



Faculdade de Odontologia

LUCIANO GONÇALVES BURRINI

**MOVIMENTO DENTÁRIO INDUZIDO:
alterações e diagnóstico por meio de imagens digitais**

Belo Horizonte
2012

LUCIANO GONÇALVES BURRINI

**MOVIMENTO DENTÁRIO INDUZIDO:
alterações e diagnóstico por meio de imagens digitais**

Monografia apresentada ao curso de especialização em Radiologia e Imaginologia Odontológica da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção ao título de especialista.

Orientadora: Prof^ª. Mara Valadares de Abreu

Belo Horizonte
2012

B971m Burrini, Luciano Gonçalves
2012 Movimento dentário induzido : alterações e diagnóstico por meio de
MP imagens digitais / Luciano Gonçalves Burrini. 2012.
62 f.: il.
Orientadora: Mara Valadares de Abreu
Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais,
Faculdade de Odontologia.
1. Radiografia dentária digital - Tendências. 2. Reabsorção da raiz -
Radiografia. 3. Movimentação dentária. I. Abreu, Mara Valadares. II.
Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Odontologia. III.
Título.

BLACK D 431

Elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Odontologia da UFMG



Ata da Comissão Examinadora para julgamento da Monografia do aluno **LUCIANO GONÇALVES BURRINI**, do Curso de Especialização em Radiologia Odontológica e Imagemologia, realizado no período de 21/03/2011 a 30/08/2012.

Aos 28 de junho de 2012, às 10:00 horas, na sala 3412 da Faculdade de Odontologia, reuniu-se a Comissão Examinadora, composta pelos professores Mara Valadares de Abreu, Juliana Vilela e Tânia Mara Pimenta Amaral. Em sessão pública foram iniciados os trabalhos relativos à apresentação do trabalho final de conclusão do curso intitulado **“Radiologia digital: a aplicabilidade no diagnóstico de reabsorção radicular e de alterações da crista óssea alveolar no tratamento ortodôntico”**. Encerrada a exposição, foi iniciada a arguição e em seguida passou-se à apuração final. A nota obtida pelo aluno foi 300 (cem) pontos. A Comissão Examinadora decidiu pela sua Aprovação. Para constar, eu, Mara Valadares de Abreu, Presidente da Comissão, lavrei a presente ata que assino, juntamente com os demais membros da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 28 de junho de 2012.


Mara Valadares de Abreu
Orientadora


Juliana Vilela


Tânia Mara Pimenta Amaral

*Aos meus amigos, Jairo e Milta, meu eterno reconhecimento
pelo companheirismo, carinho e dedicação.*

*À minha orientadora Prof^a Mara Valadares que me fez ver a
radiologia com outros olhos, meu agradecimento especial.
Admiro muito você.*

*Aos companheiros de curso, em especial à Eloísa, pelo apoio e
estímulo na superação de todos os obstáculos.*

*E, acima de tudo a Deus, que me concede vitórias como esta,
junto com pessoas que me fazem evoluir como ser humano,
o meu maior agradecimento.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores, Dr. Evandro Abdo, Mara Valadares, Tânia Pimenta e Ricardo Mesquita pelo incentivo e pelo aprendizado: cada mestre deixou sua marca em minha vida. Agradeço aos colegas pelos momentos de crescimento mútuo que tivemos ao longo do curso, troca de experiências na vida acadêmica e principalmente na vida pessoal. E agradeço aos meus familiares por todo o apoio e incentivo prestado.

*Há um tempo em que é preciso
abandonar as roupas usadas,
que já têm a forma do nosso corpo,
e esquecer os nossos caminhos,
que nos levam sempre aos mesmos lugares.*

*É o tempo da travessia:
e, se não ousarmos fazê-la,
teremos ficado, para sempre,
à margem de nós mesmos.*

Fernando Pessoa

RESUMO

A realização deste trabalho teve como objetivo fazer uma revisão de literatura sobre a evolução da radiografia digital ao longo dos anos até os tempos atuais, comparando-a com a radiografia convencional no diagnóstico das reabsorções radiculares e das alterações de crista óssea alveolar no tratamento ortodôntico. Os artigos foram obtidos por meio dos sites de busca Google, Bireme e portal Capes. Foi relacionado o nível de reabsorção radicular com a forma radicular, forma apical, morfologia da crista óssea, idade, gênero, tempo de tratamento e imagem digital. A imagem digital surgiu na tentativa de diminuir o tempo de exposição à radiação pelo paciente e tem alcançado avanços desde então. Possui inúmeras vantagens comparadas ao método convencional, além da diminuição do tempo de exposição à radiação, bem como a possibilidade de serem manipuladas com diversas ferramentas, ser armazenadas, transmitidas via internet e ausência de processamento químico. Baseado nos estudos pode-se observar que o risco do paciente desenvolver reabsorção radicular moderada e severa ao final do tratamento ortodôntico deve ser identificado logo no início do tratamento, por meio de radiografias, e acompanhado até o final da mecanoterapia. A radiografia digital se compara à radiografia convencional em se tratando de qualidade de imagem e em alguns casos é considerada superior na capacidade de diagnóstico. O uso da matemática computacional aplicada à biologia melhora a análise das imagens digitalizadas tornando o diagnóstico mais preciso na detecção destas alterações.

Palavras-chave: Radiografia Digital. Reabsorção Radicular. Ortodontia.

ABSTRACT

This work's objective was to conduct a review over the literature on the digital radiography's evolution throughout the years until today comparing it to the regular radiography regarding radicular resorption's and alveolar bone crest's diagnosis in the orthodontic treatment. The articles were obtained through search on Google, Bireme and Capes portal and were read and selected by their content's consistency and importance according to the work's goals. The level of radicular resorption was related to the radicular shape, apical shape, bone crest morphology, age, gender, treatment duration and digital image. The digital image appeared as an attempt to reduce the patient's exposure time to radiation and is improving ever since. It possesses many advantages compared to the regular method besides less exposure time to radiation as well as the possibility to be manipulated with several tools, to be stored, transmitted via internet and also the absence of chemical processing. Based on the studies, it can be observed that the risk of a patient developing moderate or severe radicular resorption at the orthodontic treatment's end must be identified at the beginning of the treatment through radiography and followed until the end of the mechanotherapy. Digital radiography is compared to the conventional radiography as far as image quality is concerned and in some cases is considered superior in the diagnosis process. The use of computer mathematics applied to biology improves digital image analysis and provides a more precise diagnosis in the alteration's detection.

Key words: Digital Radiography. Radicular Resorption. Orthodontics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Esquema representativo da superfície cementária e dos cementoblastos.	17
Figura 2:	Esquema representativo do ambiente periodontal onde ocorrem os fenômenos biológicos da movimentação dentária induzida.....	18
Figura 3:	Classificação do grau de reabsorção, segundo Levander e Malmgren (1988).	26
Figura 4:	Forma geométrica das raízes dentárias.....	35
Figura 5:	Formas especiais de terço apical.	36
Figura 6:	Classificação da morfologia da crista óssea: retangular (RE); romboide (RO); triangular (TR).	37
Figura 7:	Classificação de acordo com a morfologia apical: a) forma de pipeta; b) dilacerada; c) pontuda; d) arredondada; e) retangular.....	39
Figura 8:	Sistema CCD e Sistema de Armazenamento de Fósforo (PSP).....	41
Figura 9:	Comparação entre radiografia panorâmica e radiografia periapical no diagnóstico de reabsorção.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bireme	Biblioteca Regional de Medicina
CCD	<i>Charge Coupled Device</i> [dispositivo acoplado de carga]
CEJ-AC	Junção cimento-esmalte e amelo-cementária
Kv	Kilovolt
Ma	Miliamperagem
PSP	<i>photostimulable phosphor plate</i> [placa óptica de armazenamento de fósforo]
RC	radiografia convencional
RDD	radiologia digital direta
RE	retangular
RO	romboide
RVG	RadioVisioGraphy
TR	triangular

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	JUSTIFICATIVA.....	13
3	OBJETIVOS.....	14
	3.1 OBJETIVO GERAL	14
	3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4	METODOLOGIA	15
5	REVISÃO DE LITERATURA	16
	5.1 A BIOLOGIA DA MOVIMENTAÇÃO DENTÁRIA.....	16
	5.1.1 Movimento dentário induzido	16
	5.1.2 Reabsorção radicular e alterações de crista óssea.....	21
	5.1.3 Imagens radiográficas	39
6	DISCUSSÃO.....	52
7	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

A ortodontia contemporânea tem por objetivo proporcionar normalidade à oclusão e melhora da estética dentária e facial. Visando como resultado ideal, alcançar a melhor função com estabilidade dos resultados além de apresentar tecidos periodontais saudáveis após o tratamento ortodôntico.

O movimento dentário induzido é um dos recursos mais utilizados na prática da ortodontia. Sendo assim, precisamos conhecer os princípios da biologia da movimentação dentária induzida e compreender as alterações clínicas e radiográficas frente à mecânica ortodôntica. Desta forma, o conhecimento da biologia que compreende o estudo dos fenômenos celulares, bioquímicos e moleculares ocorrido nas estruturas do ligamento periodontal, do osso alveolar e estrutura dentária são importantes para a manutenção da integridade de todas as partes envolvidas.

O osso renova e se altera a cada instante, mas os dentes não participam desse processo de remodelação, eles apenas alteram seu posicionamento quando recebem forças ortodônticas. Isto porque, o processo da reabsorção óssea requer ação dos osteoclastos, osteoblastos e de macrófagos, um conjunto denominado de “Unidade Osteoremodeladora”. Os osteoblastos, localizados na superfície das corticais e trabéculas ósseas, recebem as informações em forma de mediadores químicos indutores do processo e repassam para as demais células. Porém, na superfície do cemento encontram-se os cementoblastos, que constituem em células que não apresentam receptores, impossibilitando que as unidades de reabsorção promovam uma diminuição da raiz. Sendo assim, os cementoblastos têm o papel de “Guardiões da Integridade da Raiz Dentária” (CONSOLARO, 2005).

A reabsorção radicular ocorre quando os cementoblastos desaparecem da superfície devido à força aplicada sobre o dente promovendo uma compressão dos vasos do ligamento periodontal naquela região, assim os vasos entram em necrose ou migram desprotegendo a raiz do dente. Isso pode ocorrer após um trauma ou ainda por forças excessivas sobre os dentes. As morfologias do osso alveolar e da crista óssea podem influenciar na movimentação dentária induzida alterando o tempo de deslocamento e o índice de reabsorção dentária durante o tratamento ortodôntico. Isso porque o movimento dentário induzido inicialmente promove uma compressão dos tecidos e deslocamento lateral dos líquidos e da matriz extracelular, além de demonstrar uma deflexão óssea que favorece a dissipação das forças e conseqüentemente diminui o risco de reabsorção radicular.

Desde o advento das radiografias periapicais, as alterações do osso alveolar, a morfologia da crista óssea e as reabsorções radiculares externas apicais subseqüentes às forças ortodônticas, têm sido tópicos de muitas pesquisas e investigações clínicas. Segundo Consolaro(2005) a etiologia da reabsorção é multifatorial e resulta de uma interação entre variações morfológicas individuais e efeitos das forças mecânicas aplicadas.

As radiografias são importantes exames complementares por permitirem a visualização das estruturas ósseas e dentárias bem como suas alterações. Contudo, são exames de difícil interpretação exigindo imagens de boa qualidade e treinamento do observador. Por muito tempo, os filmes radiográficos convencionais foram o receptor de imagens, até que surgiram os sistemas digitais de imagem radiográfica, que vem aprimorando o diagnóstico devido a inúmeras possibilidades de manipulação dessas imagens.

A radiografia representa o método de diagnóstico mais comumente utilizado para detectar a presença de reabsorções radiculares externas apicais (Consolaro, 2008). Com este propósito, a imagem radiográfica deve reproduzir com fidelidade a forma e tamanho do dente radiografado. Torna-se necessário, então, que a radiografia apresente máxima nitidez, grau de densidade e contraste médio com riqueza de detalhes.

Desta forma, durante o diagnóstico radiográfico devemos avaliar todos os fatores que podem provocar as alterações na estrutura óssea e promover as reabsorções dentárias. Sendo assim, esse trabalho objetiva esclarecer aspectos importantes na aplicabilidade da imagem digital na detecção de alterações da crista óssea alveolar e no diagnóstico de reabsorção radicular, buscando correlacioná-las com a morfologia radicular e das cristas ósseas em pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico.

2 JUSTIFICATIVA

Visto que a aplicação de forças ortodônticas sobre o dente produz reações indesejáveis na estrutura radicular e no periodonto de sustentação, onde a regeneração não ocorre, o conhecimento, por parte do ortodontista, de fatores que levam a este dano tecidual é indispensável para o sucesso do tratamento ortodôntico. Assim é importante a detecção destas alterações por meio de imagens radiográficas digitais, devido à sua larga utilização no mercado, e por permitir a manipulação da imagem facilitando o diagnóstico.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

A partir das informações observadas e dos questionamentos relativos à reabsorção radicular e alterações da crista óssea alveolar na prática clínica, a proposição do presente estudo consiste em avaliar dados da literatura relacionados à imagem radiográfica digital e as alterações nas estruturas ósseas e dentárias em pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar, por meio de revisão de literatura, os aspectos gerais da reabsorção radicular e das alterações da crista óssea alveolar inerente ao tratamento ortodôntico.

Avaliar, por meio de revisão de literatura, a aplicabilidade da radiologia digital na detecção de alterações da crista óssea alveolar e no diagnóstico de reabsorções radiculares durante o tratamento ortodôntico.

4 METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma revisão de literatura sobre as reabsorções radiculares e alterações de crista óssea alveolar no tratamento ortodôntico e radiologia digital, enfocando seu início e seu estado atual e fazendo uma comparação entre a imagem radiográfica convencional e a imagem radiográfica digital na detecção destas alterações. Foram utilizadas as bases de dados do site da Biblioteca Regional de Medicina (Bireme), o site de busca Google, o portal da Capes, artigos da Revista Clínica Dental Press, CD-Rom de Iatrogenias Irreversíveis da Profis da Universidade de São Paulo, livros, monografias e teses disponíveis na biblioteca da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais. Os termos de busca foram: “reabsorção radicular”, “alterações de crista óssea alveolar”, “tratamento ortodôntico” e “radiologia digital”. Os idiomas utilizados foram português e inglês. Assim, totalizaram 55 periódicos, do período de 1967 a 2011.

5 REVISÃO DE LITERATURA

5.1 A BIOLOGIA DA MOVIMENTAÇÃO DENTÁRIA

5.1.1 Movimento dentário induzido

O conhecimento do processo biológico que ocorre durante o movimento dentário induzido é extremamente importante na prática clínica da ortodontia. Dados recentes denotam que a ortodontia se preocupava quase que exclusivamente, com crianças, adolescentes e adultos jovens, completamente normais nos seus estados físicos, sistêmicos e locais. O avanço dos estudos sobre o movimento dentário induzido faz com que cada vez mais, pacientes com idade avançada necessitem da ortodontia para seu conforto estético e funcional. A movimentação dentária em pacientes com idade mais avançada, mesmo que caracterizada por pequenos movimentos, apresenta-se biologicamente diferente, pois os tecidos periodontais e dentários podem ter sido submetidos a traumas, doença periodontal e perda de suporte ósseo alveolar.

Segundo Consolaro (2005) para entender a movimentação dentária induzida temos que compreender o que é resistência celular, estímulo, adaptação e agressão tecidual. Quando algum agente físico, químico ou biológico atua sobre as células, elas resistem devido a sua estrutura e pela produção de substâncias que inibem ou anulam tal ação. Essa reação frente a um agente agressor leva a uma quebra da homeostasia e aumento da função celular, caracterizando estresse celular. As causas mais comuns que estressam as células são: a redução do seu oxigênio (hipóxia), a superestimulação funcional e a deformação de sua estrutura.

Após a aplicação de uma força ortodôntica ocorre uma compressão do ligamento periodontal promovendo o estresse celular associado à hipoxia. Nestas áreas, as células tendem à fuga, migram para as regiões vizinhas, deixando um espaço acelular e ocupado por uma matriz extracelular colagênica alterada. Em consequência do estresse mecânico e funcional no ligamento periodontal, haverá aumento da permeabilidade vascular, com formação de exsudato e infiltrado inflamatórios com acúmulo de mediadores como: citocinas, fatores de crescimento e produtos do ácido araquidônico, em especial, as prostaglandinas e leucotrienes (FIG. 1).

