



ANNE CAROLINE COSTA OENNING

**DIAGNOSIS OF EXTERNAL ROOT RESORPTION IN SECOND
MOLARS ASSOCIATED WITH IMPACTED THIRD MOLARS BY
PANORAMIC RADIOGRAPH AND TWO CONE BEAM
COMPUTED TOMOGRAPHY DEVICES**

**DIAGNÓSTICO DA REABSORÇÃO RADICULAR EXTERNA EM
SEGUNDOS MOLARES ASSOCIADA A TERCEIROS MOLARES
IMPACTADOS POR MEIO DE RADIOGRAFIAS
PANORÂMICAS E DOIS SISTEMAS DE TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO**

PIRACICABA

2014



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

ANNE CAROLINE COSTA OENNING

**DIAGNOSIS OF EXTERNAL ROOT RESORPTION IN SECOND MOLARS ASSOCIATED WITH
IMPACTED THIRD MOLARS BY PANORAMIC RADIOGRAPH AND TWO CONE BEAM
COMPUTED TOMOGRAPHY DEVICES**

**DIAGNÓSTICO DA REABSORÇÃO RADICULAR EXTERNA EM SEGUNDOS MOLARES
ASSOCIADA A TERCEIROS MOLARES IMPACTADOS POR MEIO DE RADIOGRAFIAS
PANORÂMICAS E DOIS SISTEMAS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE
CÔNICO**

Thesis presented to the Piracicaba Dental School of the
University of Campinas in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Doctor in Oral Radiology, in the Oral Radiology
area

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da
Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos
exigidos para obtenção do título de Doutora em Radiologia
Odontológica, na área de Radiologia Odontológica

Orientador: Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

Este exemplar corresponde à versão final da tese
defendida pela aluna Anne Caroline Costa Oenning,
e orientada pelo Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

Assinatura do Orientador

PIRACICABA

2014

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

Oe6d Oenning, Anne Caroline Costa, 1981-
Diagnosis of external root resorption in second molars associated with impacted third molars by panoramic radiograph and two cone beam computed tomography devices / Anne Caroline Costa Oenning. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Francisco Haiter Neto.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Terceiros molares. 2. Reabsorção da raiz (Dentes). 3. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 4. Radiografia panorâmica. I. Haiter Neto, Francisco, 1964-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Diagnóstico da reabsorção radicular externa em segundos molares associada a terceiros molares impactados por meio de radiografias panorâmicas e dois sistemas de tomografia computadorizada de feixe cônico

Palavras-chave em inglês:

Third molars

Root resorption

Cone-beam computed tomography

Panoramic radiography

Área de concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Doutora em Radiologia Odontológica

Banca examinadora:

Francisco Haiter Neto [Orientador]

Rivea Inês Ferreira

Luiz Roberto Coutinho Manhães Júnior

Felippe Bevilacqua Prado

Matheus Lima de Oliveira

Data de defesa: 23-01-2014

Programa de Pós-Graduação: Radiologia Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 23 de Janeiro de 2014, considerou a candidata ANNE CAROLINE COSTA OENNING aprovada.

Prof. Dr. FRANCISCO HAITER NETO

Profa. Dra. RIVEA INÊS FERREIRA

Prof. Dr. LUIZ ROBERTO COUTINHO MANHÃES JUNIOR

Prof. Dr. FELIPPE BEVILACQUA PRADO

Prof. Dr. MATHEUS LIMA DE OLIVEIRA

ABSTRACT

The aim of this study was to compare a two-dimensional method - panoramic radiography - and a three-dimensional modality - cone beam computed tomography (CBCT) - on the assessment of external root resorption (ERR) of second molars associated with impacted third molars. In addition, we aimed to relate the third molar inclination (Winter's classification) with the detection of ERR on the second molar. First, the sample was consisted of 188 impacted third molars (66 individuals). Panoramic radiography (*Orthopantomograph OP100 D*) and CBCT imaging (*i-CAT Classic*) were obtained of all patients. Two oral radiologists investigated the presence of ERR on the adjacent second molar and the inclination of the third molar. Statistical analysis was performed using chi-square test, Fisher exact test, two-proportion Z test and simple logistic regression (significance level was set at 5%). A significantly higher number of ERR was diagnosed on CBCT images ($n=43$) than on panoramic radiographs ($n=10$) ($P=0.0001$). The agreement between panoramic radiographs and CBCT for diagnosing ERR was 4.3% ($n=8$). The mandibular third molars on mesioangular and horizontal inclinations were more related to ERR lesions on the second molars. Therefore, 174 mandibular third molars on these two inclinations were evaluated in a second sample comprising of 116 CBCT images acquired in two units: *i-CAT Classic* e *Picasso Trio*. Age and sex of individuals and depth of third molars (subjective analysis and Pell and Gregory classification) were also recorded. Statistical analysis was performed using ANOVA and Mann-Whitney tests (numerical data) and chi-square test (qualitative data). There were no statistically significant differences in the detection of ERR in images from both devices ($p>0.05$). Therefore, subsequent analyzes were performed on the total sample. The prevalence of ERR on this sample was 49.43%. There was no difference between mesioangular and horizontal inclination in the detection of ERR. Third molars of older patients (over 24 y-o) and in Pell and Gregory Class A and Class B were more associated with the presence of ERR. The results showed that CBCT should be indicated when a direct contact between the mandibular second and third molars is observed on panoramic radiography, especially in patients aged over 24

presenting with mesioangular or horizontal impactions, and Class A or Class B of Pell & Gregory.

Keywords: Third molar; Root resorption; Cone-beam computed tomography; Panoramic radiography.

RESUMO

O presente estudo propôs-se a comparar um método radiográfico bidimensional, a radiografia panorâmica, com uma modalidade de imagem tridimensional, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), no diagnóstico da reabsorção radicular externa (RRE) nos segundos molares relacionada à impactação dos terceiros molares. Buscou-se também relacionar a inclinação do terceiro molar, de acordo com a classificação proposta por Winter, com a presença da RRE no segundo molar. Primeiramente, a amostra foi composta por 188 terceiros molares impactados (66 indivíduos) observados na radiografia panorâmica (*Orthopantomograph OP100 D*) e nas imagens de TCFC obtidas no equipamento *i-CAT Classic*. Dois cirurgiões-dentistas, especialistas em Radiologia Odontológica, registraram a presença da RRE no segundo molar e a inclinação do terceiro molar impactado. Os dados foram tabulados e submetidos à análise estatística por meio dos testes de qui-quadrado, teste exato de Fisher, teste Z para duas proporções e regressão logística simples (nível de significância de 5%). Um número significativamente maior de casos de RRE foi diagnosticado na TCFC ($n=43$) quando comparada à radiografia panorâmica ($n=10$) ($P=0,0001$). Além disso, a concordância entre os métodos para o diagnóstico da RRE foi de apenas 4,3% ($n=8$). Terceiros molares inferiores e nas posições mesioangular e horizontal foram mais relacionados à presença da RRE nos segundos molares. Por esse motivo, 174 terceiros molares inferiores nessas duas inclinações foram avaliados em uma segunda amostra formada por 116 imagens de TCFC obtidas em dois diferentes equipamentos: *i-CAT Classic* e *Picasso Trio*. Além da presença da RRE, informações acerca da idade, sexo dos indivíduos e profundidade de terceiros molares (análise subjetiva e classificação de Pell & Gregory) foram registradas pelos dois avaliadores. Os dados numéricos foram submetidos aos testes ANOVA e Mann-Whitney, e os dados categóricos, aos testes do qui-quadrado para análises de contingência e qui-quadrado de aderência. Não houve diferenças estatisticamente significantes na detecção da RRE nos dois equipamentos e entre as inclinações mesioangular e horizontal ($p>0,05$). A prevalência da condição na amostra total de dentes foi de 49,43%. Os terceiros molares

pertencentes a pacientes de maior idade e posicionados mais superiormente (classes A e B de Pell & Gregory) estiveram mais associados à presença da RRE nos dentes adjacentes. Concluiu-se que a TCFC deve ser indicada quando for observado um contato direto entre o segundo e o terceiro molar inferiores na radiografia panorâmica, principalmente nos casos de impatações mesioangulares e horizontais, em classes A e B de Pell & Gregory e de pacientes com idade superior a 24 anos.

Palavras-Chave: Terceiro molar, Reabsorção da raiz, Tomografia computadorizada de feixe cônico, Radiografia panorâmica.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	..xiii
AGRADECIMENTOS.....	..xv
INTRODUÇÃO.....	..1
CAPÍTULO 1: External root resorption of the second molar associated with third molar impaction: comparison of panoramic radiography and cone beam computed tomography	..9
CAPÍTULO 2: The mesial inclination of impacted third molars and its propensity to stimulate external root resorption in second molars – a cone beam CT evaluation.....	..28
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	..47
CONCLUSÃO.....	..51
REFERÊNCIAS	..52
APÊNDICE 1: Metodologia detalhada.....	..55
ANEXO 1: Certificado de aprovação do Protocolo de Pesquisa pelo CEP da FOP-UNICAMP (Artigo 1).....	..63
ANEXO 2: Certificado de aprovação do Protocolo de Pesquisa pelo CEP da FOP-UNICAMP (Artigo 2).....	..64
ANEXO 3: Carta de confirmação da submissão do artigo intitulado “ <i>External root resorption of the second molar associated with third molar impaction: comparison of panoramic radiography and cone beam computed tomography</i> ” ao periódico <i>International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>	..65
ANEXO 4: Declaração de não infração dos dispositivos da Lei nº 9.610/98	..66

Dedico este trabalho
Aos meus pais Miriam e Gilberto,
às minhas irmãs Ingrid e Milena e
ao meu namorado Luis Henrique.

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES**, pela concessão das bolsas DS (Demanda Social).

Agradeço à **Universidade Estadual de Campinas**, na pessoa do Reitor, **Prof. Dr. José Tadeu Jorge**.

À **Pró-Reitoria de Pós-Graduação (PRPG)** da Universidade Estadual de Campinas, pela concessão das bolsas PED B e C (Programa de Estágio Docente).

À **Faculdade de Odontologia de Piracicaba**, na pessoa do seu Diretor, **Prof. Dr. Jackes Jorge Júnior**.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Radiologia Odontológica**, na pessoa da Coordenadora, **Profa. Dra. Gláucia Maria Bovi Ambrosano**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por toda a luz, proteção, e por sempre me colocar no caminho certo.

Aos meus pais **Miriam de Lourdes Costa Oenning** e **Gilberto Oenning**, pelo amor incondicional, incentivo, e pelo exemplo de dedicação à Odontologia e ao Magistério.

Às minhas irmãs **Ingrid Costa Oenning** e **Milena Costa Oenning** pela grande amizade e compreensão.

Ao meu namorado **Luis Henrique Penteado Gullo**, por estar ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu irmão, grande amigo, conselheiro e responsável direto pela minha mudança de Florianópolis para Piracicaba, **Saulo Leonardo Sousa Melo**. Obrigada por me fazer acreditar sempre.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Francisco Haiter Neto**. Agradeço pela disponibilidade, atenção e por tudo o que eu aprendi, não somente sobre Radiologia e docência, mas também por ser exemplo de alguém que trabalha com afinco e mantém a humildade. Obrigada, sobretudo, pela confiança em mim depositada.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Radiologia Odontológica, **Prof. Dr. Frab Norberto Boscolo, Profa. Dra. Solange Maria de Almeida, Profa. Dra. Deborah Queiroz de Freitas França e Profa. Dra. Glaucia Maria Bovi Ambrosano**. Agradeço pelos valiosos ensinamentos transmitidos.

Ao **Prof. Dr. Francisco Carlos Groppo** pelo auxílio na execução do presente trabalho e pelas palavras de motivação.

Ao **Prof. Dr. Márcio de Moraes, Profa. Dra. Solange Maria de Almeida, Profa. Dra. Deborah Queiroz de Freitas França, Profa. Dra. Rivea Inês Ferreira, Prof. Dr. Luiz Roberto Coutinho Manhães Júnior, Prof. Dr. Matheus Lima de Oliveira, Prof. Dr. Felipe Bevilacqua Prado, Prof. Dr. Sergio Lins De Azevedo Vaz e Prof. Dr. Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes** pela contribuição e disponibilidade para participação nos exames de qualificação e defesa de tese.

À secretária da Radiologia **Luciane Sattolo**, aos funcionários e técnicos da clínica de Radiologia **Waldeck Moreira, Fernando Andrade e Giselda Gonçalves**, e às funcionárias do laboratório de Morfologia e Histologia **Maria Aparecida Varela e Eliene Narvaes**. Obrigada pela amizade e pela dedicação com a qual vocês trabalham.

Aos alunos do curso de graduação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, agradeço pela oportunidade de aprender a ensinar. Obrigada pelos questionamentos que eu pude responder, pois me fizeram acreditar na minha formação como professora. No entanto, agradeço especialmente pelas perguntas que eu não soube responder, pois estas me fizeram estudar ainda mais.

Aos professores e amigos da Universidade Federal de Santa Catarina, **Prof. Dr. Cleo Nunes de Sousa, Profa. Dra. Liliane Janete Grando, Prof. Dr. Filipe Modolo, Profa. Dra. Maria Inês Meurer, Profa. Dra. Elena Riet Rivero, Prof. Dr. Marcio Correa, Prof. Dr. Edemir Costa, Prof. Dr. Murillo Abreu Júnior, Profa. Dra. Inês Vilain**, que sempre me incentivaram e me mostraram o melhor caminho.

A todos os amigos que conheci na FOP/UNICAMP. Nestes quatro anos de jornada, tive a oportunidade de conhecer e conviver com pessoas inesquecíveis que se tornaram parte de um dos períodos mais importante da minha vida. Agradeço a todas elas, especialmente aos amigos **Sérgio Lins de Azevedo Vaz, Karla Rovaris, Carolina Cintra, Débora de Melo Távora, Ilana Queiroga, Maria Augusta Visconti, Monikelly Nascimento**, pela confiança, cumplicidade e pelos momentos incríveis que compartilhamos!

Agradeço aos amigos **Matheus Oliveira, Daniela Brait, Carolina Cintra, Luciana Aguiar, Amanda Araújo, Manuella Belém, Luana Bastos, Monikelly Nascimento, Débora Távora, Carla Klamt, Frederico Neves, Isabela Crusoé, Laura Sotelo** pela excelente recepção, por terem feito eu sentir-me em casa.

Agradeço aos amigos **Gabriella Rezende, Phillipe Nogueira, Frederico Neves, Rodrigo Prado, Alexandre Freire, Sergio Lins de Azevedo Vaz, Saulo Leonardo Sousa Melo, Thiago Gamba e Maria Beatriz Alonso** pela parceria e importante contribuição nos trabalhos científicos.

À minha família de Limeira, **Zilá Penteado de Oliveira, Humberto Gullo, Humberto Gullo Júnior, Paula Gullo, Gabriela Gullo, Thiago Gullo** e **Vania Molke** por tornar meus dias por aqui mais alegres.

Aos amigos de longe, mas sempre presentes, **Carolina Faust, Daniela Pita, Karen Melina Trichês, Lilian Búrigo, Lúcio Kurita, Michelle Kaster, Pâmela Ribas** e **Vanessa Thiesen**.

À **Sonia Argollo** pelo inestimável trabalho de revisão de texto.

