

Monise de Paula Rodrigues

**Molares permanentes de pacientes jovens com cárie profunda versus tratados endodonticamente e restaurados com resina composta bulk fill – Análise da força de mordida e por elementos finitos específico**

*“Pulp caries affected versus endodontic treated and composite resin restored young permanent molars -bite force and specific finite element analysis”*

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia na Área de Clínica Odontológica Integrada.

Uberlândia,  
2018

Monise de Paula Rodrigues

**Molares permanentes de pacientes jovens com cárie profunda versus tratados endodonticamente e restaurados com resina composta bulk fill – Análise da força de mordida e por elementos finitos específico**

*“Pulp caries affected versus endodontic treated and composite resin restored young permanent molars -bite force and specific finite element analysis”*

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia na Área de Clínica Odontológica Integrada.

Orientador: Prof. Dr. Carlos José Soares

Banca examinadora:

Prof. Dr. Carlos José Soares

Prof. Dr. Murilo de Sousa de Menezes

Prof. Dr. Marcelo Giannini

Uberlândia,  
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

R696m  
2018

Rodrigues, Monise de Paula, 1992

Molares permanentes de pacientes jovens com cárie profunda versus tratados endodonticamente e restaurados com resina composta bulk fill – análise da força de mordida e por elementos finitos específico: pulp caries affected versus endodontic treated and composite resin restored young permanent molars - bite force and specific finite element analysis / Monise de Paula Rodrigues. - 2018.  
56 f. : il.

Orientador: Carlos José Soares.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.131>  
Inclui bibliografia.

1. Odontologia - Teses. 2. Restauração (Odontologia) - Teses. 3. Resinas dentárias - Teses. 4. Endodontia - Tratamento - Teses. I. Soares, Carlos José. II. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDU: 616.314

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziyoy – CRB-6/947



Ata da defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO junto ao Programa de Pós-graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de: Dissertação de Mestrado Acadêmico n°329- COPOD

Data: 09/02/2018

Discente: MONISE DE PAULA RODRIGUES Matrícula: 11612ODO008

Título do Trabalho: **Molares permanentes de pacientes jovens com cárie profunda versus tratados endodonticamente e restaurados com resina composta bulk-fill –Análise da força de mordida e por elementos finitos específico**

Área de concentração: Clínica Odontológica Integrada,

Linha de pesquisa: Biomecânica aplicada a odontologia

As nove horas do dia **nove de fevereiro do ano de 2018** no Anfiteatro do Bloco 4L, Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, reuniu-se a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em janeiro 2018, assim composta: Professores Doutores: Murilo de Sousa Menezes (UFU); Marcelo Gianini (UNICAMP); e Carlos José Soares (UFU) orientador(a) do(a) candidato(a) **Monise de Paula Rodrigues**. Ressalta-se que o Prof. Dr. Marcelo Gianini participou da defesa por meio de Videoconferência na cidade de Campinas- SP e os demais membros da banca e o aluno(a) participaram *in loco*.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa Dr. Carlos José Soares apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor (a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos (às) examinadores (as), que passaram a arguir o (a) candidato (a). Após a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais.

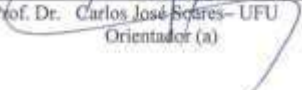
Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o (a) candidato(a) A provado(a).

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos às 12 horas e 00 minutos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

  
Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes (UFU)

  
Prof. Dr. Marcelo Gianini (UNICAMP)

  
Prof. Dr. Carlos José Soares- UFU  
Orientador (a)

## **DEDICATÓRIA**

### **Á DEUS,**

Senhor hoje eu só quero agradecer. Nada do que aconteceu, nenhuma dificuldade, benção, veio sem a sua permissão. Portanto Pai, eu dedico e agradeço a ti. Obrigada Senhor, por me dar sempre mais do que eu mereço.

### **Á minha família, Itamar, Rita e Tamara,**

Eu sou quem eu sou porque vocês são quem vocês são. Vocês são os meus maiores presentes e os meus grandes tesouros. Obrigada por tudo que são em todos os dias da minha vida. Admiro Vocês. Amo Vocês!

### **Ao meu noivo, Guilherme,**

Vida, você é a minha razão de não saber o que significa ser sozinha, a minha dedicação, a minha oração, a minha gratidão, o meu ontem, o meu hoje e o meu amanhã, sem você eu não seria quem sou, pois muitas vezes você acreditou nos meus sonhos muito mais do que eu mesma. Obrigada por ser o amor da minha vida hoje e sempre

### **Ao Professor Carlos José Soares,**

Você acredita nos meus sonhos e me ajuda a correr atrás deles! Esse caminho não teria iniciado em 2012 se eu não tivesse você como guia. Você que me deu chances de aprender, me mostrou os valores de tantas coisas que andam adormecidas dentro das pessoas, me permitiu crescer e amadurecer, me mostrou o quanto ser grata por todas as coisas é essencial, foi além de orientador, muito amigo. Obrigada Carlos, por me ensinar a olhar para frente sempre com fé e perseverança, por demonstrar todos os dias que não importa o que você tenha escolhido para chamar de “sonho” ou “meta”, nós nunca devemos fazer nada pela metade, não dedicar pela metade, não focar pela metade, não trabalhar pela metade e não se entregar pela metade. Se é para sonhar, nós devemos estar prontos para se entregar por completo a esse sonho, prontos para se doar às metas de tal maneira que você possa olhar

para trás um dia e dizer: como eu consegui fazer tudo isso. Aprendi que o segredo do sucesso não está na velocidade que as coisas acontecem, mas na persistência, dedicação e fé que você coloca naquilo que acredita. Muito Obrigada pela confiança, pela sua amizade, por estar sempre presente e dedicar o seu tempo para o crescimento das outras pessoas. Eu peço a Deus que continue te fortalecendo a cada dia e que te proteja sempre!

## **AGRADECIMENTOS**

**Aos meus familiares e amigos,**

**Aos professores da Universidade Federal de Uberlândia,**

**À equipe BIAOR,**

**Aos amigos da 72ª Turma de Odontologia UFU e amigos da pós-  
graduação,**

**A FAPEMIG, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de  
Odontologia,**

**Ao Hospital Odontológico,**

**Ao CNPq pelo financiamento desta pesquisa,**

**Ao Centro de Pesquisa de Biomecânica, Biomateriais e Biologia Celular -  
CPBio,**

Ao entrar nesse desafio, eu tive no meu caminho pessoas muito queridas que me ofereceram todo auxílio, apoio e carinho. São vocês que fizeram diferença e permitiram que esse sonho fosse realizado. Muito Obrigada!!

## EPÍGRAFE

*“Um coração bom é a coisa mais bonita que uma pessoa pode ter”*



## SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO	14
2. PROPOSIÇÃO	19
3. CAPÍTULO 1	21
CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	47
RELEASE PARA IMPRENSA	51
ANEXOS	53

# RESUMO

---

## RESUMO

O tratamento endodôntico associado à restauração direta com resina composta tem sido utilizado para restaurar molares severamente destruídos em pacientes jovens. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes níveis de perda de estrutura dentária antes e após a realização de tratamento endodôntico e restauração com resina composta *bulk fill* na distribuição de tensões e magnitude da força de mordida. Foram selecionados três pacientes jovens (9, 10 and 12 anos de idade) com primeiros molares com cárie extensa e envolvimento pulpar com diferentes níveis de perdas de estrutura dentária: PI, manutenção das duas cristas marginais e de todas as cúspides; PII, manutenção de pelo menos uma crista marginal e perda mínima de uma cúspide; e PIII, perda de ambas as cristas marginais, mantendo apenas as cúspides vestibulares. Os molares foram tratados endodonticamente utilizando técnica de instrumentação rotatória e obturados com guta-percha e cimento AHPlus (Dentsply) e em seguida foram restaurados com Filtek Bulk Fill Posterior (3M ESPE). A força de mordida em Newtons (N) foi mensurada antes e após a intervenção endodôntica e restauradora na posição habitual de oclusal usando aparelho de força de mordida por meio de uma célula de carga (Kratos). Tomografias computadorizadas *cone beam* foram realizadas antes e após o procedimento endodôntico/restaurador, e arquivos DICOM (.dcm) foram exportados para o software Mimics, 3-Matic (Materialize) e Patran (MSC Software) para criação dos modelos específicos dos pacientes nos dois momentos experimentais. A aplicação de carga foi simulada por contato oclusal dos dentes antagonistas nas cargas mensuradas clinicamente em cada momento. Nos modelos que representam as condições iniciais foram aplicados tanto os valores de força de mordida (N) mensurados no momento inicial quanto após o procedimento reabilitador: PI. 30,1/136,6; PII. 34,3/133,4 e PIII. 47,9/124,1 e para os modelos que representam a condição final foram utilizados os valores obtidos após a intervenção endodôntica e restauradora: PI. 136,6; PII. 133,4 e PIII. 124,1. As restaurações foram avaliadas após 2 anos. Após intervenção endodôntica e restauradora a força de mordida aumentou em 260% (de  $36,7 \pm 11,6$  para

131,9±17,8). Antes da intervenção endodôntica e restauradora, as tensões se concentraram na estrutura coronal e, após a reabilitação foram transferidas de forma homogênea para a dentina radicular, independente do nível de perda de estrutura dentária. Quando a carga final foi aplicada nos modelos de condições iniciais, evidenciou-se elevada concentração de tensão em áreas enfraquecidas e na região de furca. As restaurações apresentaram desempenho adequado após 2 anos. A presença de cárie extensa com envolvimento pulpar afetou negativamente a carga de mordida e aumentou a concentração de tensão na estrutura frágil o que pode favorecer à ocorrência de fratura dental. O tratamento endodôntico associado à restauração direta em resina composta *bulk fill* demonstrou ser um método eficiente para restabelecer o desempenho mastigatório e a eficiência biomecânica dos molares jovens com comprometimento severo da estrutura coronária.

**Palavras-chave:** Análise por elementos finitos, modelo específico de paciente, molar tratado endodonticamente, resina composta bulk fill, cárie, tensão, estrutura coronal remanescente, força de mordida.

