGH, 1985; REX et al., 2006).

A densidade mineral radicular não foi associada à proteção da raiz contra o processo de reabsorção em um estudo em que foram avaliados incisivos superiores com reabsorção radicular apical e seus contralaterais sem reabsorção, pois os incisivos com RRA apresentaram densidade mineral radicular maior que seus correspondentes contralaterais em imagens de TCFC (CAMPOS, 2012).

Poucos estudos da literatura relatam a associação entre as mudanças na Unidade de Hounsfield (HU), usada como medida de densidade, na superfície da raiz e a RRA durante o tratamento ortodôntico (CAMPOS, 2012; JIANG et al., 2015).

Segundo Jiang et al. (2015), ocorrem mudanças significativas na densidade das raízes dentárias e ao redor do osso alveolar, representada pela alteração de HUs, em pacientes submetidos a retração de caninos. A superfície radicular e do osso alveolar foram divididas em três níveis verticais (coronal, médio e apical), cada um com 36 divisões circunferenciais ao redor do dente. Foi observado uma redução de HUs em toda a superfície radicular, com máxima redução a nível coronal e na direção perpendicular ao movimento dentário, no osso alveolar, por outro lado, a redução maior foi no sentido do movimento dentário. Isto indica que um alto estresse no ligamento periodontal pode não ser o único fator acionando a remodelação radicular e que a raiz dentária pode responder de maneira diferente do osso em relação ao estresse e remodelação.

1.3 ANÁLISE FRACTAL

Erros são esperados quando imagens de TCFC são utilizadas para definir a densidade das estruturas digitalizadas. Isto porque estas imagens mostram inconsistências e arbitrariedades nos valores de cinza, especialmente quando relacionadas com a mudança abrupta na densidade da estrutura. Pode ocorrer o efeito de endurecimento do feixe de raio-x, radiação difusa e o efeito de descontinuidade relacionada com dados de projeção (KIM, 2014; CAMPOS et al., 2014). Outros fatores também relacionados ao erro na definição da densidade das estruturas na TCFC são as diferenças entre os aparelhos de TCFC, as mudanças no volume do campo de visão (FOV), e as mudanças nas relações de tamanho e posição entre o FOV e o objeto avaliado (CAMPOS et al., 2014).

A escala Hounsfield é usada para medir radiodensidade em tomografias médicas e fornece uma medida de densidade precisa para o osso e outros tecidos. Porém, diferentemente das tomografias médicas, os voxels fornecidos pela imagem de TCFC são HUs relativos, os quais são afetados pelos tecidos adjacentes e não devem ser diretamente usados para calcular a densidade mineral óssea (NOMURA et al., 2010; ARAKI e OKANO, 2013).

Apesar disto, a densidade mineral óssea tem sido representada através das HUs e usada para avaliar o remodelamento ósseo nas imagens de TCFC e quantificar mudanças relativas no osso alveolar (NOMURA, et al., 2010). A justificativa para se utilizar HUs confiáveis é a obtenção de imagens de TCFC em série durante o tratamento ortodôntico utilizando-se a mesma máquina e o mesmo padrão de obtenção das imagens (HSU et al., 2010).

Devido ao fato dos valores de HUs não serem válidos para TCFC, existe uma necessidade de métodos, diferentes dos que quantificam a densidade mineral, que avaliem a qualidade óssea. A análise da textura pode então ser utilizada, reforçada pelo fato de que a qualidade óssea pode ser expressada por sua composição microarquitetônica (HUA, et al., 2009).

A análise fractal é um método para a avaliação quantitativa de estruturas com geometria complexa que exibem padrões ao longo da imagem. A complexidade da estrutura é representada por um único número, a dimensão fractal (DF), que é calculada por um algoritmo de computador (JOLLEY, MAJUMDAR e KAPILA, 2006). Existem muitos métodos para o cálculo da DF, na Odontologia o mais utilizado é o

“box counting” (contagem de caixas) (MAJUMDAR, WEINSTEIN e PRASAD, 1993).

No método “box counting” a imagem é coberta por uma grade quadrada, onde o tamanho dos quadrados é reduzido progressivamente. Para cada tamanho da caixa, o número de quadrados contendo a estrutura é contado. Um gráfico do inverso do tamanho da caixa versus o log do número de elementos contendo os quadrados é obtido. A inclinação do gráfico é a dimensão fractal (WAGLE et al., 2005). Trata-se de um método muito utilizado, provavelmente por sua simplicidade e disponibilidade (YASAR e AKGÜNLÜ, 2006). Entretanto, pode ser considerado uma limitação desse método a necessidade das imagens serem convertidas em imagens binárias, já que as radiografias são compostas por tons de cinza (LOPES e BETROUNI, 2009).

As estruturas denominadas fractais apresentam três propriedades fundamentais: auto-semelhança em diferentes níveis de escala, complexidade infinita e a dimensão fractal. A auto-semelhança é a simetria através das escalas e se refere à manutenção da estrutura mesmo com a alteração da escala de observação. O objeto apresenta invariância na sua forma à medida que a escala é modificada, mantendo-se a sua estrutura idêntica à original (BACKES, 2006).

A geometria fractal oferece a habilidade de descrever e caracterizar a complexidade das imagens ou, de forma mais precisa, sua composição textural. Medidas de textura óssea são baseadas na detecção de padrões na variação de valores na escala de cinza (LOPES e BETROUNI, 2009).

2 PROPOSIÇÃO

2.1 OBJETIVO GERAL:

Determinar a relação entre a qualidade dos tecidos radicular e ósseo adjacente e a reabsorção radicular apical em incisivos superiores durante o tratamento ortodôntico.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO:

Avaliar, através da determinação da dimensão fractal em imagens de TCFC, a qualidade do tecido dentário do terço apical das raízes de incisivos superiores com RRA associada ao tratamento ortodôntico e do osso alveolar adjacente a esses incisivos e compará-las com as imagens dos dentes contralaterais correspondentes sem RRA nos mesmos indivíduos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL:

A amostra foi composta de 20 indivíduos em tratamento ortodôntico com aparelho do tipo *edgewise*, que apresentaram reabsorção radicular apical em um incisivo superior (grupo experimental) e ausência de reabsorção radicular no dente contralateral correspondente (grupo controle). Esta amostra pertence ao arquivo do Grupo de Pesquisa de Ortodontia e Odontopediatria da UFJF. Estes pacientes foram identificados através de radiografias periapicais de rotina dos incisivos superiores.

Os critérios de inclusão na amostra foram:

- Os incisivos selecionados (com e sem reabsorção) apresentaram o mesmo comprimento radicular, estruturas radiculares semelhantes, sem alteração morfológica, reabsorção radicular ou tratamento endodôntico, observados nas radiografias periapicais pré-tratamento.

- Indivíduos apresentaram ao início do tratamento maloclusões simétricas que requeriam protocolos de aplicação de forças ortodônticas simétricas nos arcos superior e inferior e ausência de distúrbio envolvendo o metabolismo do cálcio ou história de trauma em incisivos superiores.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Juiz de Fora com o parecer nº 463/2008 (Anexo A), e todos os indivíduos que voluntariamente participaram desta pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido após a completa explicação dos procedimentos.

3.2 MÉTODOS:

Após seleção inicial, os indivíduos foram submetidos ao exame de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), realizada com o tomógrafo *i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA- EUA)*, operado a 120kV e 3-8mA, espessura de corte de 0,25mm, tempo de rotação de 26,9s, campo de visão (FOV) de 160mm de diâmetro e 100mm de altura.

Para a aquisição das imagens no tomográfico, cada indivíduo foi posicionado sentado, com o queixo apoiado sobre o suporte apropriado, com o plano de Frankfurt paralelo ao solo e o plano sagital mediano perpendicular ao solo e

estabelecida a oclusão dentária com a mandíbula em posição de máxima intercuspidação. O campo de visão foi posicionado de forma que o plano oclusal ocupasse o seu centro vertical e a espinha nasal anterior estivesse a 35 mm de sua borda anterior.

3.2.1 Determinação das imagens dos incisivos na TCFC:

Os 40 incisivos (22 incisivos laterais e 18 centrais) foram avaliados por um examinador calibrado (ortodontista com mais de 5 anos de experiência em imagens de TCFC). Os incisivos selecionados foram avaliados inicialmente no programa *i-CAT Vision (Imaging Sciences International Inc., Hatfield, USA)*, no modo MPR (*multiplanar reconstruction*) e com espessura de corte de 0,5mm. Eles foram verticalmente posicionados de forma que a interseção entre os cortes sagital e coronal coincidisse com o longo eixo dentário e o corte coronal ficasse paralelo à borda incisal.

O corte sagital foi posicionado no centro méso-distal dos incisivos e, nesta imagem o comprimento radicular foi determinado pela distância entre o ponto mais apical da raiz dentária e sua projeção ortogonal em uma linha perpendicular ao longo eixo dentário posicionada de forma equidistante às junções cimento-esmalte (JCE) vestibular e lingual (Figura 1). Tendo o incisivo sem RRA como referência, a extensão da reabsorção radicular foi determinada pela diferença entre o comprimento radicular dos incisivos sem e com reabsorção.

Com o objetivo de avaliar os tecidos ósseos e dentários em regiões similares dos incisivos com e sem RRA do mesmo paciente, o terço apical radicular foi determinado dividindo-se o comprimento radicular dos incisivos com RRA por três. Esta medida foi aplicada a partir do ponto mais apical da raiz, porém nos incisivos sem RRA foi descontado a extensão da reabsorção radicular.