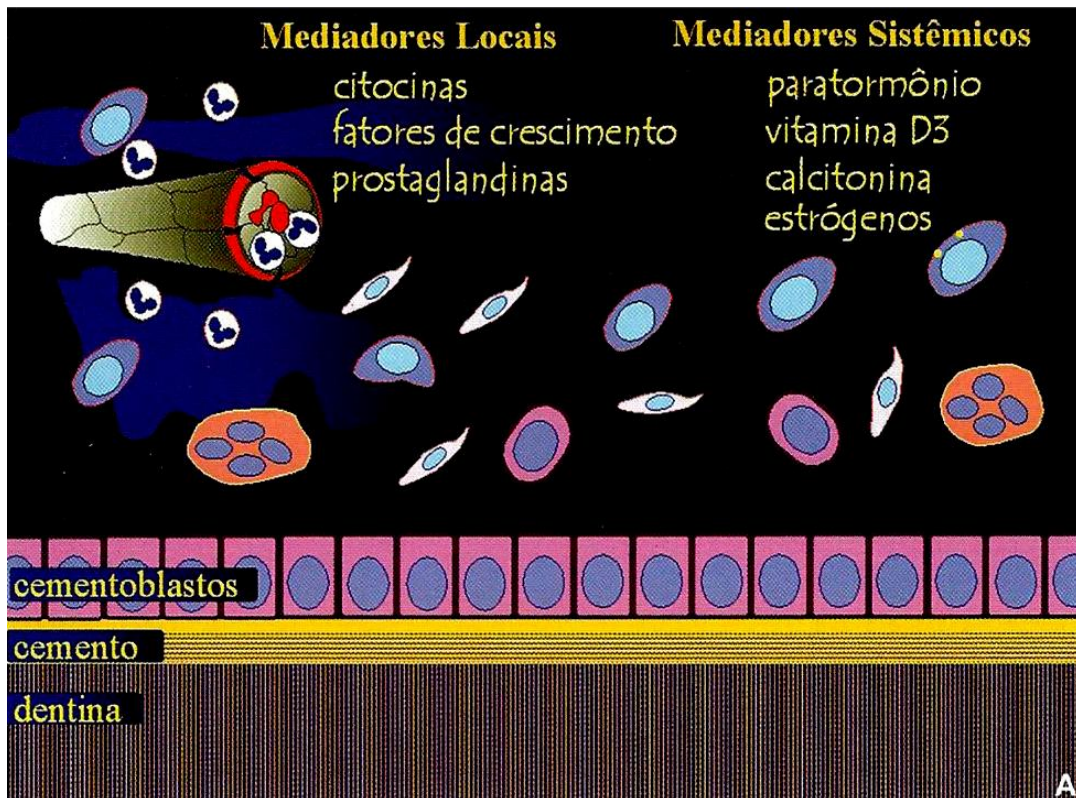


Figura 1: Esquema representativo da superfície cementária e dos cementoblastos.
 Fonte: Consolaro (2005, p. 72).

Desta forma, estimula-se à reabsorção alveolar comandada pelos osteoblastos remodelando a anatomia alveolar e alterando a posição do dente. Na movimentação dentária induzida (FIG. 2), os cementoblastos podem ser lesados em alguma região da raiz, quando a força aplicada sobre o dente apresenta grande magnitude. Estes mediadores são responsáveis pela comunicação entre células, as quais possuem em sua membrana receptora de superfície específica que são os “ouvidos bioquímicos”. Os mediadores liberados pela e para as células são essenciais para a atividade celular. Suas células circulam por entre as células nos tecidos e nos líquidos corporais. As mensagens bioquímicas representadas pelos mediadores chegam e são transmitidas às células interagindo suas moléculas com os receptores de superfície na membrana celular. As células executam suas funções a partir de estímulos ou mensagens enviadas por mediadores e percebidas pelos receptores. Se há uma reabsorção óssea ou dentária, esse fenômeno não foi espontâneo, mas sim induzido. Pode-se dizer que, no movimento dentário induzido, as forças aplicadas sobre o dente comprimem vasos do ligamento periodontal e geram hipóxia, deformam as células tirando-as de sua estabilidade física e funcional. Isso causa um estresse funcional e metabólico nas células constituintes do ligamento periodontal-fibroblastos, osteoblastos, cementoblastos e clastos associando-se ao estresse mecânico por compressão celular direta. A compressão das fibras colágenas e a

modificação ambiental da área promovem alterações bioquímicas no colágeno, levando-o a adquirir aspecto fosco, tipo vidro despolido, também denominado hialino. A quantidade de hialinização depende do grau de hipóxia: portanto, depende da intensidade da força. As áreas hialinas correspondem a locais acelulares, de acúmulo protéico, pois altos níveis de hipóxia modificam bioquimicamente o colágeno, além de induzirem a degeneração e necrose das células, ou seja, quanto mais áreas hialinas, mais atraso na movimentação dentária acontece. Desta forma, a superfície radicular, desprotegida pela ausência dos cementoblastos (“Guardiões da integridade radicular”), pode ser ocupada por osteoblastos advindos do osso vizinho e esses com seus “ouvidos bioquímicos” atuam nas unidades osteorremodeladoras, iniciando à reabsorção radicular associada ao movimento ortodôntico (CONSOLARO, 2005).

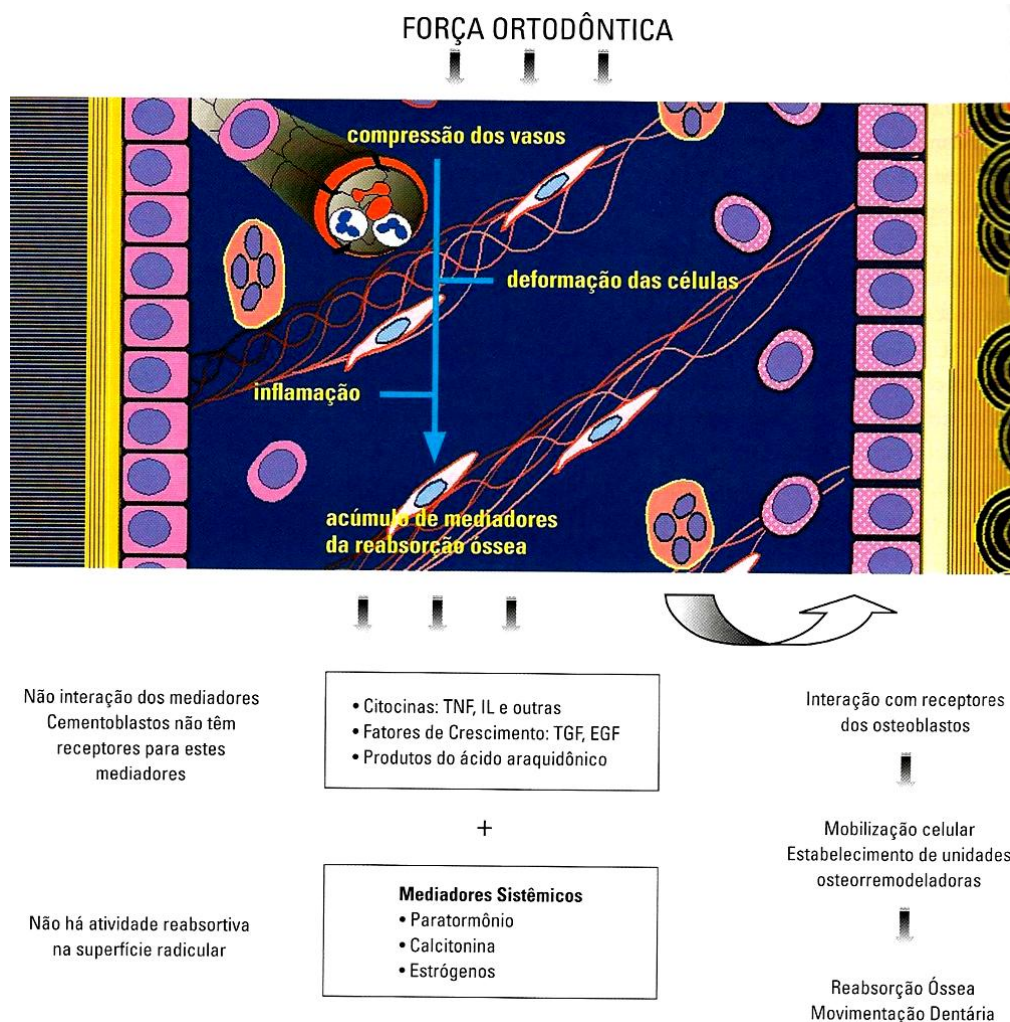


Figura 2: Esquema representativo do ambiente periodontal onde ocorrem os fenômenos biológicos da movimentação dentária induzida.

Fonte: Consolaro (2005, p. 478).

O primeiro estudioso a sugerir na literatura a possibilidade de mudar a posição do dente dentro do tecido ósseo foi Aurélio Celsus quando no Século I descreveu a pressão dos dedos para promover o alinhamento do incisivo superior de um menino. Entretanto, a primeira citação científica sobre movimentação dentária induzida pela mecânica ortodôntica foi relatada no livro de Pierre Fauchard (1728), considerado o pai da odontologia moderna, em que expôs o primeiro dispositivo mecânico para transmissão de força aos dentes.

Shawalbe e Flouren (1841) apresentaram a Teoria da Pressão-Tração no ligamento periodontal, até hoje aceita como explicação para movimentação ortodôntica, em que nas áreas de pressão ocorre a reabsorção óssea do osso alveolar por osteoclastos. E nas áreas de tração ocorre neoformação óssea pelos osteoblastos.

Durante o movimento dentário induzido ocorrem remodelações em todos os constituintes do periodonto. Nas áreas de pressão haverá um aumento de osteoclastos, o que desencadeará grandes reabsorções ósseas, abrindo espaço para a raiz movimentar-se através do osso alveolar. Nas áreas de tração, haverá estímulo da osteogênese com aceleração do processo de formação óssea pelos osteoblastos. Estas células são responsáveis pela síntese da matriz óssea, na qual o colágeno representa 90% dos constituintes orgânicos deste processo. Durante todo o tempo da movimentação ortodôntica a remodelação óssea estará acelerada e se fará por processos simultâneos de destruição e neoformação óssea da matriz.

A remodelação das fibras colágenas do ligamento periodontal é de fundamental importância para possibilitar a movimentação dentária e garantir a longevidade do dente com alguma estabilidade após a mecanoterapia. Os fibroblastos desempenham papel importante nesta remodelação, já que têm capacidade para sintetizar e degradar o colágeno no ligamento periodontal. Os macrófagos tanto nas áreas de hialinização como nas áreas de tração e de reabsorção óssea frontal desempenham função reguladora sobre os fibroblastos na remodelação, durante a movimentação dentária induzida como também remove as células danificadas pela compressão excessiva em áreas hialinizadas.

O primeiro a estudar a histologia da movimentação dentária foi Carl Sandstedt (1904), que comprovou a teoria da pressão-tração do ligamento periodontal, posteriormente confirmada por Oppenheim (1911) e Schwarz (1932). Observou que na região do centro de rotação o nível de stress é zero. O stress aumenta à medida que se afasta do centro de rotação. Comprovaram também que as respostas histológicas são diferentes para as diversas magnitudes de forças. Diante de forças leves ocorre **reabsorção óssea frontal ou direta**, com presença de osteoclastos ao longo da superfície comprimida. Com forças intensas à medida que se afasta do centro de rotação ocorre necrose do ligamento periodontal e a **reabsorção**

óssea a distância sem presença de osteoclastos. A ortodontia deve procurar induzir a movimentação dentária com reabsorção óssea direta sem causar necrose do ligamento periodontal.

A primeira análise microscópica da movimentação ortodôntica em seres humanos foi publicada por Herzberg (1932) confirmando a teoria da pressão-tração do ligamento periodontal com reabsorção óssea nas áreas de pressão e neoformação óssea nas áreas de tração.

Schwarz (1932) concluiu que força ótima para movimentação ortodôntica deveria aproximar da pressão capilar sanguínea de 20 a 26 g/cm² de superfície radicular, sendo condizente com a vitalidade do ligamento periodontal, e, portanto com reabsorção óssea direta. Quando a força é menor que a pressão capilar, o fluxo sanguíneo não é alterado, portanto não ocorre movimentação ortodôntica. Quando a força é maior que a pressão capilar ocorre interrupção do fluxo sanguíneo tornando a superfície dentária propensa a reabsorção e necrose do ligamento periodontal. Ele classificou os efeitos das forças ortodônticas em 4 graus de acordo com sua magnitude:

- **1º Grau:** força extremamente suave e não exercendo influência nos tecidos periodontais.
- **2º Grau:** força menor que a pressão capilar sanguínea, porém provoca reabsorção direta nas áreas de pressão. Depois de cessada a força o periodonto retorna às condições normais sem danos à raiz dentária.
- **3º Grau:** força maior que a pressão capilar sanguínea, sem isquemia na área de pressão associada a um estrangulamento dos tecidos com o desenvolvimento de áreas de necrose e pequenas reabsorções radiculares. Depois de cessado o stress, o periodonto, os tecidos ósseos e dentários são reparados.
- **4º Grau:** força muito intensa e o processo de reabsorção óssea ocorrendo nas áreas adjacentes e nos espaços medulares à distância das áreas de pressão. Além das consequências anteriores acrescidas de morte do tecido pulpar e anquilose acompanhada de reabsorções dentárias extensas.

O objetivo de todos os tipos de tratamento ortodôntico é completar os movimentos dentários necessários dentro de um período de tempo razoavelmente curto, 24 a 30 meses. Sendo assim, Reitan (1967) e Consolaro (2007) descobriram que os fatores determinantes da movimentação estão relacionados com os princípios da biologia da movimentação bem como idade do paciente, mudanças de crescimento e variações anatômicas individuais. Se um

movimento rápido do dente tiver que ser realizado, as zonas hialinizadas devem ser evitadas ou mantidas as menores possível. O movimento dentário durante o período inicial compreende vários estágios: 1) Compressão gradual do ligamento periodontal que pode durar por cerca de quatro a sete dias; 2) o período de hialinização, que pode durar de quatro ou cinco dias e até dois meses ou mais em indivíduos que exibem alta densidade óssea; 3) o período secundário durante o qual há principalmente reabsorção óssea direta de forma que o dente continuará a se mover. Com relação aos tipos de movimento, a inclinação de um dente por forças leves contínuas irá resultar em um movimento dentário maior em um período de tempo menor, porém é principalmente a porção coronal que é movida. A inclinação excessiva dos dentes em adultos pode resultar em destruição da crista óssea e reabsorção radicular apical. Nos movimentos de intrusão pode haver uma tendência à reabsorção radicular apical que pode ser controlado por exame radiográfico e procedimento técnico cuidadosamente planejado.

5.1.2 Reabsorção radicular e alterações de crista óssea

A ortodontia caracteriza-se por movimentar o dente dentro do tecido ósseo utilizando de forças que levam o dente e seu periodonto na direção da oclusão normal, com isso, causa impacto estético e funcional independente da idade e do estágio de desenvolvimento da oclusão. O êxito do tratamento ortodôntico depende também do comportamento das estruturas periodontais. Devemos considerar a morfologia radicular e da crista óssea alveolar no planejamento ortodôntico, criando uma conduta preventiva com as reabsorções radiculares.

A reabsorção radicular externa nos dentes permanentes constitui uma perda não programada, imprevisível e irreversível da estrutura mineral da raiz. O único recurso eficiente disponível na clínica para o diagnóstico preciso da reabsorção radicular e de alterações da crista óssea alveolar é o exame radiográfico periapical. Sendo assim, Keitchan (1927) publicou dois trabalhos que sugeriram que o tratamento ortodôntico causava reabsorção radicular. No primeiro trabalho realizou um estudo com radiografias periapicais de 224 pacientes que realizaram tratamento ortodôntico e concluiu que 22% dos pacientes apresentaram algum grau de reabsorção radicular durante a mecanoterapia. No segundo trabalho, avaliou radiograficamente 385 pacientes e concluiu que 21% apresentavam reabsorção radicular nos dentes anteriores, salientando a susceptibilidade individual como causa principal da reabsorção radicular além do estímulo mecânico. Foi o primeiro a comprovar radiograficamente a reabsorção radicular causado pelo movimento ortodôntico.

Em um estudo radiográfico realizado em seres humanos, Rudolph (1936) verificou a frequência de reabsorção radicular em pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico, comparando-os a um grupo controle não tratado. Observou que os incisivos superiores foram os dentes mais susceptíveis, sendo a maior incidência para o gênero feminino. O autor ressaltou que as vantagens do tratamento ortodôntico superam as sequelas da reabsorção radicular. Em 1940, o autor, publicou outro trabalho abordando a reabsorção radicular em que relacionou idade e magnitude da reabsorção radicular durante a terapia ortodôntica, por meio de um estudo radiográfico. Observou que a porcentagem de ocorrência de reabsorção aumentou com a idade e com a duração do tratamento. Concluiu que o tratamento é menos danoso à estrutura radicular quando se inicia precocemente, pois quanto mais jovem fosse o paciente, mais prolongado poderia ser o tratamento sem perda permanente do ápice radicular. Os mesmos achados podem ser observados nos trabalhos de Massler e Malone (1954) e Morse (1971).

Hemley (1941) realizou um estudo comparativo, por meio de radiografias periapicais pré e pós- tratamento, de 195 casos realizados por um tempo médio de dois anos e oito meses. A análise radiográfica mostrou que 42 pacientes (21,5%) apresentavam algum dente com reabsorção radicular, e quando considerados os dentes, apenas 3,5% (172 dentes) mostravam sinais de reabsorção. Classificou a reabsorção radicular em 4 graus distintos: 1) suave: compreendia apenas um leve arredondamento do ápice radicular (68,6%); 2) moderado; havia uma perda do ápice radicular (26,7%); 3) médio: a extensão da reabsorção atingia 1/3 de raiz (2,7%); 4) acentuado: a reabsorção ultrapassava 1/3 da raiz, na qual não foi detectado. Os dentes mais susceptíveis foram os incisivos, primeiros pré-molares, primeiros molares, caninos, segundos pré-molares e segundo molares. Os dentes superiores apresentaram maior reabsorção comparados com os inferiores e não foi observada diferença entre gêneros na amostra avaliada.

Massler e Malone (1954) após avaliação radiográfica de 708 pacientes entre 12 e 49 anos que não haviam sido tratados ortodonticamente, verificaram que todos apresentavam algum grau de reabsorção radicular em um ou mais dentes. Dos 13.263 dentes examinados em radiografias periapicais, 86,4% apresentavam reabsorção evidente (mais de 1 mm), 12% tinham reabsorções questionáveis, e apenas 1,6% não apresentavam reabsorções. A média foi de 16 dentes comprometidos por pessoa, levando a crer que era normal a ocorrência de pequenas reabsorções em dentes permanentes, mesmo sem tratamento ortodôntico. No grupo com tratamento ortodôntico, 81 pacientes, entre 12 e 19 anos, tiveram suas radiografias igualmente examinadas, com aumento de três vezes, o que também revelou que todos os

dentes apresentavam algum grau de reabsorção radicular. Constataram que 93,3% dos 2085 dentes analisados apresentavam reabsorção radicular evidente (1 mm ou mais), enquanto apenas 6,7% apresentavam reabsorção questionável. Ocorreu um aumento considerável na prevalência e severidade da reabsorção radicular, pois após os procedimentos ortodônticos, foram registrados 31,4% de reabsorções moderadas (2 mm), 10,8% de severas (3 mm) e 3,4% de muito severas (4 mm). Os dentes mais atingidos foram os incisivos, tanto superior quanto inferior, primeiro molar superior, primeiro e segundo pré-molares e caninos. A análise radiográfica no pré-tratamento ortodôntico revelou não ser possível detectar qualquer dado que permitisse diagnosticar reabsorções futuras, porém, as análises estatísticas mostraram correlação entre reabsorções existentes no pré- tratamento e as encontradas no pós-tratamento.