# ABSTRACT

---

## ABSTRACT

Endodontic treatment (ETT) followed by direct composite resin restoration has been used for rehabilitating the severely damage molar teeth in young patients. The aim of this study was to evaluate the effect of the molar teeth with different levels of the dental structure loss before and after the ETT and direct restoration with bulk fill resin composite on the stress distribution and the bite force magnitude. Three young patients (with 9, 10 and 12 years old), with the first mandibular molar teeth with deep occlusal caries with pulp involvement were selected attending with different levels of the dental structure loss: PI, both marginal ridge and all cusps; PII, maintenance of one marginal ridge and loss of one cusp; and PIII, loss of both marginal ridge, maintaining only buccal cusps. ETT was restored using Filtek Bulk Fill Posterior (3M ESPE). The bite forces in Newtons were measured initially and postoperatively for all teeth in habitual bite force using a miniload cell. Cone-beam tomography imaging was performed, and the Digital Imaging and Communication in Medice (.dcm) files were exported to Mimics, 3-Matic (Materialise) and Patran (MSC Software) software to create a patient-specific FEA models. Bite load was carry out using contact load applied by antagonist teeth in two moments: without ETT and restoration: PI. 30.1/136.6; PII. 34.3/133.4 and PIII. 47.9/124.1; and after restorative procedure: PI. 136.6; PII. 133.4 and PIII. 124.1 N. Performing ETT and bulk fill resin composite restoration the bite load increased 260% ( $36.7 \pm 11.6$ ) to  $131.9 \pm 17.8$ ). The restorations were evaluated after 2 years. Before rehabilitation the stresses concentrated on weakened coronal dental structure and after rehabilitation they were homogeneously transferred to root dentin, irrespective of the level of the tooth structure loss. When the postoperatively bite load was applied on non-treated tooth models, high stress concentration on weakened areas was verified. The restorations performed perfectly after 2 years. The extensive caries with pulp involvement affected negatively the bite load and increased the stress concentration on weakened areas and at furcation favoring the tooth fracture. The ETT and bulk fill resin composite restoration showed to be an efficient method for rehabilitate the biomechanical performance of molar teeth of young patients severely compromised structurally.

**Key-words:** finite element analysis, patient specific model, molar, endodontically treated molar, bulk fill composite resin, caries, stress, remaining coronal tooth structure, bite force.

# **INTRODUÇÃO E REFERENCIAL**

## **TEÓRICO**

---



## 1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

Os primeiros molares permanentes são os primeiros dentes posteriores a entrar em erupção na cavidade oral por volta dos 6 anos de idade e são os mais afetados por cáries (Linjawi *et al.*, 2016). A cárie dentária, ainda é umas das doenças crônicas mais prevalentes em crianças e adolescentes permanecendo como questão relevante de saúde pública (Bagramian *et al.*, 2009). As características anatômicas da face oclusal dos primeiros molares permanentes possibilitam que estes sejam mais susceptíveis à cárie dental. A presença de cicatrículas e fissuras estreitas e profundas além dos fatores biológicos, comportamentais e socioeconômicos dificulta a higiene bucal, resultando em insuficiente remoção de placa. Aliado ao consumo frequente e regular de alimentos ricos em sacarose favorecem à ocorrência da cárie dentária na infância e adolescência (Nogueira *et al.*, 1995, Meurman *et al.*, 2010). Nestas condições bucais e comportamentais, se a cárie não for tratada, poderá haver progressão da doença com destruição dos tecidos dentários podendo causar lesões pulpares, infecção periapical e até mesmo determinar a perda do dente (Selwitz *et al.*, 2007).

O processo carioso tem efeito prejudicial sobre a integridade estrutural do dente e, portanto, sobre as funções de mastigação. O impacto desta condição oral sobre a vida das crianças inclui consequências negativas, como desconforto, dor, comprometimento funcional, dificuldade em mastigar, redução da capacidade mastigatória em até 50%, problemas emocionais, diminuição do apetite, perda de peso, dificuldade para dormir, irritabilidade, baixa autoestima, diminuição do rendimento escolar o que pode prejudicar a qualidade de vida e da saúde bucal (Foster *et al.*, 2005, Peres *et al.*, 2016). A progressão da cárie pode resultar em perda prematura dos molares com graves consequências para o seu desenvolvimento (Gonzalez-Ocasio & Stevens, 2017). A perda precoce do primeiro molar permanente, pode resultar na migração do segundo molar, com alterações da curva de Spee e consequentemente gerar distúrbios na articulação têmporo-mandibular, extrusão dos dentes no arco oposto, mastigação unilateral, deslocamento na linha média e má oclusão dentária (Rebellato *et al.*, 1998).

O primeiro molar permanente é considerado um dos dentes mais importantes da cavidade bucal no período de 6 aos 12 anos por serem o principal instrumento da mastigação sendo a chave de oclusão (Dean *et al.*, 2011). Estes dentes exercem as forças de mordida mais elevadas no arco dentário durante a mastigação e são fundamentais para o desempenho mastigatório (Verluis *et al.*, 2011). A força de mordida tem sido amplamente utilizada para avaliar a função do sistema mastigatório (Osborn & Mao, 1993; Rodrigues *et al.*, 2017) e afeta a eficiência e o desempenho mastigatório (Lepley *et al.*, 2011). Qualquer condição que resulte em alteração estrutural de molares pode ter impacto direto na mastigação (Decerle *et al.*, 2013). A progressão da cárie em molares permanentes de pacientes jovens, ocorre rapidamente e pode resultar em diminuição da performance mastigatória e da força de mordida além de menor área de contato oclusal, com consequente, redução da função mastigatória (Carlsson, 2012). O envolvimento pulpar, muito frequente em cáries profundas de evolução rápida, pode resultar em dor e redução de força mastigatória causada pela adaptação natural do organismo. Por outro lado, se a força de mordida considerada normal for aplicada a um dente com grande perda estrutural, por exemplo na condição de mastigação acidental de um alimento mais rígido, a ocorrência de fratura do dente pode se aumentada (Subramaniam *et al.*, 2016).

Quando dentes molares permanentes são afetados por cáries oclusais profundas que resultam em envolvimento pulpar, a realização do tratamento endodôntico pode ser necessária para reabilitar a função. Após a intervenção endodôntica é fundamental que o dente seja reabilitado para evitar recidivas e melhorar a performance mastigatória. As resinas compostas são consideradas a primeira escolha dentre os materiais restauradores para dentes de pacientes jovens com grande destruição coronária devido à estética, propriedades conservadoras, baixo custo, bom manejo e desempenho satisfatório (Ausiello *et al.*, 2002; Pereira *et al.*, 2016). As restaurações com resina composta são atualmente aceitas por serem confiáveis e bem-sucedidas, se consolidando como alternativa previsível para restaurações diretas em dentes posteriores (Da Rosa *et al.*, 2011). Porém, há certa preocupação em relação a utilização de

resinas compostas em cavidades amplas onde um dos principais fatores responsáveis pelas falhas e longevidade das restaurações diretas em dentes posteriores são: cárie secundária, fratura das restaurações, número de superfícies a serem restauradas e a presença de bruxismo (Van de Sande *et al.*, 2013). As resinas convencionais precisam ser inseridas e fotoativadas em vários incrementos oblíquos de até 2 mm, em virtude da limitada profundidade de polimerização das resinas convencionais, buscando assim reduzir as tensões de contração e ao mesmo tempo garantindo boas propriedades mecânicas (Bicalho *et al.*, 2014a; Bicalho *et al.*, 2014b). Porém, necessitam de maior tempo clínico para que sejam inseridas em cavidades amplas. Por outro lado, as resinas compostas *bulk-fill* podem ser utilizadas em incrementos de até 5 mm de profundidade, alcançando propriedades mecânicas satisfatórias em toda extensão (Rosatto *et al.*, 2015; Schliebe *et al.*, 2016). Com uso de determinados tipos de resinas bulk fill menores tensões de contração são geradas, quando se compara às resinas convencionais; além de simplificar o procedimento restaurador e economizar tempo clínico em casos de cavidades profundas e amplas (Rosatto *et al.*, 2015; Schliebe *et al.*, 2016).

A avaliação do comportamento biomecânico frente ao efeito da perda de estrutura dentária em diferentes níveis de severidade causada por cáries extensas em primeiros molares permanentes com envolvimento pulpar em crianças e adolescentes é escassa na literatura. O uso do Método de Elementos Finitos (MEF) permite prever e explicar as falhas clínicas, resultando em melhor entendimento neste processo e possibilitando reduzir insucessos clínicos, e ainda viabilizar novas estratégias reabilitadoras. O MEF possibilita a simulação computacional da distribuição de tensões e deformação prevendo os sítios de concentrações de tensões, resultando em maior confiabilidade dos resultados (Soares *et al.*, 2012). Esta análise tem sido cada vez mais utilizada para avaliar comportamentos biomecânicos de materiais odontológicos e estruturas biológicas, a qual proporciona dados valiosos com custo operacional relativamente baixo e tempo reduzido, além de fornecer informações desconhecidas para os estudos laboratoriais (Soares *et al.*, 2012). Porém na maioria das vezes são empregados modelos genéricos, que são úteis, porém

utilizados de forma mais generalizada em relação ao problema estudado. A análise por meio do MEF utilizando modelos específicos do paciente associado a obtenção de forças funcionais por meio de avaliação clínica em diferentes condições pode ser uma ferramenta importante para analisar e prever as falhas clínicas (Rodrigues *et al.*, 2017), sendo úteis para o estudo de molares com comprometimento estrutural severo.

O tratamento endodôntico e a restauração direta, usando resina composta de incremento único, podem ser uma alternativa eficiente para manter os primeiros molares permanentes em função (Dablanca-Blanco *et al.*, 2017). No entanto, a melhora efetiva da força de mordida e da distribuição de tensão resultantes da aplicação deste protocolo restaurador não é perfeitamente clara na literatura. Sendo assim, parece oportuno estudar o efeito sobre a força de mordida e na distribuição de tensão de primeiros molares permanente com diferentes níveis de perdas de estrutura antes e após o tratamento endodôntico e restauração com resina composta direta de incremento único.