Figura 1- Determinação do comprimento radicular. (a) Linha horizontal traçada através da JCE das superfícies vestibular e lingual. (b) Linha perpendicular ao longo eixo dentário, equidistante da JCE lingual e vestibular. (c) Linha representando o comprimento radicular.

Os limites do terço apical foram identificados por duas linhas de marcação (vestibular/lingual ou mesial/distal) nos incisivos com RRA (Figura 2a) e quatro linhas nos incisivos sem RRA (Figura 2b), a fim de permitir a seleção das regiões de interesse (RDIs), e as imagens do corte sagital foram salvas no formato JPEG (*Joint Photographics Expert Groups*) em tamanho padronizado (1444x900 pixels).

Após a definição das imagens no corte sagital, o corte coronal de cada incisivo foi posicionado no centro vestibulo-lingual e os mesmos procedimentos realizados no corte sagital foram repetidos, de modo a determinar a imagem coronal do incisivo com o limite do terço apical definido.

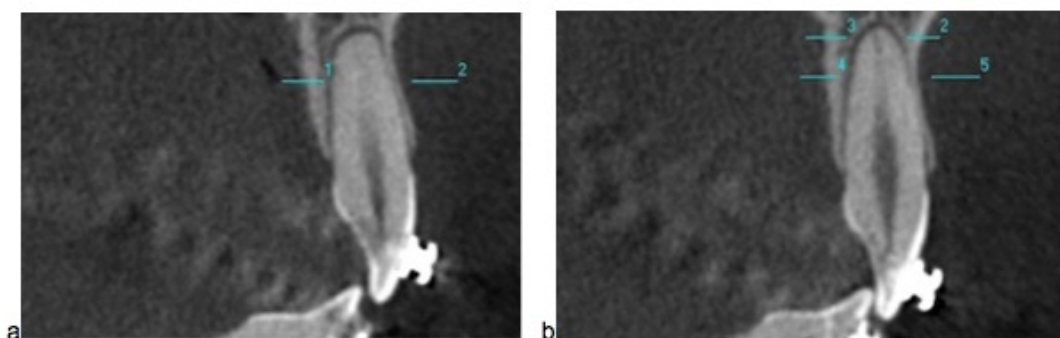


Figura 2 - Marcações na vestibular e lingual na imagem de corte sagital indicando o terço radicular dos incisivos. (a) Os limites do terço apical foram demarcados por 2 linhas nos incisivos com RRA e (b) 4 linhas nos incisivos sem RRA, com as duas linhas superiores indicando os limites da reabsorção do incisivo contralateral.

3.2.2 RDI do terço apical radicular:

A avaliação do terço apical radicular foi realizada a partir dos cortes coronal e sagital. As áreas referentes ao terço apical radicular em cada corte foram inicialmente selecionadas e cortadas no programa Adobe Photoshop 4.0 (*Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA*), utilizando a ferramenta de seleção “Varinha Mágica” e, neste mesmo programa, estas áreas foram coladas, centralizadas, sobre uma imagem de 60x60 pixels, com um valor de dimensão fractal conhecido ($DF=1,3$) (Figura 3) e salvas para posterior análise no programa Image J (*National Institutes of Health, USA*) para determinação da dimensão fractal.

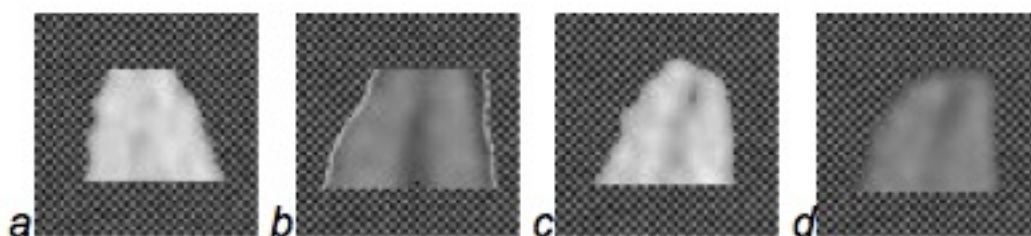


Figura 3- Terço radicular colado sobre uma imagem com um valor de dimensão fractal conhecido. (a) Incisivo sem RRA no corte coronal (b) incisivo sem RRA no corte sagital (c) Incisivo com RRA no corte coronal. (d) Incisivo com RRA no corte sagital.

3.2.3 RDI do osso alveolar:

A partir das imagens do corte sagital, foram determinadas três áreas, verticalmente distribuídas, no osso lingual da região referente ao terço apical radicular (superior, média e inferior), todas posicionadas o mais anteriormente possível, limitadas pela imagem referente ao ligamento periodontal. Para se determinar a altura de cada área, dividiu-se a altura total do terço apical por três e, convencionou-se o valor de 1mm para a largura. As RDIs do osso alveolar lingual dos dentes com e sem reabsorção de cada paciente tinham os mesmos tamanhos em pixels.

A outra região para avaliação do osso alveolar, a região supra-apical, foi determinada a partir de uma área de 1 mm de altura e 2 mm de extensão centralizada no ápice radicular. Nos dentes sem RRA, esta área foi posicionada imediatamente acima do ápice radicular e nos dentes com RRA a mesma foi posicionada afastada do ápice a uma distância igual à extensão da reabsorção

(Figura 4).

Já que o programa *Image J* somente apresenta medidas em pixels, as linhas de marcação do limite do terço apical serviram como uma escala para a conversão de milímetros para pixel.

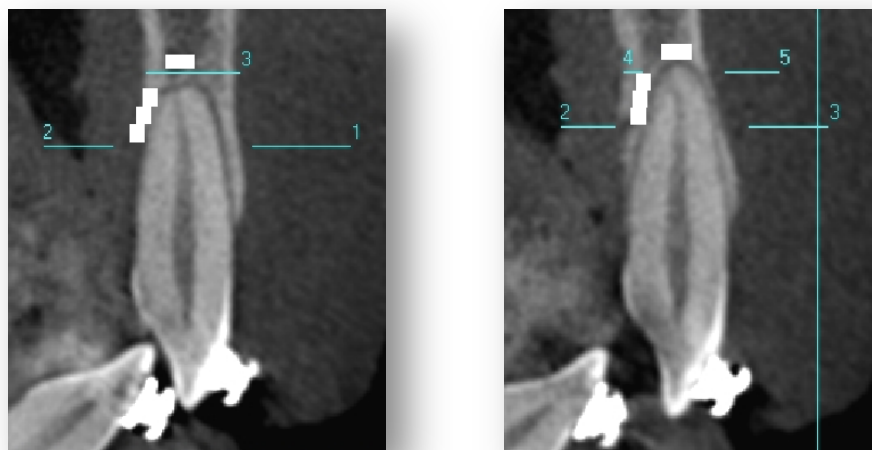


Figura 4 - Determinação das RDIs para análise da dimensão fractal do osso alveolar em dentes com e sem RRA.

3.2.4 Determinação da dimensão fractal:

A dimensão fractal do terço apical radicular e das 4 áreas do osso alveolar foram determinadas pelo software *Image J*. Após a determinação das RDIs, as imagens digitais foram convertidas de *rgb color* para *8 bits* (Figura 5a). Em seguida, as RDIs foram duplicadas e obscurecidas por um filtro Gaussiano com um diâmetro de *35 pixels* (Figura 5b). O que acontece nessa etapa é a remoção de toda estrutura em escala fina e média e manutenção de apenas grandes variações de densidade.

A etapa seguinte consistiu na subtração da imagem resultante fortemente turva, da imagem original (Figura 5c). Feito isso, na imagem resultante, foram adicionados 128 da escala de cinza, para o resultado em cada localização de *pixel* (Figura 5d).

Os próximos passos consistiram na transformação da imagem resultante em uma imagem binária (Figura 5e) para que fosse realizada a etapa de erosão. Com o objetivo de dilatar a imagem, cada pixel é colocado com o valor máximo dos pixels

vizinhos.

Na inversão, a imagem do resultado anterior foi invertida, e o trabeculado passa de branco para preto, facilitando a sua contagem.

Em seguida, realizou-se a eskeletonização (Figura 5f). Neste processo, os pixels das bordas das imagens foram removidos até que a imagem ficasse reduzida a um simples esqueleto largo do tamanho de um pixel. Nas imagens eskeletonizadas foram realizadas análises, gerando, por fim, os valores da Dimensão Fractal, representada por “D” (BOLLEN *et al.*, 2001; YASAR e AKGÜNLÜ, 2006).

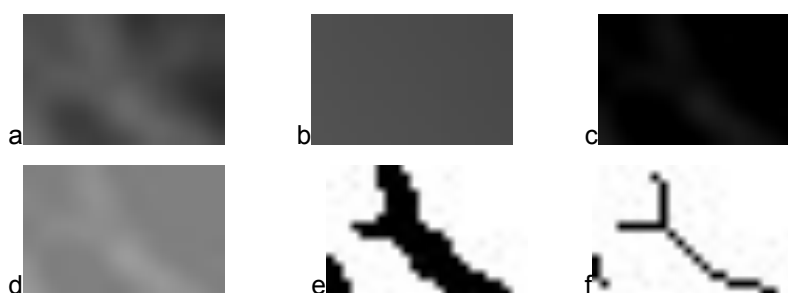


Figura 5 - Transformação da imagem da RDI antes do cálculo da DF. (a) Imagem original da área supra-apical em 8 bits. (b) Resultado do uso do filtro Gaussiano. (c) Resultado da subtração da imagem turva da imagem original (d) e a adição de 128. (e) Transformação em uma imagem binária. (f) Eskeletonização.