DeShieds (1969) por considerar desconcertante para o profissional constatar a reabsorção radicular no pós-tratamento ortodôntico e com intuito de avaliar a frequência e severidade da reabsorção radicular em relação à mecânica ortodôntica, avaliou radiograficamente 52 pacientes com idade média de 12, três anos, tratados em média por 21, 57 meses. Esse grupo foi comparado a um grupo controle, composto de 25 meninos e 25 meninas sem tratamento ortodôntico, entre 11 e 16 anos, com telerradiografias obtidas anualmente e analisadas da mesma forma que o grupo tratado, o que possibilitou avaliar as mudanças decorrentes do crescimento e da erupção dentária. As análises das radiografias periapicais dos incisivos superiores mostraram, em relação à reabsorção, que essa ocorreu em 99,08% dos casos avaliados, com no mínimo um incisivo de reabsorção evidente. Dos 208 incisivos superiores examinados, 82,69% mostravam reabsorções evidentes. Em relação à simetria, 84,62% dos incisivos centrais do lado direito apresentavam reabsorção radicular apical contra 80,77% dos incisivos centrais do lado esquerdo. As diferenças em relação à reabsorção dos incisivos centrais ou laterais, lado direito ou esquerdo, não foram estatisticamente significantes.

Além da reabsorção radicular, observa-se também, durante o tratamento ortodôntico, uma alteração de crista óssea. Com o intuito de comparar a condição periodontal em indivíduos tratados e não tratados ortodonticamente, Zachrisson e Alnaes (1974), estudaram as alterações das estruturas ósseas de suporte e o comprimento dentário. O grupo tratado era composto de 51 casos de extrações de quatro primeiros pré-molares que foram reexaminados dois anos após a remoção dos aparelhos fixos. Os pacientes não tratado, grupo controle, era composto de 54 casos com características semelhantes. As medições do nível da crista alveolar foram baseadas na distância da junção cimento-esmalte e junção amelocementária. Foram realizadas tomadas radiográficas *bite-wing* posteriores padronizadas usando o aparelho

Twix (50 Kv e 7 Ma) com tempo de exposição fixo. Radiograficamente, os pacientes ortodônticos mostraram perda de osso alveolar, enquanto os casos não tratados não apresentaram. À distância CEJ-AC média foi de 1,11 mm no grupo tratado e 0,88 mm no grupo não tratado. A maior perda de osso alveolar foi observada nos espaços fechados de extração, particularmente no lado de pressão dos caninos retraídos. O padrão de distribuição demonstrou considerável variação individual, e uma pequena porção dos pacientes mostrou perda de osso alveolar mais definida do que outros.

Para avaliar a reabsorção radicular consequente à terapia ortodôntica, Cansanção e Martins (1981), analisaram radiografias periapicais iniciais e finais de 60 pacientes. As radiografias iniciais foram usadas para comparar o tamanho das raízes, observar o estágio de rizogênese e evidenciar a existência de reabsorção prévia. Nas radiografias finais, foram analisados os graus de reabsorção. Instituiu-se um padrão de avaliação das reabsorções, classificadas em 4 graus: 1) **Grau 0**: sem reabsorção radicular; 2) **Grau 1**: reabsorção suave, com arredondamento apical e com formato rômboico; 3) **Grau 2**: reabsorção moderada, com uma pequena perda radicular e o ápice quase retilíneo e 4) **Grau 3**: reabsorção severa, com grande perda radicular atingindo 2/3 do seu comprimento. Verificaram que a reabsorção ocorreu em todos os pacientes da amostra; a suscetibilidade individual pode atuar como coadjuvante na gravidade da reabsorção. Os incisivos superiores foram os dentes mais reabsorvidos; a reabsorção manifestou-se em ambos os gêneros; a idade não constituiu um fator agravante das reabsorções e o tempo de tratamento interferiu na gravidade das reabsorções radiculares.

Um dos objetivos da extração seriada de dentes temporários selecionados e da subsequente remoção do primeiro ou segundo pré-molares é permitir um deslocamento distal dos caninos permanentes nos locais de extração, assim prevenindo erupção ectópica dos caninos dentro de uma área de osso e suporte de tecido reduzido. Portanto, para determinar o efeito da extração e do tratamento ortodôntico no suporte dento-alveolar, Kennedy *et al.* (1983) analisaram radiografias periapicais de três grupos assim identificados: um com apinhamento severo em toda a dentição permanente, cujo tratamento constituiu em extração e terapia de aparelho fixo; um tratado com extração seriada e terapia ortodôntica e o terceiro grupo tratado apenas com extração seriada. Foram feitas medições do comprimento dentário e da altura do osso alveolar a partir de radiografias, obtidas pela técnica do paralelismo. A comparação entre os grupos revelou comprimentos dentários radiográficos médios reduzidos dos incisivos e molares mandibulares nos grupos tratados com aparelho fixo. A incidência de reabsorção radicular foi semelhante em ambos os grupos tratados. Observaram perda de osso

alveolar nos pacientes tratados ortodonticamente com extrações, mas não no grupo tratado apenas com extração seriada. A maior redução no suporte dento-alveolar ocorreu em decorrência de reabsorção radicular, com exceção dos locais de extração onde a maior redução ocorreu em grande parte como resultado de perda óssea.

Linge e Linge (1983) estudaram radiograficamente 719 pacientes, dos quais 437 eram do sexo feminino e 282 do sexo masculino, com idade média de 12,8 meses ao início do tratamento, o qual o tempo de tratamento foi em média 11 meses. A análise das radiografias periapicais pré e pós-tratamento dos incisivos centrais superiores, permitiu uma análise de 2.451 incisivos. O resultado da análise radiográfica mostrou que não houve relação entre reabsorção radicular e dimorfismo sexual. Os autores concluíram que a grande variação na reabsorção em dentes do mesmo indivíduo deixa dúvidas no papel da dieta e condições hormonais como causa da reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico. Entretanto, torna-se importante conhecer a perda óssea em indivíduos sem tratamento ortodôntico para se utilizar como controle e assim determinar a perda óssea ocorrida apenas com o amadurecimento. Para fazer esta avaliação, Albandar *et al.* (1986) estudaram, durante dois anos, perda óssea ocorrida em adultos sem tratamento ortodôntico. Os resultados demonstraram que pessoas com idade entre 33 e 45 anos apresentam média de 0,2 mm de perda óssea por ano e concluíram que, em adultos, a perda óssea aumenta com a idade, independente de ter ocorrido tratamento ortodôntico ou não.

Anos mais tarde, Levander e Malmgren (1988) classificaram as reabsorções apicais associadas à movimentação dentária induzida em quatro graus de magnitudes (FIG. 3), a saber:

- Grau 1 – REABSORÇÃO MÍNIMA - Contorno apical irregular.
- Grau 2 – REABSORÇÃO MODERADA - Reabsorção apical com menos de 2 mm de redução do comprimento radicular.
- Grau 3 – REABSORÇÃO SEVERA - Reabsorção apical com mais de 2 mm a um terço de redução do comprimento da raiz.
- Grau 4 – REABSORÇÃO EXTREMA - Reabsorção apical com redução maior que um terço do comprimento da raiz original.

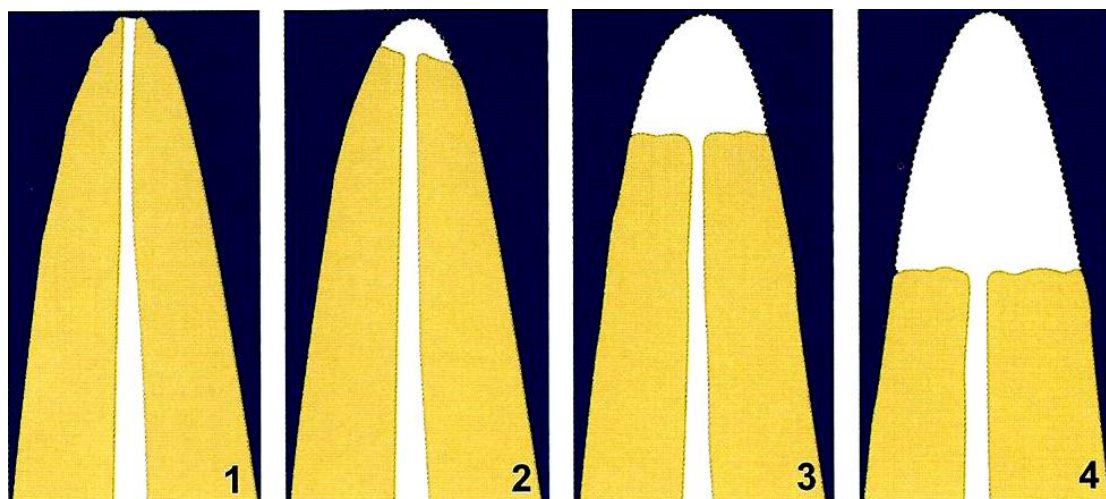


Figura 3: Classificação do grau de reabsorção, segundo Levander e Malmgren (1988).
 Fonte: Consolaro (2005, p. 372).

Levander e Malmgren (1988) afirmaram que a morfologia dental anômala pode ser um indicador de predisposição a reabsorção radicular. Os autores verificaram a possibilidade de estimar o risco de reabsorção severa ao final do tratamento com análise radiográfica após seis e nove meses de tratamento. Avaliaram radiografias periapicais padronizadas de 55 pacientes do gênero masculino e 43 do gênero feminino. O grupo apresentava idade média de 15 anos. Ao todo foram analisados 610 dentes, dos quais 387 apresentavam forma radicular normal, 56 foram classificados como raízes curtas, 74 rombas, 79 com ápice curvo e 14 em forma de pipeta. Após avaliação envolvendo os 610 dentes, os autores constataram que entre seis e nove meses de tratamento 66% dos incisivos analisados (256 dentes) não apresentavam reabsorção radicular (grau 0) ou apenas mostravam um contorno apical irregular (grau 1). A reabsorção severa (grau 3) acometeu 1% dos dentes. Ao final do tratamento, apenas 34% (131 dentes) estavam no grupo 1, ocorrendo reabsorção de até 2 mm (grau 2) em 48% (188 dentes), severa (grau 3 = reabsorção entre 2 mm e um terço do comprimento original da raiz) em 17% (66 dentes) e extrema (índice 4 = reabsorção maior que um terço do comprimento original) em 1% (cinco dentes). Também encontraram que a reabsorção radicular, em dentes com raiz em forma de pipeta é significativamente maior que em dentes com formato radicular normal. Dos dentes com contorno irregular, no controle de seis a nove meses de tratamento, 12% evoluíram para reabsorções severas ao final do tratamento. Das reabsorções pequenas, 38% evoluíram para severas e 0,77% para extremas. Dos dentes que apresentavam reabsorção severa 80% evoluíram para extremas. Desta maneira, os mesmos autores estimaram o risco de desenvolvimento deste tipo de lesão no final do tratamento ortodôntico, baseado no grau de reabsorção radicular externa apresentada no exame radiográfico de controle com seis meses

de tratamento. Quando o paciente não apresentou reabsorção radicular na fase inicial do tratamento ortodôntico, o risco foi mínimo de desenvolver esta lesão em grau severo no final desta terapêutica. Já o paciente com contorno irregular da raiz, o risco foi pequeno; os com reabsorção externa apical pequena, o risco foi moderado; e, por fim, os com esta lesão em graus severos, o risco foi alto. A análise dos resultados em relação ao formato radicular permitiu concluir que raízes em forma de pipeta possuíam alto risco a reabsorções severas, raízes rombas possuíam risco moderado e raízes curvas ou curtas não possuíam predisposição a reabsorção.

Baumann e Tavares (1988) realizaram um estudo radiográfico, em pacientes iniciando o tratamento ortodôntico para observar a frequência com que ocorrem as reabsorções radiculares em consequência dessa terapia e ainda as seguintes características: grau de reabsorção (que define a severidade da lesão), tipo de reabsorção (arredondada, oblíqua ou horizontal), contorno da raiz reabsorvida (liso ou irregular) e manutenção ou não do espaço peridentário e da cortical alveolar. A amostra consistiu de 45 pacientes de clínicas ortodônticas particulares de Florianópolis, dos quais foram efetuados levantamentos periapicais, os pacientes apresentavam idade média de 13, sete anos e tempo médio de tratamento de 34,5 meses. Verificaram que 84,44% dos pacientes apresentavam algum grau de encurtamento radicular, e considerando os 1.133 dentes analisados, 223 foram atingidos, ocorrendo 5,87 dentes comprometidos por paciente. Não houve diferença significativa entre os dentes superiores e inferiores, ocorrendo maior comprometimento do incisivo lateral, seguido do incisivo central, canino, pré-molar e molar. Os resultados mostraram que das 223 reabsorções, 165 dentes apresentavam grau 1 (pequena modificação no contorno radicular), 47 apresentavam grau 2 (envolvimento de parte do terço apical), nove apresentavam grau 3 (envolvimento de todo terço apical) e dois apresentavam grau 4 (reabsorções atingindo o terço médio da raiz). Ainda considerando os dentes comprometidos, 94 apresentavam arredondamento apical, 40 foram reabsorvidos de forma horizontal e 89 obliquamente. O contorno apical predominante foi o liso em 211 casos, contra 12 de contorno irregular. Os autores sugerem um perfil mais comum para reabsorção radicular ortodôntica: mais frequente nos dentes unirradiculares, de grau pouco intenso (geralmente uma alteração no contorno apical) de forma mais comumente arredondada ou oblíqua, contorno liso, mantendo o espaço peridentário e alvéolo corticalizado.

No ano de 1989, Remington *et al.* (1989) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a longo prazo o comportamento dos dentes que sofreram reabsorção radicular externa apical durante o tratamento ortodôntico com aparelho fixo. Um total de 100 pacientes que

apresentavam reabsorção radicular externa apical durante o tratamento foi chamado, num período médio de 14,1 anos após o tratamento. Nesse exame foi realizado um levantamento periapical e checado o nível de mobilidade dentária. As radiografias pré-tratamento, pós-tratamento e de avaliação de longo prazo foram examinadas e mudanças do comprimento e do contorno radicular avaliadas. Para cada estágio um número foi dado de uma escala de 0 a 4 dependendo do grau de reabsorção. Os incisivos superiores foram mais frequentemente afetados e numa maior intensidade, do que os demais dentes durante o tratamento ativo. As radiografias de acompanhamento em longo prazo, não mostraram nenhuma mudança aparente após a remoção do aparelho exceto o remodelamento dos ângulos vivos.

Com intuito de comparar perda óssea entre adolescentes e adultos tratados ortodonticamente, Harris e Baker (1990) estudaram a perda do comprimento radicular e da crista óssea alveolar antes e durante a mecanoterapia. As amostras dos pacientes adolescentes e adultos foram combinadas para os gêneros, a má oclusão e o tipo de tratamento. As mudanças no comprimento da raiz eram as mesmas para ambos os grupos, visto que a altura da crista óssea era mais significativa nos adultos. Os adultos tiveram raízes significativamente mais curtas e uma maior perda na altura da crista óssea quando comparados aos adolescentes. Conseqüentemente, o tratamento, por si mesmo, não coloca adultos em um risco maior e, sim, o diagnóstico e planejamento que merece avaliação cuidadosa.

Em quase todos os casos de tratamento ortodôntico corretivo, ocorre um encurtamento radicular iatrogênico e irreversível, variando apenas quanto a sua gravidade. Sendo assim, Silva Filho *et al.* (1993) avaliaram a reabsorção radicular, utilizando radiografias periapicais iniciais e pós-tratamento ortodôntico de 50 pacientes, sendo 30 do sexo feminino e 20 do sexo masculino, com idade média de 14 anos e dois meses e 14 anos e três meses respectivamente, com tempo médio de tratamento de dois anos e três meses. Constataram-se que em todos os casos houveram reabsorção radicular, porém num grau suave. Não houve diferença significativa entre os gêneros. Os dentes que apresentaram um grau mais evidente de reabsorção radicular foram os incisivos superiores, seguido pelos incisivos inferiores, primeiros molares, caninos e pré-molares. A perda de crista óssea alveolar, outra sequela do tratamento ortodôntico, somada à redução do comprimento radicular pode favorecer a recidiva pós-contenção. Aproximadamente 3 mm de perda de suporte apical correspondem a 1 mm de perda de crista óssea. Portanto, de um modo geral, quando a mecanoterapia é bem conduzida, a reabsorção radicular deixa de representar um risco à estabilidade e longevidade da oclusão. No entanto, o fato da magnitude das reabsorções serem imprevisível e depender de fatores múltiplos exigem dos profissionais

atitudes clínicas coerentes e preventivas, as quais devem utilizar uma mecanoterapia racional que respeite a biologia do periodonto e, finalmente, um controle radiográfico periapical durante o tratamento ortodôntico.