INTRODUÇÃO

As impatações dentárias constituem importantes condições em Odontologia, em virtude da sua alta frequência, além da possibilidade de desenvolvimento de manifestações clínicas associadas que podem ter severidade variável, sendo de ordem local, regional ou sistêmica (Almendros-Marqués et al., 2008). Dentes impactados são aqueles que não irromperam normalmente no arco dentário dentro do tempo esperado, em decorrência de uma barreira física localizada na trajetória de erupção. Nesse contexto, os terceiros molares, por serem os últimos dentes a erupcionarem nos arcos, são muito sujeitos à impatação, já que, muitas vezes, o espaço presente é insuficiente para o posicionamento adequado (Peterson, 2000). Esse provável fator causal, associado a outros descritos na literatura, tais como a limitação do crescimento esquelético, a erupção mais distal da dentição, o crescimento da cabeça da mandíbula no sentido vertical e o aumento do tamanho das coroas dentárias, contribui para que 40% dos terceiros molares tornem-se parcialmente ou completamente impactados no osso alveolar, aparecendo como os primeiros em frequência dentre as impatações dentárias, seguidos pelos caninos superiores e pré-molares inferiores (Yamalik & Bozkaya, 2008). Acredita-se, ainda, que o processo de evolução maxilomandibular ao longo das gerações, com a substituição da alimentação de consistência mais resistente por uma dieta constituída por alimentos cozidos, cremosos ou pastosos, que exigem pouco esforço mastigatório, tenha interferido sobremaneira no menor desenvolvimento das estruturas maxilomandibulares e, como consequência, nessa maior taxa de impatação dentária (Weismann, 1990).

Frequentemente, os cirurgiões-dentistas, em seus planos de tratamento, decidem pela remoção ou manutenção de um terceiro molar impactado. Sabe-se que esses dentes apresentam um potencial de produzir condições patológicas associadas que podem variar desde lesões de cárie nos terceiros ou segundos molares adjacentes até graves infecções sistêmicas originadas em lesões de pericoronarite (Yamalik & Bozkaya, 2008). No entanto, um terceiro molar pode permanecer impactado sem que haja qualquer

repercussão patológica durante seu ciclo de vida, fato este que, por muitos anos, tem colocado a literatura em discussão acerca da real necessidade da remoção profilática desses dentes (Lysell & Rohlin, 1988; Kahl et al., 1994; Yamaoka et al., 1995; van der Linden et al., 1995; Knutsson et al., 1996; Al-Khateeb & Batained, 2006). Ainda assim, estima-se que a proporção de terceiros molares impactados que são extraídos sem qualquer justificativa clínica esteja entre 18 e 57%, o que demonstra que a remoção profilática ainda figura como uma prática universalmente aceita (Adeymo, 2006). Em virtude disso, diversas pesquisas foram realizadas com o propósito de investigar a ocorrência e determinar a prevalência dessas condições patológicas associadas, correlacionando dados clínicos com exames radiográficos (Yamaoka et al. 1999; Al-Katheeb et al., 2006; Arkaslan & Kocabay, 2009; Falci et al. 2012). Além das lesões de cárie e de pericoronarite já mencionadas, os terceiros molares impactados podem contribuir para a perda óssea na região, infecção periapical, desenvolvimento de lesões císticas e tumorais, edema e ulceração da mucosa e a reabsorção externa da raiz do dente adjacente (Kahl et al., 1994; Van der Linden et al., 1995; Knutsson et al., 1996; Nemcosky et al., 1996; Yamaoka et al. 1999; Al-Katheeb et al., 2006; Arkaslan & Kocabay, 2009; Falci et al. 2012).

A reabsorção radicular externa (RRE) em dentes permanentes pode ser causada por estímulos mecânicos ou inflamatórios (Benefatti, 1997). O diagnóstico, classificação e tratamento das RREs são diretamente dependentes da determinação desse fator de estímulo (Fuss et al., 2003). Dentre as possíveis etiologias descritas na literatura capazes de suscitar esse processo patológico de reabsorção encontram-se: a força promovida por aparatos ortodônticos, trauma dental, cistos ou tumores, infecção pulpar, regeneração ineficiente do periodonto em dentes transplantados ou reimplantados e a presença de um dente retido em íntimo contato com a raiz dentária (Benefatti, 1997; Yamaoka et al., 1999; Fuss et al., 2003; Armas et al., 2008). A RRE associada a um dente impactado é classificada como uma reabsorção por estímulo mecânico, sendo esta uma condição asséptica, geralmente assintomática, cujo dente envolvido apresenta vitalidade

pulpar, a menos que o fator etiológico (dente impactado) esteja localizado próximo ao forame apical, interferindo, dessa forma, no suprimento sanguíneo (Fuss et al., 2003). Estudos histológicos demonstraram que injúrias localizadas no ligamento periodontal e cemento radicular podem causar reabsorção de superfície, por substituição ou inflamatória (Andreasen, 1980; Andreasen, 1987; Nemcovsky et al., 1997). Dentre estas, a reabsorção radicular de superfície foi encontrada com maior frequência em segundos molares em íntimo contato com terceiros molares impactados, estando associada em algumas situações às reabsorções inflamatórias e de substituição, especialmente nos casos mais avançados (Nemcovsky et al., 1997). Esse tipo de reabsorção é geralmente detectado radiograficamente no sítio de contato da impactação, o que pode indicar que a pressão exercida pelo dente impactado seja um fator desencadeante para o processo de reabsorção (Nitzan et al., 1981; Yamaoka et al., 1999). Ademais, o defeito reabsortivo é geralmente “preenchido” pelo dente impactado (Fuss et al., 2009). No entanto, o mecanismo pelo qual um dente impactado induz à reabsorção no dente adjacente não está completamente esclarecido na literatura, e alguns autores também consideram a possibilidade de ocorrência de um mecanismo similar ao que ocorre de maneira fisiológica em dentes decíduos (Nitzan et al., 1981; Nemcosky et al., 1997; Kakuta et al., 2010). A presença de uma inflamação local (p. ex.: bolsa periodontal) pode ainda complicar, acelerar a reabsorção ou até mesmo estimular o epitélio reduzido do dente impactado a secretar mediadores inflamatórios envolvidos com o recrutamento de células clásticas (Nemcosky et al., 1997; Yamaoka et al., 1999). Apesar dessas possíveis etiologias e mecanismos biológicos serem descritos na literatura como hipóteses que, de maneira isolada ou combinada, sejam responsáveis pela reabsorção que ocorre em dentes adjacentes a outros impactados, a pressão mecânica exercida pela força eruptiva de um dente impactado aparece como o fator etiológico mais aceito em estudos clínicos (Bjerklin & Ericson, 2006; Algerban et al., 2011; Kakuta et al., 2010; Pai & Khosla, 2012; Strbac et al., 2013).

Relatos publicados nos anos de 1970 chamaram a atenção dos cirurgiões-dentistas para a particularidade da RRE que ocorre em dentes adjacentes a terceiros molares impactados, podendo levar à perda do segundo molar reabsorvido de maneira insidiosa, sem manifestar qualquer sinal ou sintoma clínico (Romero, 1971; Oles, 1979). Além disso, a sobreposição radiográfica entre a coroa do dente em erupção e a raiz do dente adjacente torna o diagnóstico precoce uma tarefa difícil, fazendo com que essas reabsorções sejam detectadas somente quando já atingiram uma grande parte do dente. Holcomb e colaboradores (1983) descreveram o procedimento de apicificação, com trocas sucessivas de medicação intracanal para estimular o fechamento do ápice, em um segundo molar severamente reabsorvido no sítio de contato com o terceiro molar impactado. Os autores obtiveram excelentes resultados com o tratamento endodôntico, tanto em relação à regeneração óssea perirradicular como na interrupção do processo de reabsorção. Anos depois, Girdler (1992) relatou um caso em que um acompanhamento radiográfico realizado 3 anos após a radiografia inicial não foi suficiente para evitar a migração do terceiro molar para a região do segundo molar, causando a reabsorção completa das raízes deste dente. Já Wang (1992) alertou para a possibilidade de ocorrência desse tipo de reabsorção até mesmo em segundos molares superiores, e defendeu a exodontia do segundo molar com a preservação do terceiro molar em erupção como a melhor alternativa de tratamento para os casos de reabsorções avançadas. Recentemente, Vivekananda & Khosla (2012) também descreveram a reabsorção em um segundo molar superior causada por um terceiro molar impactado, no entanto, optaram pela extração do terceiro molar e ressecção radicular parcial do segundo molar associada ao tratamento endodôntico.

Além dos relatos de casos supracitados, é possível encontrar na literatura estudos retrospectivos e de caso-controle que descreveram a ocorrência e prevalência da RRE em segundos molares na região de contato com terceiros molares impactados, detectada em exames radiográficos bidimensionais. Nessas condições, a RRE foi pouco diagnosticada em muitos estudos, com taxas de detecção inferiores a 1% das amostras

estudadas (van der Linden et al., 1995; Yamaoka et al., 1999; Chu et al., 2003; Al-Khateeb & Bataineh, 2006). Apesar disso, porcentagens superiores, que variam de 7 a 24%, são também descritas na literatura em pesquisas retrospectivas e estudos longitudinais que utilizaram radiografias periapicais e panorâmicas (Nitzan et al., 1981; Kahl et al., 1994; Nemcovsky et al., 1995). É importante também salientar a dificuldade que existe na distinção entre uma lesão cariosa envolvendo a face distal de um segundo molar e uma lesão de reabsorção radicular. Além disso, a dinâmica infecciosa da cavidade oral favorece a infecção secundária de lesões primariamente assépticas (Stanley et al., 1988; Chu et al., 2003).

A posição anatômica de um terceiro molar impactado é uma variável importante para a determinação da dificuldade de extração e o risco de complicações pós-operatórias, além de influenciar no aparecimento de condições patológicas associadas à impactação desses dentes (Peterson, 2000; Yamalik & Bozkaya; 2008; Akarslan & Kocabay, 2009). Tradicionalmente, os terceiros molares são classificados de acordo com o sistema de Pell & Gregory, que está baseado na profundidade do terceiro molar e relação com o ramo mandibular, e a classificação de Winter, que se fundamenta na inclinação do terceiro molar em relação ao segundo molar adjacente. Ambas são baseadas em parâmetros clínicos e principalmente radiográficos, sendo que, dentre estas, a classificação de Winter, além de mais simples, tem demonstrado melhores valores de reprodutibilidade intra e inter-examinador (Almendros-Marqués et al., 2008). As pesquisas também têm mostrado que as inclinações mesiais aumentam a probabilidade de um terceiro molar impactado desencadear uma lesão associada, estando entre estas a RRE do dente adjacente (Knutsson et al., 1996; Nemcovsky et al., 1996, Akarslan & Kocabay, 2009).

Com o advento da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) no final da década de 90, novas possibilidades clínicas e científicas surgiram na Odontologia (Mozzo et al., 1998; Arai et al., 1999). Antes disso, a Tomografia Computadorizada Axial ou

de Feixe em Leque (TC), utilizada principalmente para fins médicos, figurava como o único recurso tridimensional computadorizado para avaliação dos tecidos ósseos, dentários e espaços aéreos maxilomandibulares, sendo prioritariamente solicitada na Odontologia por cirurgias bucomaxilofaciais e implantodontistas, para a avaliação de lesões amplas envolvendo o complexo maxilomandibular, pacientes politraumatizados, planejamento de cirurgias ortognáticas e avaliação da espessura óssea do rebordo alveolar edêntulo. A introdução da TCFC na Odontologia possibilitou a indicação de imagens tridimensionais pelas diversas especialidades odontológicas com propósitos adicionais distintos dos habituais, uma vez que a mesma apresenta importantes vantagens sobre a TC, especialmente no que concerne à menor dose de radiação ionizante emitida e ao menor custo para o paciente (Ziegler et al., 2002; Miracle et al., 2009). Segundo Chau & Fung (2009), a dose nas glândulas salivares pela TC (7,49 mGy) é oito vezes maior do que pela TCFC (0,96mGy). Ademais, as imagens por TCFC apresentam resoluções espacial e de contraste adequadas para o diagnóstico dos tecidos com densidade óssea e dentária, prestando-se, dessa forma, para a análise de alterações discretas envolvendo os dentes e estruturas de suporte, tais como lesões inflamatórias periapicais em estágio inicial, fraturas radiculares e reabsorções dentárias internas e externas (Melo et al., 2010; De-Azevedo-Vaz et al., 2012; Liang et al., 2013; Ren et al., 2013).

Em relação ao diagnóstico das reabsorções radiculares, a TCFC tem demonstrado desempenho superior quando comparada aos exames radiográficos bidimensionais, em estudos *in vitro* e *in vivo* (Vasconcelos et al., 2012; Ren et al., 2013). A possibilidade de avaliação dos dentes e estruturas adjacentes livres de sobreposições e nos três planos do espaço traz benefícios inegáveis ao diagnóstico de alterações na morfologia e na integridade das raízes dentárias em íntimo contato com lesões ósseas e dentes retidos (Alqerban et al., 2011). Nesse contexto, os estudos disponíveis na literatura que abordaram a RRE que ocorre em dentes adjacentes a outros impactados envolveram, em sua grande maioria, caninos retidos e sua repercussão em incisivos centrais e laterais, bem como a alteração no planejamento cirúrgico e ortodôntico mediante a avaliação

tridimensional realizada por meio de imagens de TC e TCFC (Ericson, 2000; Walker et al., 2005; Bjerklin & Ericson, 2006; Liu et al., 2008; Alqerban et al., 2009; Haney et al., 2010; Alqerban et al., 2011;). Nesses casos, sabe-se que as imagens tridimensionais são capazes de agregar informações valiosas para o diagnóstico e planejamento, aumentar a previsibilidade das intervenções e consequentemente o sucesso do tratamento (Kapila et al., 2011).

Como previamente mencionado, até o momento os estudos que abordaram a RRE em segundos molares adjacentes a terceiros molares impactados relataram casos clínicos, enfocaram as alternativas de tratamento e descreveram a ocorrência e prevalência da condição baseada em dados clínicos, análises histológicas e exames radiográficos convencionais. A análise tridimensional da RRE causada por dentes impactados restringe-se, na literatura, à avaliação de caninos retidos no contexto da Ortodontia. Diante do exposto, o presente trabalho propôs-se a comparar a radiografia panorâmica com a TCFC no diagnóstico da RRE em segundos molares associada a terceiros molares impactados. Adicionalmente, buscou-se relacionar a localização (arco superior ou inferior) e a inclinação do terceiro molar de acordo com a classificação proposta por Winter com a presença da RRE no segundo molar. Em terceiros molares inferiores mesioinclinados, que produzem maiores superfícies de contato com os segundos molares, investigou-se também a relação entre a idade, sexo dos indivíduos e profundidade do terceiro molar (análise subjetiva e classificação de Pell & Gregory) com a presença da RRE.

Com isso, foi possível a investigação da quantidade de informação adicional obtida por meio da modalidade tridimensional de imagem (TCFC), fornecendo, dessa forma, subsídios aos cirurgiões-dentistas e à comunidade científica acerca dos critérios de indicação da TCFC em Odontologia e da necessidade de remoção profilática de um terceiro molar impactado assintomático.

Este trabalho foi desenvolvido no formato alternativo, conforme Deliberação número 002/06 da Comissão Central de Pós-Graduação (CCPG) da Universidade Estadual

de Campinas (UNICAMP), que permite a inclusão de artigos já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas como capítulos da tese.

CAPÍTULO 1

Este artigo foi submetido à apreciação, visando publicação, pelo periódico *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, considerado Qualis A1 pela CAPES. A formatação do artigo baseou-se nas “Instruções aos Autores” preconizadas pela editora do periódico.

External root resorption of the second molar associated with third molar impaction: comparison of panoramic radiography and cone beam computed tomography

Anne Caroline Costa Oenning¹, Frederico Sampaio Neves¹, Phillipe Nogueira Barbosa Alencar¹, Rodrigo Freire Prado¹, Francisco Carlos Groppo², Francisco Haiter-Neto¹

¹Department of Oral Diagnosis, Division of Oral Radiology, Piracicaba Dental School, State University of Campinas, Piracicaba, São Paulo, Brazil

²Department of Morphology, Division of Pharmacology, Piracicaba Dental School, State University of Campinas, Piracicaba, São Paulo, Brazil

Address correspondence to: Anne Caroline Costa Oenning

Piracicaba Dental School, State University of Campinas, Department of Oral Diagnosis, Av. Limeira, 901, PO Box 52, 13414-903 Piracicaba, SP, Brazil;

e-mail: anne.oenning@gmail.com

Key words: third molar; external root resorption; cone-beam computed tomography; panoramic radiography.