# PROPOSIÇÃO

---

## **2. PROPOSIÇÃO**

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de perda estrutural de primeiros molares permanentes com cárie extensa e envolvimento pulpar na força de mordida e na distribuição de tensões antes e após o tratamento endodôntico e restauração direta com resina composta bulk fill.

# CAPÍTULO I

---

**Artigo:** Pulp caries affected versus endodontic treated and composite resin restored young permanent molars - bite force and specific finite element analysis

Artigo a ser enviado para publicação no periódico *Journal of Dentistry*.

**Pulp caries affected versus endodontic treated and composite resin restored young permanent molars --bite force and specific finite element analysis**

Monise de Paula Rodrigues, Márcio Alex Barros Gomes, Renata Afonso Pereira, Antheunis Versluis, Carlos Jose Soares.

**Corresponding author:**

Prof. Dr. Carlos José Soares

Av. Pará, 1720, Bloco 4L, Anexo A, Campos Umuarama, 38400-902

Uberlândia, Minas Gerais, Brasil

Phone: +55-34-3225-8106

E-mail: carlosjsoares@ufu.br

**Pulp caries affected versus endodontic treated and composite resin restored young permanent molars -bite force and specific finite element analysis**

Monise de Paula Rodrigues<sup>1</sup>, Márcio Alex Barros Gomes<sup>1</sup>, Renata Afonso da Silva Pereira<sup>1</sup>, Antheunis Versluis<sup>2</sup>, Carlos Jose Soares<sup>1\*</sup>

1 Department of Operative Dentistry and Dental Materials, School of Dentistry, Federal University of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil.

2 Department of Bioscience Research, College of Dentistry, University of Tennessee Health Science Center, Memphis, TN, USA.

**Running title:** Patient molar finite element analysis

**Key words:** finite element analysis, patient specific model, molar, endodontically treated teeth, composite resin, Bite force

**\* Corresponding author:**

Prof. Dr. Carlos José Soares.

Biomechanics Research Group

Federal University of Uberlândia

School of Dentistry

Avenida Pará, 1720, Bloco 4L, Anexo A, Sala 42, Campus Umuarama.

Uberlândia - Minas Gerais – Brazil, Zip Code: 38405-320

carlosjsoares@ufu.br; 55 34 999713472



## **Pulp caries affected versus endodontic treated and composite resin restored young permanent molars --bite force and specific finite element analysis**

### **Abstract**

**Objective:** The aim of this study was to evaluate the effect of the different levels of dental structure loss and the endodontic treatment (ETT) associated with direct bulk fill resin composite restoration on the stress distribution and the bite force magnitude in young patients.

**Methods:** First mandibular molar of three young patients were selected with different levels of the tooth structure loss. The bite force in Newtons was measured before and after ETT and direct restoration in habitual bite force using a miniload cell. Cone-beam tomography (CBCT) imaging was performed before and after ETT and restorative procedure and exported in DICOM format to Mimics, 3-Matic (Materialise, Leuven, Belgium) and Patran (MSC Software, Santa Ana, CA) software to create a patient-specific FEA models in both conditions. Bite loads were carry out using contact load applied by antagonist teeth measured initially and after ETT and restoration on the FEA models: I. 30.1/136.6; II. 34.3/133.4 and III. 47.9/124.1 and post restorative procedure: I. 136.6; II. 133.4 and III. 124.1 N. The restorations were clinically evaluated after 2 years.

**Results:** Performing ETT and bulk fill resin composite restoration the mean bite load increased 260% ( $36.7 \pm 11.6$  to  $131.9 \pm 17.8$ ). Before rehabilitation the stresses concentrated on coronal tooth structure and after rehabilitation they were homogeneously transferred to root dentin, irrespective of the severity of the level of the tooth structure loss. The postoperatively bite load applied on non-treated teeth resulted in high stress concentration on weakened areas and at furcation. The restorations performed perfectly after 2 years.

**Conclusions:** The extensive caries affected negatively the bite load and increased the stress concentration on weakened tooth areas favoring the tooth

fracture. The ETT followed by direct composite resin is an efficient method for re-establish the biomechanical performance of molar teeth of young patients.

**Clinical significance:** ETT associated with direct composite resin restoration is an efficient option for maintaining of severely damaged molars by caries in young patient. In addition, it is importance the immediate rehabilitation after removal the dental pain to avoid dental fracture.

## INTRODUCTION

The permanent first molars are the first posterior teeth to erupt in the oral cavity and are the most affected teeth by caries [1]. Due the deep sulcus and fissures on the occlusal surface, which leads to accumulation of acid produced by bacteria and the early eruption of the tooth contribute with the caries progression [1]. Untreated dental caries can result in pulpal injuries, periapical infection and tooth loss [2]. The caries has a detrimental effect on the structural integrity of the tooth negatively affecting the masticatory functions. The caries impact on the life of children includes negative consequences, such as discomfort, pain, functional impairment, difficulty on chewing and emotional problems [3]. The progression of the caries may result in premature molar loss, with serious consequences [4]. A collapse of the posterior dental arch space during growth is frequently observed and eventually the loss can affect the opposing arch and occlusal plane [4]. Then the management of the several caries permanent molars is important issue for quality of life and growing process of children and teenagers [5].

First permanent molars exert the highest force in the dental arch during chewing [6]. Masticatory capacity is usually assessed according to masticatory performance and maximum bite force [7]. Any condition affecting tooth structure may have an impact on masticatory process [8]. When the permanent molar teeth are affected by occlusal deep caries, the endodontic treatment (ETT) and restorative procedures may be required. Resin composites are considered the first choice of restorative materials for teeth severely damaged for young patient's due the esthetic, conservative properties, good handling and satisfactory performance [9,10]. The bulk-fill technique represents one of the attempts during recent years to simplify the placement of resin composites. Most of these simplifications have concerned a reduction in the number of steps, decreased polymerization shrinkage stresses, and cuspal deflection rates [11,12].

Biomechanics analysis of the effect of progressive dental structure loss caused by extensive caries in permanent first ETT molars in children and teenagers is scarce on literature. The pulp damage may result in pain and

masticatory force reduction caused by biting natural adaptation. Performing ETT and direct restoration by using bulk fill composite resin has been reported to be a good alternative to maintain the permanent first molar in function [13]. However, the effective improvement on the biting force and on the more homogeneous stress distribution of this restorative protocol is not clear. The caries progression in young permanent molars results in several dentin losses resulting in large areas of the enamel without support. If the children perform the normal biting force on the molar teeth in this condition the occurrence of tooth fracture may increase [14]. The patient-specific finite element analysis with clinical validation can be an important tool to analyze and predict failure on the endodontic treated and restored molars [15]. The purpose of this study was to evaluate the effect of the different levels of dental structure loss and the endodontic treatment (ETT) associated with direct bulk fill resin composite restoration on the stress distribution and the bite force magnitude in young patients. The null hypothesis was that the ETT and direct bulk fill resin composite restoration would not recover the bite load and improve the stress distribution.

## **MATERIALS & METHODS**

### **Patients selection**

This study had the approval of the ethics committee (1.685.725). Three patients (9, 10 and 12 years old) with the first lower permanent molar affected by caries with pulp involvement resulting in dental pain with different tooth structure loss were selected. Each patient had the first permanent mandibular molar with occlusal deep caries involving pulp tissue with necessity of the endodontic treatment. Each patient had one of the three different levels of the dental structure loss (Figure 1 and 3): PI, maintenance of both marginal ridge and all cusps (Figure 3A); PII, maintenance of one marginal ridge and loss of one cusp (Figure 3B); and PIII, loss of both marginal ridge and maintenance of buccal cusps (Figure 3C).

### **Intraoral bite force measurement**

The bite forces were measured in Newtons at initial condition, before ETT and restorative procedure, and postoperatively for molars in maximum bite force that patient could performed using a miniload cell (Gnatodinamômetro Digital Especial; Kratos, Cotia, SP, Brazil). The load was repeated five times and the values were record, the mean value of each patient was used in finite element analysis (loading application).

### **Cone-Beam image acquisition**

Before and after ETT and restorative procedure, the patients were imaged using cone-beam computed tomographic scanning (i-CAT GXCB-500; Imaging Sciences International, Hatfield, Pennsylvania) with the median sagittal plane perpendicular to the horizontal plane and the occlusal plane parallel to the horizontal plane. Voxel dimensions were 0.125 mm (Figure 1A, 1B and 1C). A total of 704 slices were obtained with 6 seconds of acquisition and exposure parameters of 120 kV and 5.0 mA. The projection data of the first permanent molar and support structures were exported using the Digital Imaging and Communication in Medicine (Dicom) file format.

### **Teeth rehabilitation**

For ETT, the root canals were shaped by rotary instruments (ProTaper Next, Dentsply Malleifer, Petrópolis, RJ, Brazil) sequenced in order (X1, X2 and X3) applying the crown-down technique, regarding the anatomy of the root canal to choose the final instrument. The rotational speed and torque were set according to the manufacturer's recommendation at 300 rpm and 2 Ncm, respectively. Throughout the preparation process, the root canals were irrigated with 2.5% sodium hypochlorite (Chlorine Rio, São José do Rio Preto, SP, Brazil) using a Luer Lock 5mL syringe (Ultradent) and NavTip (Ultradent). The final irrigation was performed by EDTA solution at 17% and physiological saline solution to remove the remaining debris. If needed, a calcium hydroxide-based intracanal medication was used between the appointments. The instrumented root canals were dried with sterile paper points and immediately obturated by the lateral condensation. The root canals were filled with a pre-selected gutta-percha master cone ProTaper Next (Dentsply), as well as conventional gutta-percha

accessory cones FM (Dentsply Malleifer, Petrópolis, RJ, Brazil) and calcium hydroxide-based cement (Sealer 26; Dentsply, Sao Paulo, SP, Brazil). The excess of gutta-percha was removed from the pulp chamber by pre-warmed Paiva's compactors and afterwards it was cleaned with a cotton pellet and isopropyl alcohol.

