

**Universidade do Grande Rio “Professor
José de SouzaHerdy”**

UNIGRANRIO

FERNANDA HECKSHER

**Influência dos acessos minimamente invasivos nas diferentes
etapas do tratamento endodôntico de molares inferiores e na
carga máxima para fratura após procedimento de
termociclagem**

FERNANDA HECKSHER

Influência dos acessos minimamente invasivos nas diferentes etapas do tratamento endodôntico de molares inferiores e na carga máxima para fratura após procedimento de termociclagem

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia Clínica e Experimental da Universidade do Grande Rio – Prof. José de Souza Herdy (UNIGRANRIO), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Doutor em Odontologia (Endodontia).

Orientador: Prof. Dr. Emmanuel João Nogueira Leal da Silva

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UNIGRANRIO – NÚCLEO DE COORDENAÇÃO DE BIBLIOTECAS

H449i Hecksher, Fernanda.
Influência dos acessos minimamente invasivos nas diferentes etapas do tratamento endodôntico de molares inferiores e na carga máxima para fratura após procedimento de termociclagem / Fernanda Hecksher. – Duque de Caxias, 2021.
55 f. : il. ; 30 cm.

Tese (Doutorado em Odontologia Clínica e Experimental) – Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, Escola de Ciências da Saúde, 2021.
“Orientador: Prof. Dr. Emmanuel João Nogueira Leal da Silva”.
Referências: f. 39-44.

1. Odontologia. 2. Endodontia. 3. Canais radiculares. 4. Termociclagem.
I. Silva, Emmanuel João Nogueira Leal da. II. Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”. III. Título.

CDD – 617.6

Fernanda Hecksher

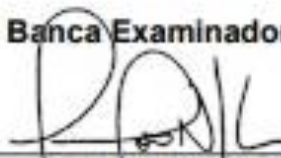
INFLUÊNCIA DOS ACESSOS MINIMAMENTE INVASIVOS NAS DIFERENTES ETAPAS DO TRATAMENTO ENDODÔNTICO DE MOLARES INFERIORES E NA CARGA MÁXIMA PARA FRATURA APÓS PROCEDIMENTO DE TERMOCICLAGEM

Tese apresentada à Universidade do Grande Rio "Prof. José de Souza Herdy" UNIGRANRIO para obtenção do grau de Doutor em Odontologia.

Área de Concentração:
Odontologia Clínica e Experimental

Aprovada em 22 de março de 2021

Banca Examinadora



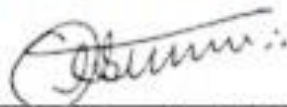
Prof. Dr. Emmanuel João Nogueira Leal da Silva
UNIGRANRIO – Universidade do Grande Rio



Prof. Dr. Alison Luis Kirchhoff
UNICESUMAR – Centro Universitário Maringá



Prof. Dr. Henrique dos Santos Antunes
UNIGRANRIO – Universidade do Grande Rio



Prof. Dr. Marco Aurélio Versiani
UFF – Universidade Federal Fluminense



Prof. Dr. Victor Talarico Leal Vieira
UNIGRANRIO – Universidade do Grande Rio

DEDICATÓRIA

Deus, aos meu pais e minha irmã
pela dedicação e suporte, ao meu
namorado pelo apoio e incentivo e
à minha filha pela inacreditável parceria.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José Ricardo e Ondina Hecksher por acreditarem sempre no meu potencial, me apoiando em todos os momentos e pela ajuda incondicional desde o começo. Sem vocês nada disso seria possível.

À minha querida irmã, Rachel Hecksher, por seu exemplo de humanidade e dedicação à família. Sem seu apoio e ajuda em todos os momentos tudo seria mais difícil.

À minha amada filha, Ananda Hecksher de Andrade, pelo companheirismo e amizade. Você é o meu exemplo e faço tudo isso por você.

Ao meu namorado, Marcelo Garcia, por sempre me incentivar e acreditar que isso é só o começo de uma grande jornada.

À minha cunhada, Cristiane Garcia pelo suporte em todas as horas.

Ao meu orientador Professor Dr. Emmanuel Silva por estar sempre disponível para ajudar e por ter acreditado que daria certo. Sua disciplina, organização e dedicação à arte de lecionar são ensinamentos que levarei por toda a vida.

Aos professores do curso de pós graduação da UNIGRANRIO, por quem manifesto enorme respeito e admiração, agradeço pela paciência, dedicação e pelos ensinamentos incansavelmente repassados a mim. Agradeço em especial ao Prof. Dr Henrique Antunes por ter aceito participar ativamente desse projeto.

Aos meus colegas de doutorado Silvia Maria de Carvalho e Walter Arthur Silva Valente por todos os momentos vividos e pela amizade que foi construída. Jamais lhes esquecerei!

À doutoranda Carolina Lima pela fundamental parceria. Sua colaboração, disponibilidade, dedicação e conhecimentos foram essenciais para a realização deste trabalho. Muito obrigada.

RESUMO

Objetivo. Avaliar a influência do acesso endodôntico conservador (ConsAC) e ultraconservador (UltraAC) na instrumentação (área não instrumentada e volume de dentina removida), da obturação (voids presentes na obturação), na remoção de remanescentes de material obturador na câmara pulpar e resistência à fratura de molares inferiores após processo de termociclagem. Dentes com acesso endodôntico tradicional (TradAC) foram utilizados para comparação.