Short Title: Root resorption caused by third molar impaction

Abstract

The aim of this study was to compare panoramic radiography and cone beam computed tomography (CBCT) for the assessment of external root resorption (ERR) of second molars associated with impacted third molars. The sample consisted of 66 individuals with impacted third molars ($n=188$) seen on panoramic and CBCT images. The presence of ERR

on the adjacent second molar was investigated and the position of maxillary and mandibular third molars was determined using the Winter's classification (vertical, horizontal, mesioangular, distoangular, and transverse). Statistical analysis was performed using the chi-square test, Fisher exact test, two-proportion Z test and simple logistic regression (significance level was set at 5%). There was a statistically significant difference between teeth that showed ERR and those without ERR in both images ($P = 0.0001$). A significantly higher number of cases of ERR was diagnosed by CBCT images than on panoramic radiographs ($P=0.0001$). The agreement between the panoramic radiographs and CBCT for diagnosing ERR was 4.3%. Mandibular third molars in mesioangular and horizontal inclinations were more likely to cause resorption of the adjacent teeth. The results showed that CBCT should be indicated when a direct contact between the mandibular second and third molars is observed on panoramic radiography, especially mesioangular or horizontal impactions.

Introduction

An impacted tooth is one that is precluded from erupting normally because of malposition, lack of space, or when there is a physical barrier in its eruption trajectory. These impacted teeth can lead to various symptoms and pathologic conditions. Impacted third molars (average eruption age, 17–21 years) rank first in frequency of impacted teeth¹. The literature shows that these teeth can be associated with some pathologic conditions such as pericoronitis, swelling, cheek ulceration^{2–4}, caries lesions^{2,4–7}, bone loss^{2,4,5}, odontogenic cysts or tumors^{2,4,6}, and resorption of the adjacent teeth^{2,4–6,8–13}.

External root resorption (ERR) of permanent teeth is believed to result from mechanical or inflammatory factors, such as the force pressure of orthodontic appliances, dental trauma, cysts or tumors, chronic apical periodontitis, and poor regeneration of the periodontium in reimplanted or transplanted teeth^{14,15}. Another factor frequently associated with ERR of second molars is the presence of a nonerupted third molar in close proximity to the root of the second molar^{4,6,11,13,16}. This type of root resorption has been found at the site of contact with the impacted tooth, which could indicate that the

pressure exerted by the impacted tooth participates in the resorption process^{9,13}. Although this mechanism of resorption is not yet entirely clear, some authors consider it similar to the mechanism involved in the resorption of deciduous teeth^{9,16}. An inflammatory process (e.g. periodontal loss) can complicate the condition or even stimulate the reduced dental epithelium of the impacted tooth to secrete inflammatory mediators involved in osteoclast recruitment and mineralized tissue resorption^{13,16}. Experimental animal studies^{17,18} and finite element analysis¹⁹ have shown that the dental follicle is involved in bone resorption and formation of an eruption pathway. However, the underlying mechanism of root resorption has not yet been defined²⁰.

Three-dimensional imaging techniques, such as computed tomography (CT), have proved to be superior to two-dimensional techniques such as radiography, with a 50% higher detection rate of ERR associated with unerupted maxillary canines²¹⁻²³. However, the use of CT for routine analysis of impacted teeth is not justified because of the higher effective dose of radiation²⁴. Cone beam computed tomography (CBCT) has been found to be extremely useful in the diagnosis of this type of root resorption^{25,26}. CBCT scans produce an adequate image quality of the maxillofacial region using lower doses of radiation than CT developed for medical applications^{27,28}. Other advantages of CBCT over CT are the relatively low cost and fewer artifacts^{29,30}.

Most of the available data on ERR of second molars associated with unerupted third molars comes from case reports^{8,10,11} and retrospective studies on panoramic and periapical radiographs^{2,4-6,9,12,13}. In addition, there has been no direct comparison of panoramic imaging and CBCT, especially related to the amount of extra information provided by three-dimensional images. The information available is still limited, which emphasizes the need for further research on this condition. Therefore, the aim of this study was to compare panoramic radiography and CBCT images for the assessment of ERR of second molars associated with impacted third molars.

Materials and methods

This retrospective study included 111 patients (42 males and 69 females) selected on the basis of data from the Dental School, who had undergone preoperative examination of one or more impacted third molars (panoramic radiography and CBCT).. The study was carried out after ethical committee approval (protocol number 077/2011). Images of third molars with less than two-thirds of the root developed were excluded from the study; patients with radiologic evidence of intraosseous pathologies (e.g., cysts or tumors) associated with the third molars and extensive caries lesions on the second molars were also excluded. In some situations, the presence of high density materials (e.g., restoration, intracanal post, orthodontic or surgical screw) can produce beam hardening artifacts jeopardizing the CBCT images quality. If these artifacts were superimposed to the second molar roots precluding the correct diagnostic, the image was excluded. The final sample comprised 66 patients (25 males and 41 females), aged between 15 and 76 years (average 22.8 years), and 188 second molars (91 maxillary and 97 mandibular) adjacent to impacted third molars.

Digital panoramic radiographs were obtained using an Orthopantomograph OP100 D unit (Instrumentarium Corp., Imaging Division, Tuusula, Finland), operating at 66 kVp, 2.5 mA with an exposure time of 17.6 s. The images were exported in TIFF format from the original software. The tomographic images were acquired using a Classic i-CAT CBCT unit (Imaging Sciences International, Inc, Hatfield, PA, USA), operating at 120 kVp, 8 mA, with 0.25 mm voxel size and field of view of 13 X 17 cm, in order to include maxillary and mandibular third molars in the same scanning. The panoramic radiographs and the CBCT images were evaluated by two oral radiologists independently, on a computer monitor (21-inch LCD monitor, spatial resolution of 1280×1024 pixels), under dim lighting conditions. To be included in the study as observers, the oral radiologists had to have at least 3 years of experience with CBCT diagnosis. The panoramic radiographs were examined using ImageJ software (National Institutes of Health, USA) and all the CBCT images were analyzed on Xoran software (Xoran CAT, version 3.0.34, Xoran Technologies,

Ann Arbor, MI). The observers were free to use the software enhancement tools according to their own preference, in order to simulate a clinical situation. In cases of disagreement, the two observers discussed their findings until a final consensus was reached.

The observers were asked to state whether ERR on the distal surface of the second molars was present or absent. ERR was registered according to the criteria of Al-Khateeb and Bataineh⁶ when a clear loss of substance in the root of an adjacent second molar was detected. In addition, the position of the third molar was determined using a modification of Winter's classification: vertical, horizontal, mesioangular, distoangular, and transverse (rare inverted positions were not considered). The findings from the panoramic radiographs and the CBCT images were then subjected to statistical analysis.

The data were analyzed using Systat 13.0 (Cranes Software International, Chicago, IL, USA) and the panoramic and CBCT findings were compared using the chi-square test, the Fisher exact test, the two-proportion Z test, and simple logistic regression. The significance level was set at 5%.

Results

The complete profile of the final sample of third molars (number, distribution on the upper and lower jaws, and inclination) is shown in Table 1. The number of teeth with ERR was significantly lower than those without ERR (chi-square test, $P < 0.0001$) in both images (panoramic = 10 cases, 1 maxillary teeth and 9 mandibular teeth; CBCT= 43 cases, 13 maxillary teeth and 30 mandibular teeth). In addition, CBCT images showed significantly more ERR than the panoramic radiographs (chi-square test, $P < 0.0001$) (Table 2). The prevalence of ERR was 5.31% in the panoramic radiographs and 22.88% in the CBCT images (Table 2). Thus, CBCT images detected 4.3 times more ERR than the panoramic radiographs.

Table 1. Descriptive analyses of the third molars included in the sample.

Inclination	Upper	Lower	Total (%)
	third molars	third molars	
Distoangular	16	1	17 (9)
Horizontal	0	9	9 (4.8)
Mesioangular	6	59	65 (34.6)
Transverse	1	1	2 (1.1)
Vertical	68	27	95 (50.5)
Total	91	97	188 (100)

Table 2. Presence and absence of ERR in second molars detected in panoramic radiographs and CBCT images.

Image modality	With ERR(%)	Without ERR(%)	Total(%)
Panoramic radiographs	10 (5.31)	178 (94.69)	188 (100)
CBCT Images	43 (22.88)*	145 (77.12)	188 (100)

*Statistically significant difference, Chi-square test: $p < 0.0001$

Agreement between both methods regarding the presence of ERR occurred in 8 of 188 cases (4.3%), but overall agreement (teeth with and without resorption) occurred in 151 of 188 cases (80.3%) as shown in Table 3. Figure 1 presents a case of disagreement between the methods, where ERR was only detected on CBCT; an agreement situation is shown in Figure 2.

Table 3. Comparison between panoramic radiographs and CBCT images in the detection of ERR.

Panoramic radiography	CBCT images		Total (%)
	Absence (%)	Presence (%)	
Absence	143 (76)	35 (18.6)	178 (94.6)
Presence	2 (1.1)	8 (4.3)	10 (5.4)
Total	145 (77.1)	43 (22.9)	188 (100)

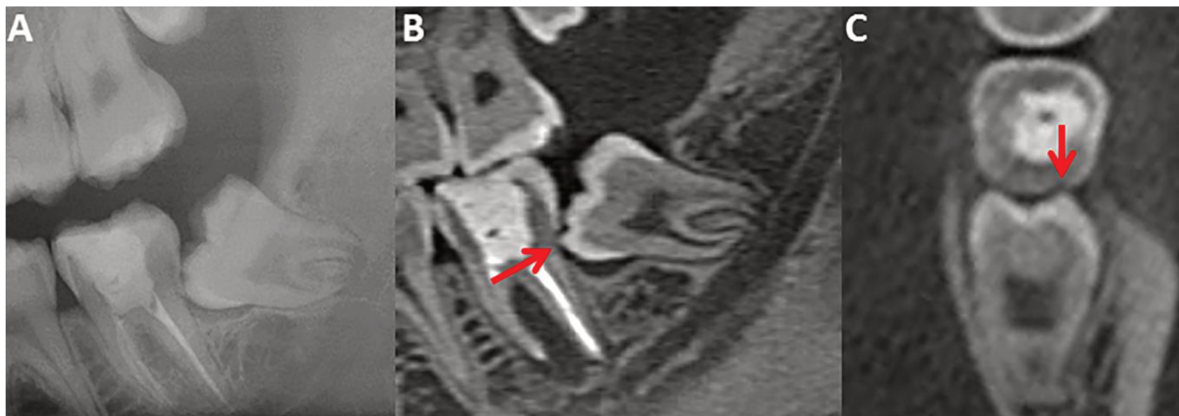


Fig. 1. The panoramic radiograph (A) did not show the ERR lesion of the mandibular left second molar. Arrows indicate ERR detected on the CBCT images (B: sagittal view; C: axial view).

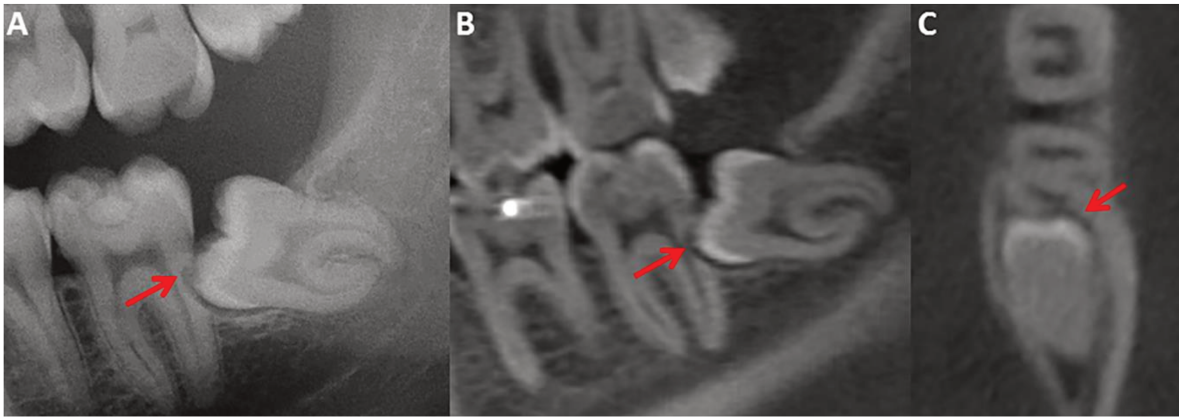


Fig. 2. Arrows indicate ERR of the mandibular left second molar detected on the panoramic radiograph (A) and CBCT images (B: sagittal; C: axial).

The frequency of ERR according to localization (upper or lower jaw) of the second molar is summarized in Table 4. ERR was most frequent in lower second molars in both panoramic radiographs (9 cases, Fisher exact test, $P=0.0189$) and CBCT images (30 cases, chi-square test, $P=0.011$). Figure 3 show a case of a rare maxillary ERR of the sample.

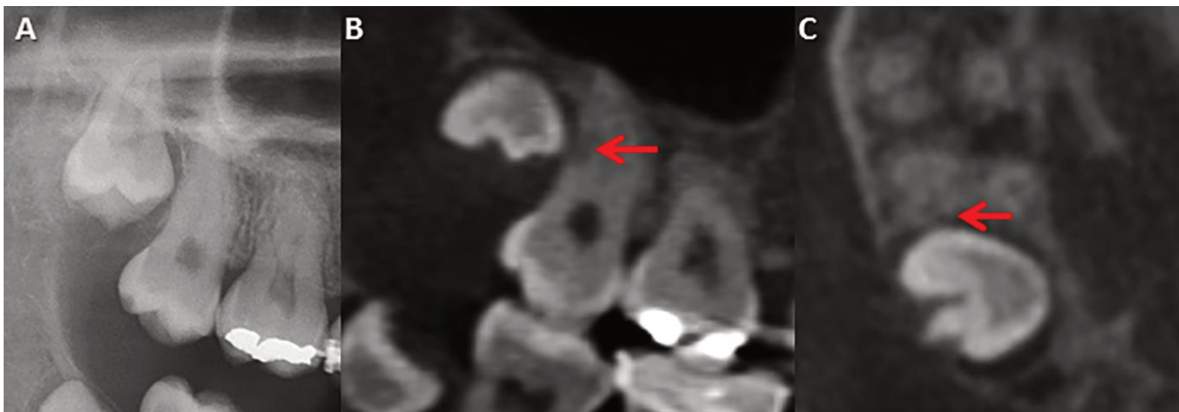


Fig. 3. Detection of ERR in the maxillary right second molar: Panoramic radiography (A) did not show the ERR lesion that was observed on CBCT images (B: sagittal; C: axial).

Table 4. Cases of ERR according to the localization (upper or lower jaw) of the second molar

Imaging technique	Presence of ERR	Tooth position	
		Upper second molar (%)	Lower second molar (%)
Panoramic radiography	No	90 (99)	88 (90.7)
	Yes	1 (1)	9 (9.3)*
CBCT	No	78 (85.7)	67 (69)
	Yes	13 (14.3)	30 (31)*

*Statistically significant difference, Chi-square test

The presence of ERR in the second molar was more correlated with mesioangular third molars than vertical third molars (two-proportion Z test; $P=0.0195$, panoramic radiographs; $P=0.0131$, CBCT). However, mesioangular third molars had a similar proportion of ERR in the second molar than horizontal third molars ($P=0.9753$, panoramic radiographs; $P=0.5325$, CBCT). Horizontal third molars had a higher proportion of ERR in the second molar than vertical third molars on CBCT images ($P=0.0446$) but not on the panoramic radiographs ($P=0.1229$), as shown in Table 5. In general, mesioangular and horizontally impacted third molars were most often associated with ERR.