Segundo Brezniak *et al.* (1993a, 1993b), a reabsorção radicular apical representa um problema idiopático. A perda da estrutura radicular apical é imprevisível, sendo irreversível quando se estende até a dentina. O autor, afirma que as alterações na morfologia radicular aumentam a susceptibilidade pós-tratamento. Canais radiculares com convergência apical são considerados indícios de um alto potencial de reabsorção radicular. O grau de reabsorção radicular em dentes com raízes achatadas ou em foram de pipeta foi significativamente maior do que em dentes com morfologias radiculares normais. A raiz em forma de pipeta mostrou ser a morfologia radicular mais vulnerável a reabsorção radicular. Com relação à densidade do osso alveolar, quanto maior a densidade do osso alveolar, maior a quantidade de reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico. Em um osso alveolar menos denso, existem mais espaços medulares, o movimento dentário, como resultado da reabsorção óssea, é facilitado pela formação de células de reabsorção ativas, sendo que os números dessas aumentam de acordo com o número de espaços medulares. Uma reabsorção discreta ou um contorno irregular da raiz visto após seis a nove meses pressupõe um risco maior de reabsorções adicionais futuras. As radiografias são empregadas rotineiramente como meio de diagnóstico da reabsorção radicular, mas é difícil desenvolver uma técnica padronizada para a comparação dos mesmos dentes em épocas diferentes. O movimento dentário torna ainda mais difícil de avaliar a quantidade exata de perda radicular, principalmente quando os dentes recebem torque, ou são inclinados. Apesar das limitações, a técnica periapical do paralelismo é a técnica radiográfica que apresenta a relação risco-benefício mais favorável para a detecção e avaliação da reabsorção radicular apical.

Martins, Cansanção e Sanchez (1994) realizaram uma pesquisa radiográfica, cinco anos após a remoção dos aparelhos ortodônticos. Para avaliarem o comportamento das reabsorções radiculares consecutivas à terapia ortodôntica e verificarem o seu progresso ou não reabsorção após a remoção dos aparelhos, os autores analisaram a documentação radiográfica de 39 pacientes, pertencentes à disciplina de ortodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru, USP. As radiografias periapicais foram examinadas ao final do tratamento e após cinco anos de controle. As análises radiográficas foram realizadas por dois ortodontistas, que observaram individualmente e compararam os resultados. Dos 556 dentes examinados, 71,4% não foram observadas alterações, entretanto, em 28,41% observou-se um aumento dos escores de reabsorção, o qual pode ser explicado ainda como consequência do

processo de remodelação do ápice radicular. Os autores concluíram que a reabsorção radicular observada após o tratamento ortodôntico não compromete a estabilidade dos dentes, cessado com a remoção do aparelho na maioria dos dentes observados, e mesmo quando a reabsorção apresenta alguma progressão, não é contínua, pois ocorre apenas remodelação apical.

Proffit (1995) observou que a perda em altura da crista óssea alveolar quase não ocorre como uma complicação do tratamento ortodôntico. Quando os dentes erupcionam ou são movimentados, trazem consigo o osso alveolar. Quando o tratamento ortodôntico é realizado com forças moderadas e o movimento dentário a uma velocidade razoável, o dente, ao ser trazido para o arco dentário com a aplicação de uma força extrusiva, trará consigo o osso alveolar. Sendo assim, a altura final da crista óssea ao final da raiz será a mesma daquele presente no início do movimento. Se um dente é intruído, a altura da crista óssea alveolar tende a diminuir, com a mesma quantidade de osso ao redor da raiz que antes, mesmo que a intrusão seja a uma distância considerável. Se forças pesadas são utilizadas para extruir ou intruir um dente rapidamente, uma perda relativa de inserção poderá ocorrer, mas esse movimento não deliberadamente fisiológico é bastante traumático e danoso, podendo levar à anquilose e/ou reabsorção.

Lupi, Handelman e Sadowsky (1996) avaliaram através de radiografias periapicais a frequência da reabsorção radicular dos incisivos superiores e inferiores e a perda óssea alveolar em 88 adultos que se submeteram ao tratamento ortodôntico com aparelho fixo por um tempo médio de 20 meses, com idade média de 30 anos e nove meses. Os resultados, todos medidos por um único avaliador, encontraram uma diferença marcante na reabsorção radicular, passando de 15% no pré-tratamento para 73% no pós-tratamento, sendo que o grau de reabsorção também aumentou. No pré-tratamento, apenas 1% apresentava grau 2 (reabsorção radicular moderada) e no pós-tratamento, 25%. O grau 3 (reabsorção severa) foi encontrado em 0,15% no pré-tratamento e no pós-tratamento em 2%. Não houve diferença entre os incisivos superiores e inferiores. Concluíram que há um aumento na prevalência da reabsorção radicular e perda óssea alveolar durante o tratamento ortodôntico. Sendo essa perda maior que a apresentada por estudos em pacientes adolescentes e que o ortodontista deve analisar a relação risco-benefício para todos os pacientes, considerando idade, má oclusão e saúde periodontal, e a cautela deve ser exercida durante o tratamento ortodôntico.

Silva Filho, Meirelles e Ferrari Júnior (1997) classificaram as reabsorções radiculares da seguinte forma:

- **Patogenicidade:** Fisiológica/Patológica - a reabsorção radicular é fisiológica nos dentes decíduos levando a esfoliação espontânea e biologicamente programada dos dentes decíduos para dar lugar aos dentes permanentes. É também conhecida como rizólise ou rizoclasia. A reabsorção radicular nos dentes permanentes é sempre patológica.
- **Mecanismo de Ocorrência:** Inflamatória/Por substituição - A reabsorção inflamatória é decorrente da perda óssea provocada pela inflamação do ligamento periodontal. No caso da ortodontia o agente causador é físico (força), portanto é uma inflamação asséptica. Ela pode ser transitória quando atua por um período curto, ou progressiva, quando atua por um período maior de tempo. A reabsorção por substituição é precedida por uma anquilose alvéolo-dentinária. O dente é reabsorvido e substituído por osso alveolar.
- **Localização:** Externa/Interna - A reabsorção externa evolui da superfície radicular externa em direção à polpa. As células clásticas originam do ligamento periodontal. A reabsorção interna evolui de dentro para fora da raiz. As células clásticas originam da polpa dentária.

Para definir um conjunto de procedimentos que possa orientar o profissional para uma conduta preventiva, Capelozza e Silva Filho (1998) determinaram fatores que influenciam a reabsorção radicular. Os fatores gerais constituíram em: hereditariedade, sexo, idade e estado de saúde dos pacientes. Os fatores locais constituíram em: tipo de má oclusão; hábitos, trauma prévio, estágio de desenvolvimento radicular, forma radicular e estado de saúde bucal. E os fatores mecânicos foram constituídos por magnitude da força ortodôntica; intervalo de aplicação da força; tipo de força e duração da força. Estudos sobre variáveis gerais, locais e mecânicos mostraram níveis de reabsorção variados, portanto, a reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico estaria fora do controle do profissional, por depender de fatores não totalmente conhecidos e presos à susceptibilidade do indivíduo. Nesta perspectiva a adoção de procedimentos preventivos é obrigatória, na qual uma anamnese detalhada deveria ser processada; documentação ortodôntica adicional acrescida obrigatoriamente de radiografias periapicais iniciais e finais dos incisivos superiores e inferiores e avaliar a forma radicular destes dentes. Como todo paciente é de risco e toda mecânica é capaz de desencadear reabsorção radicular o controle radiográfico parece imprescindível como método diagnóstico preventivo. A possibilidade de um conjunto de atitudes, uma vez adotada, pode identificá-la precocemente e evitar, na maioria dos casos, danos significativos.

Com o objetivo de determinar a possibilidade de identificar fatores pré- tratamento que permitiriam ao clínico prever a incidência, localização e gravidade da reabsorção radicular antes do início da mecanoterapia, Sameshima e Sinclair (2001a) avaliaram radiografias pré e pós-tratamento de pacientes que foram tratados com terapia ortodôntica corretiva. Os resultados mostraram que a reabsorção radicular ocorre principalmente nos dentes maxilares anteriores, com média de 1,4 mm. A maior reabsorção foi vista nos incisivos laterais superiores e nos dentes com formato anormal da raiz (pipeta, pontudo ou dilacerado). Os pacientes adultos foram mais susceptíveis à reabsorção do que os jovens apenas no segmento mandibular anterior. Um aumento de trespasse horizontal, e não vertical, foi significativamente associado à maior reabsorção radicular. Não se constatou diferenças na incidência ou gravidade da reabsorção radicular entre os gêneros.

No mesmo ano, Sameshima e Sinclair (2001b) realizaram outro estudo que teve como objetivo determinar os fatores que são mais claramente identificáveis com a reabsorção radicular apical externa durante a mecanoterapia, os quais são detectados em radiografias periapicais no final do tratamento. Foram avaliados 868 pacientes que usaram aparelho fixo. O deslocamento vertical e horizontal dos ápices dos incisivos centrais superiores foi avaliado em telerradiografias. Os pacientes que tiveram extrações dos quatro primeiros pré-molares apresentaram mais reabsorções do que aqueles que não tiveram extrações ou que tiveram apenas os primeiros pré-molares superiores removidos. O tempo de tratamento e o deslocamento horizontal do ápice dos incisivos centrais superiores foram significativamente mais associados com a reabsorção radicular. Concluíram que o ortodontista deveria exercitar a precaução naqueles pacientes onde no tratamento se faz uso de extrações para correção da sobressaliência, pois a mesma variou de 1,04 mm a 1,57 mm, sendo a reabsorção maior nos casos onde houve uma maior correção da sobressaliência.

Ao analisar reabsorções dentárias em endocrinopatas e em pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico, Furquim (2002) avaliou uma amostra e a dividiram em três grupos: 1) pacientes sem tratamento ortodôntico; 2) pacientes com tratamento ortodôntico e sem reabsorção; 3) pacientes com tratamento ortodôntico e com reabsorção. O perfil endocrinológico e sistêmico nos três grupos era perfeitamente normal. Ainda no mesmo estudo, analisou-se e classificou-se a morfologia radicular e da crista óssea alveolar. Nos grupos 1 e 2, a forma radicular predominante foi a **romboidal**. No grupo 3 a morfologia radicular **romboidal** também teve número maior que as demais, mas o número de dentes e pacientes com morfologia radicular **triangular** era significativamente maior que nos demais grupos, até auxiliando na justificativa das reabsorções dentárias durante o tratamento

ortodôntico efetuado nesses pacientes. Ainda no grupo 3, a frequência de ocorrência de raízes em forma de pipeta, dilaceradas no ápice e curtas foi significativamente maior do que nos grupos 1 e 2. Nas raízes em forma de pipeta, a delicadeza estrutural apical e a concentração das forças ocasionaram precocemente o arredondamento radicular resultante da reabsorção dentária. O mesmo raciocínio pode ser aplicado às raízes dilaceradas, pois a dilaceração apical determina uma estruturação mais fina ao ápice dentário. Observou-se também que a reabsorção radicular pode ser influenciada 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 absorvem menos força e sua concentração no ligamento periodontal aumentam a chance de lesão na camada cementoblástica, seguida de reabsorção dentária. Em sua casuística, a crista óssea alveolar romboidal foi predominante no grupo 1, seguida pela triangular e mínima pela forma retangular; no grupo 2 predominou a forma triangular, seguida pela romboidal e mínima pela forma retangular. No grupo 3, o número de cristas retangulares foi significativamente maior em relação ao grupo 1 e 2. Concluiu-se que as reabsorções dentárias durante o tratamento ortodôntico não são resultantes da ação de fatores sistêmicos, porém são fortemente influenciadas pela características morfológicas da raiz dentária e da crista óssea alveolar.

Ainda com o intuito de avaliar a perda óssea e a reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico, Costa, Santos e Lourenço (2002) avaliaram radiografias periapicais iniciais e finais de uma amostra de 30 pacientes submetidos à mecanoterapia. Observaram que 53,82% das raízes analisadas apresentaram algum grau de reabsorção e que 46,3% das cristas ósseas avaliadas apresentaram alterações com redução do nível ósseo alveolar. A média encontrada de reabsorção radicular e perda óssea alveolar foi de 1,40 mm e 1,05 mm respectivamente. Se analisados isoladamente, pode-se dizer que o resultado não foi significativo, porém, se somarmos a média da reabsorção radicular e da perda óssea alveolar, observaremos uma perda de sustentação periodontal ao final do tratamento.

Nevill, Damm e Allen (2004) relataram que a reabsorção radicular é extremamente comum e que em um exame acurado todos os pacientes são prováveis portadores de reabsorção em um ou mais dentes. Em uma revisão radiográfica de 13.263 dentes, todos os pacientes mostraram evidências de reabsorção radicular, e 86,4% dos dentes examinados apresentaram reabsorção, com média de 16 dentes afetados por paciente. Muitas áreas de reabsorção são moderadas e sem importância clínica, mas 10% dos pacientes apresentaram quantidades incomuns de reabsorção externa. O potencial para reabsorção é inerente ao tecido

periodontal de cada paciente, e esta susceptibilidade individual para reabsorção é o fator mais importante no grau de reabsorção que ocorrerá depois de um estímulo. Quando radiografias pré-tratamento de um paciente demonstram um grau de reabsorção além daquele que é normalmente encontrado, o dentista deve compreender os riscos potenciais envolvidos nos procedimentos iniciais que são conhecidos como sendo associados ao aumento de risco de reabsorção radicular.

Consolaro (2005), em seu livro, citou algumas premissas básicas para entender a ocorrência das reabsorções dentárias durante o tratamento ortodôntico: 1) a causa principal e mais frequente das reabsorções dentárias é a movimentação dentária induzida; 2) quando se excluem as pessoas submetidas ao tratamento ortodôntico, a frequência da reabsorção dentária varia de 7 a 10%; 3) a reabsorção severa e estruturalmente importante ocorre em 10% das pessoas submetidas ao tratamento; 4) o diagnóstico das reabsorções dentárias deve ser estabelecido a partir de radiografias periapicais; 5) não há causas sistêmicas para as reabsorções dentárias; 6) predisposição a reabsorção dentária está relacionada com: a morfologia radicular (forma, comprimento e angulação entre coroa-raiz) e morfologia óssea (altura, espessura e forma da crista óssea). Os quesitos importantes para uma análise da morfologia radicular e suas implicações na maior frequência de reabsorções em ortodontia são: 1) forma geométrica das raízes dentárias; 2) formas especiais do terço apical; 3) proporção entre coroa e raiz; 4) ângulo entre raiz e coroa. A morfologia radicular é importante na distribuição das forças no osso alveolar e na própria estrutura dentária. Do ponto de vista geométrico, a forma das raízes pode ser classificada: triangular, romboidal e retangular (FIG. 4). Dentes com raízes triangulares têm maior probabilidade de sofrer reabsorções dentárias durante o movimento ortodôntico do que raízes romboides e retangulares, isto porque as raízes com formato triangular tendem a concentrar mais forças em menor área apical possível do que as de formato romboidal e retangular.

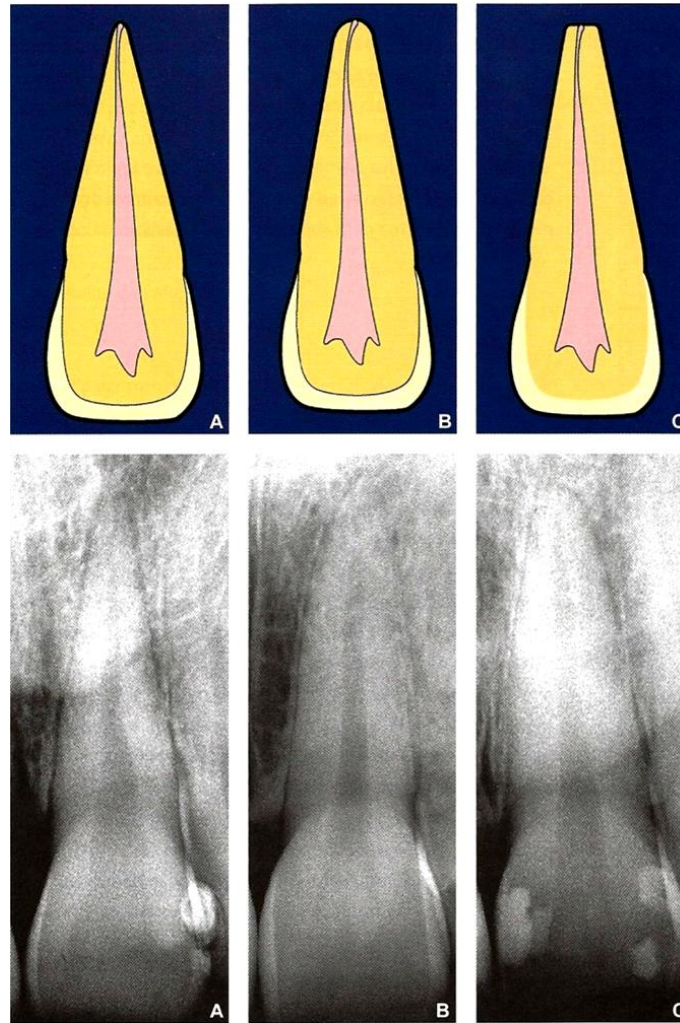


Figura 4: Forma geométrica das raízes dentárias.

Fonte: Consolaro (2005, p. 357).

Com relação às formas especiais do terço apical, o autor destacou dois tipos especiais de morfologia do terço apical: em forma de pipeta ou garrafa e com dilaceração observada na Figura 5. A frequência com que ocorrem essas formas especiais de morfologia apical, provavelmente, está relacionada com o período da odontogênese. Algumas formas de término apical concentram mais força em determinada região da raiz ou do alvéolo, como ocorrem nos ápices em forma de pipeta com delicado afinamento terminal da raiz. Outra forma de término apical concentrador de forças em áreas focais da raiz são as dilacerações apicais. Quando o dente for movimentado contra o ângulo formado, tende-se a concentrar forças na região do seu vértice com reabsorção radicular. Como está na região apical, por si só delicada, haverá o arredondamento do mesmo e conseqüente encurtamento radicular (FIG. 5).