Métodos. Vinte e sete primeiros molares inferiores humanos hígidos foram selecionados, por meio de imagens de microtomografia computadorizada (micro-CT) e distribuídos em três grupos ($n = 9$) de acordo com o tipo de acesso: acesso endodôntico tradicional (TradAC), conservador (ConsAC) ou ultraconservador (UltraAC). Os canais mesiais e distais foram instrumentados com Reciproc Blue R25 (25/0.08v) e R40 (40/0.06v) respectivamente e novamente escaneados para análise de porcentagem de área não preparada e volume de dentina removida. Após a obturação dos canais radiculares com cones de guta-percha R25 e R40 e cimento endodôntico AH Plus, a limpeza da câmara pulpar foi realizada com escova própria para limpeza da câmara pulpar. Em seguida, os dentes foram novamente escaneados para avaliação da presença de voids na obturação e capacidade de remoção de material obturador da câmara pulpar. Os dentes foram restaurados com resina composta e submetidos a termociclagem para simulação do envelhecimento da interface dente-restauração e fraturados em máquina de teste universal. Os dados foram analisados com os testes de Kruskal-Wallis one-way ANOVA, com nível de significância de 5%.

Resultados. A porcentagem de áreas não instrumentadas do canal não diferiu significativamente entre os grupos TradAC, ConsAC e UltraAc ($P > 0,05$). O grupo TradAC demonstrou maior porcentagem de volume de tecido duro removido, enquanto o grupo UltraAC obteve os menores valores ($P < 0,05$). Não foi observada diferença na presença de espaços vazios na obturação entre os grupos ($P > 0,05$), mas a remoção do material obturador da câmara pulpar se mostrou pior no UltraAC ($P < 0,05$). Os ConsAC e UltraAC mostraram resultados semelhantes de resistência à fratura após restauração e ciclagem térmica ($P < 0,05$), maiores que o grupo TradAC ($P < 0,05$).

Conclusões. O TradAC apresentou maior remoção de tecido duro e menor resistência a fratura do que os ConsAC e UltraAC após o procedimento de

termociclagem. Embora a área não instrumentada e a obturação não tenham diferido entre os grupos, o UltraAC apresentou os piores resultados acerca da capacidade de limpeza da câmara pulpar o que pode comprometer a estética desses elementos dentais.

Palavras-chave: acesso endodôntico, instrumentação dos canais radiculares, resistência à fratura, termociclagem.

ABSTRACT

Aim. To evaluate the influence of conservative (ConsAC) and ultraconservative (UltraAC) endodontic access on instrumentation (non-instrumented area and volume of dentin removed), obturation (voids present in the obturation), removal of remaining filling material in the pulp chamber and fracture resistance of mandibular molars after thermocycling. Teeth with traditional endodontic access (TradAC) were used for comparison.

Methods. Twenty-seven healthy human mandibular first molars were selected using microcomputed tomography (micro-CT) images and distributed into three groups (n = 9) according to the type of access: traditional endodontic access (TradAC), conservative (ConsAC) or ultraconservative (UltraAC). The mesial and distal canals were instrumented with Reciproc Blue R25 (25/0.08v) and R40 (40/0.06v) respectively and scanned again for analysis of percentage of unprepared area and volume of dentin removed. After obturation of the root canals with gutta-percha cones R25 and R40 and endodontic cement AH Plus, cleaning of the pulp chamber was performed with a pulp chamber cleaning brush. Then, the teeth were scanned again to evaluate the presence of voids in the obturation and capacity to remove filling material from the pulp chamber. The teeth were restored with composite resin and thermocycled to simulate aging of the tooth-restoration interface, and fractured in a universal testing machine. Data were analyzed with Kruskal-Wallis and one-way ANOVA tests with a significance level of 5%.

Results. The percentage of uninstrumented canal areas did not differ significantly among the TradAC, ConsAC, and UltraAC groups ($P > 0.05$). The TradAC group showed the highest percentage of removed hard tissue volume, while the UltraAC group obtained the lowest values ($P < 0.05$). No difference was observed in the presence of voids in the obturation between the groups ($P > 0.05$), but the removal of filling material from the pulp chamber was worse in UltraAC ($P < 0.05$). ConsAC and UltraAC showed similar fracture strength results after restoration and thermal cycling ($P < 0.05$), higher than the TradAC group ($P < 0.05$).

Conclusions. TradAC showed greater removal of hard tissue and lower fracture resistance than ConsAC and UltraAC after the thermocycling procedure. Although the non-instrumented area and the filling ability did not differ between the groups, UltraAC showed the worst results regarding the ability to clean the pulp chamber, which may

compromise the aesthetics of these dental elements.

Keywords: endodontic access, instrumentation of root canals, fracture resistance, thermocycling.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Operador em posição de trabalho utilizando microscópio operatório e manequim mandibular posicionado em um simulador de paciente.
- Figura 2.** Imagem das cavidades de acesso dos diferentes grupos experimentais (A) TradAC, (B) ConsAC, (C) UltraAC.
- Figura 3.** Preparo das amostras para posterior ciclagem térmica e teste de resistência à fratura. A- aplicação da cera simulando ligamento periodontal; B- proteção coroa com silicona C- Cilindro preenchido com resina acrílica; D- corpo de prova após o endurecimento da resina acrílica.
- Figura 4.** Imagens de micro-CT da remoção de tecido duro no acesso, área não tocada pela instrumentação, qualidade da obturação e material remanescente na câmara pulpar dos grupos experimentais TradAC, ConsAC, UltraAC.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Mediana e Intervalo de Confiança dos parametros antes e após a instrumentação e obturação e Força de máxima no momento da fratura dos grupos TradAc, ConsAC e UltraAc.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLA

AEMI	Acesso endodôntico minimamente invasivo
ConsAC	Acesso Conservador
CT	Comprimento de trabalho
EMI	Endodôntia minimamente invasiva
Micro-CT	Microtomografia computadorizada
ml	Mililitro
mm	Milímetro
min	Minuto
N	Newton
NaOCl	Hipoclorito de sódio
rpm	Rotação por minuto
TradAC	Acesso Tradicional
UltraAC	Acesso Ultraconservador
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
3. JUSTIFICATIVA	21
4. HIPÓTESE	22
5. OBJETIVOS	23
5.1. Objetivo Geral	23
5.2 Objetivos Específicos	23
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
7. RESULTADOS.....	32
8. DISCUSSÃO	35
9. CONCLUSÃO	38
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
11. ANEXOS	45

1. INTRODUÇÃO

A obtenção de uma cavidade de acesso apropriada é essencial para a localização, preparo químico-mecânico e obturação dos canais radiculares (Clark & Kademi 2010, Tang *et al.* 2010, Yahata *et al.* 2017). A cavidade de acesso tradicional (TradAC) preconiza a remoção de cárie e restaurações definitivas, preservando ao máximo a estrutura sadia do dente. Nesse tipo de acesso, o teto da câmara pulpar é totalmente removido, com o intuito de localizar todos os orifícios dos canais radiculares e proporcionar acesso direto ao forame apical ou à curvatura inicial do canal, através da remoção de saliências de dentina cervical e ampliação do orifício do canal (Patel & Rhodes 2007, Clark & Kademi 2010, Saygili *et al.* 2018, Silva *et al.* 2020). Este modelo de cavidade previne iatrogenias como, o desvio da anatomia original do canal radicular durante a instrumentação e a fratura de instrumentos endodônticos (Rover *et al.* 2017, Alovisei *et al.* 2018, Silva *et al.* 2020). No entanto, segundo alguns autores, o TradAC remove grande quantidade de estrutura dentinária, podendo assim fragilizar o elemento dental, e supostamente reduzir sua resistência à fratura (Clark & Khademi 2010, Tang *et al.* 2010).

Baseada no conceito de Endodontia Minimamente Invasiva (EMI), várias modalidades de acesso têm sido sugeridas como alternativa ao TradAC, com o objetivo principal de minimizar a remoção de estrutura dentinária e supostamente preservar a resistência à fratura dos dentes tratados endodonticamente. O acesso conservador (ConsAC) normalmente se inicia no centro da fossa oclusal e se estende, com uma leve convergência das paredes axiais na face oclusal, somente o necessário para a detecção dos orifícios dos canais, preservando parte do teto da câmara pulpar (Clark & Khademi 2010, Silva *et al.* 2020). Extrapolando a ideia de acesso minimamente invasivo, o acesso ultraconservador (UltraAC), popularmente conhecido como acesso “ninja”, consiste na realização de uma perfuração no teto da câmara pulpar não executando nenhuma extensão e mantendo o máximo de teto possível (Plotino *et al.* 2017, Silva *et al.* 2020).

Estudos anteriores têm demonstrado resultados conflitantes em relação a influência de acessos minimamente invasivos (AEMI) na resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente. Enquanto alguns estudos demonstram que os AEMIs melhoram a resistência à fratura quando comparado ao TradAC (Krishan *et*

*al.*2014, Plotino *et al.* 2017, Makati *et al.* 2018, Abou-Elnaga *et al.* 2019, Saberi *et al.* 2020) a maioria dos estudos não encontrou diferença entre os tipos de cavidades de acesso (Moore *et al.* 2016, Rover *et al.* 2017, Chlup *et al.* 2017, Ivanoff *et al.* 2017, Oyzurek *et al.* 2018, Sabeti *et al.* 2018, Consertino *et al.* 2018, Roperto *et al.* 2019, Silva *et al.* 2020). A não realização dos procedimentos em modelos clínicos que simulam clinicamente o tratamento endodôntico pode ter um efeito direto nos resultados, uma vez que a posição ergonômica de trabalho é um fator dificultador. Além disso, a ausência da simulação *in vitro* do envelhecimento do dente e da restauração coronária parecem influenciar os resultados (Saberi *et al.* 2020). Especula-se que a remoção de estrutura dentária pode resultar na formação de microcracks na dentina e esmalte que poderiam se expandir durante o envelhecimento (Segarra *et al.* 2017) e devido a composição heterogênea das resinas compostas alterações de temperatura da cavidade oral, simuladas pela termociclagem, são facilmente reproduzidas e já demonstraram enfraquecer a adesão ao dente e restauração diminuindo as propriedades mecânicas da resina (Jalkh *et al.* 2019).

A complexidade anatômica dos sistema de canais radiculares faz dos estudos comparativos um grande complicador (Versiani *et al.* 2013). Com o advento do micro-CT permitiu a padronização dos grupos levando em conta suas peculiaridades anatômicas e morfológicas (volume, área de superfície e configuração 3D). Possibilitando um pareamento mais fidedigno aumentando significativamente a validade dos estudos devido a sua natureza não destrutiva (De DEUS *et al.* 2020).

2. REVISÃO DE LITERATURA

O conceito de uma odontologia minimamente invasiva foi estabelecido inicialmente pela dentística restauradora com o advento dos sistemas adesivos para restauração tornando possível um menor desgaste dentário em detrimento a técnica restauradora (Ericson 2007), diminuindo o comprometimento estrutural e integridade mecânica dos dentes, o que resulta em alguns casos em fratura dentária levando a perda do elemento (Boveda 2018).