Table 5. Relative proportion of ERR according to the third molar inclination (modified Winter's classification).

Third molar inclination	Panoramic radiographs (%)	CBCT images (%)
Mesioangular (<i>n</i> = 65)	7 (10.77)*	22 (33.85)*
Vertical (<i>n</i> = 95)	2 (2.11)	16 (16.84) [†]
Horizontal (<i>n</i> = 9)	1(11.11)	4 (44.44)
Distoangular (<i>n</i> = 17)	-	1 (5.88)
Transverse (<i>n</i> = 2)	-	-
Total (<i>n</i> = 188)	10 (5.32)	43 (22.87)

*Statistically significant difference with vertical inclination, two-proportion Z test

[†]Statistically significant difference with horizontal inclination

Simple logistic regression between ERR detected on CBCT and panoramic images showed that the probability of detecting ERR on CBCT images is 16 times higher (odds ratio 16.3; 95% confidence interval 3.32–80.38; $P=0.0006$) when the ERR is also diagnosed on panoramic radiographs. There is a 19.7% chance of detecting ERR on CBCT when it is not seen on the panoramic radiographs.

Discussion

ERR on second molars is one of the complications associated with third molar impaction^{8–12,16,31} and it is believed that CBCT is an alternative method for detection and assessment before deciding on extraction or maintenance of a third molar. Information on the actual prevalence and the diagnostic possibilities of this pathologic condition are needed so that oral surgeons can choose the best treatment modality. Furthermore, there have been many publications on the application of CBCT, and evaluation of this three-dimensional modality by comparing it with conventional methods is necessary.

The correct diagnosis of dental impaction requires a detailed anamnesis, clinical examination, and the use of complementary tests to ensure that correct treatment decisions are made. A precise radiographic diagnosis is essential to evaluate the possible outcomes related to unerupted third molars³². In oral and maxillofacial surgery, panoramic radiography is initially requested to assess unerupted third molars and to estimate the risk of inferior alveolar nerve damage³³. In addition, it can be used to evaluate the presence of ERR, distal caries, and periodontal bone loss in second molars⁵. However, this imaging modality, like all two-dimensional radiographs, involves several potential sources of misinterpretation, such as image enlargement, distortion due to projection errors, blurred images, and complex maxillofacial structures when projected onto a two-dimensional plane^{20,34}. Intraoral images, such as periapical radiographs, are also indicated to evaluate the integrity of the distal surface of the second molar^{9,12,13}. In the present study, periapical radiographs were not performed to avoid further radiation exposure and because they have the same constraints as panoramic imaging³⁴.

Assessment of root resorption and changes in root surface morphology usually requires three-dimensional information, especially at the early stages²⁰. The present study highlights the fact that the CBCT allowed validation of the relationship between the second and third molars. In 35 cases, ERR of the second molars was observed in the CBCT images but not in the panoramic radiographs. The two methods agreed on the ERR status in only 8 cases (4.3%). Similar results were found by Algerban et al.³⁴ in a study on canine impaction. Comparing panoramic radiographs with two CBCT units, these authors detected more lateral incisor root resorption using three-dimensional images. This could be attributed to the fact the CBCT images provide diagnostic information in the sagittal, axial, and coronal planes without overlap of structures; panoramic radiographs, on the other hand, lack the third dimension.

In our study, based on CBCT images, 13 cases of ERR were associated with maxillary second molars and 30 cases were associated with mandibular second molars, giving a ratio of maxilla to mandible of 1:2.3. A higher number of cases of resorption in

lower second molars was also found in similar studies using periapical radiographs⁹ and panoramic radiographs⁵. Our results can be justified by the complex process of third molar eruption, particularly the mandibular teeth. The factors related to impaction of third molars are lack of space, limited skeletal growth, distal eruption of dentition, vertical condylar growth, increased crown size, and late maturation of third molars^{3,35}. Other authors have attributed this high rate of impingement, especially in mandibular teeth, to late formation and the phylogeny of the mandible, which result in lack of space for normal eruption³⁶.

Knutsson et al.² evaluated 666 patients before removal of mandibular third molars and found that 548 patients had pathologic conditions associated with this situation. Root resorption of the second molar was found on the radiographs of only 1% of these cases (7 second molars). This prevalence is low in most studies ranging from <1% to 4.7%³⁷, 0.3%⁶, 0.9%⁵, 1.4%⁴, and 7%⁹. Nemcovsky et al.¹² found a higher prevalence of root resorption (24.2%) in a sample of 186 periapical radiographs of third/second molars, similar to the value in the present study on CBCT images (22.87%). Nemcovsky et al.¹² believe that their choice of a sample of completely nonerupted third molars contributed to this higher prevalence, because partially erupted teeth could extend the inflammatory process to lower resistance areas without calcified tissues, thus reducing the pressure on the roots of the second molar. In the present research, unlike the study of Nemcovsky et al.¹², partially erupted third molars were included as well as completely nonerupted teeth. Therefore, this criterion cannot be used to justify the higher prevalence of ERR on the CBCT images in our study. We believe that the results of the present research can be explained by the better diagnostic ability of CBCT images compared with two-dimensional radiographs^{25,34}.

The literature shows that the position and angulation of third molars have an impact on the pathologies and symptoms associated with this condition^{3,4}. In the present research, mesioangular and horizontal third molars were more associated with ERR on the second molars, although the horizontal inclination is not so prevalent. These findings

corroborate studies that evaluated this relationship on conventional radiographs^{2,12}. The mesial inclinations, mesioangular and horizontal, have a bigger area of contact between the third and second molars, leading us to believe that the inflammatory process is more severe and has a greater potential to damage the dental surface.

The presence of root caries lesions on the distal surface of the second molars included in this research cannot be completely discounted. However, some signs are more associated with caries lesions, such as the relation between radiolucency and the oral environment and the presence of a gap between the third and second molars that favors food retention^{7,38}. In addition, in a histologic study of 8 teeth diagnosed with ERR by conventional intraoral radiographs, resorption was apparent histologically in all teeth¹⁶. The results of this study indicate that radiographic distinction between ERR and distal caries on second molars in proximity to impacted third molars is generally reliable.

For many years, removing or retaining unerupted third molars has been a subject of discussion in the dental literature. The decision to remove third molars associated with pathologic changes is often straightforward^{6,12,36,38}, but prophylactically removing an asymptomatic third molar may not be an easy decision. The detrimental effect on the adjacent second molar should be considered during the decision-making process¹². We believe that when the diagnosis of ERR is confirmed, especially on CBCT images, the oral surgeon should carefully evaluate the case and consider extraction of the third molar followed by restoration, endodontic treatment of the second molar, or even resection of the affected root, if necessary³¹. However, in some cases, a thin layer of dentin appears between the resorptive defect and the pulp or the apical locations of this defect make it unrestorable^{8,12}. Fused roots or high trifurcation can also preclude root resection⁸. In all these situations of severe resorption, especially those accompanied by loss of periodontal support, extraction of the second molar and maintenance of the third molar (spontaneous or active eruption) could be considered. CBCT images play an important role in this treatment decision.

One limitation of the present research is that ERR was diagnosed only by radiographs and tomographs, without correlation with clinical or intraoperative information. This was because direct visualization of the defect during and after extraction of the third molar is difficult. In addition, for ethical reasons, the histopathological analysis of the resorbed defects was not indicated. In order to provide better scientific evidence for the conclusions in this study, longitudinal research must be conducted by evaluating patients over time.

CBCT should not be used routinely for assessment of unerupted teeth in the context of root resorption diagnosis, but it may be indicated when conventional intraoral radiography does not supply adequate information³⁹. However, the use of CBCT for localizing lower third molars in relation to the mandibular canal is well established in the literature to improve surgical planning and inform the patient more adequately about the risk of nerve damage⁴⁰. Images acquired for that specific indication (relation between canal and third molar root) may also be used to evaluate the integrity or resorption of the distal surface of second molars. Using CBCT to provide the maximum data possible would benefit patients and avoid additional radiation exposure.

According to our results and taking into consideration the three-dimensional information obtained from CBCT, we found that a significantly higher number of cases of ERR were detected by means of CBCT. The most common inclinations of third molars associated with ERR in the second molar were mesioangular and horizontal. In conclusion, when direct contact between the second molar and an unerupted mandibular third molar is observed on panoramic radiographs, especially in mesioangular or horizontal third molars, CBCT should be used to provide better evaluation of the case.

References

1. Tymofiyev O, Rottner K, Jakob PM, Richter E-J, Proff P. Three-dimensional localization of impacted teeth using magnetic resonance imaging. Clin Oral Investig 2010; 14: 169–176.

2. Knutsson K, Brehmer B, Lysell L, Rohlin M. Pathoses associated with mandibular third molars subjected to removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 82: 10–17.
3. Yamalik K, Bozkaya S. The predictivity of mandibular third molar position as a risk indicator for pericoronitis. *Clin Oral Investig* 2008; 12: 9–14.
4. Akarslan ZZ, Kocabay C. Assessment of the associated symptoms, pathologies, positions and angulations of bilateral occurring mandibular third molars: is there any similarity? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 108: e26–e32.
5. Van der Linden W, Cleaton-Jones P, Lownie M. Diseases and lesions associated with third molars. Review of 1001 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; 79: 142–145.
6. Al-Khateeb TH, Bataineh AB. Pathology associated with impacted mandibular third molars in a group of Jordanians. *J Oral Maxillofac Surg* 2006; 64: 1598–1602.
7. Falci SG, de Castro CR, Santos RC, de Souza Lima LD, Ramos-Jorge ML, Botelho AM, Dos Santos CR. Association between the presence of a partially erupted mandibular third molar and the existence of caries in the distal of the second molars. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012; 41: 1270–1274.
8. Oles RD. Root resorption associated with impacted third molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1979; 48: 281.
9. Nitzan D, Keren T, Marmary Y. Does an impacted tooth cause root resorption of the adjacent one? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981; 51: 221–224.
10. Girdler NM. The unpredictability of impacted third molar development- the danger of passive observation. *Br Dent J* 1990; 168: 92.

11. Wang HY. Root resorption associated with impacted maxillary third molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 73: 765–766.
12. Nemcovsky CE, Libfeld H, Zubery Y. Effect of non-erupted 3rd molars on distal roots and supporting structures of approximal teeth. A radiographic survey of 202 cases. *J Clin Periodontol*. 1996; 23: 810–815.
13. Yamaoka M, Furusawa K, Ikeda M, Hasegawa T. Root resorption of mandibular second molar teeth associated with the presence of the third molars. *Aust Dent J*. 1999; 44: 112–116.
14. Benenati FW. Root resorption: types and treatment. *Gen Dent* 1997; 45: 42–45.
15. Armas JM, Savarrio L, Brocklebank LM. External apical root resorption: two case reports. *Int Endod J* 2008; 41: 997–1004.
16. Nemcovsky CE, Tal H, Pitaru S. Effect of non-erupted third molars on roots of approximal teeth. A radiographic, clinical and histologic study. *J Oral Pathol Med* 1997; 26: 464–469.
17. Marks SC Jr, Cahill DR. Experimental study in the dog of the non-active role of the tooth in the eruptive process. *Arch Oral Biol* 1984; 29: 311–322.
18. Ericson S, Bjerklin K, Falahat B. Does the canine dental follicle cause resorption of permanent incisor roots? A computed tomographic study of erupting maxillary canines. *Angle Orthod* 2002; 72: 95–104.
19. Sarrafpour B, Swain M, Li Q, Zoellner H. Tooth eruption results from bone remodelling driven by bite forces sensed by soft tissue dental follicles: a finite element analysis. *PLoS One* 2013; 8: e58803.

20. Strbac GD, Foltin A, Gahleitner A, Bantleon HP, Watzek G, Bernhart T. The prevalence of root resorption of maxillary incisors caused by impacted maxillary canines. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 553–564.
21. Ericson S, Kurol PJ. Resorption of incisors after ectopic eruption of maxillary canines: a CT study. *Angle Orthod* 2000; 70: 415–423.
22. Bjerklin K, Ericson S. How a computerized tomography examination changed the treatment plans of 80 children with retained and ectopically positioned maxillary canines. *Angle Orthod* 2006; 76: 43–51.
23. Algerban A, Jacobs R, Souza PC, Willems G. In-vitro comparison of 2 cone-beam computed tomography systems and panoramic imaging for detecting simulated canine impaction-induced external root resorption in maxillary lateral incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136: 764.e1–764.e11.
24. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P: Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006; 72: 75–80.
25. Liu DG, Zhang WL, Zhang ZY, Wu YT, Ma XC. Localization of impacted maxillary canines and observation of adjacent incisor resorption with cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 105: 91–98.
26. Haney E, Gansky SA, Lee JS, Johnson E, Maki K, Miller AJ, Huang JC. Comparative analysis of traditional radiographs and cone-beam computed tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 137: 590–597.
27. Loubele M, Maes F, Jacobs R, van Steenberghe D, White SC, Suetens P. Comparative study of image quality for MSCT and CBCT scanners for

- dentomaxillofacial radiology applications. *Radiat Prot Dosimetry* 2008; 129: 222–226.
28. Suomalainen A, Kiljunen T, Käser Y, Peltola J, Kortensniemi M. Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners. *Dentomaxillofac Radiol* 2009; 38: 367–378.
 29. Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31: 126–130.
 30. Miracle AC, Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 1: physical principles. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009; 30: 1088–1095.
 31. Pai AV, Khosla M. Root resection under the surgical field employed for extraction of impacted tooth and management of external resorption. *J Conserv Dent* 2012; 15: 298–302.
 32. Almendros-Marqués N, Berini-Aytés L, Gay-Escoda C. Influence of lower third molar position on the incidence of preoperative complications. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102: 725–732.
 33. Neves FS, de Almeida SM, Bóscolo FN, Haiter-Neto F, Alves MC, Crusoé-Rebello I, Campos PS. Risk assessment of inferior alveolar neurovascular bundle by multidetector computed tomography in extractions of third molars. *Surg Radiol Anat* 2012; 34: 619–624.
 34. Alqerban A, Jacobs R, Fieuws S, Willems G. Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging for localization of

- impacted maxillary canines and detection of root resorption. *Eur J Orthod* 2011; 33: 93–102.
35. Hattab FN. Positional changes and eruption of impacted mandibular third molars in young adults. A radiographic 4-year follow-up study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997; 84: 604–608.
36. Lysell L, Rohlin M. A study of indications used for removal of the mandibular third molar. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1988; 17: 161–164.
37. Nordenram A, Hultin M, Kjellman O, Ramström G. Indications for surgical removal of the mandibular third molar. Study of 2,630 cases. *Swed Dent J* 1987; 11: 23–29.
38. Ozeç I, Hergüner Siso S, Taşdemir U, Ezirganli S, Göktolga G. Prevalence and factors affecting the formation of second molar distal caries in a Turkish population. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009; 38: 1279–1282.
39. SedentextCT Project. Radiation protection: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence-based guidelines.
http://www.sedentext.eu/files/radiation_protection_172.pdf [Accessibility verified May 13, 2013]
40. Ghaeminia H, Meijer GJ, Soehardi A, Borstlap WA, Mulder J, Vlijmen OJ, Bergé SJ, Maal TJ. The use of cone beam CT for the removal of wisdom teeth changes the surgical approach compared with panoramic radiography: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2011; 40: 834–339.

CAPÍTULO 2

Este artigo será submetido à apreciação, visando publicação pelo periódico *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, considerado Qualis A2 pela CAPES. A formatação do artigo baseou-se nas “Instruções aos Autores” preconizadas pela editora do periódico.