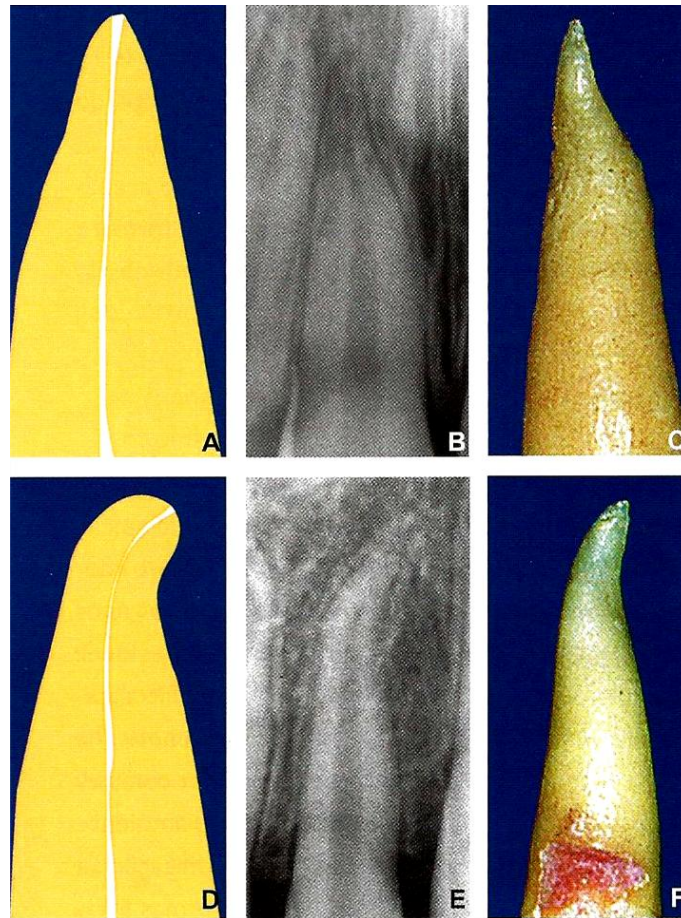


Figura 5: Formas especiais de terço apical.
 Fonte: Consolaro (2005, p. 360).

Outro fator importante para a realização do tratamento ortodôntico descrito pelo autor como sendo a morfologia da crista óssea alveolar, que pode ser triangular (TR) retangular (RE) ou romboide (RO) como observadas na Figura 6. Nas cristas ósseas alveolares triangulares a deflexão óssea é maior e a força dissipa-se mais uniformemente, diminuindo a chance de lesar os tecidos periodontais e, especialmente, a camada de cemento que envolvem e protegem a raiz. Em cristas ósseas retangulares, a dissipação da força é menor, pois a deflexão óssea apresenta-se diminuída e assim com o maior risco de reabsorção radicular. Entretanto, as cristas ósseas alveolares romboides dissipam estas forças de forma intermediária. Sendo assim, podemos observar que as reabsorções dentárias são fortemente influenciadas pela morfologia da crista óssea alveolar. O autor finaliza que a análise das radiografias periapicais em imagens tratadas por programas de tratamento de imagens podem auxiliar muito o diagnóstico preciso em estágios mais iniciais, pois além de aumentar o tamanho, melhoram determinadas qualidade das imagens radiográficas e permite visualização de fenômenos menores e mais incipientes.

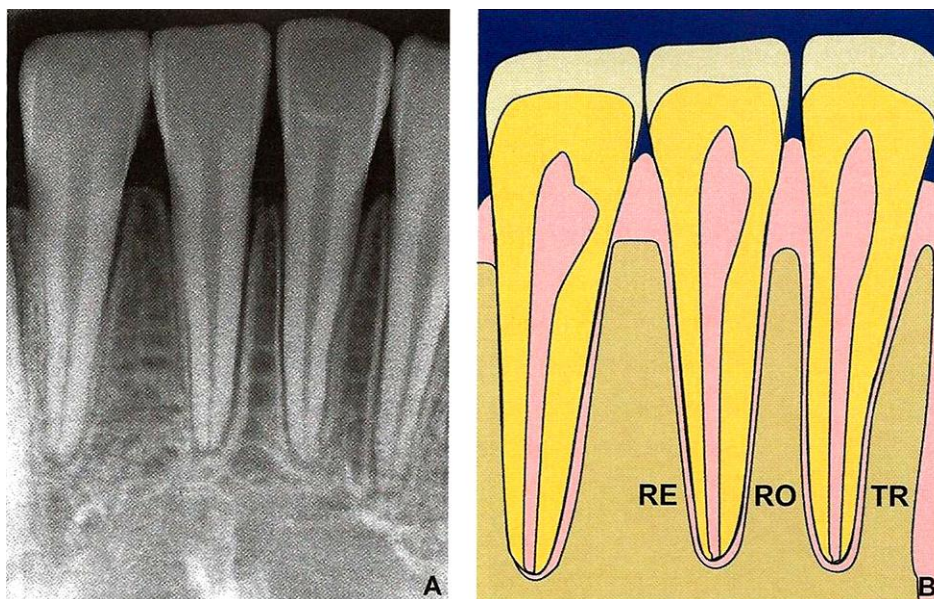


Figura 6: Classificação da morfologia da crista óssea: retangular (RE); romboide (RO); triangular (TR).

Fonte: Consolaro (2005, p. 369).

Monteiro (2006) analisou a ocorrência ou não de reabsorção da crista óssea alveolar durante o tratamento ortodôntico, com o objetivo de correlacionar a possibilidade desta diminuição da crista estar associada ao tempo de tratamento, ao tempo de uso do arco ideal e a idade do paciente. Foram utilizadas radiografias periapicais iniciais e finais ao tratamento de 25 pacientes na faixa etária entre nove e 26 anos, com duração média de 15 meses. As radiografias selecionadas foram de pré- molares e molares do lado direito e esquerdo, as quais foram realizadas com posicionador radiográfico para a Técnica do Paralelismo Periapical. Além disso, todas as radiografias foram obtidas no mesmo aparelho radiográfico modelo Spectro 2 Dabi Atlante, 70 KVP. As imagens radiográficas foram digitalizadas por meio do scanner HP Scanjet 2300c com adaptador de transparência, e com o emprego do programa HP Scanning 4.0, sendo arquivadas com resolução de 300 dpi. Os resultados encontrados mostraram que houve uma diminuição da crista óssea alveolar após o tratamento ortodôntico, porém não foi encontrada nenhuma relação entre a perda óssea alveolar e os itens correlacionados. Sendo assim, observou-se uma diminuição da crista óssea estatisticamente significativa, com média 1,59 mm, na qual a crista óssea triangular apresentou maior reabsorção, seguida pela romboide e, por último, pela retangular.

Por meio dos estudos realizados por Consolaro, Consolaro e Moura Neto (2008), compreende-se que ao aplicarmos forças em um dente para movimentá-lo deve-se contar com a deformação ou deflexão óssea. Quanto mais delicada e fina a estrutura óssea, maior será o seu potencial de deformação, mais ela sofrerá deflexão, quando pressionada. Toda força

aplicada sobre o dente, tende a ser menor na superfície radicular, pois a deflexão óssea “rouba” parte desta força aplicada. Quando forças são aplicadas sobre corticais, a deflexão óssea tende a ser menor, isto porque uma estrutura mais densa, sólida e menos elástica, terá menor capacidade de deformação. A constante remodelação óssea é mais rápida e eficiente no trabeculado (osso esponjoso) do que nas corticais. Quando pressionado, o trabeculado reabsorve e cede mais rapidamente às induções biológicas, enquanto a cortical dissipa menos as forças aplicadas, por ter remodelação mais lenta. Estes aspectos relacionam-se à velocidade de movimentação ortodôntica, com maior ou menor frequência de reabsorção radicular e com sequelas periodontais pós-tratamento ortodôntico. O osso alveolar e a crista óssea alveolar têm um trabeculado delicado, com corticais finas e deformáveis. A falta de elasticidade e deformabilidade de áreas ósseas mais densas implicam em menor deflexão, porém maiores riscos para a raiz e estruturas circunjacentes.

Com o objetivo de avaliar os fatores predisponentes da reabsorção radicular no tratamento ortodôntico, Oliveira *et al.* (2011a b) analisaram 199 radiografias periapicais pré-tratamento e pós-tratamento dos incisivos centrais superiores permanentes de pacientes tratados com aparelhos fixos. Os pacientes foram divididos de acordo com a morfologia apical: em forma de pipeta, dilacerada, pontuda, arredondada e retangular; proporção coroa/raiz e presença ou ausência de hipodontia parcial. Observaram mudanças no comprimento radicular entre o início e final do tratamento ortodôntico por meio de imagens radiográficas periapicais, pela técnica do paralelismo. Foram digitalizadas com o uso de scanner Perfection V700, Epson e observaram que a morfologia apical influenciou a ocorrência de reabsorção, dentes com morfologia apical arredondada e retangular foram mais resistentes à reabsorção, dentes pequenos e a presença de hipodontia parcial ou hipodontia parcial múltipla não apresentaram maior tendência para reabsorção radicular. Concluíram que morfologia apical anormal é um preditivo da reabsorção radicular apical externa depois da terapia ortodôntica corretiva. E a predisposição individual das reabsorções dentárias durante o tratamento ortodôntico pode ser relatado pela morfologia apical. No mesmo estudo, os autores dividiram a mesma amostra de acordo com: *overjet*, *overbite*, idade, gênero e tratamento endodôntico. Concluíram que não havia correlação entre sobressaliência aumentada, sobremordida e reabsorção radicular ou com mordida aberta anterior. A reabsorção radicular foi significativamente menor em crianças mais jovens que 10 anos quando comparados com adultos e menores em adolescentes quando comparados com adulto. Dentes tratados endodonticamente não foram mais susceptíveis para reabsorção radicular. E idade e gênero apresentaram relação positiva com a reabsorção radicular (FIG. 7).

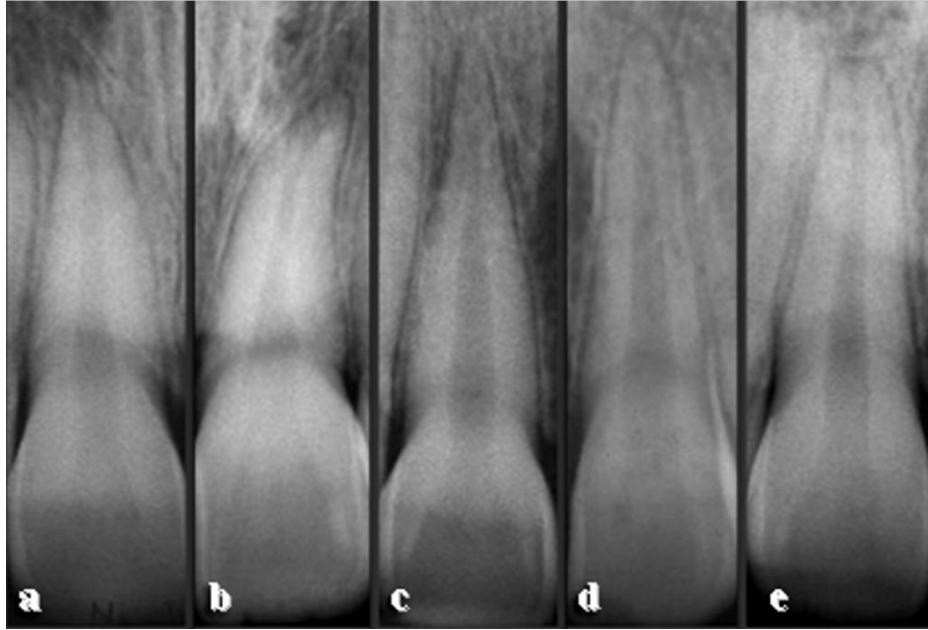


Figura 7: Classificação de acordo com a morfologia apical: a) forma de pipeta; b) dilacerada; c) pontuda; d) arredondada; e) retangular.

Fonte: Oliveira *et al.* (2011a).

5.1.3 Imagens radiográficas

Desde os primórdios da radiografia odontológica, realizada em 1896, até a década de 80, os filmes radiográficos convencionais foram o receptor de imagens mais confiável em odontologia. O filme radiográfico convencional continuou por muito tempo a melhor opção para se registrar imagens intrabucais. A radiografia periapical convencional é o elemento diagnóstico mais comumente utilizado para detecção de reabsorção radicular externa apical (BORG *et al.*, 1998). Segundo o autor a técnica radiográfica de eleição para o diagnóstico de reabsorção radicular é a radiografia periapical convencional. Entretanto, acredita-se que as imagens radiográficas convencionais apresentam algumas limitações, como na detecção das reabsorções radiculares externas de pequeno diâmetro e aquelas localizadas nas superfícies vestibulares ou linguais. Nota-se, então, a restrição do exame radiográfico convencional em detectar este tipo de lesão precocemente (ANDREASEN *et al.*, 1987). Os vários inconvenientes levaram a inúmeras tentativas de substituí-lo. Suas maiores desvantagens são alta dose de radiação requerida; a variabilidade na qualidade da imagem obtida; o tempo de processamento após a exposição; o uso de substâncias químicas; a necessidade de uma câmara escura para o processamento e ainda a impossibilidade de manipulação destas imagens depois de processada (SARMENTO, 2000; ABREU, 2006).

As radiografias são importantes exames complementares por permitirem a visualização de estruturas ósseas e dentárias com suas alterações, entretanto devemos adotar

análises criteriosas referentes à biopatologia da movimentação dentária induzida e das reabsorções radiculares, utilizando de métodos radiográficos padronizados para então planejarmos e aplicarmos a terapêutica com segurança.

Com os avanços da informatização em todos os campos da saúde, a imagem digitalizada tem se tornado um exame capaz de mostrar mudanças arquiteturais, às vezes não captadas pela imagem radiográfica convencional (SARMENTO; PRETTO; COSTA, 1999). Um dos principais objetivos é eliminar erros associados à atividade humana e utilizar a precisão matemática dos computadores.

O sistema digital pode acontecer por meios indiretos e diretos. O método indireto exige a aquisição de radiografias convencionais que posteriormente são digitalizadas, seja por câmera de vídeo ou *scanners* (SARMENTO *et al.*, 2000). A vantagem na digitalização de radiografias convencionais está na possibilidade de manipular a imagem com o objetivo de melhorar a sua aparência e aprimorar sua interpretação, além de aplicar as ferramentas de análise para o diagnóstico (SARMENTO, 2000). O método direto utiliza sensores ou placas de captura que dispensam o filme radiográfico e seu processamento na câmara escura após a exposição aos raios X (SARMENTO, 2000; ABREU, 2006).

Existem dois sistemas de aquisição direta de imagem intrabucal: os sistemas *Charge Coupled Device* (CCD) [dispositivo acoplado de carga], que para obter radiografias os foram combinados a placas intensificadoras (SARMENTO, 2000) e os sistemas de armazenamento de fósforo (FIG. 8). Em 1987, surgiu o primeiro sistema digital de imagens radiográficas intrabucais, o RadioVisioGraphy (RVG) (Trophy Radiologie, Vicennes, França). Baseado no sistema CCD utiliza um chip de silício para captação da imagem. Neste sistema, o filme radiográfico convencional é substituído por um sensor (SARMENTO, 2000). Na década de 90, surgiu o primeiro aparelho com o sistema de armazenamento de fósforo denominado Digora (Soredex Orion Corporation, Helsinki, Finlândia). Este sistema utiliza uma placa óptica de armazenamento de fósforo ativado – *photostimulable phosphor plate* (PSP) – que é lido em um *scanner* óptico a laser, e deste para o computador. Não tem fio acoplado e possui dimensões semelhantes aos filmes convencionais periapicais adulto ou infantil (HAITER *et al.*, 2001; ABREU, 2006).



Figura 8: Sistema CCD e Sistema de Armazenamento de Fósforo (PSP).
Fonte: Moraes e Vieira (2006, p. 14-15).

Desde o lançamento do primeiro sistema digital de imagens odontológicas, tornou-se possível adquirir, manipular, armazenar, recuperar e trocar informações radiográficas, utilizando as imagens digitalizadas (SARMENTO, 2000). Vários sistemas e programas têm sido desenvolvidos e o computador é indispensável para se trabalhar neste tipo de imagem (SARMENTO, 2000). Com a computação digital, radiologistas, adaptando-se às mais complicadas e versáteis ferramentas, têm resolvidos novos problemas de diagnóstico e encontrados novas e mais eficientes soluções para velhos problemas (WEBBER, 1985; SARMENTO, 2000).

Para a captação de imagem por digitalização, podemos apresentar vantagens na sua utilização em relação ao auxílio diagnóstico: dispensam o filme radiográfico e o processamento; reduzem a dose de exposição dos pacientes aos raios-X, visto que o sistema digital direto requer entre 5% e 50% da dose necessária nas tomadas radiográficas convencionais, com menor risco de subexposição ou superexposição; proporciona maior conforto ao paciente com a diminuição do tempo de atendimento, redução do número de repetições que ocorrem devido a falhas de processamento; eliminam o custo dos filmes e das soluções reveladoras; obtém cópias de imagem sem a necessidade de novas tomadas radiográficas (ABREU, 2006).