Na Endodontia o acesso endodôntico foi recentemente questionado quanto a perda de estrutura dentária para identificação e posterior limpeza e modelagem dos canais radiculares (Clark & Khademi 2010, Tang *et al.* 2010). O acesso endodôntico é considerado um dos passos mais importantes no tratamento, nos permitindo uma adequada instrumentação e irrigação do sistema de canais, uma falha nessa etapa poderá comprometer o sucesso de todo o tratamento (Patel & Rhodes 2007). O acesso endodôntico é essencial para a eficiente localização, determinação do comprimento de trabalho, preparo químico-mecânico e obturação dos canais radiculares. Além de prevenir iatrogenias, tais como o desvio da anatomia original do canal radicular durante a instrumentação e a fratura de instrumentos endodônticos. A não localização de algum canal radicular, ou ainda o preparo químico-mecânico ineficiente, podem levar a persistência da infecção após o tratamento e, conseqüentemente, ao insucesso (Patel & Rhodes 2007).

O TradAC preconiza a remoção de lesões de cárie e restaurações que impeçam o adequado acesso e a forma da cavidade é definida, principalmente, pela morfologia da câmara pulpar do dente a ser tratado (Levin 1967). Obstruções dentinárias são removidas para que os instrumentos endodônticos tenham um acesso direto ao forame apical, minimizando estresses mecânicos e possíveis erros (Patel & Rhades 2007). Essa extensão para prevenção muitas vezes é realizada às custas de perda de estrutura dentinária sadia (Boveda 2018). Diante disso aberturas conservadoras têm sido propostas (Clark & Khademi 2010).

Recentemente novas modalidades de acesso foram introduzidas, os AEMIs, com o intuito de minimizar a perda de estrutura dentária mantendo a estabilidade mecânica e conseqüentemente o sucesso a longo prazo dos dentes endodonticamente tratados (Clark & Khademi 2010). O conceito de AEMI está voltado

na prevenção dentinária para favorecer a restauração pós tratamento (Clark & Khademi 2010), com a manutenção do teto da câmara pulpar, preservação da dentina pericervical, ignorando os requisitos tradicionais de acesso franco aos canais radiculares (Clark & Khademi 2010).

A dentina pericervical é a dentina localizada 4 mm acima e 4 mm abaixo da crista óssea marginal (Clark & Khademi 2010). Essa dentina regional é responsável pela transferência da carga oclusal para a raiz do elemento dental, e quando sua preservação é somada a incompleta remoção do teto da câmara pulpar, as chances de sucesso do tratamento restaurador aumentam (Clark & Khademi 2010).

‘A contribuição para a manutenção de teto ao redor de toda a câmara pulpar ainda não está estabelecida, mas acreditasse que contribua de forma positiva para minimizar a flexão das cúspides durante a mastigação (Boveda 2018). Esse novo conceito está em desacordo com os princípios básicos do TradAC (Clark & Khademi 2010).

A confecção do ConsAC tem como ponto de eleição a fossa central da face oclusal, se estendendo suavemente pela a oclusal a fim de se obter uma forma de contorno suficiente para a visualização dos orifícios dos canais radiculares, preservando parte da câmara pulpar (Clark & Khademi 2010). Esse tipo de acesso também poderá apresentar paredes expulsivas facilitando o acesso dos instrumentos endodônticos aos canais radiculares (Roperto *et al.* 2019).

Seguindo o conceito de AEMI o UltraAC, ou popularmente conhecido como acesso endodôntico “ninja”, em consequência das possíveis dificuldades técnicas relacionadas ao tratamento endodôntico (Plotino *et al.* 2017), tem a abertura coronária realizada de forma pontual com pontas de pequeno calibre. A abertura coronária tem o mesmo ponto de eleição que o TradAC e ConsAC, mas não há extensão dessa cavidade para a obtenção de uma forma de contorno estendida, tem somente o tamanho da ponta diamantada com a manutenção do teto da câmara pulpar (Plotino *et al.* 2017, Silva *et al.* 2020).

Outra abordagem do AEMI é o acesso endodôntico direcionado, também conhecido na língua inglesa como *truss-access*. Neste tipo de abordagem, cavidades separadas são preparadas para abordar diferentes sistemas de canais (ex. uma cavidade mesial e uma cavidade distal em molares inferiores, ou uma cavidade vestibular e uma cavidade palatina em molares superiores). O objetivo principal desta modalidade é a preservação de uma ponte de dentina entre as duas cavidades, que

segundo os preconizadores aumentaria a resistência do elemento dentário (Neelakantan *et al.*2018).

Desafios relacionados ao preparo minimamente invasivo

Identificação dos canais

Uma das grandes dificuldades operatórias inerentes à técnica do AEMI está relacionada à localização dos canais radiculares, que pode ser prejudicada pela dificuldade de visualização do assoalho da câmara pulpar (Silva *et al.* 2020). A não localização de todos os canais radiculares pode ser responsável pela perpetuação ou até mesmo o desenvolvimento de patologia perirradicular (Falcão *et al.* 2016). A realização dos acessos conservadores impediu a correta localização do segundo canal méso-vestibular (quarto canal) em molares superiores quando microscópio operatório e ultrassom não foram utilizados durante os procedimentos endodônticos (Rover *et al.* 2017, Saygili *et al.* 2018). Mesmo com a utilização de iluminação e magnificação (por intermédio do uso de microscopia operatória), os ConsACs dificultaram a precisa localização e tratamento dos canais radiculares (Rover *et al.* 2017). Nesses casos, exames tomográficos são fundamentais para o estudo adequado de toda a anatomia do canal radicular previamente a realização do tratamento endodôntico (Boveda 2018).