Os valores da DF dos cortes sagital e coronal foram utilizados para determinar a média da DF do terço apical da raiz de cada incisivo. Da mesma forma, a DF média do osso alveolar lingual foi calculado com base nos valores de DF das áreas superior, média e inferior do osso lingual. Os valores de DF de cada RDI e as médias do terço apical radicular e do osso alveolar lingual, nos dentes com e sem reabsorção, foram comparados.

3.2.5 Análise estatística

As análises foram realizadas por um único avaliador, experiente em imagens de TCFC, e o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) determinou a confiabilidade intraexaminador. Este coeficiente foi calculado a partir dos valores de comprimento radicular e DF do osso supra apical de 8 incisivos escolhidos aleatoriamente, mensurados duas vezes, com intervalo de 15 dias entre as medições.

Foi realizado o teste de normalidade (*Shapiro-Wilk*) a fim de se avaliar o padrão de distribuição dos valores obtidos para cada variável. Para comparar os valores da dimensão fractal óssea e radicular entre os grupos o teste de Wilcoxon foi utilizado. Foi adotado um nível de significância de 5%. Todas as análises foram realizadas no *software* SPSS 20.0.0.

4 ARTIGO

FRACTAL DIMENSION ASSESSMENT OF DENTAL AND BONES TISSUES OF INCISORS WITH AND WITHOUT APICAL ROOT RESORPTION OF THE SAME ORTHODONTIC PATIENT

Highlights:

- Fractal dimension of incisors roots and their adjacent alveolar bone was assessed.
- Contralateral teeth, with and without ARR, from the same individual were compared.
- The radicular and bone quality of the incisors were not related to ARR.

ABSTRACT

Objective: the aim of this observational cross-sectional study was to assess the quality of the dental tissue and the adjacent bone of the root apical third of maxillary incisors with apical root resorption (ARR) in patients under orthodontic treatment by determining the fractal dimension in cone beam computed tomography images and comparing them with the images of the corresponding contralateral teeth without ARR in the same individual. **Methodology:** The study sample consisted of 20 patients under orthodontic treatment with edgewise appliance, who presented apical root resorption in a maxillary incisor (experimental group) and absence of root resorption in the corresponding contralateral incisor (control group), identified through routine periapical dental radiographs. The fractal dimension of two regions in the apical third of the root and four in the adjacent alveolar bone of incisors with ARR and their contralateral teeth without ARR was determined and compared. **Results:** In all bone and dental regions evaluated, except the coronal slice of the apical third of the root, the incisors without ARR had higher FD values than incisors with ARR, but there was no significant difference. **Conclusion:** No statistical difference was found between the quality of the radicular and bone tissues of the apical region of the maxillary incisors with and without apical root resorption of the same orthodontic patient.

INTRODUCTION

Apical root resorption (ARR) is a common consequence that affects most orthodontically treated teeth and is characterized by root shortening or even apical rounding¹. Despite its high prevalence, the severity of the resorption related to orthodontic treatment usually has minimal clinical significance², however, ARR is a concern for the orthodontist since it jeopardizes treatment success³.

The factors responsible for ARR during orthodontic treatment have not yet been fully understood, and their origin is considered multifactorial³. The biological factor most likely to influence the susceptibility to resorption is genetics^{3,4}.

According to Goldie and King⁵, Rygh and Reitan⁶ the bone mineral density is a factor related to ARR. It has been suggested that greater mineral density requires the application of more intense forces to accomplish dental movement^{6,7}, and consequently results in more root resorption⁶. However, there are still divergent results that do not find an association between the alveolar bone density around the roots and the amount of corresponding root resorption³.

In relation to the mineral quality of the radicular tissue, the application of orthodontic forces can alter the dental mineral content through the action of proteins such as dentin sialoprotein and dentin matrix protein 1 which, regulated by mechanical stress, promote the activation of odontoblasts and accelerate dentin mineralization^{8,9}. Also, there is a tendency to increase the mineral composition of cementum in several areas where compression of the periodontal ligament occurs due to orthodontic treatment¹⁰, which may be related to root protection against the resorption process^{11,12}.

The CBCT (cone beam computed tomography) has been frequently used to determine the mineral density of craniofacial structures¹³. The main advantages of CBCT are the low radiation dose, shorter image acquisition time and reduced costs compared to conventional computed tomography (CT)^{14,15}. In the CBCT occurs a non-uniform angular distribution of X-ray beam intensity leading to nonuniformity of Hounsfield Unit (HU), which has been used in conventional CT to measure bone mineral density¹⁶.

Because of the fact that HU values are not valid in CBCT, the fractal dimension has been suggested as an alternative for evaluation of bone quality when this exam is undertaken^{16,17}. Fractal analysis is a method used for quantitative evaluation of structures with complex geometry, which is represented by a single

number, the fractal dimension (FD)¹⁸. Although quantitative, the FD represents a qualitative evaluation of the bone texture that is closely related to bone density¹⁹.

The aim of this study was to evaluate, by determining the fractal dimension in CBCT images, the quality of the dental tissue of the apical third of the roots of maxillary incisors with ARR and of the alveolar bone adjacent to these regions and to compare them with their corresponding contralateral teeth without ARR on the same orthodontic patient.

METHODS

The sample consisted of 20 individuals (9 males and 11 females) with the mean age of 20.3 years (14-28 years), under orthodontic treatment with edgewise appliance, who were not orthodontically treated before and presented apical root resorption in a maxillary incisor (experimental group) and absence of root resorption in the corresponding contralateral incisor (control group). Routine periapical dental radiographs of the maxillary incisors, at different phases of the orthodontic treatment, were used to identify these conditions.

The subjects presented absence of disturbance involving calcium metabolism or history of trauma in the maxillary incisors. Furthermore, their pre-treatment records showed symmetrical malocclusions, and selected incisors (with and without resorption) with no root resorption, no endodontic treatment, no morphological alteration, same root length and similar root structures.

This study has been approved by the Ethics Committee of the *** University and all individuals who voluntarily participated in this research signed the informed consent term after thorough explanation about the procedures.

After identification of the incisors with and without ARR, the subjects who met the inclusion criteria were submitted to CBCT, performed with an i-CAT scanner (Imaging Sciences International, Hatfield, PA-USA), operated at 120kV and 3-8mA, voxel size of 0.25mm, rotation time of 26.9s, and field of view (FOV) of 160mm in diameter and 100mm in height.

For image acquisition, each individual was positioned with the chin resting on the appropriate support, with the Frankfurt plane parallel to the ground and the median sagittal plane perpendicular to the ground and the mandible in maximum intercuspation position. The FOV was positioned so that the occlusal plane occupied its vertical center and the anterior nasal spine was 35 mm from its anterior border.

Determination of CBCT incisor images:

The 40 incisors (22 lateral and 18 central incisors) were evaluated by one calibrated examiner (orthodontist with more than 5 years of clinical experience in CBCT imaging). The selected incisors were initially analysed with i-CAT Vision (Imaging Sciences International Inc., Hatfield, USA) software in MPR (multiplanar reconstruction) mode, with 0.5mm thick slices. They were vertically positioned so that the intersection of the sagittal and coronal sections coincided with its long axis and the coronal section was parallel to the incisal border.

The sagittal slice was positioned at the mesiodistal center of the incisors, and in this sagittal image the root length was determined by the distance between the most apical point of the dental root and its orthogonal projection on a perpendicular line to the long axis of the tooth, which was positioned equidistant from the buccal and lingual cementum-enamel junctions (CEJ) (Figure 1). The extension of the root resorption was determined by the difference between the root length of the incisors without and with resorption, since both had the same length at the beginning of orthodontic treatment.



Figure 1- Determination of the root length. (a) Horizontal line drawn through the CEJ of the buccal and lingual tooth surface. (b) Perpendicular line to the long axis of the tooth, equidistant from the buccal and lingual cementum-enamel junctions. (c) Line representing the root length.

In order to evaluate bone and dental tissues in similar regions of the incisors with and without ARR from the same patient, the apical third of the teeth was calculated by dividing the root length of the incisors with ARR into three equal parts.

This measure was applied from the most apical point of the root in the incisor with ARR, but in the incisors without ARR, the extension of the root resorption was discounted. The limits of the apical third were identified by two lines in the incisors with ARR (Figure 2a) and four lines in the incisors without ARR (Figure 2b), in order to allow the selection of the regions of interest (ROIs), and the image of the sagittal slice was saved in JPEG format (Joint Photographics Expert Groups) in standardized size (1444x900 pixels).

After definition of the sagittal image of each incisor, the coronal slice of the incisor was positioned at its buccolingual center and the same procedures performed in the sagittal cut were repeated, in order to determine the coronal image of the incisor with the apical third of the root limits defined.

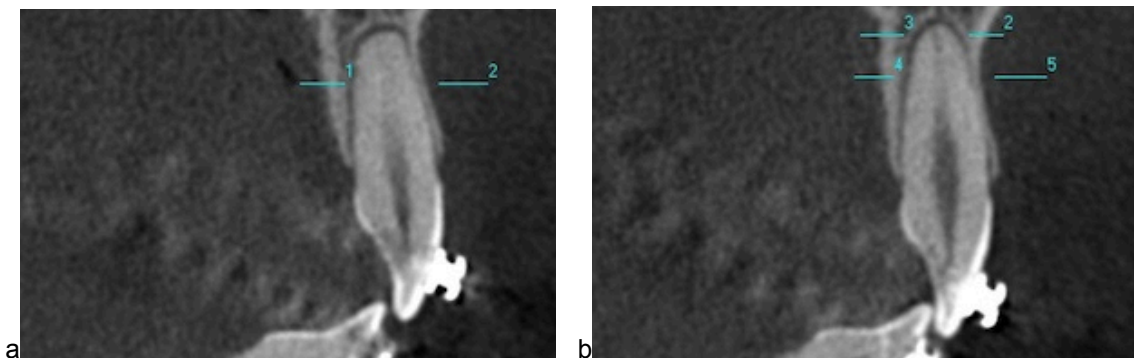


Figure 2- Buccal and lingual lines in sagittal slice indicating the apical third of the incisors. (a) The limits of the apical third were identified by two lines in the incisors with ARR and (b) four lines in the incisors without ARR, with the two upper lines indicating the limits of the resorption in the contralateral incisor.