Sarmiento, Pretto e Costa (1999), em um artigo que teve como objetivo entender a imagem digitalizada, explicaram que a imagem radiográfica convencional a emulsão de um filme radiográfico é composto por um arranjo aleatório de cristais de prata metálica. Esses cristais de brometo ou iodeto de prata, quando sensibilizados pelos raios-X, compõem uma imagem latente, que é invisível. Após o processamento com soluções químicas, os cristais de prata que foram sensibilizados pela radiação são reduzidos pelos componentes do revelador, depois fixados, e passam a exibir diferentes tons de cinza, a depender da quantidade de raios x

que aquele cristal recebeu. Dessa forma surge a imagem final composta pela união de vários pontos que variam em cor do branco absoluto ao preto absoluto. Para aquisição direta de imagens digitalizadas, é importante entender que um *pixel* é o equivalente digital do cristal de prata e significa um ponto na imagem digital, que distribuídos sobre a tela do computador, e sua localização, cor ou tom de cinza são representados por números. Isso permite que o operador ajuste a imagem o que favorece a interpretação e diagnóstico. O termo que define a quantidade de possíveis níveis de cinza que um pixel de uma imagem digitalizada pode exibir é alcance dinâmico (*dynamic range*). O alcance dinâmico das imagens digitalizadas não excede o dos filmes convencionais. O alcance dinâmico está relacionado à quantidade de tons de cinza que podem ser exibidos por cada *pixel* na imagem digital. Cada pixel exibido na tela do computador (oito bits para cada *byte* de memória) pode mostrar um de duzentos e cinquenta e seis possíveis tons de cinza. Nos aparelhos de tomografia computadorizada e ressonância magnética, o alcance dinâmico é muito superior, já que trabalha com o regime de 12 bits para cada *byte*, onde cada *pixel* pode exibir um de quatro mil e noventa e seis tons de cinza. O olho humano pode distinguir, no máximo até cerca de cinquenta tons de cinza. Diante deste fato, uma imagem formada com cinco bits e que, portanto oferece trinta e dois tons de cinza seria suficiente para o diagnóstico. A ideia de que uma imagem pode ser representada por uma grande tabela de números é o processo básico do sistema digital. Para a obtenção de uma imagem digitalizada, a imagem obtida pela passagem de um feixe de raios x por um corpo é registrada em uma determinada superfície e então transferida para um computador. A superfície de registro pode ser um filme radiográfico convencional, que depois será digitalizado indiretamente, ou um sensor eletrônico ou ainda uma placa óptica, a depender do sistema usado.

Alguns autores encontram desvantagens no emprego das imagens digitalizadas, na qual consideram vários aspectos: Os sistemas digitais não possuem qualidade de imagem totalmente satisfatória como as radiografias convencionais; o custo e a manutenção do equipamento é muito alto; a qualidade da imagem digitalizada representa a metade da qualidade da imagem dos filmes radiográficos convencionais dos grupos D e E; os sensores do sistema CCD apresentam tamanho reduzido, o seu volume é acentuado além de apresentar rigidez quando comparado ao filme radiográfico (ABREU, 2006).

Chapnick (1989) relatou que a radiografia representa o método de diagnóstico mais comumente utilizado para detectar a presença de reabsorções radiculares externas. A obtenção de uma radiografia periapical de qualidade é um princípio básico para aquisição de um diagnóstico mais apurado da reabsorção. Porém, mesmo realizando radiografias com filme

convencional com alto padrão de qualidade, este sistema radiográfico apresenta limitações no diagnóstico de lesões radiculares pequenas. O autor em um estudo *in vitro*, demonstrou que as reabsorções radiculares pequenas (0,6 mm de diâmetro), confeccionadas com broca esférica nas faces vestibular, lingual e proximais (distal e mesial), nos terços apical, médio e cervical da raiz, não foram visualizadas nas radiografias com filme convencional por 11 estudantes de odontologia, demonstrando que as mesmas não são adequadas para a realização do diagnóstico precoce destas lesões radiculares. A angulação, o tempo de exposição, a localização dos defeitos como definido nesse estudo não tiveram efeito sobre a habilidade dos observadores em identificá-los.

Para avaliar a sensibilidade das radiografias digitais para a detecção de cavidades de reabsorção radicular simulada e sua relação com a forma radicular, Levander, Bajka e Malmgren (1998) avaliaram 92 incisivos superiores de 45 pacientes tratados ortodonticamente. O grupo 1, com 56 dentes, apresentava forma apical normal, o grupo 2, com 36 dentes, apresentava raízes com ponta romba ou em pipeta. Obtiveram radiografias digitais no pré- tratamento e após três e seis meses de mecanoterapia. Um dispositivo que fixava o sensor paralelo ao longo eixo do dente permitiu a padronização das tomadas radiográficas. As medidas foram realizadas em dois momentos com intervalo de um mês entre eles, do ápice à cervical do braquete, em monitor de alta resolução com aumento de até cinco vezes. As maiores médias de reabsorções foram encontradas no grupo 2, com raiz romba ou em forma de pipeta, tanto aos três (0,5 mm no grupo 2 e 0,2 mm no grupo 1, com raízes normais) como aos seis meses (0,8 mm contra 4 mm). Por esse motivo, os autores sugerem controle radiográfico aos três meses de tratamento para raízes rombas ou em forma de pipeta, e aos seis meses para todos os casos. Eles também concluíram que a sensibilidade das radiografias digitais para o diagnóstico da reabsorção radicular apical durante o tratamento ortodôntico é comparável às radiografias baseadas em filmes convencionais, o método oferece os benefícios do processamento e a redução da dose de radiação.

Ainda no ano de 1998, Reukers *et al.* (1998) avaliaram *in vitro* a precisão de reconstrução matemática baseada em computação de duas imagens que não foram registradas com a mesma geometria para avaliar a reabsorção radicular no tratamento ortodôntico. Um padrão ouro para a reabsorção radicular *in vitro* foi desenvolvido por meio de incisivos centrais superiores extraídos, os quais foram medidos usando paquímetro. As radiografias foram obtidas com cinco angulações diferentes os quais foram reconstruídas matematicamente por dois observadores. Os autores concluíram que a prevalência de reabsorção radicular externa apical corresponde com o que há na literatura. E a reconstrução

digital é um método radiográfico viável para a correção de diferentes angulações entre uma tomada radiográfica e outra, isso se mostra extremamente útil para monitorar os efeitos do movimento ortodôntico ao longo do tratamento.

Haiter *et al.* (2001), em um estudo *in vitro*, compararam radiografias digitais com radiografias convencionais na visualização de pequenos desgastes apicais. Foram utilizadas unidades dentárias de cada grupo: incisivo central, incisivo lateral, canino, pré-molar e molar, de um crânio macerado, revestido por resina acrílica para simular tecido mole. Os dentes foram retirados de seus alvéolos para obtenção da sua medida real, sendo recolocados e radiografados por três sistemas (Digital Digora, Digital DenOptix, Filme Convencional). Posteriormente os dentes foram removidos, desgastados, mensurados e recolocados, para obtenção de novas radiografias, sendo realizados dois desgastes em cada dente. As mensurações radiográficas foram realizadas por seis radiologistas, com auxílio de uma régua nas radiografias convencionais e nas imagens digitais foram usadas as réguas inerentes a cada sistema. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, a qual demonstrou que as médias das mensurações feitas nos dois sistemas digitais não apresentaram diferença estatisticamente significativa, com o tamanho real dos dentes pesquisados, assim como as médias das mensurações no filme, nas duas primeiras fases do experimento. Porém na fase três, a média das diferenças das mensurações feita no filme tradicional apresentou diferença estatisticamente significativa. Pelos resultados do trabalho, os autores concluíram que os sistemas digitais possuem uma alta exatidão na mensuração do comprimento do dente com reabsorções radiculares, mostrando-se superior ao filme convencional.

Clasen e Aun (2001) avaliaram *in vitro* comparativamente a eficácia da radiologia digital direta (RDD), utilizando o sistema RVG Trophy 2000 (Trophy Radiologie, Vicennes, França), com a radiografia convencional (RC), usando-se de velocidade F insight (Eastman Kodak Co., Rochester, NY, EUA), no diagnóstico de reabsorções radiculares. Foram utilizados 24 incisivos centrais superiores, onde foram realizadas reabsorções externas de 0,5, 0,8 e 1,0 mm de diâmetro no terço médio da superfície radicular, nas faces mesial, vestibular ou distal. Os dentes foram reposicionados no alvéolo de um crânio seco, e radiografados pelas duas técnicas, sendo que as imagens radiográficas foram observadas e diagnosticadas por quatro endodontistas, tendo sido informados de que poderia ou não haver reabsorções de diferentes tamanhos no terço médio das raízes dos dentes 11 e 21. Não foi pedido para que identificassem os tamanhos, apenas a presença e localização das reabsorções. Os resultados mostraram que a radiografia digital direta, com ou sem aplicação de recursos do software,

propiciou um maior número de acertos do que a radiografia convencional, com diferenças estatisticamente significantes.

Westphalen *et al.* (2004) avaliaram e compararam *in vitro* a eficácia do método radiográfico convencional e digital no diagnóstico de cavidades de reabsorção radicular externa simuladas. Mandíbulas secas humanas contendo dentes foram cobertas com camadas de músculo bovino a fim de simular os tecidos moles. Nove dentes de cada grupo dentário foram investigados. Três radiografias periapicais de cada dente foram realizadas em orto, mesio e disto radial, usando filmes convencionais e um sensor digital. Os dentes foram extraídos usando fórceps e tiveram cavidades de 0,7 e 1,0 mm de profundidade preparadas na face vestibular, mesial e distal nos terços cervical, médio e apical. Após o preparo, cada dente foi recolocado no seu alvéolo e novas radiografias foram realizadas. Três dentistas fizeram a avaliação das imagens, sendo um radiologista, um endodontista e um clínico geral. Os resultados demonstraram que maior número de cavidades foi detectado pelo método digital quando comparado com o método convencional, para todas as profundidades de lesões. Os autores concluíram que os resultados desse estudo sugerem que o método radiográfico digital é mais sensível que o método radiográfico convencional para detectar cavidades de reabsorções radiculares simuladas.

Com o objetivo de comparar a capacidade de detecção de anomalias dentárias através de radiografias panorâmicas convencionais e digitalizadas, Vargas e Mariano (2004) analisaram radiografias de pacientes de cinco a 12 anos de idade, de ambos os sexos. Radiografias fora do padrão de qualidade e sem identificação da idade foram descartadas. As imagens foram digitalizadas no aparelho Epson Expression 1680 (Seiko Corporation, Japão) e novamente analisadas. Nenhum recurso de manipulação de imagem foi utilizado. Anomalias dentárias foram observadas em 67 radiografias convencionais e 57 radiografias digitalizadas, o que não apresenta diferença estatisticamente significativa. A anomalia mais encontrada foi a giroversão, em 40 radiografias convencionais e 35 digitalizadas, resultado sem diferença estatística. A dilaceração foi observada em 18 radiografias convencionais e nove digitalizadas, sendo esta diferença estatisticamente significativa. As demais anomalias foram igualmente observadas nas radiografias convencionais e digitalizadas. Concluíram que para mostrar detalhes da região periapical e do osso alveolar, as radiografias periapicais superam as panorâmicas. Relataram também que a dilaceração radicular foi observada em 18 radiografias panorâmicas convencionais e em sete digitalizadas, mostrando diferença estatisticamente significativa. Esta diferença deve-se à perda de qualidade da imagem nas radiografias panorâmicas convencionais, que prejudica a visualização de regiões em que são

imprescindível ótimo detalhe e boa nitidez. Essas falhas são acentuadas quando as radiografias são digitalizadas, prejudicando ainda mais o diagnóstico dessa alteração.

O diagnóstico precoce de pequenas lesões periapicais e alterações ósseas alveolares requerem métodos de diagnósticos acurados e sensíveis. Sendo assim a subtração radiográfica é uma técnica que permite a visualização e quantificação de alterações muito pequenas no tecido mineral ósseo. Por meio desta técnica, o nível de cinza de cada pixel das duas imagens radiográficas digitalizadas e, todas as estruturas que não sofreram alterações entre as radiografias comparadas desaparecem, tornando-se mais fácil a visualização das estruturas que sofreram modificações. Essa técnica possibilita um aumento da acurácia diagnóstica de mudanças ósseas sutis. Diante do pressuposto, Cury *et al.* (2005) avaliaram a capacidade de um programa de subtração radiográfica em detectar pequenas alterações ósseas alveolares. Foram criados defeitos ósseos esféricos na crista óssea alveolar interproximal, mesial e distal do segundo molar de 1,55 mm de diâmetro, em três crânios humanos. Os defeitos foram progressivamente aumentado para 2,46 mm (defeitos intermediários) e 2,86 mm de diâmetro (defeitos grandes). Foram realizadas tomadas radiográficas interproximais padronizadas antes e depois da preparação de cada defeito, empregando filmes radiográficos Ektaspeed e utilizando um aparelho operando em 70 KV, 8 mA e 0,6 s. As imagens foram corrigidas quanto à diferença de tons de cinza e analisadas por meio de subtração radiográfica. Concluíram que o programa foi preciso em correlacionar o tamanho real do defeito com o tamanho estimado, entretanto, uma mudança óssea de 0,4 mm no tamanho do defeito não foi diagnosticada como mudança no nível de tom de cinza e a sensibilidade e especificidade foram baixas para defeitos pequenos na distal dos molares.

Um estudo sobre a evolução da radiografia digital ao longo dos anos até os tempos atuais, comparando as imagens radiográficas digitais com as imagens convencionais, Morais e Vieira (2006) relataram que as imagens digitais possuem inúmeras vantagens comparadas ao método convencional. Além da diminuição do tempo de exposição à radiação, há a possibilidade de manipulação com diversos recursos, podendo ser armazenadas, transmitidas via Internet e também preservar o meio ambiente pela ausência de processamento químico. Concluíram que a radiografia digital se compara à radiografia convencional em se tratando de qualidade de imagem e em alguns casos é considerada superior na capacidade de diagnóstico. E que o uso da matemática computacional aplicada à biologia melhora a análise das imagens digitalizadas tornando o diagnóstico mais preciso do que aquele feito visualmente numa radiografia convencional.

Ao realizar um trabalho *in vitro*, Albuquerque (2006) teve como objetivo comparar a acurácia do método radiográfico periapical digital e do convencional na mensuração de pequenas reabsorções radiculares apicais simuladas. Foram realizados desgastes apicais em 40 incisivos superiores extraídos, reduzindo-se gradualmente em 0,5, 1,0, 1,5 e 2 mm o comprimento do longo eixo do dente. A cada desgaste realizado foram obtidas a medida real do incisivo, com auxílio de um paquímetro digital, e as radiografias com filme convencional e o sensor de fósforo do sistema digital DenOptix pela técnica do paralelismo, resultando em um total de 400 imagens. Para aproximar o experimento das condições reais, durante a realização das radiografias, os dentes foram posicionados em um alvéolo dentário de um crânio seco, sendo este conjunto posicionado sob uma caixa de acrílico com água, para simular tecido mole. Após o treinamento de três avaliadores, com erro do método de 96% para avaliação das radiografias convencionais e 97,8% para as radiografias digitais, as mensurações radiográficas dos dentes foram realizadas com auxílio de paquímetro digital na radiografia convencional e régua digital do programa Adobe Photoshop na radiografia digital, podendo nestas últimas, serem utilizados todos os recursos disponíveis do programa para a sua avaliação (zoom, brilho, contraste, negativo e revelo). As reabsorções radiculares de 1,0, 1,5 e 2 mm foram detectadas pela radiografia digital e pela convencional. Porém, as reabsorções radiculares de 0,5 mm somente foram diagnosticadas por meio das radiografias digitais. Concluiu-se que tanto a radiografia digital quanto a convencional mostraram uma imagem ampliada do incisivo superior radiografado, com aumento de 2,79% e 3,55% respectivamente, em relação ao tamanho real do dente. As radiografias digitais apresentaram melhor empenho na mensuração de pequenas reabsorções radiculares externas apicais (0,5 mm) quando comparadas com as radiografias convencionais.

Segundo Consolaro (2006), a ocorrência de reabsorções radiculares durante o tratamento ortodôntico é previsível se analisarmos a forma e as proporções das raízes e cristas ósseas. Ainda hoje, a melhor forma de observarmos e avaliarmos a morfologia radicular e da crista óssea alveolar é a radiografia periapical de todos os dentes. Com ela podemos fazer de forma segura, a previsibilidade da reabsorção, desde que se tenham conhecimentos prévios e todo rigor necessário poderemos ter uma análise criteriosa e válida. O emprego de imagens radiográficas digitais ou digitalizadas, o grau de precisão e o tempo gasto somente teriam eficácia se todo o rigor for igualmente aplicado. Na tomografia computadorizada, a morfologia das raízes, ápices e cristas alveolares permitem uma precisão maior, pois teremos vários planos de cortes transversais e longitudinais, mas devem ser analisadas com igual rigor e conhecimentos prévios. Na prototipagem, esta análise melhora devido à associação da visão

tridimensional do posicionamento e das relações dentárias. Todos os métodos de obtenção de imagens são válidos, contudo dependem da experiência do observador e o rigor de critérios de análise, para então planejarmos e aplicarmos a terapêutica com segurança.

As radiografias periapicais obtidas e analisadas durante o planejamento ortodôntico permitem avaliar com precisão a forma e a proporção das raízes, dos ápices e da crista óssea alveolar. Consolaro (2007) afirma que a avaliação da morfologia radicular e da crista óssea são pontos essenciais no conceito de planejamento defensivo para as reabsorções radiculares durante o tratamento ortodôntico. Nas radiografias panorâmicas, a avaliação precisa e segura destes aspectos morfológicos não é possível. Em radiografias panorâmicas, quando visualizadas, as reabsorções dentárias estão em fase avançada de evolução. Em radiografias periapicais, o diagnóstico das reabsorções radiculares iniciais e/ou localizadas nas faces vestibular e lingual pode ser dificultado, porém raramente estas radiografias não permitem um diagnóstico seguro e preciso das reabsorções dentárias. Entretanto, nos casos em que a identificação do tipo de reabsorção, seu grau de evolução, seus limites e sua causa não sejam possíveis de ser determinado, podemos lançar mão da tomografia computadorizada. A tomografia computadorizada oferece maior precisão e precocidade no diagnóstico das reabsorções radiculares em função dos vários sentidos nos planos de cortes e reconstrução 3D. Porém não substitui as radiografias periapicais, mas complementa-as, ao mesmo tempo em que amplia as possibilidades de diagnósticos mais precisos, quanto ao seu grau de comprometimento e localização, e também oferece, ainda, a oportunidade de identificação precoce do processo. Entretanto, seu uso indiscriminado e superficial pode gerar avaliações equivocadas. Quanto mais explorarmos as radiografias periapicais, maior será a valorização das tomografias computadorizadas.