The mesial inclination of impacted third molars and its propensity to stimulate external root resorption in second molars – a cone beam CT evaluation

Anne Caroline Costa Oenning¹, Saulo Leonardo Sousa Melo², Francisco Carlos Groppo³, Francisco Haiter-Neto¹

¹ Department of Oral Diagnosis, Division of Oral Radiology, Piracicaba Dental School, University of Campinas, São Paulo, Brazil.

² Department of Oral Pathology, Radiology and Medicine, University of Iowa College of Dentistry, Iowa City, IA.

³Department of Morphology, Division of Pharmacology, Piracicaba Dental School, University of Campinas, São Paulo, Brazil.

Corresponding author:

Anne Caroline Costa Oenning

Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Departamento de Diagnóstico Oral

Av Limeira, 901, Caixa postal 52

Piracicaba/SP, Brazil, 13414-903

e-mail: anne.oenning@gmail.com

Key-words: Third molar; root resorption; cone beam computed tomography.

Abstract

Objective: To investigate the presence of external root resorption (ERR) in second molars adjacent to horizontally and mesioangularly impacted mandibular third molars by CBCT

imaging. In addition, subject characteristics (age and sex) and third molar depth was correlated with the presence of ERR.

Methods: The sample consisted of 116 scans: 58 were acquired on i-CAT classic and 58 on Picasso-Trio. The sample included 70 women and 46 men with a mean age of 23.7 years. Two observers recorded the presence of ERR in the second molars; the inclination and the depth of third molars in relation to bone and soft tissues; and third molars classification according to Pell & Gregory. The observers indicated the location and severity of ERR as well. Data were analyzed by ANOVA, Mann-Whitney and chi-square tests. The Kappa test was used to analyze the intra-observer agreement.

Results: Men and women presented with ERR in the same proportion ($p = 0.9575$). The overall prevalence was 49.43%. There were no statistically significant differences in the detection of ERR in images from both devices and between mesioangular and horizontal inclinations ($p > 0.05$). The Kappa test showed excellent reproducibility values (Kappa = 0.7778). There was a lower proportion of affected individuals aged 14-24 years and ERR in teeth adjacent to Class C third molars.

Conclusions: Mesially inclined third molars have a greater potential of being associated with ERR in second molars, which was demonstrated by the high prevalence of the condition in the overall sample. Class A and Class B third molars of patients over 24 years were more associated with the presence of ERR in the adjacent teeth.

Introduction

The impaction of upper and lower third molars may be associated with breaks in the integrity of the distal aspect of the adjacent second molar due to dental caries or external root resorption (ERR).¹⁻⁵ Unlike carious lesions, ERR is usually asymptomatic and aseptic, unless the pulp cavity has been involved or the lesion has been secondarily infected.⁶ The literature attributes the occurrence of this type of resorption to the pressure from the impacted tooth. This pressure itself, with associated factors derived

from the follicle that contribute to inflammation, is able to activate clastic cells responsible for triggering resorption.^{2,7,8}

Studies on periapical and panoramic radiographs have investigated the presence of ERR in second molars adjacent to impacted third molars, and other pathological conditions associated to such impacted teeth.^{1-4,9-11} The majority of these studies revealed a low prevalence of ERR in second molars (0.3 to 7 %).^{3,4,7,10} However, in a previous study comparing Cone Beam CT (CBCT) and panoramic images, the detection of ERR on second molars was 4.3 times greater when the three-dimensional images were used. It has been proven that multiplanar images, which are free of overlapping, provide more accurate diagnoses in relation to root resorption associated with impacted teeth.^{12,13}

It is known that the position and inclination of third molars predispose to the development of pathological conditions.^{4,14} While the presence of a gap between retained and adjacent teeth allows biofilm accumulation, and consequent development of carious lesions,⁵ direct contact between these teeth favors the occurrence of resorption.¹⁵ Although to date most studies revealed a low prevalence of resorption, it is believed that horizontally and mesioangularly impacted third molars (i.e. larger contact surfaces) should be associated with a higher frequency of ERR on second molars.^{1,11,16} The fact that those were studies performed using bidimensional images and heterogeneous samples may be adding bias to their findings.^{1,3,4,7,10,11}

Therefore, the aim of this research was to investigate the presence of ERR in second molars adjacent to horizontally and mesioangularly impacted mandibular third molars by CBCT imaging. In addition, subject characteristics (age and sex) and third molar depth was correlated with the presence of ERR.

Materials and methods

The study protocol was reviewed and approved by the Institutional Review Board of the University of Campinas, School of Dentistry at Piracicaba, São Paulo, Brazil.

A retrospective cross-sectional study was designed to evaluate CBCT images from a dental radiology service database. A total of 217 CBCT scans of patients referred for evaluation of third molars were available: 120 scans acquired using an i-CAT classic unit (Imaging Sciences International, Hatfield, PA) and 97 on a Picasso-Trio unit (E-WOO Technology, Giheung-gu, Republic of Korea). Scans to be included in the sample were required to present a second molar adjacent to a horizontally or mesioangularly impacted mandibular third molar in the FOV. Images of completely erupted third molars, impacted teeth associated with cystic or tumor lesions, non-odontogenic tumors or bone defects extending to the posterior mandible, third molars with less than 2/3 of root developed, and/or second molars showing extensive carious lesions were excluded. The final sample comprised CBCT scans of 70 women and 46 men, with a mean age of 23.7 years (range: 14 to 62 years).

Image acquisition protocols were standardized for each unit according to manufacturer recommendations, as follows: i-CAT unit was set up at 120 kVp, 8 mA, 13 x 17 cm FOV and 0.25 mm voxel size; and the Picasso-Trio unit at 90 kVp, 5 mA, 8.5 x 12 cm FOV, 0.2 mm voxel size and metal artifact reduction algorithm. All resulting images were displayed on a 21-inch LCD monitor with a matrix resolution of 1280 x 1024. The evaluations were performed in the proprietary software of each device: Xoran for i-CAT (Xoran CAT, version 3.0.34, Xoran Technologies, Ann Arbor, MI), and EZ3D for Picasso-Trio (E-WOO Technology, Giheung-gu, Republic of Korea).

The images were coded and shown to the observers in random order, and under dim-light conditions. The observers were two previously trained oral and maxillofacial radiologists with at least 3 years of experience in CBCT diagnosis. They were instructed to consider the presence of ERR on the second molar only when a clear loss of substance could be detected on the root surface, as preconized by Al-Khateeb & Bataineh.³ Once detected, ERR was classified according to its location (cervical, middle or apical root thirds) and severity (mild, moderate or severe). This last classification was

based on Ericson et al. classification of slight (involving less than half the thickness dentin), moderate (involving half of dentin or more) and severe (involving the pulp cavity).¹⁸

The observers also indicated both inclination (mesioangular or horizontal) and depth of the third molars, according to the classification of Winter and Pell & Gregory respectively. According to Winter, a third molar crown is mesioangular when it is inclined to the mesial with the long axis at an angle range 31-60° to the occlusal plane; and it is horizontal when its axis is in a 0-30° angle to a tangent to the occlusal plane of the adjacent teeth.¹⁷ Pell & Gregory categorize third molars according to their horizontal and vertical positions regarding the mandibular ramus, amelocemental junction and the occlusal plane of the second molar. In the present study, the following classes that indicate the vertical position of the third molars were adopted: A - the third molar is near the occlusal plane of the second molar, B - the third molar is located in a level between the occlusal plane and amelocemental junction of the second molar, and C - the third molar is below the amelocemental junction of the second molar. The depth of the third molar was also classified in relation to bone and soft tissues. In this case the tooth could be considered unerupted, when completely surrounded by bone tissue; or partially erupted, when hidden by soft tissue or partially visible in the oral cavity.

All analyses and records were performed independently by each observer. Disagreement between their answers was resolved by consensus in a second moment. After 30 days, 36 scans were re-evaluated (18 for each device, corresponding to approximately 20% of the total sample). Cohen's kappa was used to calculate intraobserver agreement (poor agreement, 0.40; moderate agreement, 0.40-0.59; good agreement, 0.60-0.74; excellent agreement, 0.75-1.00). All numerical data was compared by one way analysis of variance (ANOVA), in cases of normal distribution, and Mann-Whitney, when a nonparametric test was required. Categorical data was compared by a chi-square contingency test or goodness of fit chi-square test. The level of significance was set at $p < 0.05$. Data analyses were performed using Prism (v. 6.0, GraphPad Software Inc.,

La Jolla, CA) and BioEstat (v. 5.0, Manuel Ayres Software Informer, Belem, PA, Brazil) software.

Results

Table 1 shows the distribution of tomographic images acquired in both CBCT devices in relation to patients' age and sex. It is observed that there was no statistically significant difference between the devices considering the sex of individuals (chi-square, $p = 0.8495$). The ANOVA revealed no differences between the ages of females and males ($p = 0.7861$) and between equipment considering the same sex.

Table 1. Distribution of the sample (N) by sex and mean age (years) of individuals.

CBCT	Female		Male	
	N (%)	Mean age (SD)	N (%)	Mean age (SD)
i-CAT	36 (62.1)	23.0 (8.3)	22 (37.9)	23.8 (9.9)
Picasso-trio	34 (58.6)	23.5 (5.8)	24 (41.4)	25.0 (8.0)

Sex, Chi-square ($p=0.8495$); Age, ANOVA ($p= 0.7861$).
SD: standard deviation.

The presence of the ERR on the second molars was analyzed in the samples of 58 patients (87 teeth) on each device (Table 2). The chi-square test revealed no statistically significant difference between the devices, neither in relation to the number of individuals ($p = 1.000$) nor teeth ($p = 0.1724$) affected by ERR. The Kappa test showed excellent intraobserver values for both devices ($K = 0.7778$, $p = 0.0004$). In addition, there was no statistically significant influence of the inclination of the third molar on the incidence of ERR in the adjacent tooth (mesioangular $n = 120$, ERR $n = 54$, 45%; horizontal $n = 54$, ERR $n = 32$, 59.25%; chi-square test, $p = 0.1149$).

Table 2. Prevalence of root resorption among individuals and teeth in each device, N (%).

		i-CAT		Picasso-trio		Total	
		Patients	Teeth	Patients	Teeth	Patients	Teeth
ERR	No	24 (41.37)	49 (56.32)	23 (39.65)	39 (44.82)	47 (40.52)	88 (50.57)
	Yes	34 (58.63)	38 (43.68)	35 (60.35)	48 (55.18)	69 (59.48)	86 (49.43)

Chi-square test: $p=1.000$ (patients); $p=0.1724$ (teeth).

Since these results demonstrated similarities in the detection of ERR, as well as similarity in the inclination/ERR relationship, all the data was pooled together for subsequent analyses, considering a total of 174 teeth, in which 49.43% ($n = 86$) were diagnosed with ERR.

Of the 70 women included in the study, 58.6% ($n = 41$) had ERR in at least one tooth. Among men ($n = 46$) this proportion was 60.9% ($n = 28$), which is not statistically different from the proportion found in women (chi-square, $p = 0.9575$). The Mann-Whitney test was applied in order to determine the influence of age of the subjects on the presence of the ERR. The median age of ERR cases was 22 (7) years, which did not differ statistically from the median of 21 (5) years of individuals without ERR ($p = 0.1606$). On the other hand, when the sample was divided into age groups, the goodness of fit chi-square test revealed that the proportion of individuals affected by ERR at a younger age group (14-24 years) was less than the other age groups ($p < 0.0001$) (Table 3).

Table 3. Age distribution of the sample.

Age group	N (%)	ERR (%)
14 – 24	84 (100)	48 (57.1)*
25 – 35	24 (100)	16 (66.7)
36+	8 (100)	5 (62.5)

*Chi-square test: $p < 0.0001$

Among 174 third molars that had been included in the study sample, 147 were classified as partially erupted and 27 as unerupted. In these two groups, 51.7 % ($n = 76$) and 37.03 % ($n = 10$) of third molars were stimulating ERR on the adjacent teeth, respectively. The chi-square test did not show a relation between the depth of the third molar and the presence or absence of the RRE in second molars ($p = 0.2335$). However, according to the classification of Pell & Gregory, teeth positioned in class C were less associated with ERR in second molars when compared to other classes ($p = 0.0047$). The teeth classified as A and B did not differ statistically ($p = 0.0953$) (Table 4). Although not statistically associated with ERR, figure 1 shows two examples of class C third molars that notably injured the adjacent second molar.

Table 4. Third molars distribution according to Pell & Gregory classification and ERR

		3rd molar (Pell & Gregory)			Total (%)
		A (%)	B (%)	C (%)	
ERR	No	13 (32.5)	38 (48,7)	37 (66,1)	88 (50.6)
	Yes	27 (67.5)	40 (51,3)	19 (33.9)*	86 (49.4)
	Total	40 (100)	78 (100)	56 (100)	174 (100)

*Statistically significant difference from A and B (chi-square; $p = 0.0047$)

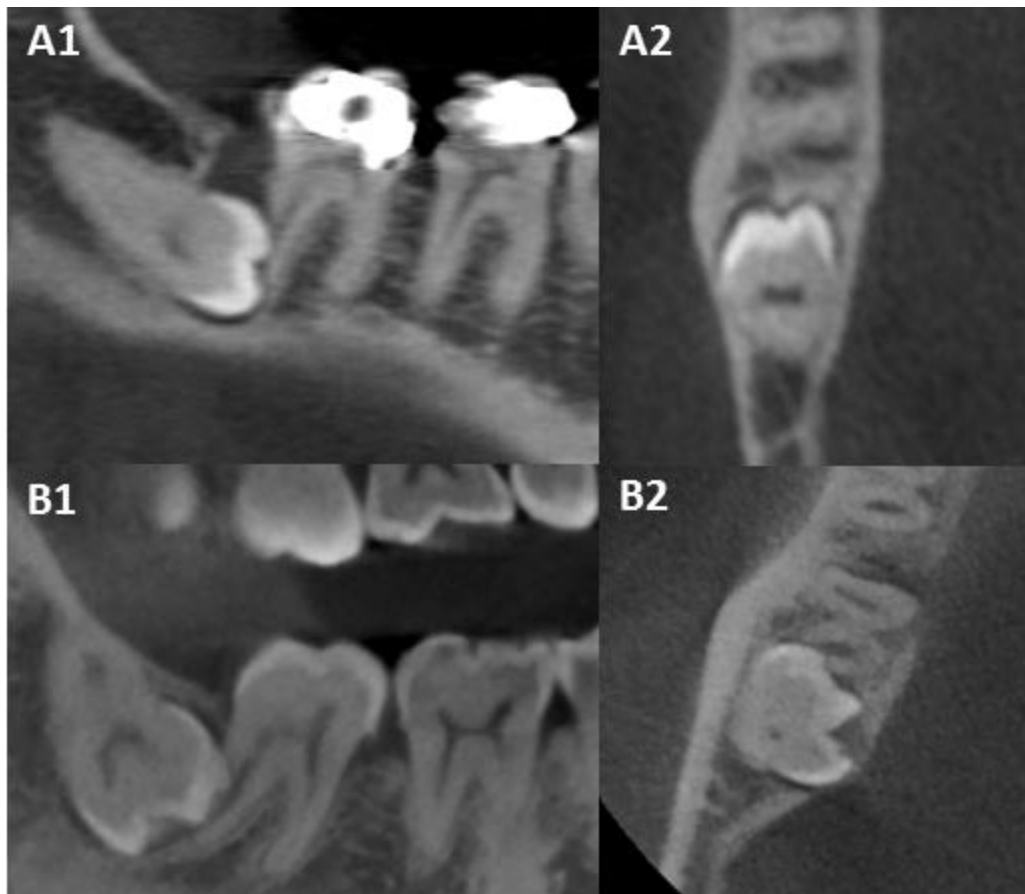


Figure 1. Two examples of notable ERR on right second molars, with adjacent third molars in Pell & Gregory class C (below the cervical line of the adjacent tooth). TCFC images A1 (sagittal) and A2 (axial) were acquired in the i-CAT device, images B1 and B2 in Picasso-trio.