ROI of root apical third:

The images of coronal and sagittal slices were processed with Adobe Photoshop 4.0 (Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA) and the area referring to the apical third in each slice were initially selected using the “Magic Wand” selection tool, cut and paste into the center of an image of 60x60 pixels with a known fractal dimension value (FD = 1.3) (Figure 3). This image was saved for later analysis with Image J 1,46R program (National Institutes of Health, USA) for determination of the fractal dimension.

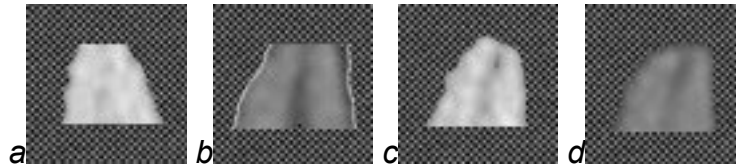


Figure 3- Apical third of the root pasted into an image with a known fractal dimension. (a) Incisor without ARR in the coronal slice (b) Incisor without ARR in the sagittal slice (c) Incisor with ARR in the coronal slice (d) Incisor with ARR in the sagittal slice.

ROI of alveolar bone:

The images of the sagittal slices were analyzed with Image J and three vertically distributed areas (upper, middle and lower) were selected along the lingual bone of the apical third of the root. Each area had one third of the length of the apical third of the root and 1 mm in width. These areas were positioned as near as possible to the root, limited by the periodontal ligament, and had the same size in teeth with and without resorption from the same individual (Figure 4).

The other area of bone evaluation, the supra-apical area, was 1mm in height and 2 mm in width and positioned in the center of the root apex. In teeth without ARR, this area was positioned immediately above the root apex and in teeth with ARR it was positioned away from the apex at the same distance as the extent of the resorption (Figure 4).

Since Image J only measures in pixels, the lines that limit the apical third of the root served as a scale for the conversion of pixel to millimeters.

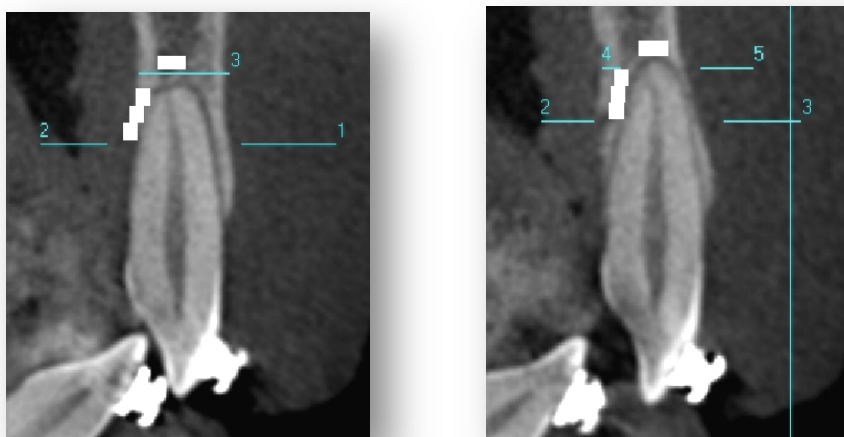


Figure 4 - Determination of the ROIs for the analysis of the fractal dimension of the alveolar bone in teeth with and without ARR.

Determination of the fractal dimension:

The fractal dimension of root apical third and four areas of alveolar bone were determined with Image J software. The digital images of each ROI were converted from rgb color to 8 bits (Figure 5a). Then the ROIs were duplicated and blurred through the use of a Gaussian filter with a diameter of 35 pixels (Figure 5b). What happens in this step is the removal of all fine and medium scale structure and maintenance of only large variations in density. The next step consisted in subtracting the resulting heavily blurred image from the original image (Figure 5c). Then, a constant grayscale value of 128 was added to the result at each pixel location (Figure 5d). The next step consisted of transforming the resulting image into a binary image (Figure 5e) for the erosion step to be performed. In order to dilate the image, each pixel is replaced with the maximum value of the neighboring pixels. In the inversion, the image of the previous result was inverted, and the trabeculae changed from white to black, making it easier to count. Then, there was a transformation into an outline image (Figure 5f). In this process, the pixels of the edges of the images were removed until the image was reduced to a single broad skeleton with the size of a pixel. In the outline images, analyzes were performed in box counting method, generating then, the values of the Fractal Dimension^{20,21}.

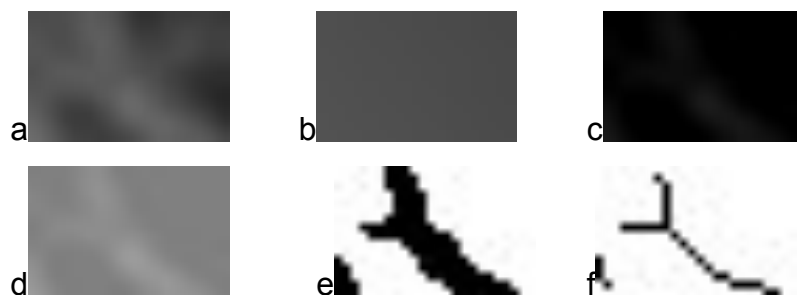


Figure 5 – Transformation of the ROI image prior to calculation of FD. (a) Original image of the supra-apical area with an 8 bit gray scale. (b) The result of blurring the image. (c) The result of subtracting the blurred image from the original image (d) and adding 128 pixels. (e) Transformation of the image into a binary image. (f) The trabecular pattern is outlined.

The sagittal and coronal FD values were used to determine the mean FD of the root apical third of each incisor. Similarly, the mean FD of the lingual alveolar bone was calculated based on the fractal dimension values of the lower, middle and upper areas of lingual alveolar bone. The FD values of each ROI and the means of

the apical third of the root and lingual alveolar bone, in teeth with and without ARR, were compared.

Statistical analysis:

The intra-examiner reliability was analyzed by the determination of the intraclass correlation coefficient (ICC), which was calculated from the values of FD of root apical third and alveolar bone of eight incisors randomly chosen, measured twice, with a 15-day interval between measurements.

The normality test (Shapiro-Wilk) was performed in order to evaluate the distribution pattern of the values obtained for each variable. To compare the values of bone and radicular fractal dimension between the groups, the Wilcoxon test was used. A significance level of 5% was adopted and the analysis was performed in SPSS 20.0.0 software (SPSS, Chicago, IL, USA).

RESULTS

The intra-examiner reliability test for the variables root length and FD of the supra-apical bone presented values above 0.9, indicating an excellent concordance.

The Shapiro-Wilk test (Table 1) showed that some variables did not present normal distribution and, therefore, the Wilcoxon test was used for comparisons between the groups.

Table 1- Shapiro-Wilk normality test.

Variables	Incisors with ARR	Incisors without ARR
Root length	0.902	0.578
Sagittal apical root	0.033*	0.751
Coronal apical root	0.112	0.203
Mean apical root	0.417	0.483
Supra apical alveolar bone	0.001*	0.350
Lower lingual alveolar bone	0.082	0.473
Middle lingual alveolar bone	0.110	0.035*
Upper lingual alveolar bone	0.334	0.051
Mean lingual alveolar bone	0.080	0.019*

* - significant difference.

The values of root length, fractal dimension of the apical root third (sagittal, coronal and mean) and fractal dimension of the alveolar bone in the supra-apical

region and in the lingual region (lower, middle, upper and mean), are described in Table 2.

Table 2 - Mean values and standard deviations of the fractal dimension of each variable in incisors with and without ARR, and the comparisons between two groups.

	INCISORS WITH ARR			INCISORS WITHOUT ARR			P-VALUE*
	N	MEAN	SD	N	MEAN	SD	
Root length (mm)	20	11.725	1.133	20	13.012	1.663	0.000
Sagittal apical root (FD)	20	1.279	0.343	20	1.291	0.360	0.104
Coronal apical root (FD)	20	1.279	0.375	20	1.278	0.534	0.763
Mean apical root (FD)	20	1.279	0.251	20	1.284	0.389	0.501
Supra apical alveolar bone (FD)	20	0.727	0.245	20	0.786	0.117	0.117
Lower lingual alveolar bone (FD)	16	0.578	0.162	16	0.586	0.135	0.955
Middle lingual alveolar bone (FD)	17	0.627	0.185	17	0.669	0.117	0.868
Upper lingual alveolar bone (FD)	17	0.613	0.171	17	0.621	0.189	0.427
Mean lingual alveolar bone (FD)	17	0.606	0.111	17	0.629	0.654	0.795

ARR - apical root resorption; SD - standard deviation; FD - fractal dimension; * Wilcoxon test.