Albuquerque, Manzi e Mazzeiro (2008) realizaram um levantamento radiográfico com o objetivo de sugerir um protocolo para obtenção das radiografias, seja ela digital ou convencional, utilizadas para o diagnóstico das reabsorções radiculares, bem como, apresentar os sistemas radiográficos digitais disponíveis no mercado, listando suas vantagens e desvantagens em relação ao sistema radiográfico convencional, e por fim, descrever como a imagem radiográfica digital pode auxiliar no diagnóstico das reabsorções radiculares. O diagnóstico quantitativo da reabsorção pode ser realizado a partir da comparação entre as medidas do comprimento total do dente, antes de se iniciar o tratamento ortodôntico e após a movimentação ortodôntica do mesmo. Portanto, como se trata de realizações de medidas sobre as imagens radiográficas, a técnica do paralelismo deve ser indicada para obtenção das radiografias destinadas ao diagnóstico destas lesões. A expectativa de se obter um sistema

radiográfico que produza imagens com qualidade semelhante ao filme convencional e ao mesmo tempo reduza significativamente a dose de exposição do paciente à radiação, a qual foi atendida com o surgimento do sistema radiográfico digital. Entretanto, o custo financeiro para aquisição deste sistema é ainda muito elevado. A manipulação da imagem digital no diagnóstico de reabsorções pode ser considerada uma vantagem apresentada por este sistema digital radiográfico. Porém, estas ferramentas devem ser utilizadas com cautela para que não ocorra redução da nitidez da imagem. Os autores ainda sugerem que estudos *in vivo* devem ser realizados para comparar a acurácia diagnóstica dos sistemas digitais e convencionais na detecção de reabsorções.

Kamburoğlu *et al.* (2008) realizaram um estudo que teve como objetivo comparar o diagnóstico das cavidades de reabsorção radicular induzidas artificialmente usando filmes radiográficos intra-orais convencionais (Kodak Insight), sensor CCD (SopixWireless) e sensor PSP (Orex Digident). Duas mandíbulas foram obtidas de cadáveres e os dentes extraídos dos seus alvéolos. Reabsorções radiculares artificiais foram simuladas usando brocas com diâmetro de 0,5 mm, 0,8 mm e 1,2 mm, confeccionando cavidades com a sua profundidade total em localizações diferentes nos terços cervical, médio e apical nas superfícies radiculares proximais e vestibulares de seis dentes em ordem crescente. Radiografias convencionais e digitais foram obtidas em três diferentes incidências em cada dente em três passos (pequeno = 0,5 mm, médio = 0,8 mm e grande = 1,2 mm). Três observadores examinaram todas as imagens para presença de cavidades de reabsorção. Na primeira sessão cada imagem foi avaliada separadamente, na segunda os examinadores tiveram acesso a todas as imagens. A amostra foi avaliada estatisticamente usando quatro análise de variância. Proporções mais altas de leituras corretas foram obtidas com o filme convencional e o receptor CCD comparados com o receptor PSP usado nesse estudo. Os melhores resultados foram obtidos quando os examinadores tiveram acesso a todas as imagens. Os locais mais difíceis na determinação de um diagnóstico correto foram na região apical. As leituras mais precisas foram obtidas na região cervical proximal. Os autores concluíram que o filme intra-oral convencional e o sensor CCD produziram resultados similares no diagnóstico simulado da reabsorção radicular.

A reabsorção radicular apical é um efeito adverso do tratamento ortodôntico. Com o objetivo de detectar reabsorção radicular depois da terapia ortodôntica usando radiografia panorâmica e tomografia computadorizada *cone-beam* de alta resolução Dudic *et al.* (2009) avaliaram 275 dentes em 22 pacientes próximo do término do tratamento com aparelhos fixos. O estudo utilizou dois examinadores calibrados que avaliaram a presença ou ausência e a

severidade de reabsorção radicular apical na imagem radiográfica panorâmica depois do tratamento e a reconstrução de imagens na tomografia computadorizada *cone-beam*. As reabsorções foram classificadas quanto a: ausência de reabsorção, suave, moderada, severa e extrema. Os resultados mostraram que em imagens panorâmicas 17 dentes (6,2%) não poderiam ser avaliados. Diferenças estatisticamente significante foram encontradas entre os dois métodos: 56,5% e 31% dos dentes não mostraram reabsorção por imagens radiográficas panorâmicas e tomografia computadorizada *cone-beam*, respectivamente; 33,5% e 49% dos dentes mostraram reabsorção suave, enquanto 8% e 19% mostraram reabsorção moderada por imagem panorâmica e tomografia computadorizada, respectivamente. Reabsorções severas foram encontradas somente em dois dentes por tomografia computadorizada. Concluíram que reabsorção depois do tratamento ortodôntico é subestimada quando avaliado na radiografia panorâmica. A tomografia computadorizada pode ser um método diagnóstico complementar útil para radiografia convencional, sendo aplicada quando é necessária uma decisão na continuidade ou modificação do tratamento ortodôntico.

Para avaliar quantitativamente a extensão de mudanças morfológicas da área radicular apical e comprimento radicular dos incisivos centrais superiores depois do tratamento ortodôntico Ioannidou-Marathiotou *et al.* (2010) utilizaram o método de subtração radiográfica digital. Foram subtraídas imagens de radiografias panorâmicas de 21 pacientes antes e depois do tratamento ortodôntico. Foram avaliadas usando I/RAS C e Image J software. Os resultados mostraram que havia uma pequena, mas significativa diminuição das dimensões radiculares dos incisivos centrais no final do tratamento ortodôntico. A reabsorção radicular não foi influenciada pelo sexo, idade, dentição, classificação da maloclusão, extração, sobressaliência, sobremordida, uso de elástico e número de dentes com reabsorção quando mensuradas pela subtração radiográfica digital. Concluíram que a subtração radiográfica digital em radiografias panorâmicas pré e pós-tratamento podem confirmar reabsorções radiculares pequenas dos incisivos centrais superiores após o tratamento ortodôntico.

O uso exclusivo de radiografias panorâmicas no planejamento diminui a detecção de perda dentária por reabsorções (FIG. 9). Segundo Consolaro (2011), as radiografias panorâmicas podem “esconder” ou ocultar imagens importantes de reabsorções pré-existentes, não sendo possível avaliar com detalhes os fatores preditivos correspondentes à morfologia radicular, a forma dos ápices, proporção coroa-raiz, assim como forma das cristas ósseas alveolares. Analisar previamente todos os dentes dos pacientes ortodônticos em radiografias periapicais, como parte do planejamento, propiciará o diagnóstico de reabsorções radiculares.

A tomografia computadorizada, nos poucos casos em que as radiografias periapicais não foram suficientes para um diagnóstico seguro e preciso, geralmente elucidou os diagnósticos difíceis, fornecendo imagens esclarecedoras. Sendo assim as radiografias periapicais quando bem utilizadas propiciam segurança e precisão na maioria dos planejamentos ortodônticos quanto ao diagnóstico das alterações.

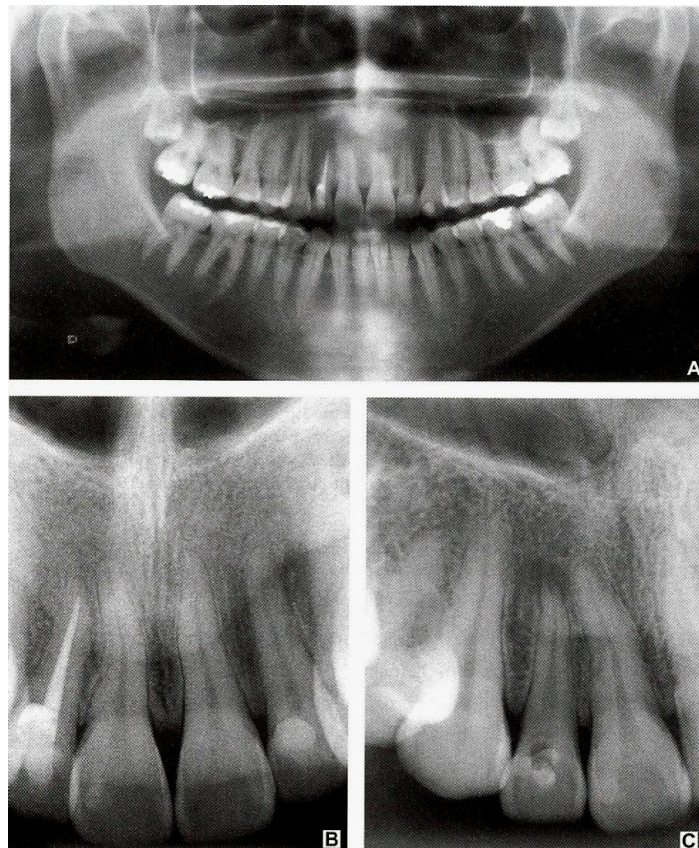


Figura 9: Comparação entre radiografia panorâmica e radiografia periapical no diagnóstico de reabsorção.

Fonte: Consolaro (2005).

Toda nova tecnologia gera impactos positivos e negativos, portanto sem o conhecimento prévio e sem critérios no discernimento das imagens, pode trazer mais danos do que benefícios aos pacientes. O estudo de imagens radiográficas digitais na odontologia faz parte de uma linha crescente de pesquisa em busca de métodos diagnósticos cada vez mais precisos. Estudos realizados até agora comprovam que estas imagens apresentam resultados semelhantes aos encontrados em radiografias convencionais (ABREU, 2006), portanto em um futuro muito próximo, com a utilização da matemática em softwares, será um grande auxiliar para o diagnóstico de reabsorções radiculares e alterações de crista óssea durante o tratamento ortodôntico.

6 DISCUSSÃO

A proposta deste trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico acerca das alterações da crista óssea e do diagnóstico de reabsorções radiculares inerentes ao tratamento ortodôntico com o emprego da imagem radiográfica digital.

O movimento dentário induzido significa um desafio biológico, pois toda terapia ortodôntica corretiva apresenta perda de estrutura irreversível do periodonto de sustentação, resultando na reabsorção radicular onde normalmente é suave e pode ser considerada como uma remodelação apical e também perda de crista óssea alveolar. Em todos os movimentos ortodônticos sempre observamos a destruição do cemento. As microrreabsorções na superfície do cemento não aparecem nas radiografias, pois está aquém do limite de resoluções das imagens radiográficas. Entretanto, nas grandes perdas de superfície radicular, e que já é visível radiograficamente, a anatomia original da raiz nunca mais será recuperada, devido ao encurtamento radicular. Todos os autores consideram a reabsorção radicular uma consequência do tratamento ortodôntico, sendo que a maioria dos pacientes das amostras observadas havia desenvolvido algum grau de reabsorção nas raízes dos dentes movimentados.

Não há como determinar previamente a reabsorção radicular decorrente do tratamento ortodôntico. Desta forma, o tratamento ortodôntico requer cuidados especiais para controlar os possíveis efeitos colaterais durante a mecanoterapia. Capelozza e Silva Filho (1998) e Malmgren e Levander (1988) consideram que devido à imprevisibilidade no diagnóstico de reabsorções durante a mecanoterapia, todos os pacientes são de risco devendo ser acompanhados por controle radiográfico pré-tratamento e pós-tratamento. Entretanto na clínica podemos observar que as alterações durante o tratamento ortodôntico são inúmeras e não existe a possibilidade de prever tais alterações. Assim acreditamos que é realmente necessário o acompanhamento radiográfico.

A reabsorção radicular é um fator que aparece com muita frequência no tratamento ortodôntico, principalmente nos casos tratados com aparatologia fixa. Pode estar presente em um ou mais elementos dentários e sua etiologia está relacionada a inúmeros fatores. Segundo Bresniak e Wassertein (1993a, 1993b), os fatores que afetam a estrutura radicular podem ser divididos em: fatores biológicos e fatores mecânicos. Dentre os fatores biológicos sugere a susceptibilidade individual; a existência de reabsorção radicular antes do tratamento ortodôntico; hábitos como onicofagia (ODERNICK, 1985), interposição de língua associado à mordida aberta (MORSE, 1971; NEWMAN, 1975), aumentam a prevalência de reabsorção,

pois são agentes traumáticos locais. Existe um consenso entre os autores de que quase toda atividade ortodôntica produz certo grau de reabsorção dentária, observada radiograficamente pelo arredondamento do ápice radicular, existindo uma concordância geral de que a presença de reabsorção radicular pré-existente aumenta o fator de risco.

Massler e Malone, em 1954, já relatavam que mesmo na ausência do tratamento ortodôntico, a incidência de reabsorções radiculares agrava-se com a idade. Fatores como características do ligamento periodontal e adaptação muscular as mudanças oclusais podem ser mais favoráveis em pacientes jovens. Todos os tecidos envolvidos no processo de reabsorção radicular sofrem alterações com a idade. A membrana periodontal torna-se menos vascularizada, sem elasticidade e mais estreita, enquanto o osso torna-se mais denso, avascular e sem elasticidade e o cemento torna-se mais espesso. Essas mudanças refletem maior susceptibilidade a reabsorção radicular observada em adultos. Lupi, Handelman e Sadowsky (1996) citam que há um aumento na prevalência da reabsorção radicular e perda óssea alveolar em pacientes adultos durante o tratamento ortodôntico. Não se pode esquecer que vários fatores como: interferências oclusais, desgaste dentais, problemas periodontais, perdas dentárias, hábitos deletérios causam essas alterações que acompanham o paciente adulto desde o início do tratamento. Portanto o ortodontista deve analisar a relação risco-benefício para todos os pacientes, considerando idade, má oclusão e saúde periodontal, e a cautela deve ser exercida no tratamento.

A morfologia radicular como raízes dilaceradas (MIRABELLA; ARTUN, 1995; TAITHONGCHAI; SOOKKORN; KILLIANY, 1996; CONSOLARO, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2011 a) e em formas de pipeta (LINGE; LINGE, 1983; CONSOLARO, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2011 a) apresentam maior prevalência de reabsorção radicular. Dentes previamente traumatizados oferecem maior risco à reabsorção. Os fatores mecânicos que podem levar à reabsorção estão os tipos de aparelhos utilizados, o tipo de movimentação dentária e a intensidade das forças. Esses autores consideraram que todo paciente é de risco em virtude da dificuldade de individualização e de controlar as forças que provocam a reabsorção.

Predizer o risco de um paciente desenvolver reabsorção radicular severa antes de se iniciar o tratamento ortodôntico ou logo no seu início é uma tarefa difícil, devido à variedade dos fatores etiológicos, das peculiaridades de cada indivíduo, bem como a sua genética. Desta forma, cada paciente pode responder ao tratamento ortodôntico de forma diferente e individual, dependendo do conjunto de fatores etiológicos que estejam causando este tipo de lesão radicular. Portanto os cuidados devem ser tomados principalmente quanto à

documentação. A indicação de radiografias periapicais tomadas no início, pré e pós-tratamento para comparações periódicas é unânime entre os autores.

Outro fator de grande importância a ser considerado está na relação entre tratamento ortodôntico e perda de suporte ósseo alveolar. São poucos os trabalhos encontrados na literatura. No trabalho de Monteiro (2006), observou-se uma diminuição da crista óssea estatisticamente significativa. Resultados semelhantes de perda óssea alveolar após o tratamento ortodôntico também podem ser encontrados nos trabalhos (ZACHRISSON; ALNAES, 1974; KENNEDY *et al.*, 1983; ALBANDAR *et al.*, 1986; HARRIS; BAKER, 1990; SILVA FILHO *et al.*, 1993; PROFFIT, 1995; LUPI; HANDELMAN; SADOWSKY, 1996; COSTA; SANTOS; LOURENÇO, 2002). Com relação à anatomia da crista óssea alveolar, de acordo Furquim (2002) a crista triangular sofre maior deflexão óssea, protegendo a superfície radicular. Acredita-se, assim, que ocorra um pouco mais de reabsorção óssea nesse tipo de crista. Uma vez que esta, devido ao seu formato e capacidade de deflexão, absorve maior quantidade da força aplicada sobre o dente diminuindo a chance de lesar a camada de cementoblastos que protege a raiz e aumentando o efeito da reabsorção sobre o próprio osso. Por outro lado, cristas ósseas alveolares retangulares e romboides absorvem menor quantidade de força aplicada sobre o dente devido a menor capacidade de deflexão, o que aumenta a chance de lesão na camada cementoblástica levando à reabsorção radicular e ocorre menor reabsorção óssea na crista.

Nos estudos radiográficos, as comparações são limitadas devido a diferentes técnicas radiográficas utilizadas: radiografia periapical, radiografia panorâmica, subtração radiográfica, tomografia computadorizada. Não é possível fazer uma previsão confiável do risco de reabsorção radicular antes do tratamento ortodôntico mesmo empregando todos os recursos tecnológicos. O exame imaginológico é de vital importância no tratamento ortodôntico e para todos os autores a técnica periapical tem se mostrado superior às demais técnicas no diagnóstico de reabsorções radiculares.

Com o surgimento do sistema digital, foram criadas grandes expectativas na precisão do radiodiagnóstico das reabsorções radiculares e na detecção de alterações da crista óssea alveolar durante o tratamento ortodôntico, isto é justificado por meio das ferramentas disponibilizadas nos *softwares*. O objetivo maior dentro do radiodiagnóstico sempre foi reduzir a quantidade de radiação e simultaneamente melhorar a qualidade da imagem. Foram criadas grandes expectativas de aperfeiçoamento do diagnóstico das reabsorções radiculares externas pequenas, que não são diagnosticadas pelas radiografias convencionais. Haiter *et al.* (2001), Clasen e Aun (2001), Westphalen *et al.* (2004) e Albuquerque (2006) concordam que

as radiografias digitais apresentam melhor desempenho na mensuração de pequenas reabsorções radiculares externas apicais ao comparar com as radiografias convencionais. Levander, Bajka e Malmgren (1998) e Morais e Vieira (2006) não encontraram diferenças significativas quando compararam os métodos radiográficos convencionais com os digitais para a obtenção de imagens, porém o método digital oferece benefícios no processamento e na redução da dose de radiação além da manipulação das imagens utilizando recursos da computação.