Áreas não tocadas pelos instrumentos

O uso da micro-CT, para análise não destrutiva revelou grande percentual de áreas não tocadas pela instrumentação (Peters *et al.* 2001, Versiani *et al.* 2013), tendo como consequência o armazenando de restos pulpare e micro-organismos (Siqueira-Jr *et al.* 2018). No tocante a realização dos AEMIs, estas dificuldades e limitações são mais acentuadas e já foram apresentadas em alguns trabalhos previamente publicados (Krishan *et al.* 2014, Rover *et al.* 2017). O tecido pulpar contaminado e as áreas não tocadas pelos instrumentos que persistem após as etapas de preparo químico-mecânico poderão resultar em infecção persistente e consequentemente no insucesso. Esses achados evidenciam que mesmo em áreas de relativa simplicidade de limpeza, os acessos conservadores tendem a impedir uma adequada limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares. Dessa forma, é

possível que em áreas de maior complexidade anatômica como por exemplo, regiões de istmos ou em zonas de reentrâncias, a limpeza e desinfecção não seja realizada de forma adequada, corroborando para o maior insucesso da terapia endodôntica. Em dentes necrosados, as áreas não tocadas podem conter tecido pulpar contaminado e/ou restos de dentina (Siqueira *et al.* 2018) que poderão comprometer o sucesso a longo prazo (Chugal *et al.* 2017).

Obturação do sistema de canais radiculares

No estudo de Niemi *et al.* (2016) a redução no tamanho dos acessos foi um fator dificultador na adaptação do cone de guta-percha quando usada técnica do cone único e posterior compactação por onda contínua em canais ovais de pré molares superiores, concluindo que a técnica da compactação lateral seria uma opção mais assertiva. Observando a porcentagem de espaços vazios criados depois da obturação o tipo de acesso não influenciou na qualidade da obturação quando utilizada a técnica do cone único (Silva *et al.* 2020, Rover *et al.* 2020).

Os acessos minimamente invasivos tendem a dificultar a limpeza da câmara pulpar, não só de matéria orgânica como previamente demonstrado (Neelakantan *et al.* 2018), como também de cimentos obturadores (Marchesan *et al.* 2018). O operador se depara com dificuldades na remoção do material obturador mesmo com a utilização de recursos como ultrassom, magnificação e tempo extra despendido (Silva *et al.* 2020). A permanência de material obturador na câmara pulpar pode acarretar problemas futuros como alterações na coloração da coroa (Marchesan *et al.* 2018), impactando diretamente na estética dental (Lenherr *et al.* 2012) e por consequência na qualidade de vida (Marchesan *et al.* 2018).

Resistência a fratura dos elementos

Elementos dentais tratados endodonticamente são considerados mais suscetíveis à fratura do que dentes vitais (Khan *et al.* 2015) independentemente da forma de acesso (Krishan *et al.* 2014, Al Amri *et al.* 2016, Moore *et al.* 2016) e tipo de tratamento restaurador (Saridag *et al.* 2015, Scotti *et al.* 2016). O prognóstico desses dentes em longo prazo não depende somente do sucesso do tratamento endodôntico, mas principalmente da quantidade de dentina remanescente e do correto tratamento reabilitador, devolvendo saúde, função e estética ao paciente (Kishen *et al.* 2016). A

principal motivação que impulsionou a proposta dos acessos minimamente invasivos foi baseada na premissa de que estas modalidades de acesso poderiam aumentar a resistência à fratura dos elementos dentais tratados endodonticamente (Plotino *et al.* 2017).

Cinco estudos até o momento observaram que os acessos conservadores influenciam de maneira significativa a resistência dos elementos dentais à fratura quando comparado ao acesso tradicional (Krishan *et al.* 2014, Plotino *et al.* 2017, Makati *et al.* 2018, Abou-Elnaga *et al.* 2019, Saberi *et al.* 2020). Em outros nove estudos não foram observadas diferenças significativas (Moore *et al.* 2016, Chlup *et al.* 2017, Ivanoff *et al.* 2017, Rover *et al.* 2017, Corsentino *et al.* 2018, Özyürek *et al.* 2018, Sabeti *et al.* 2018, Roperto *et al.* 2019, Silva *et al.* 2020), essas variações podem ser explicadas devido a diferença de metodologia utilizada nos estudos acima (Silva *et al.* 2020). A morfologia dentária é um fator a ser observado quando avaliado o risco a fratura (Qian *et al.* 2013, Kang *et al.* 2016). Conseqüentemente um bom pareamento dos elementos dentários a serem avaliados se faz necessário, e o melhor método para é a utilização de métodos não destrutivos como a CBCT ou micro-CT (Silva *et al.* 2020).

Micro-CT

A complexidade anatômica dos sistema de canais radiculares faz dos estudos comparativos um grande complicador (Versiani *et al.* 2013). Diversos métodos foram utilizados com sucesso no ultimo século como: modelos tridimensionais em cera, radiografias digitais e convencionais, injeção de resina ou corantes no interior dos canais radiculares, secção dentária, *clearing techniques*, microscopia eletrônica de varredura. Mas seu caráter destrutivo de análise das amostras demonstrou algumas desvantagens por serem métodos destrutivos e com a presença artefatos que dificultam a interpretação dos resultados (Plotino *et al.* 2006).

Com o advento do micro-CT permitiu a padronização dos grupos levando em conta suas peculiaridades anatômicas e morfológicas (volume, área de superfície e configuração 3D). Essa possibilidade de um pareamento mais fidedigno aumentou significativamente a validade dos estudos devido a maior precisão associada a sua natureza não destrutiva utilizada nas análises reduzindo o viés. (De DEUS *et al.* 2020).

Termociclagem

A termociclagem é utilizada para simular o envelhecimento *in vivo* de materiais

restauradores, sujeitando-os a repetidas exposições cíclicas a temperaturas quentes e frias, em uma tentativa de reproduzir as alterações térmicas que ocorrem na cavidade oral (Özel et al. 2012). Essa alteração de temperatura enfraquecerá a adesão do material restaurador e superfície dentária, afetando também a integridade marginal da restauração, causando microinfiltrações na superfície do esmalte o que poder resultar em manchas, “microcracks” na superfície de esmalte, hipersensibilidade e o desenvolvimento de patologias pulpares (Cenci et al.,2008).