There was significantly more slight resorption ($p < 0.0001$), as well as resorption located in the cervical third of the root (chi-square, $p < 0.0001$). This relationship can be appreciated in Table 5, as it shows that over half of the sample of resorbed second molars ($n = 49$, 56.97%) presented both situations simultaneously.

Table 5. ERR distribution according to its location and severity.

Severity	Location (root thirds)			Total
	Cervical (%)	Middle (%)	Apical (%)	
Slight	49 (56.97)	15 (17.44)	1 (1.17)	65 (75.58)*
Moderate	16 (18.61)	3 (3.48)	0 (-)	19 (22.09)
Severe	0 (-)	2 (2.33)	0 (-)	2 (2.33)
Total	65 (75.58)*	20 (23.25)	1(1.17)	86 (100)

* Statistically significant difference (chi-square; $p < 0.0001$).

Discussion

The high prevalence of ERR lesions in the second molars included in this study reinforces the theory that mesially inclined third molars have greater potential to be associated with pathological conditions, such as root resorption.^{1,11,16} In addition, the elevated detection rate found in this study may be due to the use of CBCT images, a tridimensional modality, while previous studies were conducted on two-dimensional images.^{2-4,7,10} Discrete ERR lesions, in early stages, usually are neglected on conventional radiographs due to the overlapping of structures.^{1,2,19} In fact, these discrete lesions were the most frequently detected in the current and previous research studies.^{1,7,8}

Studies comparing two-dimensional radiographic imaging with CBCT for the diagnosis of root resorption on incisors demonstrated the superiority of the latter, due to elimination of overlapping of structures that inhibit the detection of root defects.^{12,13} Several CBCT systems are currently available in different image acquisition parameters, especially concerning the field of view (FOV), voxel size, kilovoltage peak (kVp) and milliamperes (mA) protocols.²⁰⁻²² It is known that the selection of these parameters directly affects image quality, which can influence the diagnostic ability. As a general rule, smaller voxel size and FOV provide images with higher spatial resolution and is considered more suitable for the diagnosis of subtle changes, such as root resorption and root fractures.²³⁻²⁵ The energy parameters of the radiation beam (kVp and mA) are determined

according to the device and shall not exceed the limits that can significantly increase the radiation dose to the patient.^{26,27} However, very low values can impair the final image quality by increasing the noise.²⁸ In this study, all patients were scanned according to the School's protocol and by following manufacturer's recommendations. The standardization of same parameters for different devices is an arduous task, since each system has a specific configuration that should be followed depending on the case.²⁰ For this study, FOVs that included both ipsilateral maxillary and mandibular third molars, smallest voxel size and the average energy factors recommended by the manufacturers were selected. One should take into account the fact that the database was built with images of different individuals. However, for ethical reasons related to patient exposure to ionizing radiation, the same individuals could not be scanned on both devices at the same time. Although there were inherent differences on the protocols adopted for each device, there was no statistically significant difference in the detection of ERR. In fact, it allowed us to consider the entire sample for subsequent analyses.

Over half the sample (59.48 %) presented with at least one adjacent second molar resorbed by a mesioangularly or horizontally impacted third molar. The horizontal inclination of the third molar is one of the least frequently encountered positioning in a population.^{9-11,29} The data available on this inclination usually comprise small samples that are often difficult to analyze. However, even with a reasonable increase of sample size in this study ($n = 54$), horizontal third molars presented no statistically significant difference in the presence of ERR in the second molar compared with mesioangular third molars. This result suggests that the inflammatory process triggering resorption in second molars may be similar in both situations. Moreover, a slightly larger contact surface between teeth, as observed in horizontal impaction, may not represent an important component for the occurrence of ERR in second molars.

The lack of space for eruption of the third molars is cited as a major cause for impaction of these teeth, especially the mandibular third molars that appear often overlapped by the second molars.^{14,30} Although studies have reported a higher frequency

of ERR in second molars adjacent to impacted third molar in male subjects, it is unclear whether the difference in size of the teeth and/or jaws may be an important factor for these results.^{2,7} Nitzan et al. reported that sex hormones may have interfered in their findings of a higher prevalence of ERR in second molars in men.⁷ Our results correlating sex and ERR does not contribute to this discussion, since men and women showed lesions in the same proportion.

CBCT does not offer an adequate contrast resolution for a proper appreciation of anatomical or pathological changes in the soft tissue; in addition, image noise can decrease the outline definition of this tissue.^{31,32} For this reason, in this study, the third molars hidden by soft tissue and those partially visible in the oral cavity were grouped as partially erupted. It was observed that there was no difference between unerupted (completely surrounded by bone tissue) and partially erupted teeth regarding the presence of ERR. However, when the depth of the third molar was classified according to Pell & Gregory, class C third molars (located below the amelocemental junction of the adjacent tooth) were less associated with the presence ERR in the second molar. Lesions of ERR were more frequently detected in the cervical region of the second molars when the third molars were more superiorly positioned (classes A and B). These findings highlight the fact that the cervical portion of the root, i.e. amelocemental junction, is more susceptible to the inflammatory process which culminates in ERR.⁷ On the other hand, Nemcovsky et al., who only evaluated completely unerupted third molars, reported that the apical region of the adjacent second molar was the most susceptible to ERR injuries.¹ These authors also stated that the pressure on the periodontal ligament and roots of the second molar is reduced when third molars are partially erupted.

Research has shown that the decision to maintain an asymptomatic impacted third molar has increased the risk of periodontal disease in young adults and middle-aged individuals.³³⁻³⁵ The higher frequency of ERR lesions in individuals aged over 24 years found in this study also draws attention to the possible risk of passive observation of impacted third molars, a fact already reported in previous studies with conventional

radiographs.^{1,2,16,19,36,37} The research published by Sarrafpour et al. indicates that eruptive tooth movements do not cease with completion of root formation and closure of the apex, which means that a retained tooth continues to exert pressure on the adjacent tooth, therefore stimulating root resorption and/or its progression.³⁸ However, asymptomatic third molar removal represents a surgical procedure, with related cost and risk of complications.^{39,40} Unfortunately, there is not a consensus guideline for the management, either removal or active surveillance, of impacted third molars yet.³⁷ A systematic review published in the Cochrane database concluded that there is insufficient scientific evidence to justify prophylactic removal of asymptomatic third molars.⁴¹ Contrarily, the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons (AAOMS) recently published a guideline recommending the extraction of the asymptomatic third molars based on clinical studies that investigated the occurrence and progression of lesions related to impacted teeth.⁴²⁻⁴⁴ The AAOMS also recommends that new studies should be conducted in order to determine the prevalence of pathological conditions associated with third molars and adjacent second molars. Longitudinal studies known as “Third Molars Clinical Trials” have been encouraged and sponsored for this purpose.⁴⁵

It is completely justifiable the continued interest of surgeons and researchers on evidences to support the management of third molars. Based on the present results, it should be suggested that: (1) mesially inclined third molars have a greater potential of being associated with ERR in second molars, which was demonstrated by the high prevalence of the condition (49.43%) in the overall sample; (2) there was no greater predilection between mesioangularly or horizontally impacted third molar inclination in inducing ERR on second molars; and (3) class A and B third molars of patients over 24 years were more associated with the presence of ERR in the adjacent teeth.

References

1. Nemcovsky CE, Libfeld H, Zubery Y: Effect of non-erupted 3rd molars on distal roots and supporting structures of approximal teeth. A radiographic survey of 202 cases. J Clin Periodontol 23: 810, 1996

2. Yamaoka M, Furusawa K, Ikeda M, et al: Root resorption of mandibular second molar teeth associated with the presence of the third molars. Aust Dent J 44: 112, 1999
3. Al-Khateeb TH, Bataineh, AB. Pathology associated with impacted mandibular third molars in a group of Jordanians. J Oral Maxillofac Surg 64: 1598, 2006
4. Akarslan ZZ, Kocabay C: Assessment of the associated symptoms, pathologies, positions and angulations of bilateral occurring mandibular third molars: is there any similarity? Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 108: e26, 2009
5. Falci SG, de Castro CR, Santos RC, et al: Association between the presence of a partially erupted mandibular third molar and the existence of caries in the distal of the second molars. Int J Oral Maxillofac Surg 41: 1270, 2012
6. Fuss Z, Tsesis I, Lin S: Root resorption--diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. Dent Traumatol 19: 175, 2003
7. Nitzan D, Keren T, Marmary Y: Does an impacted tooth cause root resorption of the adjacent one? Oral Surg Oral Med Oral Pathol 51: 221, 1981
8. Nemcovsky CE, Tal H, Pitaru S: Effect of non-erupted third molars on roots of approximal teeth. A radiographic, clinical and histologic study. J Oral Pathol Med 26: 464, 1997
9. Kahl B, Gerlach KL, Hilgers RD: A long-term, follow-up, radiographic evaluation of asymptomatic impacted third molars in orthodontically treated patients. Int J Oral Maxillofac Surg 23: 279, 1994

10. Van der Linden W, Cleaton-Jones P, Lownie M: Diseases and lesions associated with third molars. Review of 1001 cases. Oral Surg. Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 79:142, 1995
11. Knutsson K, Brehmer B, Lysell L: Pathoses associated with mandibular third molars subjected to removal. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 82: 10, 1996
12. Alqerban A, Jacobs R, Souza PC: In-vitro comparison of 2 cone-beam computed tomography systems and panoramic imaging for detecting simulated canine impaction-induced external root resorption in maxillary lateral incisors. Am J Orthod Dentofacial Orthop 136: 764, 2009
13. Alqerban A, Jacobs R, Fieuws S. et al: Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging for localization of impacted maxillary canines and detection of root resorption. Eur J Orthod 33: 93, 2011
14. Yamalik K, Bozkaya S: The predictivity of mandibular third molar position as a risk indicator for pericoronitis. Clin Oral Investig 12: 9, 2008
15. Strbac GD, Foltin A, Gahleitner A, et al: The prevalence of root resorption of maxillary incisors caused by impacted maxillary canines. Clin Oral Investig 17: 553, 2013
16. Romero CJ: Root resorption of second molar related to impacted 3rd molar. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 32: 502, 1971
17. Ericson S, Bjerklin K, Falahat B: Does the canine dental follicle cause resorption of permanent incisor roots? A computed tomographic study of erupting maxillary canines. Angle Orthod 72: 95, 2002

18. Almendros-Marqués N, Berini-Aytés L, Gay-Escoda C: Evaluation of intraexaminer and interexaminer agreement on classifying lower third molars according to the systems of Pell and Gregory and of Winter. *J Oral Maxillofac Surg* 66: 893, 2008
19. Wang HY: Root resorption associated with impacted maxillary third molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 73: 765, 1992
20. Alqerban A, Jacobs R, Fieuws S, et al: Comparison of 6 cone-beam computed tomography systems for image quality and detection of simulated canine impaction-induced external root resorption in maxillary lateral incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 140: e129, 2011
21. Kamburoğlu K, Murat S, Kolsuz E, et al: Comparative assessment of subjective image quality of cross-sectional cone-beam computed tomography scans. *J Oral Sci* 53: 501, 2011
22. Bamba J, Araki K, Endo A, et al: Image quality assessment of three cone beam CT machines using the SEDENTEXCT CT phantom. *Dentomaxillofac Radiol* 42: 20120445, 2013.
23. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P: Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 72: 75, 2006
24. Melo SLS; Bortoluzzi EA, Abreu M, et al: Diagnostic ability of a cone-beam computed tomography scan to assess longitudinal root fractures in prosthetically treated teeth. *J Endod* 36: 1879, 2010
25. Shelley A M, Brunton P, Horner K: Subjective image quality assessment of cross sectional imaging methods for the symphyseal region of the mandible prior to dental implant placement. *J Dent* 39: 764, 2011

26. Palomo JM, Rao PS, Hans MG: Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 105: 773, 2008
27. Panmekiate S, Apinhasmit W, Petersson A: Effect of electric potential and current on mandibular linear measurements in cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol* 41: 578, 2012
28. Sur J, Seki K, Koizumi, H, Nakajima K, Okano T: Effects of tube current on cone-beam computerized tomography image quality for presurgical implant planning in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 110: e29, 2010
29. Peterson LJ, Ellis E, Hupp JR, Tucker MR: Contemporary Oral and Maxillofacial Surgery. St. Louis. MO. Mosby, 1993,pp239.
30. Hattab FN: Positional changes and eruption of impacted mandibular third molars in young adults. A radiographic 4-year follow-up study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 84: 604, 1997
31. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, et al: Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 28: 245, 1999
32. Scarfe WC, Farman AG: What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am* 52: 707, 2008
33. Blakey GH, Marciani RD, Haug RH, et al: Periodontal pathology associated with asymptomatic third molars. *J Oral Maxillofac Surg* 60: 1227, 2002
34. Phillips C, Norman J, Jaskolka M, et al: Changes over time in position and periodontal probing status of retained third molars. *J Oral Maxillofac Surg* 65: 2011, 2007

35. Offenbacher S, Beck JD, Moss KL, et al: What are the local and systemic implications of third molar retention? J Oral Maxillofac Surg 70: S58, 2012
36. Oles RD: Root resorption associated with impacted third molars. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 48: 281,1979
37. Girdler NM: The unpredictability of impacted third molar development-the danger of passive observation. Br Dent J 168: 92, 1990
38. Sarrafpour B, Swain M, Li Q, et al: Tooth eruption results from bone remodelling driven by bite forces sensed by soft tissue dental follicles: a finite element analysis. PLoS One 8: e58803, 2013
39. Dodson TB: Surveillance as a management strategy for retained third molars: is it desirable? J Oral Maxillofac Surg 70: S20, 2012
40. Nunn ME, Fish MD, Garcia RI, et al: Retained asymptomatic third molars and risk for second molar pathology. J Dent Res 92: 1095, 2013
41. Mettes TG, Nienhuijs MEL, van der Sanden WJM, et al: Interventions for treating asymptomatic impacted wisdom teeth in adolescents and adults. Cochrane database Syst Rev 18: CD003879, 2005
42. American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons: The Management of Impacted Third Molar Teeth. URL accessed on 11/20/2013 at: http://www.aaoms.org/docs/practice_mgmt/condition_statements/impacted_third_molars.pdf, 2013
43. Blakey GH, Golden BA, White RP, et al: Changes over time in the periodontal status of young adults with no third molar periodontal pathology at enrollment. J Oral Maxillofac Surg 67: 2425, 2009

44. Garaas RN, Fisher EL, Wilson GH, et al: Prevalence of third molars with caries experience or periodontal pathology in young adults. J Oral Maxillofac Surg 70: 507, 2012
45. White RP: Progress report on third molar clinical trials. J Oral Maxillofac Surg 65: 377, 2007

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Com o presente trabalho espera-se contribuir não somente com o diagnóstico da RRE associada à impactação dos terceiros molares, como também na resolução de uma importante dúvida clínica comum nos consultórios odontológicos: a remoção ou manutenção de um terceiro molar retido assintomático. Essa questão ainda é muito discutida nos meios clínico e científico (Gomes et al., 2004). A dicotomia existente nas opiniões da Associação Americana de Cirurgiões Bucomaxilofaciais, que recomenda a remoção profilática em indivíduos jovens para garantir o reparo ideal, e da Associação Americana de Saúde Pública, que condena a exposição de indivíduos à morbidade do procedimento e a custos desnecessários, demonstra que esse assunto ainda necessita de evidência científica (Nunn et al., 2013).