Algumas ferramentas de manipulação de imagem para diagnóstico das reabsorções e alterações de cristas alveolares foram estudadas por vários autores como Sarmento, Pretto e Costa (1999), Haiter *et al.* (2001), Clasen e Aun (2001) e Kamburoglu *et al.* (2008) que observaram vantagens na utilização destas ferramentas para mensurar essas alterações. Quando na prática clínica, nos deparamos com imagens digitais impressas ou convencionais percebemos igualmente as características morfológicas de raízes e cristas suscetíveis a essas alterações. A utilização das ferramentas de manipulação de imagens digitais como auxiliares nos diagnósticos odontológicos ainda não são largamente empregadas clinicamente, devido ao alto custo e a manutenção do equipamento ser muito elevado, os profissionais tem pouco acesso a estes recursos na prática clínica, entretanto no futuro, acreditamos que o acesso às imagens por meio de computadores permitirá que o profissional utilize programas específicos para esta análise.

Muitos ortodontistas utilizam radiografias panorâmicas convencionais ou digitalizadas para o diagnóstico de reabsorções radiculares, onde temos uma visão equivocada na tomada de decisão do planejamento ortodôntico, uma vez que Dudic *et al.* (2009) e Consolaro (2011) concordam que o uso exclusivo destas radiografias diminuem a visualização de perda dentária por reabsorções, pois observamos que elas podem ocultar imagens importantes de lesões pré-existentes não sendo possível avaliar com detalhes a morfologia radicular, a forma dos ápices, proporção coroa-raiz, assim como a forma das cristas ósseas alveolares.

O diagnóstico precoce de pequenas lesões periapicais e alterações ósseas alveolares requerem métodos de diagnósticos acurados e sensíveis. Alguns autores como Cury *et al.* (2005) e Ioannidou-Marathiotou *et al.* (2010) utilizam o método de subtração radiográfica digital que possibilita um aumento da acurácia diagnóstica de mudanças sutis, na qual a ortodontia pode lançar mão desta técnica para a visualização das estruturas que sofreram modificações.

Com o desenvolvimento da tecnologia, além das radiografias periapicais o ortodontista pode complementar o diagnóstico das reabsorções radiculares com o uso da tomografia computadorizada. A tomografia amplia as possibilidades de diagnóstico mais preciso, sendo aplicada quando necessária, para uma decisão na continuidade ou modificação do tratamento ortodôntico e também oferece a oportunidade de identificação precoce destas alterações (CONSOLARO, 2007; DUDIC *et al.*, 2009).

Diante do exposto, pode-se dizer que o tratamento ortodôntico por si só não leva o paciente a consequências prejudiciais aos dentes e estruturas de suporte, gengiva e periodonto. Isso se todos os elementos de diagnóstico empregados na elaboração do planejamento ortodôntico são corretamente analisados, pois conforme afirmado por Harris e Baker (1990), as implicações dentais e periodontais existentes antes da mecânica ortodôntica devem ser criteriosamente avaliadas e ponderadas.

7 CONCLUSÕES

- A anamnese inicial é fundamental nas identificações de reabsorções prévia ao tratamento e na determinação da morfologia radicular e da crista óssea alveolar.
- O principal fator na previsibilidade de reabsorções é a morfologia da raiz e da crista óssea alveolar. Fatores como idade, gênero, hereditariedade, tempo de tratamento e tipo de má oclusão não tem relação direta com a reabsorção.
- É necessário elaborar um protocolo clínico individual de acordo com os fatores de risco.
- Com o diagnóstico radiográfico precoce pode-se identificar, com antecedência, o paciente que apresenta risco de desenvolver reabsorção radicular no final do tratamento ortodôntico. Uma vez reconhecido estes pacientes, os objetivos e procedimentos do tratamento podem ser revistos e individualizados, tentando minimizar ao máximo a ocorrência de danos radiculares maiores.
- Tanto o método radiográfico convencional quanto o método digital auxiliam o cirurgião dentista na visualização das alterações ósseas e dentárias. No entanto, com o desenvolvimento tecnológico, os sistemas digitais devem dar ênfase à matemática computacional aplicada a biologia para que ocorra uma interpretação mais eficiente e consistente dos dados radiográficos, superando os instrumentos de diagnóstico que temos atualmente que estão limitados à condição visual humana.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. V.; ARAÚJO, A. A.; FERREIRA, E. F. *et al.* **Imagem radiográfica digital odontológica**. Núcleo de Processamento Digital de Imagens (NPDI), abr. 2006. Disponível em: <<http://laplace.dcc.ufmg.br/npdi/modules/news3/article.php?storyid=18>>. Acesso em: 10 jul. 2012.
- ALBANDAR, J. M. *et al.* Radiographic quantification of alveolar bone level changes, A 2-year longitudinal study in man. **Journal of Clinical Periodontology**, v. 13, p. 195-200, 1986.
- ALBUQUERQUE, S. R. **Avaliação de imagens radiográficas digitais e convencionais da reabsorção radicular externa**. 2006. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ortodontia) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- ALBUQUERQUE, S. R.; MANZI, F. R.; MAZZIEIRO, E. T. Radiografia digital no diagnóstico da reabsorção radicular externa: revisão de literatura. **Revista da Associação Brasileira de Radiologia Odontológica**, 2008.
- ANDREASEN, F. M. *et al.* Radiographic assessment of simulated root resorption cavities. **Endodontics and dental traumatology**, v. 3, p. 21-27, 1987.
- BAUMANN, W. R. G.; TAVARES, D. Reabsorções dentais causadas pelo tratamento ortodôntico. **Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 36, n. 2, p. 91-96, 1988.
- BORG, E. *et al.* Film and digital radiography for detection of simulated root resorption cavities. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, v. 86, n. 1, p. 110-114, 1998.
- BREZNIAK, N.; WASSERSTEIN, A. Root resorption after orthodontic treatment - Part 1. Literature review. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 103, n. 1, p. 62-66, 1993a.
- BREZNIAK, N.; WASSERSTEIN, A. Root resorption after orthodontic treatment - Part 2. Literature review. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 103, n. 2, p. 138-146, 1993b.
- CANSANÇÃO, J. M.; MARTINS, D. R. Avaliação radiográfica da reabsorção radicular, consecutiva ao tratamento ortodôntico, pelo arco de canto, relacionado com o sexo, a idade, a duração do tratamento, o período de uso do arco retangular e do aparelho extra bucal. **Ortodontia**, v. 14, n. 2, p. 84-96, maio/ago. 1981.
- CAPELOZZA, L. F.; SILVA FILHO, O. G. Reabsorção radicular na clínica ortodôntica: atitude para uma conduta preventiva. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, v. 3, n. 1, p. 104-126, 1998.
- CHAPNICK, L. Endo D. External root resorption: na experimental radiographic evaluation. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology**, v. 67, n. 5, p. 578-582, 1989.
- CLASEN, N. F.; AUN, C. E. Estudo comparativo entre radiografia convencional e radiografia digital direta no diagnóstico de reabsorção radicular externa. **Revista de Odontologia da Unicid**, v. 13, n. 2, p. 95-102, 2001.

CONSOLARO, A. A tomografia computadorizada substitui as radiografias periapicais no diagnóstico de reabsorções dentárias? **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, v. 6, n. 5, 2007.

CONSOLARO, A. *et al.* Movimentação ortodôntica em corticais e osso denso: Aumento do risco de reabsorções radiculares, deiscências e recesses gengivais. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, v. 7, n. 4, p. 105-109, 2008.

CONSOLARO, A. Radiologia digital, tomografia, prototipagem e reabsorções! Manual de sobrevivência: conhecimento prévio e rigor. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, v. 5, n. 1, p. 110-111, 2006.

CONSOLARO, A. Reabsorções dentárias estão presentes no planejamento ortodôntico! Ou Uso exclusivo de radiografias “panorâmicas” no planejamento aumenta o risco de perda dentária por reabsorções radiculares no tratamento ortodôntico. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, v. 10, n. 1, p. 107-109, 2011.

CONSOLARO, A. **Reabsorções Dentárias nas Especialidades Clínicas**. Maringá: Dental Press: 2005. 447p.

CONSOLARO, A.; CONSOLARO, M. F.; MOURA NETO, G. Movimentação ortodôntica em corticais e osso denso: aumento do risco de reabsorções radiculares, deiscências e recessões gengivais. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, v. 7, n. 4, p. 105-109, 2008.

COSTA, L. F. M.; SANTOS, D. M.; LOURENÇO JR, E. T. Avaliação radiográfica do nível de reabsorção radicular e perda óssea alveolar pré e pós-tratamento ortodôntico. **Jornal Brasileiro de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v. 7, n. 41, p. 407-413, set/out. 2002.

CURY, P. R. *et al.* Detecção de alterações ósseas utilizando um programa de subtração radiográfica: *in vitro*. **RPG, Revista de Pós Graduação**, v. 12, n. 2, p. 242-7, 2005.

DeSHIELDS, R. W. A study of root resorption in treated class II division I malocclusions. **The Angle orthodontist**, v. 39, p. 231-245, 1969.

DUDIC, A. *et al.* Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 135, n. 4, p. 434-7, 2009.

FAUCHARD, Pierre. **Le chirurgien dentiste, ou traité des dents**. CD Room Profis-Usp. Bauru: USP, 1728.

FURQUIM, L. Z. **Perfil endocrinológico de pacientes ortodônticos com e sem reabsorções dentárias**: correlação com a morfologia radicular e da crista óssea alveolar. 2002. 123p. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, 2002.

HAITER, C. *et al.* Avaliação de simulações de reabsorções radiculares por meio de imagens digitais e convencionais. **Ortodontia**, v. 34, n. 2, p. 37-43, 2001.

HARRIS, E. F.; BAKER, W. C. Loss of root length and crestal bone height before and during treatment in adolescent and adult orthodontic patients. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 98, p. 463-469, 1990.

HEMLEY, S. The incidence of root resorption of vital permanent teeth. **Journal of Dental Research**, v. 20, p. 133-41, 1941.

HERZBERG, B. L. Bone changes incident to orthodontic tooth movement. **Journal of the American Dental Association**, v. 19, p. 1777-1788, 1932.

IOANNIDOU-MARATHIOTOU, I.; PAPADOPOULOS, M. A.; KONDYLIDOU-SIDIRA, A. *et al.* Digital subtraction radiography of panoramic radiographs to evaluate maxillary central incisor root resorption after orthodontic treatment. **World Journal of Orthodontics**, v. 11, n. 2, p. 142-152, 2010.

KAMBUROĞLU, K.; TESIS, I.; KFIR, A. *et al.* Diagnosis of artificially induced external root resorption using conventional intraoral film radiography, CCD and PSP: an *ex vivo* study. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, St. Louis, v. 106, n. 6, p. 885-891, Dec. 2008.

KEITCHAN, A. H. A radiograph study of orthodontic tooth movement: a preliminary report. **Journal of the American Dental Association**, v. 14, p. 1577-1598, 1927.

KENNEDY, D. B. *et al.* The effect of extraction and orthodontic treatment on dentoalveolar support. **American Journal of Orthodontics**, v. 84, n. 3, p. 183-190, 1983.

LEVANDER, E.; BAJKA, R.; MALMGREN, O. Early radiographic diagnosis of apical root resorption during orthodontic treatment: a study of maxillary incisors. **European Journal of Orthodontics**, v. 20, n. 1, p. 57-63, 1998.

LEVANDER, E.; MALMGREN, O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. **European Journal of Orthodontics**, London, v. 10, n. 1, p. 30-38, 1988.

LINGE, B. O.; LINGE, L. Apical root resorption in upper anterior teeth. **European Journal of Orthodontics**, v. 5, n. 3, p. 173-183, Aug. 1983.

LUPI, J. E.; HANDELMAN, C. S.; SADOWSKY, C. Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, p. 28-37, Jan. 1996.

MARTINS, D. R.; CANSANÇÃO, J. M.; SANCHEZ, J. F. A avaliação radiográfica da reabsorção radicular consecutiva ao tratamento ortodôntico (cinco anos após remoção dos aparelhos). **Ortodontia**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 4-8, 1994.

MASSLER, M.; MALONE, A. Root resorption in human permanent teeth. **American Journal of Orthodontics**, v. 40, n. 8, p. 619-633, 1954.

MIRABELLA, A. D.; ARTUN, J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 108, n. 1, p. 48-55, Jul. 1995.

MONTEIRO, F. D. **Avaliação radiográfica da reabsorção da crista óssea alveolar em pacientes tratados ortodonticamente.** 2006. 55p. Monografia (Especialização) - Associação Brasileira de Odontologia, Varginha-MG, 2006.

MORAIS, A. L.; VIEIRA, G. H. A. **Evolução da aplicação da radiografia digital na odontologia.** 2006. 63p. Monografia (Especialização) - Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

MORSE, P. H. Resorption of upper incisors following orthodontic treatment. **Dental Practitioner and Dental Record**, v. 22, p. 21-35, 1971.

NEVILLE, B. W.; DAMM, D. D.; ALLEN, C. M. **Anomalias dos dentes: patologia oral e maxilofacial.** 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. Cap. 2, p. 58-62.

NEWMAN, W. G. Possible etiologic factors in external root resorption. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 67, n. 5, p. 522-539, 1975.

ODERNICK, L. Nailbiting-Frequency and association with root resorption. **British Journal of Orthodontics**, v. 12, p. 78-81, 1985.

OLIVEIRA, A. G. *et al.* Analysis of predictors of root resorption in orthodontic treatment - Part I. **Journal of Dentistry and Oral Hygiene**, v. 3, n. 3, p. 46-52, Jan. 2011a.

OLIVEIRA, A.G. *et al.* Analysis of predictors of root resorption in orthodontic treatment - Part II. **Journal of Dentistry and Oral Hygiene**, v.3, n. 6, p. 75-81, May 2011b.

OPPENHEIM, A. Tissue changes particularly of the bone incident to tooth movement. **American Journal of Orthodontics**, v. 3, n. 2, p. 57-67, Feb. 1911.

PROFFIT, W. R. **Ortodontia Contemporânea.** 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1995.

REITAN, K. Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. **American journal of orthodontics**, v. 53, n. 10, p. 721-745, 1967.

REMYINGTON, D. N. *et al.* Long-term evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 96, n. 1, p. 43-46, 1989.

REUKERS, E. *et al.* Assessment of apical root resorption using digital reconstruction. **Dentomaxillofacial radiology**, Tokyo, v. 27, p. 25-29, 1998.

RUDOLPH, C. E. A comparative study in root resorption in permanent teeth. **Journal of the American Dental Association**, v. 23, n. 5, p. 822, May 1936.

SAMESHIMA, G. T.; SINCLAIR, P. M. Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment Factors. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 119, n. 5, p. 511-515, May 2001b.

SAMESHIMA, G. T.; SINCLAIR, P. M. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, n. 119, v. 5, p. 505-510, May 2001a.

SANDSTEDT, C. Einige beiträge zur Theorie der Zahnregulierung. **Nordisk Tandläkare Tidskrift**, v. 5, p. 236-248, 1904. (CD-ROM Profis-Usp-Bauru).

SARMENTO, V. A. **Diagnóstico radiográfico de alterações periapicais de origem endodôntica através da determinação do nível de cinza em imagens digitalizadas**. 2000. 284f. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SARMENTO, V. A. *et al.* Imagem digitalizada em odontologia: evolução até os dias atuais. **Revista da Faculdade de Odontologia da UFBA**, v. 20, p. 38-48, 2000.

SARMENTO, V. A.; PRETTO, S. M.; COSTA, N. P. Entendendo a imagem digitalizada. **Revista Odonto Ciência**, v. 4, n. 27, p. 171-178, 1999.

SCHWARZ, A. M. Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. **International Journal of Orthodontics**, v. 18, p. 331, 1932.

SHAWALBE; FLOUREN. **Movimentação Ortodôntica e Iatrogenias irreversíveis: Teoria da Pressão-tração**. Bauru: USP, 1841. (CD-ROM Profis-Usp-Bauru).

SILVA FILHO, O. G. *et al.* Estimativa da reabsorção radicular em 50 casos ortodônticos bem finalizados. **Ortodontia**, v. 26, n. 1, p. 26-37, 1993.

SILVA FILHO, O. G.; MEIRELES, L. K. S.; FERRARI JUNIOR, E. M. Reabsorção radicular após tratamento ortodôntico: revisão de literatura. Parte 1 e 2. **Ortodontia**, v. 30, n. 1, p. 52-67, 1997.

TAITHONGGHAI, R.; SOOKKORN, K.; KILLIANY, D. M. Facial and dentoalveolar structure and the prediction of apical root shortening. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 110, n. 3, p. 296-302, 1996.

VARGAS, R. M.; MARIANO, R. M. **Estudo comparativo de radiografias panorâmicas convencionais e digitalizadas no diagnóstico de anomalias dentárias**. 2004. 44p. Monografia (Especialização) - Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

WEBBER, R. L. Computers in dental radiography: a scenario for the future. **Journal of the American Dental Association**, Chicago, v. 111, n. 3, p. 419-424, Sep. 1985.

WESTPHALEN, V. P. D. *et al.* Conventional and digital radiographic methods in the detection of simulated external root resorptions: a comparative study. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v. 33, p. 233-235, 2004.

ZACHRISSON, B. U.; ALNAES, L. Periodontal condition in orthodontic treatment and untreated individuals II. Alveolar bone loss: radiographic findings. **The Angle Orthodontist**, v. 44, p. 48-55, 1974.