The enamel was etched using 37% phosphoric acid (Adper Scotchbond Etching, 3M ESPE, St. Paul, USA) for 30 seconds, and the adhesive system (Single Bond Universal, 3M) was applied actively in two layers. The adhesive system was light cured using LED light curing unit with 1200 mW/cm<sup>2</sup> (Optilight Max, Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brazil) for 20 seconds covering all the cavity extension. The teeth were restored using a bulk-fill regular paste resin composite (Filtek Bulk Fill Posterior, 3M-ESPE) inserted in a first increment of 5mm thickness for restoring the pulp chamber and dentin structure, followed by second increment of 4 to 5mm for restoring occlusal area. The thickness of the increments was checked by using periodontal probe (PCPUNC15BR, Hu-Friedy, Chicago-IL, EUA). Each increment was light-cured for 20 seconds using a LED curing unit (Optilight Max) covering totally the cavity extension.

### **3D Finite element model generation**

A three-dimensional (3D) reconstruction model was created based on a cone-beam tomography image (i-CAT GXCB-500™ Imaging Sciences International, Hatfield, Pennsylvania). The images were exported in Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) file format and imported into an interactive medical imaging software (Mimics 18.0, Materialise Dental, Leuven, Belgium). The segmentation of the tooth structures and restorative materials was accomplished using image density thresholding [16,17]. Periodontal ligament layers (0.2 mm thick) were imposed on tooth roots by Boolean operations. After segmentation, the 3D triangle-based surface of each teeth structure was exported in Stereo Lithography (STL) format (Figure 2A).

The STL surface models were imported and meshed in MSC. Patran® 2010 (MSC.Software, MSC software, Santa Ana, CA, USA) with tetrahedral elements, which is element number 134 (Figure 2B). The created volumetric element mesh was imported into a FEA software package (MSC.Marc/Mentat; MSC.Software) to perform the structural analysis (Figure 2C). All materials were considered linear-elastic, isotropic, and homogeneous. The applied material properties: elastic modulus, Poisson's ratio, density, tensile strength (MPa) and compressive strength (MPa) were obtained from the literature (Table 1). For simulating the interfaces between model components, bonded contact was prescribed, preventing relative motion along all model interfaces. Nodes on the mesial and distal sectioned surface of the bone structure were assumed to be rigidly fixed in the x, y, and z directions.

The force values (N) determined clinically before and after ETT and restorative procedure for each patient were used as input loading for each patient (PI. 30.1 /136.6; PII. 34.3/133.4 and PIII. 47.9/124.1). During the analysis, contact status showed that the antagonist teeth contacted the mandibular molar according to the positioning acquired by the computed tomographic image and the occlusal contact checked clinically. The bite load were simulated as the contact loading by antagonist teeth in three moments at the initial condition for each patient: M1, characterized by the teeth with the initial condition, without ETT and restorative procedure, using initial bite load (PI, 30.1; PII, 34.3; PIII.); M2, characterized by the teeth with the initial condition with the final bite loading (PI. 136.6; PII. 133.4 and PIII. 47.9); and M3, after ETT and bulk fill resin composite restoration using final bite load (PI. 136.6; PII. 133.4 and PIII. 124.1). Stress distributions were analyzed using modified von Mises equivalent stresses (Figure 2C). The used equivalent stress was based on the well-known von Mises formulation, modified to take into account the difference between compressive and tensile strength for materials listed in Tables 1.

## **RESULTS**

### **Intraoral bite force measurement**

The mean and standard deviation values of bite load (N) measured at: I, initial condition; and ER, after ETT and resin composite restoration were: PI, I-  $30.1 \pm 5.9$  and ER-  $136.6 \pm 16.6$ ; PII, I-  $34.3 \pm 10.2$  and ER-  $133.4 \pm 21.4$ ; PIII, I-  $47.9 \pm 12.0$  and ER-  $124.1 \pm 17.5$ . After endodontic treatment and bulk fill resin composite restoration the mean bite force values of the three patients increased 260% ( $36.7 \pm 11.6$  to  $131.9 \pm 17.8$ ). The presence of extensive caries with pulp involvement reduced significantly the bite force, irrespective of the level of the tooth structure loss. However, the endodontic treatment and resin composite restoration increased significantly the bite force. The restorations performed adequately for 2 years.

### **Stress distribution**

The modified von Mises stress distribution for the enamel and dentin structure, and resin composite restoration for molars before and after endodontic treatment and composite resin restoration are summarized in Figure 4, 5 and 6. When was simulated the lower patient adaptive bite load the stresses were significantly lower on the coronal tooth remaining (Figures 4A, 5A and 6A). For M2 condition models (Figures 4B, 5B and 6B), the stress concentrations were significantly higher than for M3 condition (Figures 4C, 5C and 6C). High stress concentration was observed on the tooth structure remain and on the root furcation of the molar (Figures 4B, 5B and 6B) for M2 condition. After ETT and restorative procedure, the stress was more homogeneously distributed to root dentin and reduced significantly on the root furcation (Figures 4C, 5C and 6C).



## DISCUSSION

Three different levels of the dental structure loss caused by caries and pulp involvement on first permanent mandibular molar were simulated to study the influence of the amount of the preserved dental tissues on the biting force and on the stress distributions and of mandibular molars. The amount of the dental structure loss had no effect on the bite force when compared the initial conditions, demonstrating that the pulp effect may be the major factor for determining the bite force adaptation [18]. However, significant difference was observed before and after ETT and direct bulk fill resin composite restoration on the bite force magnitude and on the stress distribution. Therefore, the null hypothesis was rejected.

Bite force has been widely used as an acceptable test for masticatory system function in humans [15,19]. The values of bite force measured at initial condition for the three patients were significantly lower before ETT and restorative procedure. The lower bite force can be caused by chewing alteration due to pulp pain [18]. Dental pathologies such as poor periodontal and dental conditions may result in a reduction in the bite force [20]. A reflex withdrawal reaction to the pain evoked on biting, and the induction of masseteric inhibitory periods [21], may explain the reduced bite [18]. The dental tissue loss due to extensive dental caries generated smaller occlusal contact area [22,23]. Additionally, the weakened tooth coronal structure may determine the natural adaptation reducing the bite force, protecting the tooth fracture [24]. These children usually showed difficulty in eating and loss of dental function, which should be considered an indicator of oral problems and a negative impact of dental caries on quality of life. The significant increasing on the bite force was verified after ETT and direct resin composite restorations, resulting in similar bite forces for all patients, irrespective of the dental structure loss presented initially. Removing the pain, by ETT, and after adequately coronal reconstruction by resin composite restorative procedure was able to increase the bite force – around 260%, that may impair significantly on nutrition process of the young patients [25].

Patient-specific FEA provided realistic stress investigation that may be used with clinical analysis of molar teeth severely damaged in young patients. The computed tomographic scan data allow efficient generation of specific three-dimensional models [15,26,27]. Using 3D FEA associated with specific bite force was able to explain the mechanism of tooth fracture occurred eventually during unexpected high bite force application. When the final bite force was simulated on weakened teeth, high stress concentration was verified on root furcation and at the coronal structure remaining, favoring the tooth fracture [28]. Comparing the initial condition of the three levels of the dental structure loss, greater tooth structure loss resulted in higher stress concentration. This aspect is important contribution for early intervention, even if the pulp involvement was observed. Carious lesions in more advanced stages of progression in posterior teeth were associated with a negative impact on the quality of life [29]. Preserving more coronal tooth structure better stress distribution is observed, consequently the tooth fracture occurrence is minimized. This comparison also highlighted the importance for adequate provisional and early definitive composite restoration after initial ETT intervention. When the dental pain is removed the patient has more comfort to perform biting force, increasing the load force, consequently the possibility of the tooth fracture.

After the ETT and bulk fill resin composite restoration the stress is significantly reduced in weakened areas, being better distributed to the root areas with more volume of the dentin tissue. Based on the results of this study, the restorative procedure had more homogeneous stress distribution, reducing the failure risks of ETT-restored molars. The composite resins are considered the first choice of materials to restore carious or fractured teeth [30]. The restoration of ETT should focus on maintaining the highest coronal structure possible during root canal treatment and restorative procedures. The use of the pulp chamber and the coronal tooth remaining is sufficient for retention of the coronal reconstruction [25]. The restoration of teeth with composite resin contributes to improved masticatory ability and consequently generating higher occlusal bite force. The ETT associated with direct resin composite restoration is an important strategy for maintaining the molar teeth severally affected by caries in young

patients. After integrated restorative procedure the bite force was significantly increased and the stress distribution is improved, consequently the potential tooth fracture is minimized and the masticatory ability is improved.