The incisors with ARR presented a statistically smaller root length than the incisors without ARR, with a mean difference of 1.29 mm or 9.91% (Table 2). The fractal dimensions of the root apical third and alveolar bone of the incisors with and without ARR did not present a statistically significant difference, however, a lower value of FD could be observed in the teeth with ARR in all variables except in the fractal dimension of the root in the coronal slice.

DISCUSSION

Apical root resorption is a common undesirable effect of orthodontic treatment^{1,22,23} and the most involved teeth are the maxillary incisors^{4,24,25}, this could be explained by their highest percentages of abnormal root shapes and tendency to have more slender roots, especially the upper lateral incisors⁴, and also by the greater movement they are subjected during orthodontic treatment²⁵. In order to monitor the appearance and progression of these lesions during the orthodontic treatment, periapical radiographs are frequently requested and, therefore, these exams were used for the initial selection of patients for this study, when the presence

of ARR in a superior incisor and the absence of this lesion in the contralateral incisor were identified during the orthodontic treatment. However, in two-dimensional radiographic methods, the extent of the ARR might be underestimated due to overlapping structures²⁶, therefore, CBCT provides the best images for the correct diagnosis of ARR²⁷ and it is used for the confirmation of the diagnosis of ARR and analysis of the images of the incisors.

Due to the multifactorial characteristic of ARR, in the studies that involve the assessment of this condition, a strict control of the variables is necessary to select the sample. In order to control some possible etiological factors related to individual susceptibility to ARR, such as genetic or systemic factors, gender and age^{3,4}, the comparison of the incisors with and without resorption was made from the same individual. Other possible etiological factors of ARR such as trauma²⁸, root morphology^{4,29} and the application of orthodontic forces^{30,31} were controlled by the inclusion criteria. The inclusion of individuals with only symmetric malocclusion creates the possibility of applying symmetric protocols of orthodontic forces on each maxillary incisor of the same orthodontic patient.

Currently, the most commonly procedure performed to measure bone quality through radiological techniques is the use of the Hounsfield scale to quantify the radiodensity in computed tomography images^{32,33}. Although CBCT is an exam with a lower dose of effective radiation, its image presents instability of the voxel values, which compromises the application of the Hounsfield scale^{16,34,35}. As an alternative, the use of fractal analysis in conjunction with CBCT has been suggested for the assessment of bone quality^{16,17,21,36,37}. This technique was chosen to evaluate the quality of the bone and root structures in this study, since it allows an analysis of the texture and complexity of the architecture of mineralized tissue^{16,19}.

The “box counting” method used in this study is a common, simple and accessible method to calculate the FD^{21,38}. The image is covered by a grid of progressively reduced squares and the number of squares containing the structure is counted. A graph of the inverse of the size of the box versus the log of the number of elements containing the squares is obtained. The slope of the graph is the fractal dimension³⁹. A limitation of this method is the impossibility of calculating the fractal dimension of an irregular ROI^{40,41}. When an irregular structure is selected, it is automatically adjusted, creating a rectangular image that is used for the application of the box counting method. This new image created has a value of the FD that is

different from the original irregular structure. If a black background is used, there will also be an inconstancy in FD values, since the black pixels have value equal to zero⁴¹. Thus, in order to overcome this limitation, the irregular image of the apical third of the root was copied and pasted into a background with a non-zero and known fractal dimension, allowing the comparison between the incisors images.

The association between apical root resorption and the quality of alveolar bone has been widely discussed in the literature^{3,5,6,42,43}, wherein some authors claim that tooth movement in areas of higher bone density is associated with larger root resorptions, like Rygh and Reitan⁶ in an *in vitro* study and Ferguson et al⁴², who affirmed that the transitory decreased bone density in patients who underwent corticotomy associated with orthodontic treatment resulted in less root resorption. In the present study, after the control of the individual factors associated with AAR, the alveolar bone adjacent to the incisors with ARR exhibited lower FD values than the bone of the incisors without ARR bone, but this difference was not significant, which corroborates with other authors^{3, 43} that did not consider the bone quality, assessed by mineral density, as a predisposing factor for ARR during orthodontic movement.

The comparison between results addressing bone mineral density and FD is possible because, although fractal analysis is a quantitative measure⁴⁴ both methods are used to define the quality of mineralized tissues^{16,17,21,36,37} and previous studies have stated that the density of the alveolar bone was positively correlated to the FD values on periapical radiographs¹⁹ and CBCT images³⁷.

The orthodontic treatment tends to increase the mineral composition of the cementum¹⁰ and it has been suggested that the higher the mineral density of the cement the greater is its resistance to root resorption^{8,9,11,12} possibly because it hinders the clastic cells to act on the cementum and dentin. Karadeniz et al⁴⁵ investigated the effect of fluoride ingestion on the decrease of occurrence of ARR associated with orthodontic treatment and they also affirmed that an increased mineral composition of the cement protects it from clastic cells. In contrast, the FD root values of incisors with ARR were lower than incisors without ARR, but not statistically.

CONCLUSION

No significant difference was observed in the fractal dimension values of the apical third of the root and the adjacent alveolar bone between upper incisors with and without apical root resorption of the same orthodontic patient.

REFERENCES

1. Harris EF, Kineret SE, Tolley EA. A heritable component for external root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:301-9.
2. Lee RY, Artun J, Alonzo TA. Are dental anomalies risk factors for apical root resorption in orthodontic patients? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;2:187-95.
3. Otis LL, Hong JSH, Tuncay OC. Bone structure effect on root resorption. *Orthod Craniofac Res* 2004;7:165-77.
4. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:505-10.
5. Goldie RS, King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. *Am J Orthod* 1984;85:424-30.
6. Rygh P, Reitan K. Ultrastructural changes in the periodontal ligament incident to orthodontic tooth movement. *Trans Eur Orthod Soc* 1972;393-405.
7. Midgett RJ, Shaye R, Fruge JF Jr. The effect of altered bone metabolism on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod* 1981;80:256-62.
8. Baba O, Qin C, Brunn JC, Wygant JN, McIntyre BW, Butler WT. Colocalization of dentin matrix protein 1 and dentin sialoprotein at late stages of rat molar development. *Matrix Biol* 2004;23:371-9.
9. Kong X, Cao M, Ye R, Ding Y. Orthodontic force accelerates dentine mineralization during tooth development in juvenile rats. *Tohoku J Exp Med* 2010;221:265-70.
10. Wierzbicki T, El-Bialy T, Aldaghreer S, Li G, Doschak M. Analysis of Orthodontically Induced Root Resorption Using Micro-Computed Tomography (Micro-CT). *Angle Orthod* 2009;79:91-96.
11. Reitan K, Rygh P. Biomechanical principles and reactions. In: GRABER TM, SWAIN BF. *Orthodontics - current principles and techniques*. St. Louis: Mosby 1985; 101-92.
12. Rex T, Kharbanda OP, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 6. A comparative quantitative analysis of the mineral composition of human premolar cementum after the application of orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*

2006;129:358-67.

13. Hsu J.T, Chang HW, Huang HL, Yu JH, Li YF, Tu MG. Bone density changes around teeth during orthodontic treatment. *Clin Oral Investig* 2010; 15:511-9.

14. Endo M, Tsunoo T, Nakamori N, Yoshida K. Effect of scattered radiation on image noise in cone beam CT. *Med Phys* 2001;28:469-74.

15. Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Rother UJ. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:83-6.

16. Hua Y, Nackaerts O, Duyck J, Maes F, Jacobs R. Bone quality assessment based on cone beam computed tomography imaging. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:767-71.

17. González-Martín O, Lee EA, Veltri M. CBCT fractal dimension changes at the apex of immediate implants placed using undersized drilling. *Clin Oral Implants Res* 2012;23:954-57.

18. Jolley L, Majumdar S, Kapila S. Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:393-397.

19. Southard TE, Southard KA, Lee A. Alveolar process fractal dimension and postcranial bone density. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;91:486-91.

20. Bollen A-M, Taguchi A, Hujuel PP, Hollender LG. Fractal dimension on dental radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:270-275.

21. Yasar F, Akgünlü F. The differences in panoramic mandibular indices and fractal dimension between patients with and without spinal osteoporosis. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:1-9.

22. Harris DA, Jones AS, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 8. Volumetric analysis of root resorption craters after application of controlled intrusive light and heavy orthodontic forces: a microcomputed tomography scan study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:639-47.

23. Kocadereli I, Yesil TN, Veske PS, Uysal S. Apical root resorption: a prospective radiographic study of maxillary incisors. *Eur J Dent* 2011;5:318-23.

24. Mirabella AD, Årtun J. Prevalence and severity of apical root resorption in upper anterior teeth in adult orthodontic patients. *Eur J Orthod* 1995;17:93-99.

25. Janson GR, De Luca Canto G, Martins DR, Henriques JF, De Freitas MR. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with 3 different fixed appliance techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:262-73.

26. Campos MJ, Silva KS, Gravina MA, Fraga MR, Vitral RW. Apical root resorption: the dark side of the root. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;143:492-8.