Uma questão ainda não determinada nos testes laboratoriais está relacionada ao número de ciclos que corresponderiam a um ano de envelhecimento fisiológico dos elementos dentários na cavidade oral, podendo variar de 100 a 100.000 ciclos (Moressi et al. 2014).

3. JUSTIFICATIVA

Os acessos endodônticos minimamente invasivos têm sido propostos com a justificativa de que seriam capazes de preservar a resistência à fratura de dentes tratados endodonticamente por serem realizados com mínimo desgaste da estrutura coronária. No entanto, ainda existem divergências entre os resultados dos estudos, possivelmente provocadas pela falta de simulação clínica dos procedimentos e o não envelhecimento das restaurações através da termociclagem. Estes procedimentos poderiam exercer um efeito direto nos resultados, colocando em dúvida o ganho real frente à realização de tal forma de acesso. Sendo assim a busca de mais evidências para elucidar lacunas ainda existentes se faz necessária.

4. HIPÓTESE

Foram formuladas hipóteses de que os diferentes tipos de acessos endodônticos não influenciariam no preparo dos canais radiculares, remoção de tecido duro na coroa, raiz e dente como um todo, na presença de espaços vazios na obturação, na remoção do material obturador após limpeza da câmara pulpar e na resistência à fratura dos elementos dentários.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo Geral

Avaliar o impacto do tamanho da cavidade de acesso nas diferentes etapas do tratamento endodôntico e resistência à fratura do elemento dental.

5.2 Objetivos Específicos

Avaliar:

- (i) Volume de remoção de tecido duro na raiz, coroa e no dente como um todo e porcentagem de áreas não instrumentadas por meio de análises em micro-CT, antes e após o preparo dos canais radiculares como instrumento Reciproc Blue;
- (ii) Presença de espaços vazios na obturação dos canais radiculares e capacidade de remoção do material obturador da câmara pulpar por meio de análises em micro-CT;
- (iii) Resistência do elemento dental à fratura após ciclagem térmica.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. Aspectos éticos

Os dentes utilizados foram cedidos espontaneamente pelo paciente e somente utilizados após consentimento livre e esclarecido. Este experimento foi realizado *ex vivo*. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa sob o número de protocolo: 2.743.783 (**Anexo 1**).

6.2. Cálculo amostral

O tamanho da amostra foi estimado com base no estudo de Krishan *et al.* (2014). Um poder de teste de 95% e nível de significância de 5% foi inserido em uma família de testes F para análise unidirecional ANOVA no programa G* Power (3.1.7; Heinrich Heine, Universität Düsseldorf) com tamanho de efeito (= 0,81). Um total de 27 amostras (n=9 por grupo) foram indicados como o tamanho ideal necessário para observar diferenças significativas.

6.3. Seleção e preparo das amostras

Para o presente estudo foram selecionados oitenta e seis molares inferiores com coroas intactas, raízes completamente formadas, sem calcificações e/ou reabsorções e com grau de curvaturas semelhantes entre si. Todos os dentes selecionados foram extraídos no máximo 6 meses antes de serem utilizados. Imediatamente após a exodontia os dentes foram lavados em soro fisiológico e armazenados em uma solução aquosa de timol.

Em seguida, imagens das amostras foram obtidas no microtomógrafo (SkyScan 1174, Bruker-microCT, Bélgica) utilizando os seguintes parâmetros: 50 kV e 800 mA de energia, resolução isotrópica de 25,3µm, 180° de rotação em torno do eixo vertical, passo de rotação de 0,5°, média de quadros de 2 e tempo de exposição de 4500. Os raios-X foram filtrados com um filtro de alumínio de 0,5 mm. As imagens foram reconstruídas utilizando o programa Nrecon v.1.6.10 (Brucker-microCT) com correção de endurecimento de feixe de 40% e correção de artefato de anel de 10, resultando na aquisição de 700-800 imagens axiais por dente.

Após a reconstrução, os dentes foram agrupados com base na área de superfície (mm²), no volume (mm³) e na configuração tridimensional do canal obtidos

pelos programas CTAn (v.1.6.6.0, Bruker-microCT) e CTVol (Bruker-microCT), respectivamente.

Os dentes foram distribuídos em três grupos experimentais de acordo com o tipo de acesso endodôntico a ser realizado nas amostras (n = 9): acessos tradicional (TradAC), conservador (ConsAC) e ultraconservador (UltraAC).

Todas as etapas do tratamento endodôntico (acesso, preparo dos canais radiculares e obturação) foram realizadas por um endodontista experiente em acessos conservadores que não teve acesso as imagens realizadas previamente. Os dentes foram montados em manequim odontológico (Manequim Odontológico, São Paulo, Brasil) para simular todas as dificuldades oriundas de um tratamento endodôntico em consultório (**Figura 1**).

Figura 1. Operador em posição de trabalho utilizando microscópio operatório e manequim mandibular posicionado em um simulador de paciente.



Fonte: o próprio autor

6.4. Acesso aos canais radiculares

6.4.1 Acesso Tradicional (TradAC)

A abertura coronária foi realizada com ponta diamantada 1012 (KG Sorensen, São Paulo, Brasil) e broca Endo Z (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) em alta rotação, de acordo com a literatura (Schroeder *et al.* 2002, Patel & Rhodes 2007, Silva *et al.* 2020), removendo todo o teto da câmara pulpar e estabelecendo acesso direto ao terço cervical do canal radicular (**Figura 2**).