## References

- [1] A.I. Linjawi, First molar health status in different craniofacial relationships. Clin. Cosmet. Investig. Dent. 5 (2016) 89-94.
- [2] R.H. Selwitz, A.I. Ismail, N.B. Pitts, Dental caries, Lancet. 6 (2007) 51-59.
- [3] L.A. Foster Page, W.M. Thomson, A. Jokovic, D. Locker, Validation of the Child Perceptions Questionnaire (CPQ 11-14), J. Dent. Res. 84(2005) 649-652.
- [4] J. Gonzalez-Ocasio, M. Stevens, Autotransplantation of Third Molars with Platelet-Rich Plasma for Immediate Replacement of Extracted Non-Restorable Teeth: A Case Series, J. Oral. Maxillofac. Surg. 75(2017) 1833e1-1833e6.
- [5] J.G.S. Souza, S.E. Souza, M.D.S. Noronha, E.F.E. Ferreira, A.M.E.B.L. Martins, Impact of untreated dental caries on the daily activities of children, J. Public. Health. Dent. 2017. [Epub ahead of print]
- [6] A. Versluis, D. Versluis-Tantbirojn, Filling cavities or restoring teeth? J Tenn Dent Assoc. 91(2011):36-42.
- [7] M.S. Kaya, B. Güçlü, M. Schimmel, S. Akyüz, Two-colour chewing gum mixing ability test for evaluating masticatory performance in children with mixed dentition: validity and reliability study, J. Oral. Rehabil. 44(2017) 827-834.
- [8] N. Decerle, E. Nicolas, M. Hennequin, Chewing deficiencies in adults with multiple untreated carious lesions, Caries. Res. 47(2013) 330-337.
- [9] P. Ausiello, A. Apicella, C.L. Davidson, Effect of adhesive layer properties on stress distribution in composite restorations--a 3D finite element analysis, Dent. Mater. 18(2002) 295-303.
- [10] R. Pereira, A.A. Bicalho, S.D. Franco, D. Tantbirojn, A. Versluis, C.J. Soares, Effect of Restorative Protocol on Cuspal Strain and Residual Stress in Endodontically Treated Molars, Oper.Dent. 41(2016) 23-33.
- [11] J.W.V. van Dijken, U. Pallesen, Bulk-filled posterior resin restorations based on stress-decreasing resin technology: a randomized, controlled 6-year evaluation, Eur. J. Oral. Sci 125(2017) 303-309.

- [12] H. El-Damanhoury, J. Platt. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites, *Oper.Dent.* 39(2014) 374– 382.
- [13] A.B. Dablanca-Blanco, J. Blanco-Carrión, B. Martín-Biedma, P. Varela-Patiño, A. Bello-Castro, P. Castelo-Baz, Management of large class II lesions in molars: how to restore and when to perform surgical crown lengthening? *Restor. Dent. Endod.* 42(2017) 240-252.
- [14] P. Subramaniam, K.L. Girish Babu, Ifzah. Effect of Restoring Carious Teeth on Occlusal Bite Force in Children, *J. Clin. Pediatr. Dent.* 40(2016) 297-300.
- [15] M.P. Rodrigues, P.B.F. Soares, A.D.C.M. Valdivia, R.S. Pessoa, C. Veríssimo, A. Versluis, C.J. Soares, Patient-specific Finite Element Analysis of Fiber Post and Ferrule Design, *J. Endod.* 43(2017) 1539-1544.
- [16] S.V. Jaecques, H. Van Oosterwyck, L. Muraru, Individualised, micro CT-based finite element modelling as a tool for biomechanical analysis related to tissue engineering of bone, *Biomaterials*, 25 (2004) 1683–1696.
- [17] R.S. Pessoa, L. Muraru, E.M Junior, et al. Influence of implant connection type on the biomechanical environment of immediately placed implants - CT-based nonlinear, three-dimensional finite element analysis, *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.* 12(2010) 219-234.
- [18] J. Khan, R. Benoliel, U. Herzberg, A.J. Mannes, R.M. Caudle, A. Young, E. Eliav, Bite force and pattern measurements for dental pain assessment in the rat, *Neurosci. Lett.* 447(2008) 175-178.
- [19] J.W. Osborn, J. Mao, A thin bite-force transducer with three-dimensional capabilities reveals a consistent change in bite-force direction during human jaw-muscle endurance tests, *Arch. Oral Biol.* 38 (1993) 139–144.
- [20] W.N. Williams, S.B. Low, W.R. Cooper, C.E. Cornell, The effect of periodontal bone loss on bite force discrimination, *J. Periodontol.* 58(1987) 236-239.

- [21] P.A. McGrath, Y. Sharav, R. Dubner, R.H. Gracely, Masseter inhibitory periods and sensations evoked by electrical tooth pulp stimulation, *Pain*. 10 (1981) 1–17.
- [22] N. Decerle, E. Nicolas, M. Hennequin, Chewing deficiencies in adults with multiple untreated carious lesions, *Caries. Res.* 47 (2013) 330-337.
- [23] M.F. Laird, E.R. Vogel, H. Pontzer, Chewing efficiency and occlusal functional morphology in modern humans, *J. Hum. Evol.* 93 (2016) 1-11.
- [24] A.S. Johansson, K.G. Svensson, M. Trulsson. Impaired masticatory behavior in subjects with reduced periodontal tissue support, *J. Periodontol.* 77(2006) 1491-1497.
- [25] M.C. De Moraes Tureli, T. De Souza Barbosa, M.B. Gaviao, Associations of masticatory performance with body and dental variables in children, *Pediatr. Dent.* 32 (2010) 283-288.
- [26] P. Xin, P. Nie, B. Jiang, Material assignment in finite element modeling: heterogeneous properties of the mandibular bone, *J. Craniofac. Surg.* 24 (2013) 405–410.
- [27] R.S. Pessoa, F.J. Bezerra, R.M. Sousa, Biomechanical evaluation of platform switching: different mismatch sizes, connection types, and implant protocols. *J. Periodontol.* 85 (2014) 1161–1171.
- [28] L.M. Barcelos, A.A. Bicalho, C. Veríssimo, M.P. Rodrigues, C.J. Soares, Stress distribution, tooth remaining strain, and fracture resistance of endodontically treated molars restored without or with one or two fiberglass posts and direct composite resin, *Oper. Dent.* 42(2017) 646-657.
- [29] J. Ramos-Jorge, B.M. Alencar, I.A. Pordeus, M.E. Soares, L.S. Marques, M.L. Ramos-Jorge, S.M. Paiva. Impact of dental caries on quality of life among preschool children: emphasis on the type of tooth and stages of progression, *Eur. J. Oral. Sci.* 123(2005) 88-95.
- [30] C.M. Rosatto, A.A. Bicalho, C. Veríssimo, G.F. Bragança, M.P. Rodrigues, D. Tantbirojn, A. Versluis, C.J. Soares. Mechanical properties, shrinkage stress,

cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique, J. Dent. 43(2015) 1519-1528.

[31] H. Sano, B. Ciucchi, W.G. Matthews, D.H. Pashley, Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin, J. Dent. Res. 73(1994) 1205-1211.

[32] L.R.S. Oliveira Schliebe, S.S. Lourenço Braga, R.A. da Silva Pereira, A.A. Bicalho, C. Veríssimo, V.R. Novais, A. Versluis, C.J. Soares, The new generation of conventional and bulk-fill composites do not reduce the shrinkage stress in endodontically-treated molars, Am. J. Dent. 29(2016) 333-338

[33] J.S. Rees, P.H. Jacobsen. Elastic modulus of the periodontal ligament. Biomaterials. 18 (1997) 995-999.

[34] D.R. Carter, W.C. Hayes, Compact bone fatigue damage--I. Residual strength and Stiffness, J. Biomech. 10(1997) 325-337.

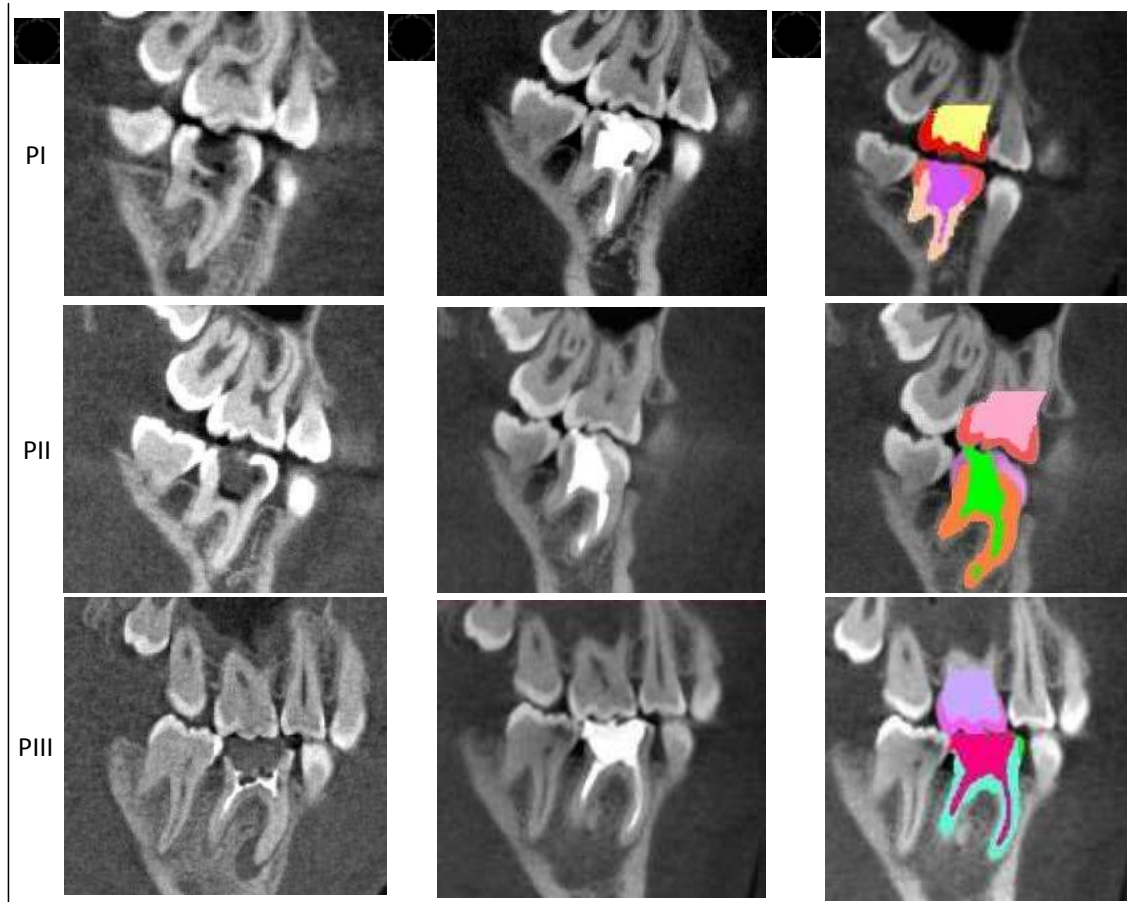
[35] F. Zarone, R. Sorrentino, D. Apicella, B. Valentino, M. Ferrari, R. Aversa, A. Apicell, Evaluation of the biomechanical behavior of maxillary central incisors restored by means of endocrowns compared to a natural tooth: a 3D static linear finite elements analysis, Dent. Mater. 22(2006) 1035-1044.