27. Yi J, Sun Y, Li Y, Li C, Li X, Zhao Z. Cone-beam computed tomography versus periapical radiograph for diagnosing external root resorption: A systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod* 2017;87:328-337.
28. Consolaro A, Furquim LZ. Extreme root resorption associated with induced tooth movement: A protocol for clinical management. *Dental Press J Orthod* 2014;19:19-26.
29. Smale I, Årtun J, Behbehani F, Doppel D, Van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM. Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:57-67.
30. Kurol J, Owman-Moll P. Hyalinization and root resorption during early orthodontic tooth movement in adolescents. *Angle Orthod* 1998;68:161-5.
31. Roscoe MG, Meira JB, Cattaneo PM. Association of orthodontic force system and root resorption: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;147:610-26.
32. Nomura Y, Watanabe H, Honda E, Kurabayashi T. Reliability of voxel values from cone-beam computed tomography for dental use in evaluating bone mineral density. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:558-62.
33. Araki K, Okano T. The effect of surrounding conditions on pixel value of cone beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:862-5.
34. Kim D-G. Can Dental Cone Beam Computed Tomography Assess Bone Mineral Density? *J Bone Metab* 2014;21:117-126.
35. Campos MJ, Souza TS, Mota Jr SL, Fraga MR, Vitral, RW. Bone mineral density in cone beam computed tomography: Only a few shades of gray. *World J Radiol* 2014;6:607-612.
36. Alman AC, Johnson LR, Calverley DC, Grunwald GK, Lezotte DC, Hokanson JE. Diagnostic capabilities of fractal dimension and mandibular cortical width to identify men and women with decreased bone mineral density. *Osteoporos Int* 2012;23:1631–1636.
37. Güngör E, Yildirim D, Çevik R. Evaluation of osteoporosis in jaw bones using cone beam CT and dual-energy X-ray absorptiometry. *J Oral Sci* 2016;58:185-94.
38. Majumdar S, Weinstein RS, Prasad RR. Application of fractal geometry techniques to the study of trabecular bone. *Med Phys* 1993;20:1611-9.
39. Wagle N, Do NN, Yu J, Borke JL. Fractal analysis of the PDL-bone interface and implications for orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:655-61.
40. Oczeretko E, Borowska M, Kitlas A, Borusiewicz A, Sobolewska-Siemieniuk M. Fractal analysis of medical images in the irregular regions of interest. 8th IEEE international conference on bioinformatics and bioengineering. 2008.
41. Ahammer H. Higuchi dimension of digital images. *PloS One* 2011;9:1-8.

42. Ferguson DJ, Machado I, Wilcko MT, Wilcko WM. Root resorption following periodontally accelerated osteogenic orthodontics. *APOS Trends Orthod* 2016;6:78-84.
43. Scheibel PC, Ramos AL, Iwaki LCV, Micheletti KR. Analysis of correlation between initial alveolar bone density and apical root resorption after 12 months of orthodontic treatment without extraction. *Dental Press J Orthod* 2014;19:97-102.
44. Sánchez I, Uzcátegui G. Fractals in dentistry. *Journal of Dentistry* 2011;39:273-92.
45. Karadeniz EJ, Gonzales C, Nebioglu-Dalci O, Dwarte D, Turk T, Isci D et al. Physical properties of root cementum: Part 20. Effect of fluoride on orthodontically induced root resorption with light and heavy orthodontic forces for 4 weeks: A microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:e199-210.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade dos tecidos radicular e ósseo da região apical dos incisivos superiores, determinada pelos valores de dimensão fractal a partir de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico, não exibiu relação com a presença de reabsorção radicular apical associada ao tratamento ortodôntico.

6 REFERÊNCIAS

- ABASS, S.K.; HARTSFIELD JR, J.K. Orthodontics and External Apical Root Resorption. **Semin Orthod**, Philadelphia, v.13, n.4, p.246-256, Dec. 2007.
- AHAMMER, H. Higuchi dimension of digital images. **PloS One**, San Francisco, v.9, n.9, p.1-8, Sept. 2011.
- AL QAWASMI, R.A.; HARTSFIELD JR, J.K.; EVERETT, E.T.; FLURY, L.; LIU, L.; FOROUD, T.M.; MACRI, J.V.; ROBERTS, W.E. Genetic predisposition to external apical root resorption in orthodontic patients: linkage of chromosome-18 marker. **J Dent Res**, Chicago, v.82, n.5, p.356-60, May. 2003a.
- AL QAWASMI, R.A.; HARTSFIELD JR, J.K.; EVERETT, E.T.; FLURY, L.; LIU, L.; FOROUD, T.M.; MACRI, J.V.; ROBERTS, W.E. Genetic predisposition to external apical root resorption. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St Louis, v.123, n.3, p.242-52, Mar. 2003b.
- ALHASHIMI, N.; FRITHIOF, L.; BRUDVIK, P.; BAKHIET, M. Orthodontic tooth movement and de novo synthesis of proinflammatory cytokines. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St Louis, v. 119, n.3, p. 307-12, Mar. 2001.
- ARAKI, K.; OKANO, T. The effect of surrounding conditions on pixel value of cone beam computed tomography. **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v. 24, n8, p. 862-5, Aug. 2013.
- BABA, O.; QIN, C.; BRUNN, J.C.; WYGANT, J.N.; MCINTYRE, B.W.; BUTLER, W.T. Colocalization of dentin matrix protein 1 and dentin sialoprotein at late stages of rat molar development. **Matrix Biol**, Amsterdam, v.23, n.6, p.371-9, Oct. 2004.
- BACKES, A.R. **Implementação e comparação de métodos de estimativa da dimensão fractal e sua aplicação à análise e processamento de imagens**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. doi:10.11606/D.55.2006.tde-06092006-152806. Acesso em: 2016-06-24.
- BOLLEN, A-M.; TAGUCHI, A.; HUJOEL, P.P.; HOLLENDER, L.G. Fractal dimension on dental radiographs. **Dentomaxillofac Radiol**, Erlangen, v. 30, n.5, p.270-275, Sep. 2001.
- BRUDVIK, P.; RYGH, P. Multi-nucleated cells remove the main hyalinized tissue and start resorption of adjacent root surfaces. **Eur J Orthod**, Oxford, v.16, n.4, p. 265-273, Aug. 1994a.
- BRUDVIK, P.; RYGH, P. Root resorption beneath the main hyalinized zone. **Eur J Orthod**, Oxford, v.16, n.4, p. 249-263, Aug. 1994b.
- BRUDVIK, P.; RYGH, P. The initial phase of orthodontic root resorption incident to local compression of the periodontal ligament. **Eur J Orthod**, Oxford, v.15, n.4, p.249-263, Aug.1993.

CAMPOS, M.J. **Avaliação em tomografia computadorizada de feixe cônico, da densidade mineral de dentes com reabsorção radicular em indivíduos submetidos a tratamento ortodôntico**. 2012. 81 f. Tese (Doutorado em Saúde) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

CAMPOS, M.J.; SILVA, K.S.; GRAVINA, M.A.; FRAGA, M.R.; VITRAL, R.W.F. Apical root resorption: The dark side of the root. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St Louis, v.143, n.4, p.492-498, Apr. 2013.

CAMPOS, M.J.; SOUZA, T.S.; MOTA JR, S.L; FRAGA, M.R.; VITRAL, R.W. Bone mineral density in cone beam computed tomography: Only a few shades of gray. **World J Radiol**, Beijing, v.6, n.8, p. 607-612, Aug. 2014.

CAMPOS, M.J; DE ALBUQUERQUE, E.G.; PINTO, B.C.H.; HUNGARO, H.M.; GRAVINA, M.A.; FRAGA, M.R.; VITRAL, R.W.F. The role of orthodontic tooth movement in bone and root mineral density: A study of patients submitted and not submitted to orthodontic treatment. **Med Sci Monit**, Warsaw, v.18, n.12, p. CR752-757, Dec. 2012.

CONSOLARO, A. **Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas**. 2ª ed. Maringá: Dental Press editora, 2005.

CONSOLARO, A.; FURQUIM, L.Z. Extreme root resorption associated with induced tooth movement: A protocol for clinical management. **Dental Press J Orthod**, Maringá, n.19, v.5, Sept-Oct, p. 19-26. 2014.

COSTOPOULOS, G.; NANDA, R. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion. **Am J Orthod Dentofac Orthop**, St Louis, v.109, n.5, p.543-8, May, 1996.

CUOGHI, O.A.; MENDONÇA, M.R. Movimentação dentária e aplicabilidade na clínica ortodôntica. **Rev Clín Ortod Dental Press**, Maringá, v.11, n.1, p.12-8, fev-mar.2012.

ENDO, M.; TSUNOO, T.; NAKAMORI, N.; YOSHIDA, K. Effect of scattered radiation on image noise in cone beam CT. **Med Phys**, Lancaster, v. 28, n.4, p.469-74, 2001.

FERGUNSON, D.J.; MACHADO, I.; WILCKO, M.T.; WILCKO, W.M. Root resorption following periodontally accelerated osteogenic orthodontics. **APOS Trends Orthod**, Mumbai, v. 6, n.2, p.78-84, Mar. 2016.

GOLDIE, R.S.; KING, G.J. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium- deficient, and lactating rats. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 85, n.5, p.424-30, May. 1984.

GONZÁLEZ-MARTÍN, O.; LEE, E.A.; VELTRI, M. CBCT fractal dimension changes at the apex of immediate implants placed using undersized drilling. **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v. 23, n.8, p.954–957, Aug. 2012.

GRABER, L.W.; VANARSDALL R.L; VIG, K.W.L. **Ortodontia: Princípios e Técnicas Atuais**. Editora: Elsevier Brasil. 5ª edição. 2012.