Os cirurgiões dentistas conhecem os riscos e custos envolvidos nas cirurgias de remoção de terceiros molares retidos. Problemas podem surgir por complicações inflamatórias, infecções trans ou pós-operatórias, hemorragias, injúrias transitórias ou permanentes a estruturas anatômicas (nervos ou dentes), defeitos periodontais, fraturas mandibulares ou de tuberosidade maxilar e comunicações buco-sinusais persistentes. Além do custo do tratamento cirúrgico, deve-se também levar em consideração os custos indiretos relacionados a possíveis perdas temporárias de produtividade no trabalho ou escola (Dodson, 2012). Por esse motivo, os cirurgiões dentistas devem avaliar os riscos e benefícios do tratamento cirúrgico contrapondo-os aos riscos e custos adicionais da manutenção e acompanhamento do terceiro molar. A necessidade de um controle clínico-radiográfico periódico e a possibilidade de desenvolvimento tardio de uma condição patológica na região devem ser levadas em consideração e esclarecidas aos pacientes nos quais optou-se pela manutenção do dente. Além disso, um terceiro molar assintomático não é necessariamente um dente livre de doença (Dodson, 2012). Algumas condições patológicas, como as reabsorções radiculares em dentes adjacentes, podem surgir e progredir sem provocarem dor, edema ou limitação de movimento. Nesse

contexto, destaca-se a importância do diagnóstico radiográfico dos terceiros molares nessa tomada de decisão.

Entretanto, o primeiro artigo apresentado nesta tese demonstrou que muitas lesões de RRE foram diagnosticadas somente no exame tomográfico, não sendo detectadas na radiografia panorâmica. Ao confrontar esse resultado com as informações expostas nos primeiros parágrafos desta sessão, pode-se concluir que a opção pela realização da TCFC é capaz de interferir diretamente na decisão clínica, uma vez que a detecção da doença aponta para a terapia intervencionista. De maneira geral, as lesões de RRE são detectadas nas radiografias panorâmicas como defeitos irreversíveis levando à restauração, tratamento endodôntico ou até mesmo à perda do dente reabsorvido. Por meio da TCFC foi possível a detecção das lesões discretas em estágios iniciais. Apesar de a progressão dessas lesões ser questionável (Nitzan et al., 1991; Nemcovsky et al., 1996), acredita-se que a manutenção do estímulo (dente impactado) contribua para a evolução da RRE (Girdler, 1990; Wang, 1990). Já foi comprovado que os movimentos eruptivos não cessam com o final da formação radicular (Sarrafpour et al., 2013), o que pode significar que terceiros molares impactados continuam exercendo pressão nos dentes adjacentes, até mesmo após o desenvolvimento completo das raízes.

A ausência da informação clínica (padrão-ouro) representa uma limitação do presente estudo. No entanto, as pesquisas de Alqerban e colaboradores já comprovaram que a TCFC representa uma ferramenta confiável e acurada para o diagnóstico de reabsorções em raízes de incisivos adjacentes a caninos retidos (Alqerban et al., 2009, Alqerban et al., 2011). Os resultados desses estudos, que demonstram taxas de concordância superiores a 90% e ausência de diferenças entre equipamentos, reforçam as conclusões da presente pesquisa.

A TCFC foi indicada no primeiro artigo principalmente para o diagnóstico de terceiros molares inferiores e inclinados para mesial, ou seja, nas situações onde as lesões de RRE em segundos molares foram mais frequentes. Neste momento, surge um

questionamento: *Se a TCFC pode interferir na decisão clínica, por que não indicá-la para o diagnóstico de todos os terceiros molares retidos?* Diretrizes internacionais de radioproteção condenam a utilização rotineira da TCFC para a avaliação de todos os dentes retidos (SedentextCT Project, 2013). Apesar de a dose de radiação emitida por esses equipamentos ser substancialmente inferior àquela emitida por equipamentos de TC, a indicação desses exames não deve ser indiscriminada. Os pacientes devem ser avaliados individualmente e a opção pelo método bidimensional, de menor dose, deve ser feita quando o mesmo fornecer informações suficientes.

A maior frequência das lesões de RRE encontradas em dentes adjacentes a um grupo de terceiros molares (inferiores e mesioinclinados) originou a proposta da segunda etapa do estudo. Com o número de dentes reabsorvidos passando de 43 (primeiro artigo) para 86, envolvendo quase 50% da amostra, foi possível a correlação com outras variáveis que ampliaram as conclusões e agregaram novos dados aos critérios de indicação da TCFC para terceiros molares retidos: pacientes com idade superior a 24 anos e com terceiros molares em classes A e B de Pell & Gregory.

É importante ressaltar que estudos que investiguem a possibilidade de progressão dessas lesões de RRE são necessários para que a condição seja compreendida em sua totalidade. Nesse contexto, destaca-se a importância dos estudos longitudinais incentivados pela Associação Americana de Cirurgias Bucomaxilofaciais, que têm buscado dados clínicos e biológicos para embasar o tratamento de terceiros molares retidos (White, 2007; Nunn et al., 2013). Recomendam-se, também, estudos que investiguem a manutenção do potencial de indução inflamatória do folículo pericoronário e pesquisas envolvendo simulações biomecânicas acerca dos terceiros molares retidos, para melhor compreensão da etiopatogenia da RRE em segundos molares. Por meio dos estudos retrospectivos apresentados nos capítulos da presente tese, buscou-se fornecer dados relativos ao diagnóstico e prevalência dessa modalidade de reabsorção. Assim, espera-se também contribuir para a definição dos protocolos de indicação cirúrgica *versus*

acompanhamento dos terceiros molares, bem como para as futuras publicações relacionadas.

CONCLUSÃO

- A prevalência da RRE em segundos molares encontrada na TCFC foi maior do que a observada em radiografias panorâmicas.
- Terceiros molares inferiores e nas inclinações mesioangular e horizontal estiveram mais associados à presença de RRE nos segundos molares.
- Os terceiros molares pertencentes a pacientes mais velhos (idade superior a 24 anos) e em classes A e B de Pell & Gregory estiveram mais associados à presença da RRE nos dentes adjacentes.
- A TCFC deve ser indicada para o diagnóstico da RRE quando for observado um contato direto entre o segundo e o terceiro molar inferiores na radiografia panorâmica, principalmente nos casos de impações mesioangulares e horizontais, em classes A e B de Pell & Gregory e de pacientes com idade superior a 24 anos.

REFERÊNCIAS*

1. Adeyemo WL. Do pathologies associated with impacted lower third molars justify prophylactic removal? A critical review of the literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006; 102: 448-452.
2. Andreasen JO. Analysis of topography of surface and inflammatory root resorption after replantation of mature permanent incisors in monkeys. *Swed Dent J* 1980; 4: 135-144.
3. Andreasen JO. Experimental dental traumatology: development of a model for external root resorption. *Endod Dent Traumatol.* 1987; 3:269-287.
4. Chau ACM, Fung K. Comparison of radiation dose for implant imaging using conventional spiral tomography, computed tomography, and cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107: 559-565.
5. Chu FC, Li TK, Lui VK, Newsome PR, Chow RL, Cheung LK. Prevalence of impacted teeth and associated pathologies--a radiographic study of the Hong Kong Chinese population. *Hong Kong Med J.* 2003; 9: 158-163.
6. de Azevedo Vaz SL, Vasconcelos TV, Neves FS, de Freitas DQ, Haiter-Neto F. Influence of cone-beam computed tomography enhancement filters on diagnosis of simulated external root resorption. *J Endod.* 2012; 38: 305-308.

* De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

7. Gomes ACA, Silva EDO, Bezerra TP, Pontual MM, Vasconcelos ZR. Terceiros molares: O que fazer? Rev Cir Traumatol Buco-maxilo-facial. 2004; 3:137-143.
8. Holcomb JB, Dodds RN, England MC. Endodontic treatment modalities for external root resorption associated with impacted mandibular third molars. J Endod. 1983; 9: 335-337.
9. Kakuta H, Sone S, Matsumoto H, Tanaka M. Severe root resorption associated with ectopically erupting teeth: a case report. J Dent Child. 2010; 77: 118-122.
10. Kapila S, Conley RS, Harrell WE Jr. The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics. Dentomaxillofac Radiol. 2011; 40: 24-34.
11. Liang YH, Jiang L, Gao XJ, Shemesh H, Wesselink PR, Wu MK. Detection and measurement of artificial periapical lesions by cone-beam computed tomography. Int Endod J; no prelo 2013.
12. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. Eur Radiol. 1998; 8: 1558-1564.
13. Peterson, LJ. Normas de conduta em dentes impactados. In: Peterson LJ, Ellis III E, Hupp JR, Tucker MR. Cirurgia oral e maxillofacial contemporânea. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000. p. 230-247.
14. Ren H, Chen J, Deng F, Zheng L, Liu X, Dong Y. Comparison of cone-beam computed tomography and periapical radiography for detecting simulated apical root resorption. Angle Orthod. 2013; 83: 189-195.

15. Stanley HR, Alattar M, Collett WK, Stringfellow HR Jr, Spiegel EH. Pathological sequelae of "neglected" impacted third molars. J Oral Pathol. 1988; 17: 113-7.
16. Vasconcelos K de F, Nejaim Y, Haiter Neto F, Bóscolo FN. Diagnosis of invasive cervical resorption by using cone beam computed tomography: report of two cases. Braz Dent J. 2012; 23: 602-607.
17. Walker L, Enciso R, Mah J. Three-dimensional localization of maxillary canines with cone-beam computed tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005; 128: 418-423.
18. Weismann R. Dentes retidos. In: Zanini SA. Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial. São Paulo: Revinter; 1990. p. 219-235.

APÊNDICE 1: Metodologia detalhada

A presente pesquisa foi idealizada durante o curso de doutorado em Radiologia Odontológica, fazendo parte da linha de pesquisa **Métodos Avançados de Imagens em Odontologia** do grupo de pesquisa **Imaginologia em Odontologia** do Programa de Pós-Graduação em Radiologia da FOP/UNICAMP. Os projetos de pesquisa foram encaminhados ao Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos da instituição, sendo aprovados com os Protocolos de números 077/2011 (Anexo 1) e 103/2013 (Anexo 2).

O primeiro trabalho consistiu em um estudo retrospectivo que incluiu imagens radiográficas e tomográficas de 111 pacientes pertencentes ao banco de imagens do Curso de Pós-Graduação em Radiologia da FOP/UNICAMP. Todos os pacientes selecionados submeteram-se a exames pré-operatórios para avaliação de um ou mais terceiros molares impactados. O banco de imagens mencionado é formado por radiografias panorâmicas digitais e tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) dos mesmos pacientes adquiridas nos equipamentos *Ortopantomograph OP100D* (*Instrumentarium Corp., Imaging Division, Tuusula, Finlândia*) e *i-CAT Classic* (*Imaging Sciences International, Inc, Hatfield, PA, EUA*), respectivamente.

Todas as imagens foram pré-avaliadas para confirmação e registro da presença de um ou mais terceiros molares, bem como para avaliação da qualidade geral das imagens. Dessa forma, foram incluídos no estudo os terceiros molares que apresentavam pelo menos dois terços de raiz formados (estágio 8 de Nolla). Terceiros molares completamente irrompidos não foram considerados nas avaliações. Além disso, foram excluídas as radiografias e tomografias inadequadas para o diagnóstico (p. ex: mau posicionamento do paciente e artefatos de movimento). Nas imagens tomográficas, a presença de materiais de alta densidade pode produzir artefatos do tipo *beam hardening*. Nas situações em que esses artefatos estiveram sobrepostos às raízes dos segundos

molares, impedindo o correto diagnóstico, as imagens foram excluídas. Foram também eliminados os pacientes que apresentaram evidências radiográficas de lesões intraósseas (p. ex. cistos e tumores) associadas ou na região dos terceiros molares e lesões cariosas extensas nos segundos molares. Aplicados os critérios de inclusão e exclusão, a amostra final foi composta por 66 pacientes (25 homens e 41mulheres), com idades entre 15 e 76 anos (média 22.8), e 188 segundos/terceiros molares (91 superiores e 97 inferiores).

As radiografias panorâmicas digitais foram obtidas no equipamento *Ortopantomograph OP100D* operando com 66 kVP, 2,5 mA e com um tempo de exposição de 17.6 s. As imagens foram exportadas do programa original do equipamento *CliniView software (Instrumentarium Corp., Imaging Division, Tuusula, Finland)* em formato TIFF. Já as imagens tomográficas foram adquiridas no equipamento *i-CAT Classic* operando com 120 kVP, 8 mA, com tamanho de voxel de 0,25 mm e FOV (*field of view* = campo de visão) de 13 x 17 cm. Antes da aquisição tomográfica definitiva foi obtido um *scout** para cada paciente, com intuito de assegurar que os terceiros molares superiores e inferiores estivessem incluídos dentro dos limites do FOV preconizado. Após a aquisição, as imagens foram exportadas no formato “xstd”.

Dois cirurgiões-dentistas radiologistas, com pelo menos três anos de experiência com imagens de TCFC, atuaram como avaliadores no estudo. Para tal, as radiografias panorâmicas digitais foram importadas para o programa *ImageJ (National Institutes of Health, USA)* e as tomografias para o programa original do equipamento *i-CAT Classic (Xoran CAT, version 3.0.34, Xoran Technologies, Ann Arbor, MI)* instalado em um computador independente daquele da aquisição. Os examinadores foram orientados a avaliar e registrar a presença ou ausência de RRE na face distal do segundo molar adjacente a um terceiro molar impactado, de acordo com o critério de Al-Khateeb & Bataineh (2006), quando uma perda de substância evidente foi detectada na raiz. As 20

* Consiste na imagem inicial adquirida em um exame de tomografia computadorizada, semelhante a uma radiografia cefalométrica em norma lateral, com a finalidade de orientar o posicionamento do paciente dentro do FOV.

primeiras imagens das duas modalidades foram avaliadas pelos dois examinadores ao mesmo tempo, para que, nesse momento, fossem uniformizados os critérios de avaliação e solucionadas as dúvidas com os pesquisadores envolvidos. Os demais exames foram avaliados de maneira independente por cada avaliador, sendo avaliadas primeiramente todas as radiografias panorâmicas e posteriormente as imagens por TCFC, que foram aleatorizadas de maneira distinta em cada modalidade. Os avaliadores foram aconselhados a realizar a avaliação de 20 dentes por dia, de forma a evitar fadiga visual.

As avaliações ocorreram em condições de baixa iluminação, em um mesmo monitor LCD de 21 polegadas com resolução espacial de 1280 X 1024 pixels. Nas radiografias panorâmicas foram investigados, além da RRE no segundo molar, o posicionamento/inclinação do terceiro molar adjacente de acordo com a classificação proposta por Winter (1926): vertical, mesioangular, distoangular, horizontal, transverso e invertido. Por não haver terceiros molares em posição invertida, a denominação foi eliminada da classificação final proposta pelo estudo, visando à simplificação dos dados. Os avaliadores foram orientados a utilizar os escores (0) e (1) para a ausência e presença de RRE, respectivamente, e escores de 1 a 5 para a inclinação do terceiro molar como observado na Figura 1.

Nas imagens por TCFC a avaliação ocorreu de maneira dinâmica no modo de visualização multiplanar (MPR), no qual os cortes axiais, sagitais e coronais foram observados de maneira simultânea. Os examinadores foram encorajados a utilizar as ferramentas de giro da imagem, possibilitando o posicionamento das linhas de orientação do *software* de modo a favorecer a investigação da região dos terceiros molares. Da mesma forma, atribuíram-se escores de avaliação 0 e 1 para ausência e presença de RRE, respectivamente.