**Table I.** The Applied Material and Tooth Structure Properties

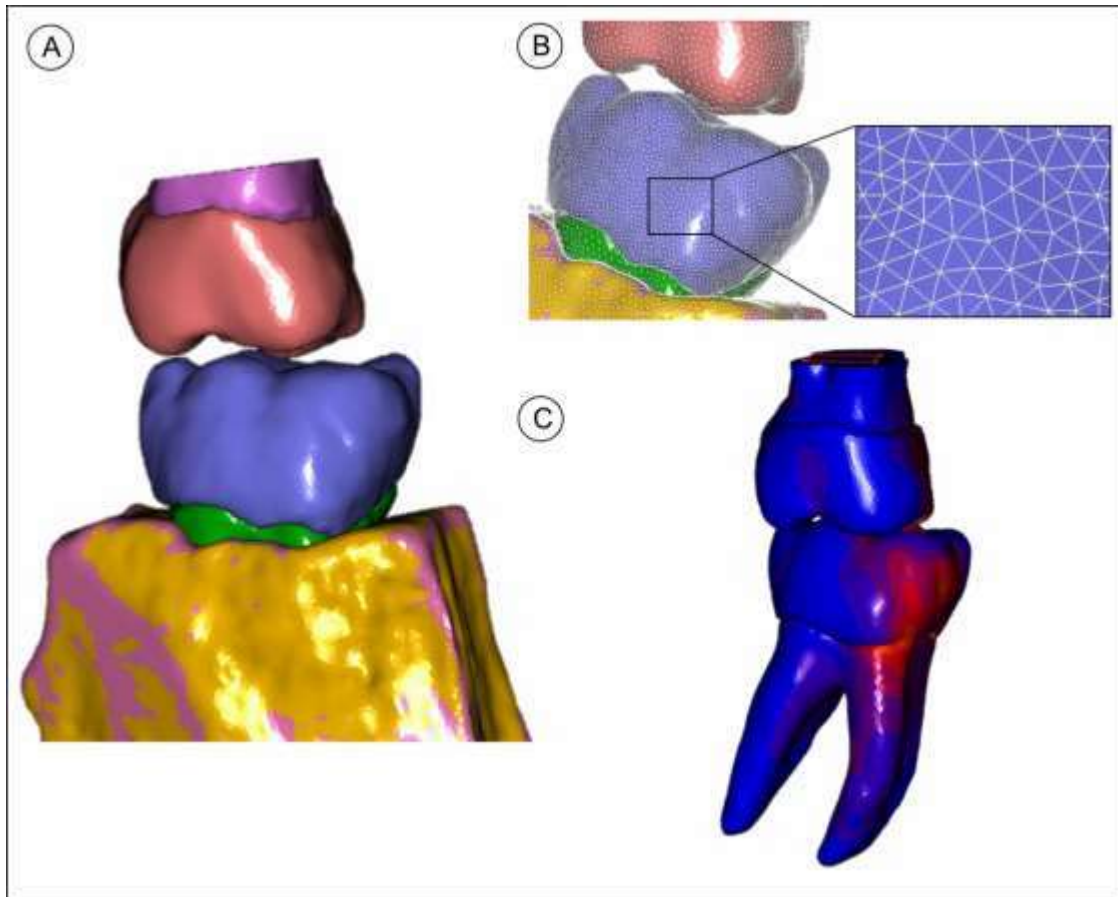
<b>Materials/ Structures</b>	<b>Elastic Modulus (MPa)</b>	<b>Poisson's ratio</b>	<b>Tensile Strength (MPa)</b>	<b>Compressive Strength (MPa)</b>	<b>References</b>
Dentin	18600	0.31	98.7	297.0	Sano H, 1994 [31]
Filtek Bulk Posterior	12800	0.24	42	169.0	Oliveira et al., 2016 [32]
Periodontal Ligament	50	0.45	-	-	Ress <i>et al.</i> , 1997 [33]
Cortical Bone	13700	0.30	-	-	Carter <i>et al.</i> , 1992 [34]
Cancellous Bone	1370	0.30	-	-	Carter <i>et al.</i> , 1992 [34]
Enamel	84100	0.30	10.3	384.0	Zarone <i>et al.</i> , 2006 [35]



## Figures



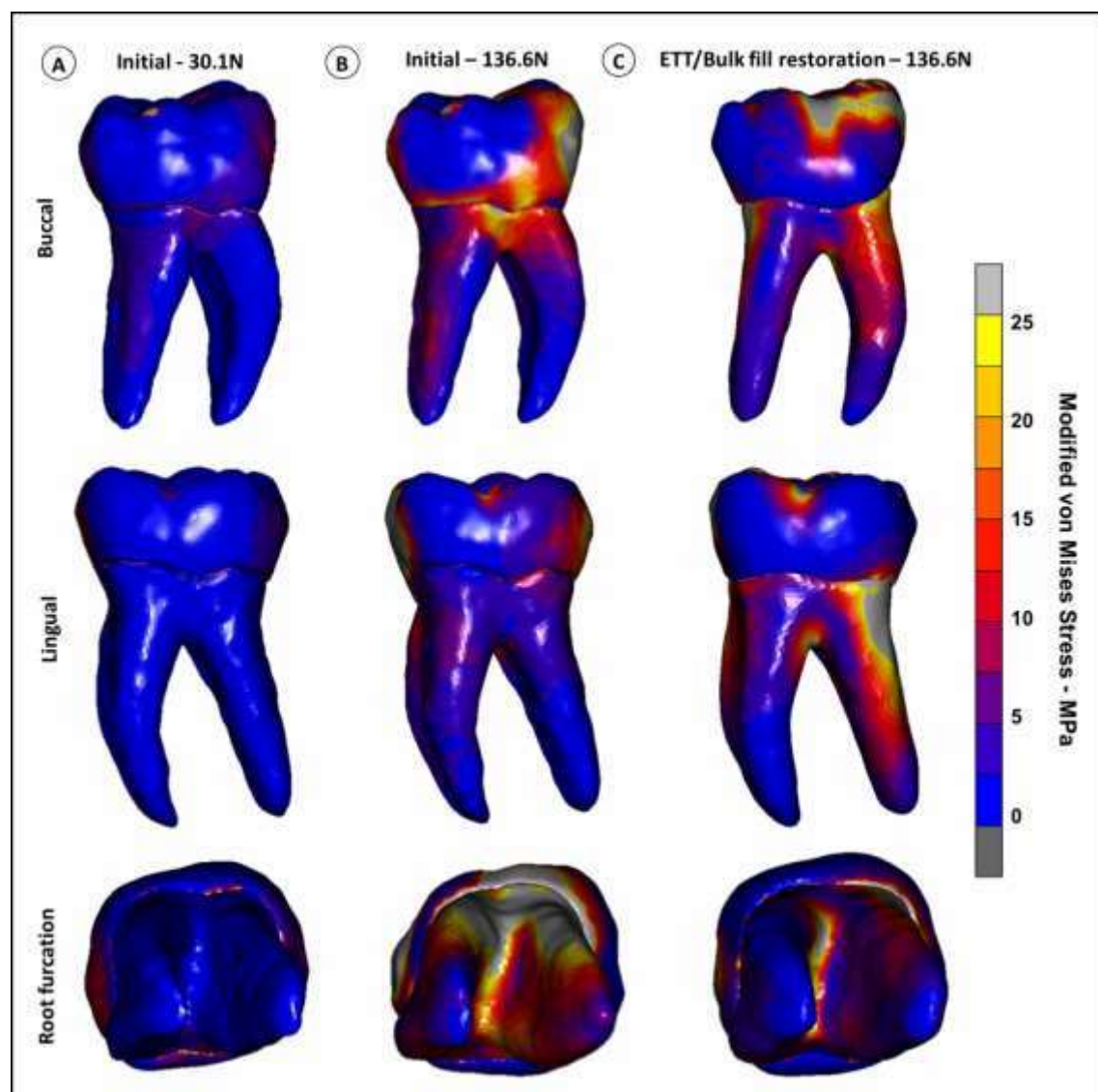
**Figure 1.** Cone-beam computed tomographic images: A. of the initial conditions of severe dental structure loss; B. of the ETT and final direct resin restoration; C. segmentation using Mimics software. PI- maintenance of both marginal ridge and all cusps; PII- maintenance of one marginal ridge and loss of one lingual cusp; and PIII- loss of both marginal ridge, maintaining only the of buccal cusps



**Figure 2.** A schematic showing the approach for developing a patient-specific finite element model. A, 3D reconstruction of the dental structure using Mimics and 3-Matic softwares. B, the final mesh created with Mimics, 3-Matic, and Patran softwares. C, nonlinear analysis simulating the biting force with clinically obtained inputs using Marc/Mentat softwares.