- HARRIS, D.A.; JONES, A.S.; DARENDELILER, M.A. Physical properties of root cementum: part 8. Volumetric analysis of root resorption craters after application of controlled intrusive light and heavy orthodontic forces: a microcomputed tomography scan study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St Louis, v.130, n.5, p.639-47, Nov. 2006.
- HARRIS, E.F.; KINERET, S.E.; TOLLEY, E.A. A heritable component for external root resorption in patients treated orthodontically. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 111, n.3, p.301-9, Mar. 1997.
- HAYASHI, N.; YAMAGUCHI, M.; UTSUNOMIYA, T.; YAMAMOTO, H.; KASAI, K. T-helper 17 cells mediate the osteo/odontoclastogenesis induced by excessive orthodontic forces. **Oral Dis**, Houndmills, v.18, n.4, p.375-8, May. 2012.
- HORIUCHI, A.; HOTOKEZAKA, H.; KOBAYASHI, K. Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v.114, n.3, p.311-8, Sept. 1998.
- HSU, J.T.; CHANG, H.W.; HUANG, H.L.; YU, J.H.; LI, Y.F.; TU, M.G. Bone density changes around teeth during orthodontic treatment. **Clin Oral Investig**, Berlin, v.15, n.4, p.511-9, Aug. 2010.
- HUA, Y.; NACKAERTS, O.; DUYCK, J.; MAES, F.; JACOBS, R. Bone quality assessment based on cone beam computed tomography imaging. **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v.20, n.8, p.767-71, Aug. 2009.
- JIANG, F.; LIU, S.Y.; XIA, Z.; LI, S.; CHEN, J.; KULA, K.S.; ECKERT, G. Hounsfield unit change in root and alveolar bone during canine retraction. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**. St. Louis, v. 147, n. 4, p. 445-53, Apr. 2015.
- JOLLEY, L.; MAJUMDAR, S.; KAPILA, S. Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. **Dentomaxillofac Radiol**, London, v.35, n.6, p.393–397, Nov. 2006.
- JUNG, Y-H; CHO, B-H. External root resorption after orthodontic treatment: a study of contributing factors. *Imaging Sci Dent*, Korea, v.41, n.1, p.17-21, Mar. 2011.
- KALEY, J.; PHILLIPS, C. Factors related to root resorption in edgewise practice. **Angle Orthod**, Appleton, v. 61, n.2, p.125-32, Jun. 1991.
- KARADENIZ, E.I.; GONZALES, C.; NEBIOGLU-DALCI, O.; DWARTE, D.; TURK, T.; ISCI, D.; SAHIN-SAGLAM, A.M.; ALKIS, H.; ELEKDAG-TURK, S.; DARENDELILER, M.A. Physical properties of root cementum: Part 20. Effect of fluoride on orthodontically induced root resorption with light and heavy orthodontic forces for 4 weeks: A microcomputed tomography study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 140, n. 5, p. e199-210, Nov. 2011.
- KILLIANY, D.M. Root resorption caused by orthodontic treatment: an evidence-based review of literature. **Semin Orthod**, Philadelphia, v.5, n.2, p.128–33, Jun. 1999.
- KIM, D-G. Can Dental Cone Beam Computed Tomography Assess Bone Mineral Density? **J Bone Metab**, Seoul, v.21, n.2, p.117-126, May. 2014.

KOCADERELI, I.; YESIL, T.N.; VESKE, P.S.; UYSAL, S. Apical root resorption: a prospective radiographic study of maxillary incisors. **Eur J Dent**, Ankara, v.5, n.3, p.318-23, Jul. 2011.

KONG, X.; CAO, M.; YE, R.; DING, Y. Orthodontic force accelerates dentine mineralization during tooth development in juvenile rats. **Tohoku J Exp Med**, Sendai, v.221, n.4, p.265-70, Aug. 2010.

KUROL, J.; OWMAN-MOLL, P. Hyalinization and root resorption during early orthodontic tooth movement in adolescents. **Angle Orthod**, Appleton, v.68, n.2, p.161-5, Apr. 1998.

KVAM, E. Cellular dynamics on the pressure side of the rat periodontium following experimental tooth movement. *Scand J Dent Res*, Copenhagen, v.80, n.5, p.369-83, Oct. 1972.

LEE, R. Y.; ARTUN, J.; ALONZO, T.A. Are dental anomalies risk factors for apical root resorption in orthodontic patients? **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 116, n.2, p.187-95, Aug. 1999.

LINGE, L.; LINGE, B.O. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St Louis, v.99, n.1, p.35-43, Jan. 1991.

LOPES, R.; BETROUNI, N. Fractal and multifractal analysis: a review. **Med Image Anal**, London, v.13, n.4, p.634-649, Aug. 2009.

LOUBELE, M.; MAES, F.; SCHUTYSER, F.; MARCHAL, G.; JACOBS, R.; SUETENS, P.; LEUVEN, S. Assessment of bone segmentation quality of cone-beam CT versus multislice spiral CT: a pilot study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, St. Louis, v.102, n.2, p.225-34, Aug. 2006.

LUPI, J.E.; HANDELMAN, C.S.; SADOWSKY, C. Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St Louis, v. 109, n.1, p.28-37, Jan. 1996.

MAJUMDAR, S.; WEINSTEIN, R.S.; PRASAD, R.R. Application of fractal geometry techniques to the study of trabecular bone. **Med Phys**, Lancaster, v.20, n.6, p.1611-9, Nov/Dec. 1993.

MCFADDEN, W.M.; ENGSTROM, C.; ENGSTROM, H.; ANHOLM, J.M. A study of the relationship between incisor intrusion and root shortening. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St Louis, v.96, n.5, p.390-6, Nov. 1986.

MIDGETT, R.J.; SHAYE, R.; FRUGE Jr, J.F. The effect of altered bone metabolism on orthodontic tooth movement. **Am J Orthod**, St Louis, v.80, n.3, p.256-62, Sep. 1981.

MIRABELLA, A.D.; ÅRTUN, J. Prevalence and severity of apical root resorption in upper anterior teeth in adult orthodontic patients. **Eur J Orthod**, London ,v.17, n.2, p.93-99, Apr. 1995.

MOZZO, P.; PROCACCI, C.; TACCONI, A.; MARTINI, P.T; ANDREAIS, I.A. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. **Eur Radiol**, Berlin, v.8, n.9, p.1558-6, 1998.

NAKANO, Y., YAMAGUCHI, M., SHIMIZU, M., KIKUTA, J., ET. AL. Interleukin-17 is involved in orthodontically induced inflammatory root resorption in dental pulp cells. **Am J Orthod Dentofacial**, St. Louis, v. 148, n. 2, p.302-9, Aug. 2015.

NOMURA, Y.; WATANABE, H.; HONDA, E.; KURABAYASHI, T. Reliability of voxel values from cone-beam computed tomography for dental use in evaluating bone mineral density. **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v.21, n.5, p.558-62, May. 2010.

OCZERETKO, E.; BOROWSKA, M.; KITLAS, A.; BORUSIEWICZ, A.; SOBOLEWSKA-SIEMIENIUK, M. **Fractal analysis of medical images in the irregular regions of interest**. 8th IEEE international conference on bioinformatics and bioengineering. 2008.

OTIS, L.L; HONG, J.S.; TUNCAY, O.C. Bone structure effect on root resorption. **Orthod Craniofac Res**, Oxford, v.7, n.3, p.165-77, Aug. 2004.

OWMAN-MOLL, P., KUROL, J., LUNDGREN, D. Effects of a doubled orthodontic force magnitude on tooth movement and root resorptions. An inter-individual study in adolescents. **Eur J Orthod**, London, v. 18, n.2, p.41-50, Apr.1996.

OWMAN-MOLL, P., KUROL, J.; LUNDGREN, D. Continuous versus interrupted continuous orthodontic force related to early tooth movement and root resorption. **Angle Orthod**, n.65, v. 6, p. 395-402, Dec. 1995.

PARKER, R.J.; HARRIS, E.F. Directions of orthodontic tooth movements associated with external apical root resorption of the maxillary central incisor. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St Louis, v.114, n.6, p.677-83, Dec. 1998.

PROFFIT, W.R. As bases biológicas da terapia ortodôntica. *IN*: PROFFIT, W.R; FIELDS, H.W.; SARVER, D.M. **Ortodontia Contemporânea**. 4 ed. São Paulo: Elsevier, 2007, p.307-32.

REITAN, K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. **Am J Orthod**, St Louis, v.43, n.1, p.32-45, Jan. 1957.

REITAN, K.; RYGH, P. Biomechanical principles and reactions. *In*: GRABER, T.M.; SWAIN, B.F. **Orthodontics - current principles and techniques**, St. Louis: Mosby Company, 1985. p.101-92.

REX, T.; KHARBANDA, O.P.; PETOCZ, P.; DARENDELILER, M.A. Physical properties of root cementum: part 6. A comparative quantitative analysis of the mineral composition of human premolar cementum after the application of orthodontic forces. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 129, n.3, p.358-67, Mar. 2006.

ROSCOE, M.G.; MEIRA, J.B.; CATTANEO, P.M. Association of orthodontic force system and root resorption: A systematic review. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**,

St Louis, v.147, n.5, p.610-26, May. 2015.

RYGH P, REITAN K. Ultrastructural changes in the periodontal ligament incident to orthodontic tooth movement. **Trans Eur Orthod Soc**, London, p.393-405, 1972.

SAMESHIMA, G.T.; SINCLAIR, P.M. Predicting and preventing root resorption: part I. Diagnostic factors. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 119, n.5, p.505-510, May. 2001.

SAMESHIMA, G.T.; SINCLAIR, P.M.; Characteristics of patients with severe root resorption. **Orthod Craniofac Res**, Oxford, v.7, n.2, p.108-14, May. 2004.

SCHEIBEL, P.C.; RAMOS, A.L.; IWAKI, L.C.V.; MICHELETTI, K.R. Analysis of correlation between initial alveolar bone density and apical root resorption after 12 months of orthodontic treatment without extraction. **Dental Press J Orthod**, Maringá, v.19, n.5, p.97-102, Sept-Oct. 2014.