6.4.2 Acesso Conservador (ConsAC)

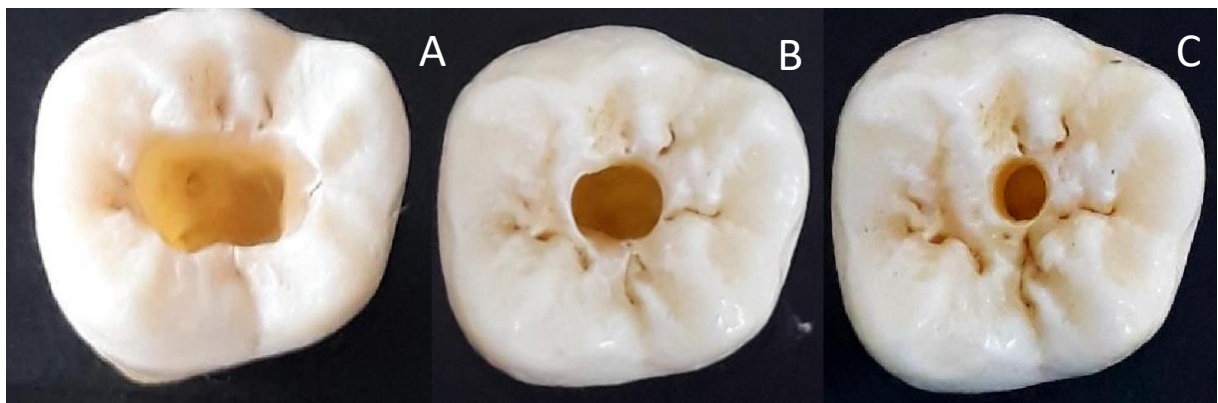
A abertura coronária foi realizada inicialmente com ponta diamantada nº 1012

(KG Sorensen, São Paulo, Brasil) em alta rotação e finalizada, quando necessário, com ponta diamantada nº 3080 (KG Sorensen, São Paulo, Brasil). A abertura inicial foi estendida somente quando necessário para a localização dos orifícios dos canais, preservando parte do teto da câmara pulpar (Clark & Khademi2010, Rover *et al.* 2017, Silva *et al.* 2020) (**Figura 2**).

6.4.3 Acesso Ultraconservador (UltraAC)

A abertura coronária foi realizada inicialmente com ponta diamantada nº 1012 (KG Sorensen, São Paulo, Brasil) em alta rotação. A perfuração inicial possuía o tamanho da ponta diamantada, não sendo estendida em nenhuma direção (Plotino *et al.* 2017, Silva *et al.* 2020) (**Figura 2**).

Figura 2. Imagem das cavidades de acesso dos diferentes grupos experimentais (A) TradAc, (B) ConsAC, (C) UltraAC.



Fonte: o próprio autor

6.5- Localização dos canais radiculares

Os orifícios dos canais, em todos os espécimes, foram localizados com o auxílio de sonda endodôntica nº 6 (Golgran, São Caetano do Sul, Brasil) e limas tipo K tamanhos 8, 10 e 15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). A localização foi realizada sob magnificação e auxílio de insertos ultrassônicos (E3D e E7D) (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, Brasil).

6.6- Preparo dos canais radiculares

O comprimento de patência foi determinado com auxílio do localizador apical Novapex (Forum Technologies, Rishon Le-Zion, Israel) pela inserção da lima K tamanho 10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) no canal radicular. Essa medida foi registrada como patência do canal e diminuída em 1 mm para estabelecer o comprimento de trabalho (CT). O preparo do canal foi iniciado com a lima K tamanho 15 até o CT. A instrumentação mecanizada foi realizada com o sistema Reciproc Blue (VDW GmbH, Munique, Alemanha) acoplado ao contra-ângulo redutor 6:1 acionado pelo motor elétrico VDW Silver (VDW GmbH, Munique, Alemanha) na opção "RECIPROC ALL". Os canais mesiais foram preparados com instrumentos Reciproc Blue R25 (25/0.08v) e os distais com o Reciproc Blue R40 (40/0.06v). Os instrumentos foram utilizados em movimentos leves de bicada, de acordo com as instruções do fabricante. Após 3 movimentos de bicada, o instrumento foi removido do canal, limpo com gaze estéril e reintroduzido. Este procedimento foi repetido até que o CT fosse alcançado. Durante o preparo, uma lima K tamanho 10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi utilizada para verificar e manter a patência do canal radicular sempre que um instrumento fosse removido do canal.

Cada instrumento foi utilizado para preparar apenas um dente e então descartado. A irrigação dos canais radiculares foi realizada com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5% (Lenza Farma, Minas Gerais, Brasil), utilizando seringa e agulha Endo-Eze calibre 30 (Ultradent Products Inc, Utah, EUA), posicionada o mais apical possível, respeitando o limite de 2 mm aquém do CT do elemento em questão (Perez *et al.* 2017). O volume total de 25 ml de NaOCl e o tempo de irrigação de 1 min, para dispensar a quantidade de 5 ml, foram padronizados em todos os grupos durante a instrumentação. Como irrigação final foi utilizado 5 mL de NaOCl a 2,5%, seguido de 5 mL de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) a 17% (Lenza Farma, Minas Gerais, Brasil) durante 1 minuto, e 5 ml de NaOCl a 2,5% novamente.

6.7-Análise por micro-CT após a instrumentação dos canais radiculares

6.7.1 - Área, volume e superfície não preparados

Após a instrumentação dos canais, novas imagens das amostras foram realizadas por meio de micro-CT utilizando os mesmos parâmetros descritos anteriormente. Os conjuntos de dados obtidos após o preparo foram registrados com

os respectivos slices antes do preparo usando um algoritmo do programa 3D Slicer 4.4.0 (Fedorov *et al.* 2012).