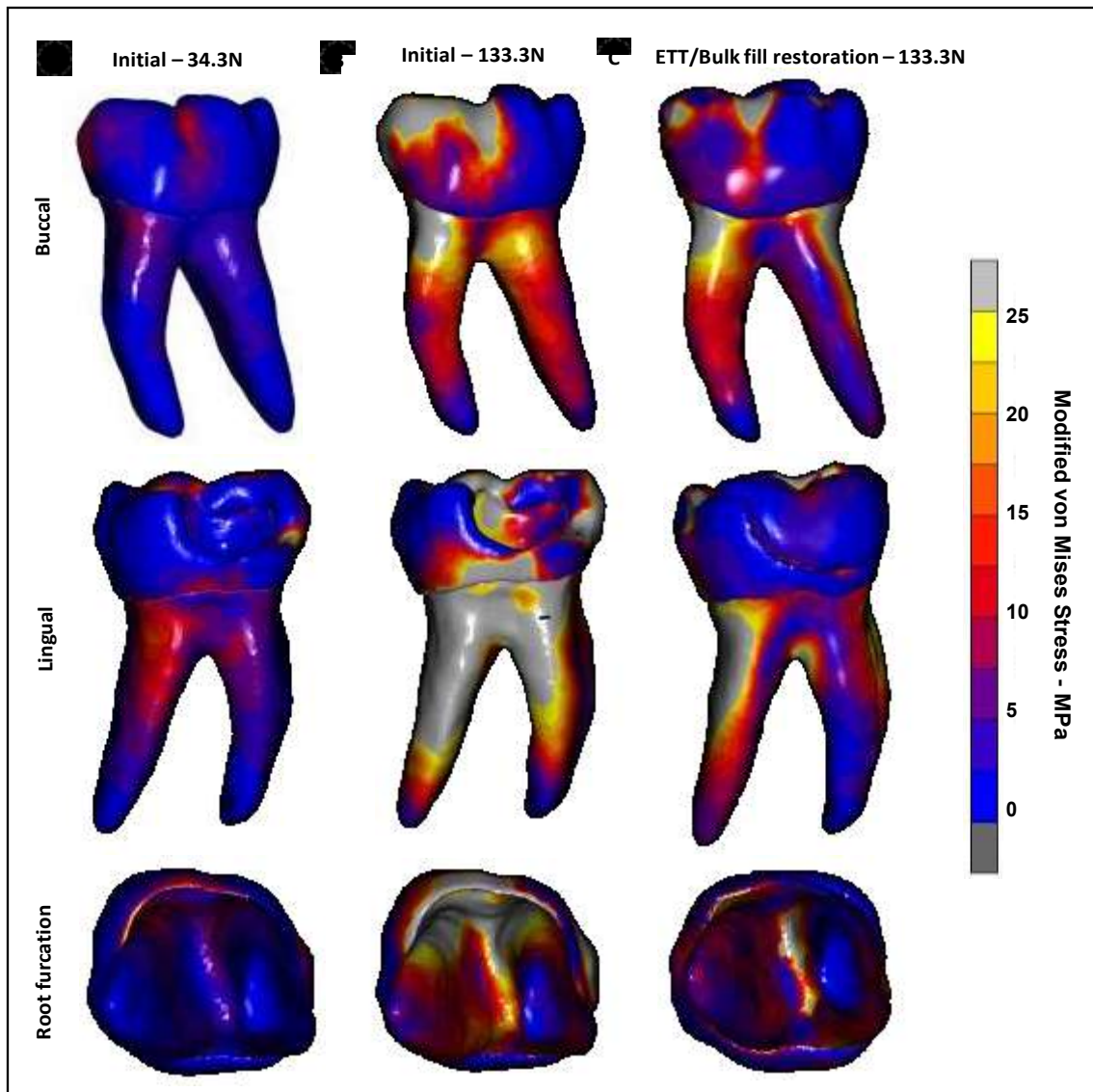


**Figure 3.** Clinical and respective patient-specific finite element models. A, PI, maintenance of both marginal ridge and all cusps; B, PII, maintenance of one marginal ridge and loss of one lingual cusp; and C, PIII, loss of both marginal ridge, maintaining only the of buccal cusps

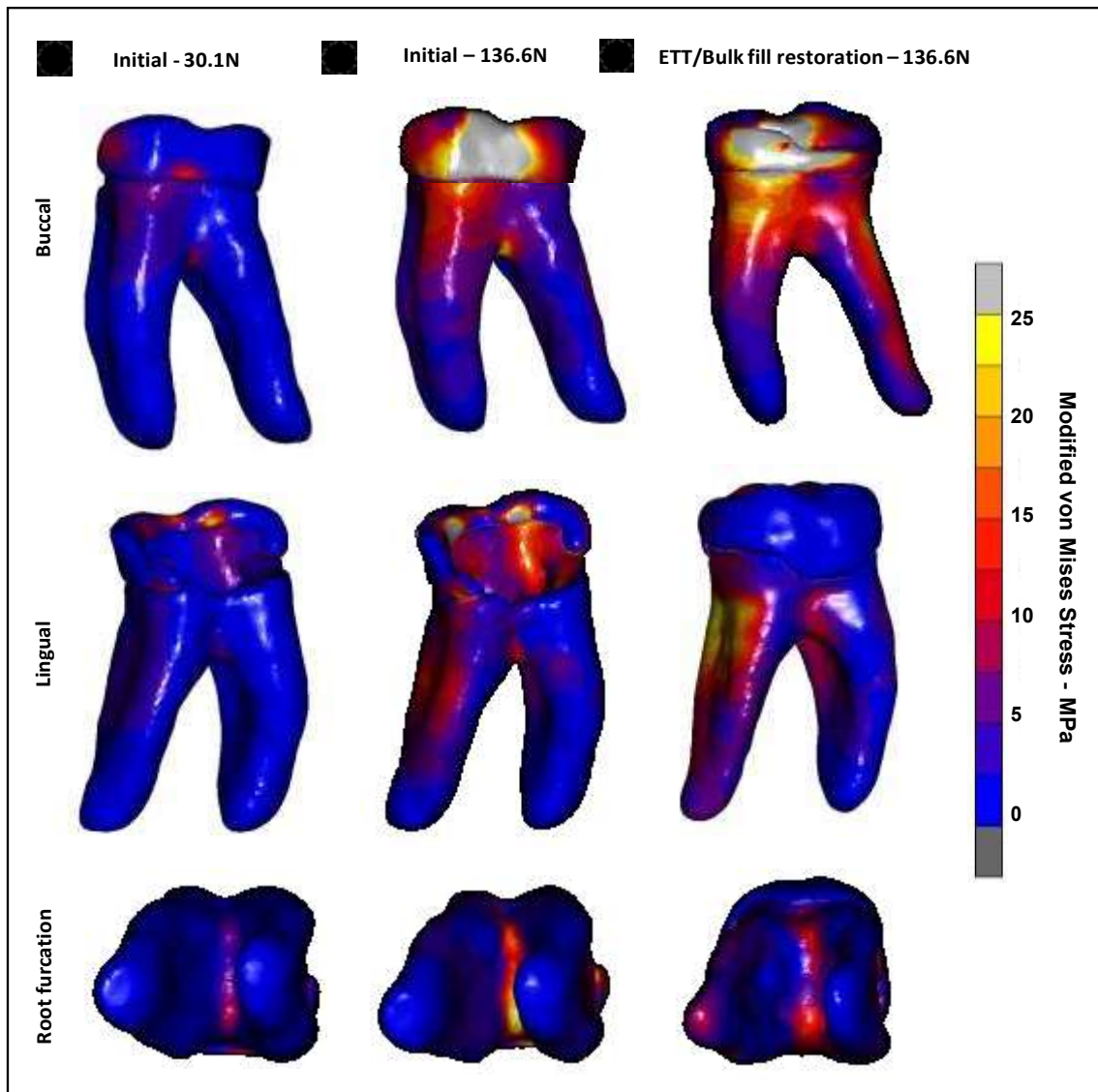


**Figure 4.** The modified von Mises stress results of Type I - PI, maintenance of both marginal ridge and all cusps. A, Buccal surface stress distributions. B, Stress distribution at the lingual surface. C, Stress distribution at the root dentin furcation.





**Figure 5.** The modified von Mises stress results of Type II- PII, maintenance of one marginal ridge and loss of one cusp. A, Buccal surface stress distributions. B, Stress distribution at the lingual surface. C, Stress distribution at the root dentin furcation.



**Figure 6.** The modified von Mises stress results of Type III - PIII, loss of both marginal ridge and maintenance of buccal cusps. A, Buccal surface stress distributions. B, Stress distribution at the lingual surface. C, Stress distribution at the root dentin furcation.

# **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente as limitações metodológicas impostas pelo delineamento deste estudo as seguintes considerações podem ser estabelecidas:

1. A associação de metodologias de elementos finitos e de mensuração de força de mordida mostrou ser uma combinação eficiente e importante para elucidar comportamento biomecânicos com alta implicação clínica na manutenção de molares estruturalmente comprometidos em pacientes jovens.
2. A cárie extensa com envolvimento pulpar reduz significativamente a força de mordida. Indicando a acomodação fisiológica à condição de fragilidade e como resposta direta a presença de dor provocada pela mastigação.
3. A simulação da aplicação de força de mordida medida após tratamento endodôntico e procedimento restaurador direto nas condições iniciais dos molares ressalta a possibilidade de fratura dental acidental em dentes posteriores fragilizados. Sendo assim, é importante que o clínico realize adequada restauração provisória e/ou a resturação definitiva o mais brevemente possível após finalização do tratamento endodôntica.
4. A quantidade de perda estrutural não interferiu na força de mordida antes ou após tratamento endodôntico e procedimento restaurador direto, no entanto quanto maior a perda de estrutura maior a concentração de tensões em áreas de maior fragilidade estrutural.
5. O tratamento endodôntico associado à restauração direta com resina composta *bulk fill* aumenta significativamente a força de mordida e melhora a distribuição de tensões. Assim comprova-se pelo desempenho clínico e pelo comportamento biomecânico que esta associação constitui em alternativa eficiente para reabilitar molares de pacientes jovens fragilidade pela cárie.