SCHULZE, D.; HEILAND, M.; THURMANN, H.; ROTHER, U.J. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. **Dentomaxillofac Radiol**, London, v.33, n.2, p.83-6, Mar. 2004.

SCHULZE, R. K.; BERNDT, D.; D'HOEDT, B. On cone-beam computed tomography artifacts induced by titanium implants. **Clin Oral Implants Res**, Copenhagen, v.21, n.11, p.100–107, Jan. 2010.

SCHWARZ, A.M. Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. **International Journal of Orthodontia, Oral surgery and Radiography**, v.18, n.4, p.331-52, Apr. 1932.

SHARAB, L.Y.; MORFORD, L.A.; DEMPSEY, J.; FALCÃO-ALENCAR, G.; MASON, A.; JACOBSON, E.; KLUEMPER, G.T.; MACRI, J.V.; HARTSFIELD JR, J.K. Genetic and treatment-related risk factors associated with external apical root resorption (EARR) concurrent with orthodontia. **Orthod Craniofac Res**, Oxford, v. 18, n.1. p.71-82, Apr. 2015.

SHROUT, M. K.; POTTER, B. J.; HILDEBOLT, C. The effect of image variations on fractal dimension calculations. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, St. Louis, v. 84, n.1, p.96–100, Jul. 1997.

SMALE, I.; ARTUN, J.; BEHBEHANI, F.; DOPPEL, D.; VAN'T HOF, M.; KUIJPERS-JAGTMAN, A.M. Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St Louis, v.128, n.1, p.57-67, Jul. 2005.

SOUTHARD, T. E.; SOUTHARD, K. A.; LEE A. Alveolar process fractal dimension and postcranial bone density. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, St. Louis, v.91, n.4, p.486–491, Apr. 2001.

STENVIK, A.; MJOR, I.A. Pulp and dentine reactions to experimental tooth intrusion. A histologic study of the initial changes. **Am J Orthod**, St Louis, v.57, n.4, p.370–85, Apr. 1970.

SUKOVIC, P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. **Orthod Craniofacial Res**, Oxford, v.6, n.1, p.31-6, Aug. 2003.

THEOLEYRE, S.; WITTRANT, Y.; TAT, S.K.; FORTUN, Y.; REDINI, F.; HEYMANN, D. The molecular triad OPG/RANK/RANKL: involvement in the orchestration of pathophysiological bone remodeling. **Cytokine Growth Factor Rev**, Oxford, v.15, n.6, p.457-75, Dec. 2004.

WAGLE, N.; DO, N.N.; YU, J.; BORKE, J. L. Fractal analysis of the PDL-bone interface and implications for orthodontic tooth movement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v.127, n.6, p.655-61, Jun. 2005.

WIERZBICKI, T.; EL-BIALY T.; ALDAGHREER, S.; LI, G.; DOSCHAK, M. Analysis of Orthodontically Induced Root Resorption Using Micro-Computed Tomography (Micro-CT). **Angle Orthod**, Appleton, v.79, n.1, p.91-96, Jan. 2009.

YAMAGUCHI, M.; YAMADA, K.; ASANO, M.; FUJITA, S.; YAMAMOTO, H.; KASAI, K. Immunohistochemical localization of T-helper 17 cells, IL-17, and RANKL during root resorption induced by excessive orthodontic force in the mouse model of T cell-mediated autoimmune disease. **Int J Oral Med Sci**, Matsudo, v.11, n.4, p.249-60, 2012.

YASAR, F.; AKGÜNLÜ, F. The differences in panoramic mandibular indices and fractal dimension between patients with and without spinal osteoporosis. **Dentomaxillofac Radiol**, London, v. 35, n.1, p. 1-9, Jan. 2006.

YI, J.; SUN, Y.; LI, Y. LI, C.; LI, X.; ZHAO, Z. Cone-beam computed tomography versus periapical radiograph for diagnosing external root resorption: A *systematic review and meta-analysis*. **Angle Orthod**, Appleton, v.87, n.2, p. 328-337, Mar. 2017.

ANEXO A

Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PRO-REITORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP/UFJF
36036900- JUIZ DE FORA - MG - BRASIL

Parecer nº «463/2008»

Protocolo CEP-UFJF: 1635.325.2008 FR: «235213» CAAE: «0280.0.180.000-08»

Projeto de Pesquisa: "Avaliação, em tomografia computadorizada de feixe cônico, da densidade mineral e da superfície radicular dentária em indivíduos com reabsorção radicular submetidos a tratamento ortodôntico"

Pesquisador Responsável: Robert W. F. Vitral

Pesquisadores Participantes: Márcio José da Silva Campos, Andréia Fialho Rodrigues

Instituição: Faculdade de Odontologia da UFJF

Sumário/comentários

O CEP analisou o projeto e considerou que:

- Justificativa: A reabsorção radicular associada ao tratamento ortodôntico é reconhecida como um problema clínico desde 1920, mas apenas recentemente foi entendido que algum grau de reabsorção ocorre em quase todos os pacientes. A remodelação do cimento e da dentina ocorre em algumas raízes quando forças ortodônticas são aplicadas. Entretanto o cimento é reconstituído durante períodos de remissão da força, tornando difícil a detecção do encurtamento radicular. Em um número pequeno de pacientes uma redução radiograficamente evidenciada das raízes ocorre em alguns dentes, sendo os incisivos superiores os mais susceptíveis a reabsorções severas, com outros dentes sendo menos afetados. A determinação da densidade mineral através da tomografia computadorizada tem sido utilizada para avaliação da qualidade de estruturas mineralizadas. Ao final de todo tratamento ortodôntico tem-se como protocolo a solicitação de uma documentação ortodôntica para avaliação dos resultados dos tratamentos. Dentre estes exames encontram-se as radiografias periapicais de todos os dentes. O custo biológico vinculado à exposição do paciente à radiação deve ser considerado para a substituição de diversas tomadas radiográficas convencionais pela tomografia computadorizada de feixe cônico, agregando ainda informações em profundidade das estruturas avaliadas.
- Objetivo: Aprofundar o conhecimento na área que relaciona movimento ortodôntico, reabsorção radicular e tomografia computadorizada de feixe cônico; Atender com maior eficiência os pacientes de Ortodontia que apresentam reabsorção radicular; Publicar este trabalho em revista especializada.
- Objetivos específicos:
 - *Avaliar a relação entre reabsorção radicular apical constatada em radiografia periapical e a presença/extensão de áreas de reabsorção radicular nas superfícies vestibular, palatina, mesial e distal em pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico;
 - *Avaliar a existência de relação entre densidade mineral dentária e presença de reabsorção radicular apical em pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico.
- Metodologia: Os pacientes serão submetidos ao exame de tomografia computadorizada de feixe cônico. Os indivíduos deverão ser posicionados no tomógrafo de modo que suas cabeças estejam posicionadas com o plano de Frankfort paralelo e o plano sagital mediano perpendicular ao solo, e orientados a estabelecer oclusão dentária com a mandíbula em posição de máxima intercuspidação.
- Revisão e referências sustentam o objetivo do estudo.
- Características da população a estudar: A amostra será constituída de 30 pacientes (15 do sexo masculino e 15 do sexo feminino), entre 15 e 25 anos de idade, em tratamento no Curso de Especialização em Ortodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora e que estejam em fase de finalização do tratamento ortodôntico. Todos os indivíduos da amostra deverão apresentar: presença de reabsorção radicular apical envolvendo pelo menos um terço do comprimento radicular, em um ou dois incisivos superiores, sendo que o dente correspondente ao lado oposto não pode apresentar reabsorção*; ausência de história de traumatismo nos incisivos superiores; ausência de distúrbios sistêmicos que envolvam o metabolismo do cálcio. Além disso, os pacientes deverão apresentar previamente ao tratamento (a ser verificado na documentação inicial do paciente exigida como protocolo para início de tratamento no Curso de Especialização em Ortodontia da FO-UFJF): ausência de reabsorção radicular; ausência de má oclusões assimétricas que levem à protocolos de tratamento cuja a aplicação de forças seja diferenciada nas hemi-arcadas superiores; simetria morfológica das raízes dos incisivos superiores.* - a presença da reabsorção radicular apical será diagnosticada através de radiografias periapicais realizadas semestralmente como controle durante o tratamento ortodôntico.
- Orçamento apresenta-se detalhado e subentende-se a responsabilidade do autor da pesquisa.
- Cronograma está de acordo e estima-se iniciar em janeiro de 2010 e terminar em dezembro de 2011.
- Identificação dos riscos e desconfortos possíveis e benefícios esperados estão devidamente expostos aos voluntários.
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE, está em linguagem adequada, clara para compreensão do sujeito, descrição suficiente dos procedimentos, explicitação de riscos e desconfortos esperados, ressarcimento de despesas, indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa, informa o sujeito da pesquisa sobre reações adversas, forma do sujeito fazer contatos com o pesquisador informando que está de acordo com a Res. 196/96 CNS.
- Qualificação do pesquisador está de acordo com a pesquisa
- Salientamos que o pesquisador deverá encaminhar a este comitê o relatório final da pesquisa.

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFJF, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 196/96, manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa proposto.

Situação: Projeto Aprovado
Juiz de Fora, 18 de dezembro de 2008


Profa. Dra. Iêda Maria Vargas Dias
Coordenadora – CEP/UFJF

RECEBI
DATA: ____/____/2008
ASS: _____