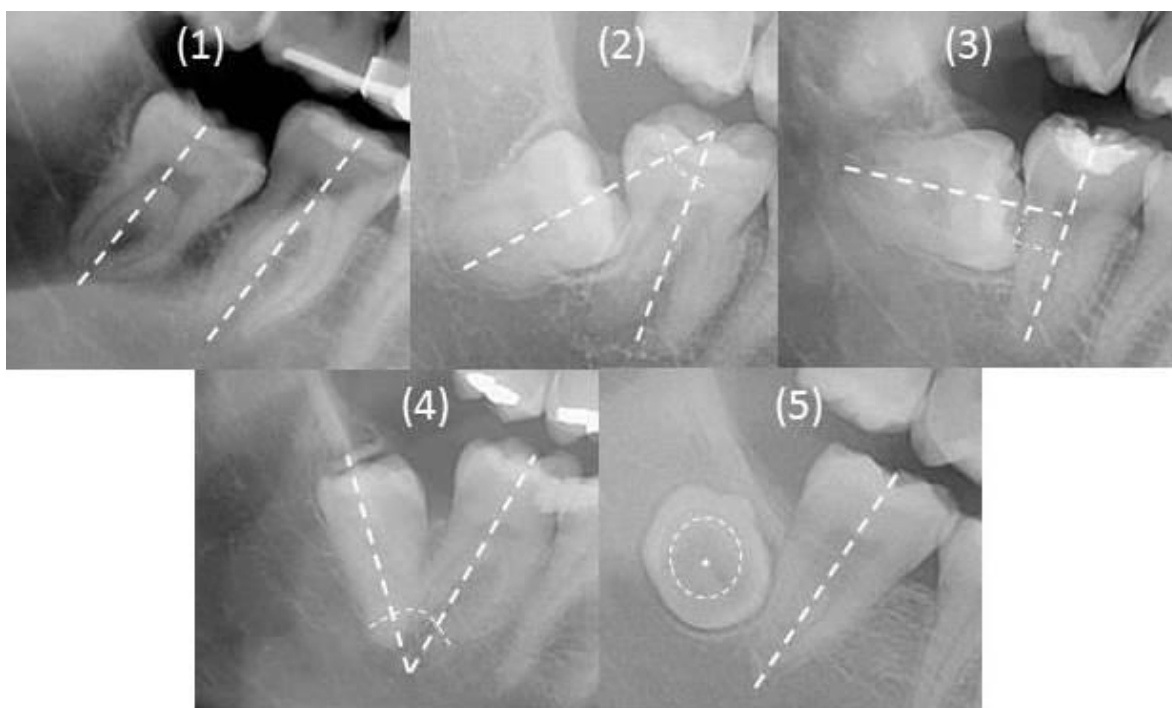


Figura 1: Demonstração das inclinações dos terceiros molares encontradas no estudo e os respectivos escores atribuídos para cada uma delas (1=vertical, 2=mesioangular, 3=horizontal, 4=distoangular, 5=transverso)

Tanto nas avaliações radiográficas como nas tomográficas foram permitidas aos examinadores a manipulação de brilho, contraste, ampliação de imagem (zoom) e a aplicação de filtros de realce ou suavização de acordo com a preferência e experiência pessoal. Tal conduta foi adotada com o objetivo de simular situações da rotina clínica de diagnóstico. Ao final dessa etapa, as avaliações foram comparadas e, nos casos em que houve discordância entre os avaliadores, tanto para o diagnóstico da RRE quanto para a inclinação dos terceiros molares, os mesmos discutiram seus achados e obtiveram um consenso final.

Os escores finais atribuídos pelos avaliadores após o consenso foram tabulados utilizando o programa *Microsoft Office Excel 2010* (Microsoft Corporation by Impressa Systems, Santa Rosa, CA, EUA) e transferidos para o programa *Systat 13.0*

(Cranes Software International, Chicago, IL, EUA) para análise estatística. O teste do qui-quadrado foi utilizado para a comparação entre presença e ausência de RRE em ambas as modalidades de imagem. Utilizou-se o mesmo teste para confrontar a detecção de RRE na panorâmica e na TCFC. Uma tabela de contingência (2X2) com os dados de ausência e presença de RRE em ambos os métodos foi elaborada com o objetivo de facilitar a compreensão dos dados. Para a análise da distribuição dos casos de RRE nos arcos superior e inferior e investigação da possibilidade de associações estatisticamente significantes foram utilizados os testes de qui-quadrado e exato de Fisher na dependência do tamanho da amostra, com emprego do teste exato Fisher nas tabelas em que o qui-quadrado não pôde ser aplicado. As análises das possíveis associações entre as inclinações dos terceiros molares (classificação de Winter) e a presença e ausência de RRE foram realizadas pelo teste Z para duas proporções, sendo os percentuais para cada inclinação comparados dois a dois. A regressão logística simples foi realizada para investigar a possível relação de dependência existente entre a detecção da RRE na radiografia panorâmica e na TCFC, bem como a chance de detecção da RRE nas duas modalidades de maneira isolada e associada. O nível de significância adotado para todas as análises foi de 5%.

Para a segunda parte do estudo, que envolveu somente imagens de TCFC, foram utilizados 217 exames tomográficos, também provenientes do banco de imagens da instituição, adquiridos em dois diferentes equipamentos: 120 no equipamento *i-CAT Classic* e 97 no *Picasso trio* (E-WOO Technology, Giheung-gu, Republic of Korea). Foram incluídas nessa avaliação as tomografias que continham segundos molares adjacentes a terceiros molares inferiores impactados nas posições mesioangular e horizontal. Da mesma forma, foram excluídos do estudo os terceiros molares completamente irrompidos, com menos de 2/3 de raiz formada e associados a lesões císticas ou tumorais. Uma lesão de cárie extensa no segundo molar inferior também representou um critério de exclusão. As tomografias as quais a presença de *beam hardening* prejudicou o diagnóstico não foram consideradas. Aplicados os critérios de inclusão e exclusão acima descritos, a

amostra final foi composta por 116 tomografias, 58 adquiridas no *i-CAT classic* e 58 no *Picasso trio*, sendo 70 mulheres e 46 homens com idades entre 14 e 62 anos (média 23,7).

Para o equipamento *Picasso trio* os parâmetros de exposição e aquisição das imagens foram 90 kVp, 5 mA, voxel de 0,20 mm, FOV de 8,5 x 12 cm e aplicação do algoritmo para redução de artefatos metálicos. As imagens do *i-CAT Classic* foram adquiridas de acordo com o protocolo já descrito. As imagens foram avaliadas pelos mesmos avaliadores, sob as condições técnicas e de calibração previamente relatadas, nos *softwares* específicos para cada equipamento: o *Xoran CAT* para o *i-CAT* e o *EZ3D (E-WOO Technology, Giheung-gu, Republic of Korea)* para o *Picasso Trio*.

Os examinadores registraram a ausência ou presença da RRE no segundo molar, atribuindo os escores 0 e 1, respectivamente. Foi também apontado o terço radicular no qual a lesão de RRE se localizava em sua maior extensão: terços cervical (1), médio(2) ou apical(3). De acordo com o sistema proposto por Ericson et al. (2002), as lesões de RRE foram classificadas em relação ao grau de envolvimento da estrutura radicular em: (1) Discreta – envolvendo menos da metade da espessura da dentina, (2) Moderada – envolvendo a metade da dentina ou mais, sem comprometer a cavidade pulpar, (3) Severa – caracterizada por envolvimento pulpar.

Também foram indicadas a inclinação dos terceiros molares (mesioangular ou horizontal), conforme demonstrado na Figura 1 (escores 2 e 3), e a profundidade dos mesmos de acordo com a classificação de Pell & Gregory. A classificação de Pell & Gregory categoriza os terceiros molares de acordo com as posições horizontal (relação com o ramo mandibular) e vertical (relação com a junção cimento-esmalte e plano oclusal do segundo molar) (Almendros-Marqués et al., 2008). Foram utilizadas no presente estudo as classes A, B e C, que apontam a posição vertical/profundidade dos terceiros molares (Figura 2).

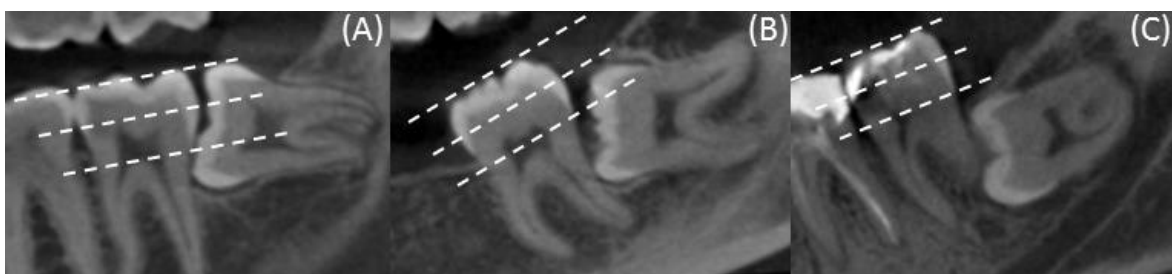


Figura 2. Imagens de TCFC ilustrando a classificação de Pell & Gregory relacionada à profundidade vertical do terceiro molar: (A) o terceiro molar está próximo ou ao nível do plano oclusal do segundo molar, (B) o terceiro molar está entre o plano oclusal e a junção cimento-esmalte do segundo molar, (C) o terceiro molar está sob a junção cimento-esmalte do segundo molar

A localização dos terceiros molares em relação aos tecidos ósseo e mole foi também avaliada, sendo os mesmos classificados como semi-inclusos (escore = 0) ou inclusos (escore=1). Neste estudo, um dente foi considerado incluso quando, durante a avaliação tridimensional das imagens, os examinadores constataram que o mesmo estava completamente encoberto por tecido ósseo. Nas situações onde os dentes estavam parcialmente irrompidos na cavidade bucal ou encobertos por tecido mole, os mesmos foram registrados como semi-inclusos.

Trinta dias após o término das avaliações e obtenção do consenso nos casos de discordância, 36 dentes foram reavaliados pelos dois examinadores, sendo 18 para cada equipamento. Os dados dessa análise foram comparados aos dados iniciais e submetidos ao teste Kappa para a análise da concordância intraobservador, levando-se em consideração os valores de referência: 0.40 – concordância fraca; 0.40–0.59 – concordância moderada; 0.60–0.74 – boa concordância; 0.75–1.00 – concordância excelente.

Para a análise estatística foram utilizados os programas *Prism 6.0* (GraphPad software, Inc., La Jolla, CA, EUA) e *BioEstat 5.0* (Manuel Ayres Software Informer, Belem/PA, Brasil). O nível de significância adotado foi de 5%. Os dados numéricos relacionados à idade dos indivíduos foram submetidos ao teste ANOVA nas situações de normalidade. O teste Mann-Whitney foi utilizado quando o teste paramétrico não pôde ser aplicado. Já os testes de qui-quadrado em tabelas de contingência e qui-quadrado de aderência foram utilizados para avaliar a associação existente entre as variáveis qualitativas: (1) presença e ausência da RRE, (2) inclinação dos terceiros molares, (3) Classes de Pell & Gregory, (4) profundidade dos terceiros molares em relação aos tecidos ósseo e mole, (5) localização das lesões de RRE e (6) severidade das lesões de RRE. Em tabelas de contingência, o teste de qui-quadrado buscou as possíveis divergências entre as frequências observadas e esperadas para os eventos. O teste de qui-quadrado de aderência para proporções esperadas desiguais verificou se as variáveis em estudo exercem influência na distribuição de um determinado evento.

REFERÊNCIAS

1. Al-Khateeb TH, Bataineh AB. Pathology associated with impacted mandibular third molars in a group of Jordanians. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006, 64: 1598–1602.
2. Almendros-Marqués N, Berini-Aytés L, Gay-Escoda C. Evaluation of intraexaminer and interexaminer agreement on classifying lower third molars according to the systems of Pell and Gregory and of Winter. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008; 66: 893-899.
3. Ericson, S., Bjerklín, K. & Falahat, B. Does the canine dental follicle cause resorption of permanent incisor roots? A computed tomographic study of erupting maxillary canines. *Angle Orthod.* 2002, 72: 95–104.
4. Winter GB, ed. Principles of exodontia as applied to the impacted third molar. St Louis: American medical Books, 1926.

ANEXO 1: Aprovação do Protocolo de Pesquisa pelo CEP da FOP-UNICAMP (Artigo 1)



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

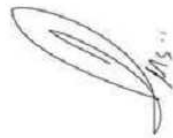


CERTIFICADO

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa **"Estudo da reabsorção dentária em segundos molares associada a terceiros molares impactados por meio de radiografias panorâmicas e tomografias de feixe cônico"**, protocolo nº 077/2011, dos pesquisadores Phillipe Nogueira Barbosa Alencar, Anne Caroline Costa Oenning, Francisco Halter Neto, Frederico Sampaio Neves e Rodrigo Freire Prado, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 03/08/2011.

The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project **"Assessment of second molar reabsorption associated with impacted third molars using panoramic radiograph and cone beam computed tomography images"**, register number 077/2011, of Phillipe Nogueira Barbosa Alencar, Anne Caroline Costa Oenning, Francisco Halter Neto, Frederico Sampaio Neves and Rodrigo Freire Prado, comply with the recommendations of the National Health Council - Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at 08/03/2011.


Prof. Dra. Livia Maria Andaló Tenuta
Secretária
CEP/FOP/UNICAMP



Prof. Dr. Jacks Jorge Junior
Coordenador
CEP/FOP/UNICAMP

ANEXO 2: Aprovação do Protocolo de Pesquisa pelo CEP da FOP-UNICAMP (Artigo 2)



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



CERTIFICADO

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa "**Avaliação da reabsorção radicular em segundos molares provocada por terceiros molares retidos por meio de dois sistemas de tomografia computadorizada de feixe cônico**", protocolo nº 103/2013, dos pesquisadores Anne Caroline Costa Oenning e Francisco Haiter Neto, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 10/10/2013.

The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project "**Assessment of second molar root reabsorption caused by impacted third molars using two cone beam computed tomographic systems**", register number 103/2013, of Anne Caroline Costa Oenning and Francisco Haiter Neto, comply with the recommendations of the National Health Council - Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at 10/10/2013.

Prof. Dr. Felipe Bevilacqua Prado
Secretário
CEP/FOP/UNICAMP

Prof. Dra. Lívia Maria Andaló Tenuta
Coordenadora
CEP/FOP/UNICAMP

Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição.
Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.

ANEXO 3: Carta de confirmação da submissão do artigo intitulado “*External root resorption of the second molar associated with third molar impaction: comparison of panoramic radiography and cone beam computed tomography*” ao periódico *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*.

A manuscript number has been assigned to External root resorption of the second molar associated with third molar impaction: comparison of panoramic radiography and cone beam computed tomography

1 message

International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery <IJOMS@elsevier.com>
To: anne.oenning@gmail.com

Fri, May 17, 2013 at 8:09 AM

Ms. Ref. No.: IJOMS-D-13-00402

Title: External root resorption of the second molar associated with third molar impaction: comparison of panoramic radiography and cone beam computed tomography
International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery

Dear Mrs. Oenning,

Your submission entitled “External root resorption of the second molar associated with third molar impaction: comparison of panoramic radiography and cone beam computed tomography” has been assigned the following manuscript number: IJOMS-D-13-00402.

You may check on the progress of your paper by logging on to the Elsevier Editorial System as an author. The URL is <http://ees.elsevier.com/ijoms/>. Your username is Your username is: [REDACTED]

If you need to retrieve password details,
please go to: [REDACTED]

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Jacqui Merrison
Editorial Office
International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery

ANEXO 4: Declaração de não infração dos dispositivos da Lei nº 9.610/98



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba

DECLARAÇÃO

As cópias de artigos de minha autoria ou de minha co-autoria, já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem, que constam da minha Tese de Doutorado intitulada "DIAGNÓSTICO DA REABSORÇÃO RADICULAR EXTERNA EM SEGUNDOS MOLARES ASSOCIADA A TERCEIROS MOLARES IMPACTADOS POR MEIO DE RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS E DOIS SISTEMAS DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO", não infringem os dispositivos da Lei nº 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Piracicaba, 17 de Dezembro de 2013.

ANNE CAROLINE COSTA OENNING

RG: 3799717

Autor(a)

FRANCISCO HAITER NETO

RG: 13.330.681

Orientador(a)