## REFERÊNCIAS

---

## REFERÊNCIAS

1. Linjawi AI. First molar health status in different craniofacial relationships. Clin Cosmet Investig Dent. 2016;8:89-94. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S108670>
2. Bagramian RA, Garcia-Godoy F, Volpe AR. The global increase in dental caries. A pending public health crisis. Am J Dent. 2009;22(1):3-8.
3. Nogueira AJS, Neto MDA, Hoshino N, Gillet AVM. Comprometimento do primeiro molar após 1 ano de sua erupção. Revista de odontopediatria. 1995. V. 4, n. 3, p.135-145
4. Meurman PK, Pienihäkkinen K. Factors associated with caries increment: a longitudinal study from 18 months to 5 years of age. Caries Res. 2010; 44(6): 519-24. <https://doi.org/10.1159/000320717>
5. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. Lancet. 2007; 6;369(9555):51-59.
6. Foster Page LA, Thomson WM, Jokovic A, Locker D. Validation of the Child Perceptions Questionnaire (CPQ 11-14). J Dent Res. 2005; 84(7):649-52. <https://doi.org/10.1177/154405910508400713>
7. Peres MA, Sheiham A, Liu P, Demarco FF, Silva AE, et al. Sugar Consumption and Changes in Dental Caries from Childhood to Adolescence. J Dent Res. 2016;95(4):388-94. <https://doi.org/10.1177/0022034515625907>
8. Gonzalez-Ocasio J, Stevens M. Autotransplantation of Third Molars With

9. Rebellato J. Asymmetric extractions used in the treatment of patients with asymmetries. *Semin Orthod.* 1998;4(3):180-8. [https://doi.org/10.1016/S1073-8746\(98\)80019-4](https://doi.org/10.1016/S1073-8746(98)80019-4)
10. Dean JA, Avery DR, McDonald RE. *Dentistry for the Child and Adolescent.* 2011. 9th ed. St. Louis: Mosby.
11. Versluis A, Versluis-Tantbirojn D. Filling cavities or restoring teeth? *J Tenn Dent Assoc.* 2011;91(2):36-42.
12. Osborn JW, Mao J. A thin bite-force transducer with three-dimensional capabilities reveals a consistent change in bite-force direction during human jaw-muscle endurance tests. *Arch Oral Biol.* 1993;38(2):139-44 [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(93\)90198-U](https://doi.org/10.1016/0003-9969(93)90198-U)
13. Rodrigues MP, Soares PBF, Valdivia ADCM, Pessoa RS, Veríssimo C, Versluis A, Soares CJ. Patient-specific Finite Element Analysis of Fiber Post and Ferrule Design. *J Endod.* 2017;43(9):1539-1544. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.04.024>
14. Lepley CR, Throckmorton GS, Ceen RF, Buschang PH. Relative contributions of occlusion, maximum bite force, and chewing cycle kinematics to masticatory performance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 139(5):606-13. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.07.025>
15. Decerle N, Nicolas E, Hennequin M. Chewing deficiencies in adults with multiple untreated carious lesions. *Caries Res.* 2013;47(4):330-7. <https://doi.org/10.1159/000348397>
16. Carlsson GE. Early in contrast to recent methods to evaluate masticatory function in implant patients. *J Prosthodont Res.* 2012; 56:3-10. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2011.11.005>

17. Subramaniam P, Girish Babu KL, Ifzah. Effect of Restoring Carious Teeth on Occlusal Bite Force in Children. *J Clin Pediatr Dent.* 2016;40(4):297-300. <https://doi.org/10.17796/1053-4628-40.4.297>
18. Ausiello P, Apicella A, Davidson CL. Effect of adhesive layer properties on stress distribution in composite restorations--a 3D finite element analysis. *Dent Mater.* 2002;18(4):295-303. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(01\)00042-2](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(01)00042-2)
19. Pereira R, Bicalho AA, Franco SD, Tantbirojn D, Versluis A, Soares CJ. Effect of Restorative Protocol on Cuspal Strain and Residual Stress in Endodontically Treated Molars. *Oper Dent.* 2016;41(1):23-33. <https://doi.org/10.2341/14-178-L>
20. Da Rosa Rodolpho PA, Donassollo TA, Cenci MS, Logue'rcio AD, Moraes RR, Bronkhorst EM, Opdam NJ, & Demarco FF. 22-Year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. *Dental Materials.* 2011;27(10) 955-963 <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.06.001>
21. Van de Sande FH, Opdam NJ, Da Rosa Rodolpho PA, Correa MB, Demarco FF, & Cenci MS. Patient risk factors' influence on survival of posterior composites. *Journal of Dental Research.* 2013;92(Supplement 7) 78S-83S. <https://doi.org/10.1177/0022034513484337>
22. Bicalho AA, Pereira RD, Zanatta RF, Franco SD, Tantbirojn D, Versluis A, et al. Incremental filling technique and composite material--Part I: Cuspal Deformation, Bond Strength, and Physical Properties. *Oper Dent.* 2014;39(2):E71-82. <https://doi.org/10.2341/12-441-L>
23. Bicalho AA, Valdívía AD, Barreto BC, Tantbirojn D, Versluis A, Soares CJ. Incremental filling technique and composite material--part II: shrinkage and

shrinkage stresses. *Oper Dent.* 2014;39(2):E83-92 <https://doi.org/10.2341/12-442-L>

24. Rosatto CM, Bicalho AA, Verissimo C, Braganca GF, Rodrigues MP, Tantbirojn D, et al. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *J Dent.* 2015;43(12):1519-2 <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.09.007>

25. Schliebe LRSO, Braga SSL, Pereira RAS, Bicalho AA, Veríssimo C, Novais VR, et al. The new generation of conventional and bulk-fill composites do not reduce the shrinkage stress in endodontically-treated molars. *Am J Dent.* 2016;29(6):333-38.

26. Soares, C.J., Versluis, A., Valdivia, A.D.C.M., Bicalho, A.A., Veríssimo, C., Barreto, B.C.F., Roscoe, M.G. Finite Element Analysis in Dentistry - Improving the quality of oral health care. Finite Element Analysis - From Biomedical Applications to Industrial Developments.2012. Croatia, InTech, chapter 2.

27. Rodrigues MP, Soares PBF, Valdivia ADCM, Pessoa RS, Veríssimo C, Versluis A, Soares CJ. Patient-specific Finite Element Analysis of Fiber Post and Ferrule Design. *J Endod.* 2017;43(9):1539-1544. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.04.024>

28. Dablanca-Blanco AB, Blanco-Carrión J, Martín-Biedma B, Varela-Pati-o P, Bello-Castro A, Castelo-Baz P. Management of large class II lesions in molars: how to restore and when to perform surgical crown lengthening? *Restor Dent Endod.* 2017;42(3):240-252. <https://doi.org/10.5395/rde.2017.42.3.240>

# **RELEASE PARA IMPRENSA**

---

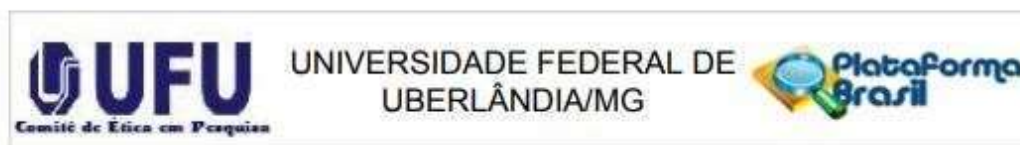
## RELEASE PARA IMPRENSA

A cárie é uma doença que atinge crianças e adolescentes provocada pela ação de bactérias que podem levar a destruição do dente. Os dentes molares, por se localizarem mais atrás, geram maior dificuldade de higienização podendo facilitar o acúmulo de bactérias e restos de alimentos favorecendo à cárie precoce que pode se estender e atingir a polpa. Com isso aparece a dor frequente e intensa. Com a dor o paciente acaba por diminuir a força de mordida durante a mastigação dos alimentos. Muitas vezes é necessário tratamento de canal e restauração para reestabelecer a função mastigatória e evitar a perda antecipada do dente. Frente a este quadro, propusemos este estudo usando simulação computacional e avaliação clínica para avaliar o efeito do avanço da cárie e a consequente maior quantidade de perda de estrutura do dente aumentando a possibilidade dele quebrar. Nós comprovamos que a cárie e a dor pulpar resultam em redução muito grande da força de mordida, o que pode interferir no aspecto nutricional das crianças em fase importante do crescimento. Mostramos ainda que quanto maior a extensão da cárie, maior será a possibilidade de fratura. Outro achado importante foi que em casos em que a dor for retirada, a força de mordida alta pode favorecer ainda mais a fratura do dente (dente quebrar). Desta forma quanto mais cedo se restaurar o dente melhor será para evitar a perda do mesmo. E para finalizar este estudo demonstrou que o tratamento de canal associado à restauração direta com resina composta, ou seja aquela feita pelo dentista na mesma seção, é capaz de recuperar a força de mordida e melhora o desempenho do dente, sendo uma alternativa eficiente para tratar molares de pacientes jovens severamente destruídos pela cárie, com baixo custo e boa longevidade clínica.





## Anexo 1



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** Análise clínica em protocolos restauradores em dentes posteriores

**Pesquisador:** Carlos José Soares

**Área Temática:**

**Versão:** 5

**CAAE:** 49372815.5.0000.5152

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Uberlândia/ UFU/ MG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.685.725

#### Apresentação do Projeto:

Foi apresentada uma emenda ao projeto original com as seguintes propostas de mudanças e suas justificativas:

- Mudar a resina Bulk Fill SDR do GRUPO 2, que é uma resina fluida, pela resina Filtek Bulk Fill (3M ESPE), que é uma resina tipo pasta. Pelo trabalho ser feito com adolescentes, esta resina possibilitará trabalhar em um menor tempo clínico;
- Mudar a resina TPH3 do GRUPO 1 pela resina Z350.
- Realizar tomografia computadorizada que é um exame de imagem para os casos que forem complexos, por oferecer uma imagem radiográfica tridimensional como diagnóstico diferencial para necessidade de avaliação de suspeita de reabsorção interna ou externa, estruturas de corpo estranho, compreensão da anatomia do dente, avaliação do número e localização dos canais radiculares entre outras necessidades, buscando oferecer ao paciente um correto diagnóstico e tratamento odontológico.

#### Objetivo da Pesquisa:

Segundo o projeto:

Objetivo Primário: avaliar o desempenho das restaurações diretas em molares tratados endodonticamente.

Objetivo Secundário: Avaliar o comportamento e padrão quantitativo das restaurações classe II em

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica  
Bairro: Santa Mônica CEP: 38.408-144  
UF: MG Município: UBERLÂNDIA  
Telefone: (34)3239-4131 Fax: (34)3239-4335 E-mail: cep@propp.ufu.br