Após o registro das imagens, a faixa de escala de cinza necessária para reconhecer o canal radicular e a dentina foi determinada em um histograma de densidade usando um método de limiar (*threshold method*). A área de superfície e o volume do canal antes e após instrumentação foram calculados através do programa ImageJ 1.50d (National Institutes of Health, Bethesda, MD, EUA).

A porcentagem de área não preparada foi calculada pelo número de voxels estáticos (voxels presentes na mesma posição na superfície do canal antes e após a instrumentação) dividido pelo número total de voxels presentes na superfície do canal (De-Deus *et al.* 2015), de acordo com a fórmula:

$$\frac{\text{Número de voxels estáticos X 100}}{\text{Número total de voxels de superfície}}$$

6.7.2 – Volume de tecido duro

O volume dos tecidos duros (esmalte e/ou dentina) de cada amostra foi quantificado para todo o dente, para a raiz e para a coroa, antes (Va) e depois (Vd) do acesso e preparo dos canais, através de operações morfológicas com o programa Image J (De-Deus *et al.* 2020). Em seguida, a porcentagem de volume removido foi calculada usando a fórmula:

$$\frac{Va - Vb}{Va} \times 100$$

6.8- Obturação dos canais radiculares

A obturação dos canais radiculares foi realizada com cones de guta-percha R25 e R40 (VDW GmbH, Munique, Alemanha) que foram utilizados nos canais mesiais e distais respectivamente e com o cimento endodôntico AH Plus (Dentsply, De Trey, Konstanz, Alemanha) utilizando a técnica de cone único associada à compactação vertical. Assim como a obturação dos canais radiculares, a limpeza da câmara pulpar foi realizada da mesma forma para todos os grupos. Para tal, foram utilizadas escovas

para câmara pulpar (MKlife, Porto Alegre, Brasil) acopladas a um contra-ângulo redutor 6:1 acionado pelo motor elétrico VDW Silver (VDW GmbH, Munique, Alemanha) na opção “DR CHOICE” a 1000 rpm e 4N. As escovas foram embebidas em álcool 70°, sendo essa solução renovada a cada 20 segundos até completado o tempo de 1 minuto de limpeza. As escovas foram trocadas sempre que alguma deformidade foi observada para que não houvesse prejuízo da capacidade de limpeza.

6.9 Análise por micro-CT após a obturação dos canais radiculares

Após a obturação dos canais radiculares, foram obtidas novas imagens das amostras com os mesmos parâmetros das aquisições anteriormente descritas. O padrão de obturação dos canais radiculares foi avaliada através da quantificação do volume total de material obturador do canal radicular (guta-percha e cimento endodôntico). A faixa de escala de cinza necessária para reconhecer cada objeto em estudo foi determinada em um histograma de densidade. Listas de tarefas baseadas em operações aritméticas foram aplicadas para criar imagens binárias separadas do canal radicular e do material obturador (Image J). Posteriormente, foram calculadas as porcentagens de espaços vazios e o volume de material obturador remanescente na câmara pulpar. O programa CTVol (v 1.6.6.0, Bruker-MicroCT) foi usado para criar imagens tridimensionais de antes e depois do preparo e após a obturação dos canais.

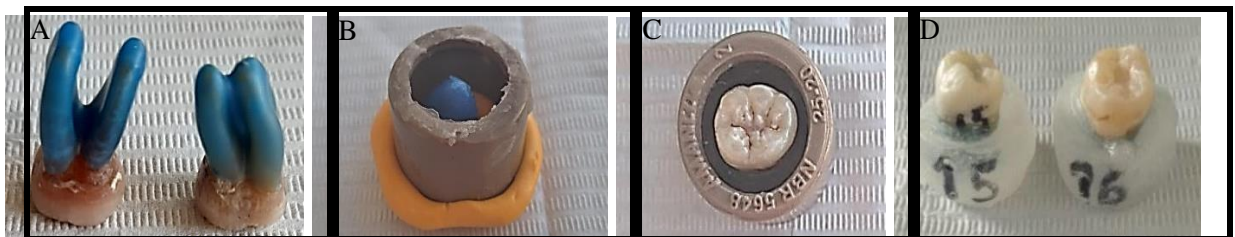
6.10- Procedimento restaurador

Após a aquisição do terceiro conjunto de dados em micro-CT, as cavidades endodônticas (superfícies de esmalte e dentina) foram preenchidas com gel de ácido fosfórico a 37% (Condac 37; FGM, Santa Catarina, Brasil), por 30 e 15 segundos respectivamente, lavadas com água e secas com ar. Em seguida, duas camadas de adesivo Adper Single Bond 2 (3M ESPE, Minnesota, EUA) foram aplicadas e fotopolimerizadas por 20 segundos usando o fotopolimerizador Radium-cal (SDI, Bayswater, Austrália). A restauração foi realizada com resina composta flow Filtek Bulk Fill Flow (3M ESPE, São Paulo, Brasil) e completados com resina composta Filtek Z350 XT (3M ESPE, São Paulo, Brasil) inserida em incrementos de no máximo 2 mm. A cada incremento, foi realizado 20 segundos de fotopolimerização e ao final da restauração 40 segundos.

6.11- Ciclagem térmica

Após os procedimentos restauradores, as amostras foram envolvidas em uma fina camada de cera de alta fusão (Galileo-Talladium, Inc, California, EUA) de aproximadamente 0,3 mm do ápice até 2 mm aquém da junção cimento-esmalte para simular o ligamento periodontal. Em seguida, os dentes foram incluídos em um cilindro personalizado com 25 mm de diâmetro e 20 mm de altura (Tigre S/A, Santa Catarina, Brasil) com silicone de condensação (Vigodent S/A Ind e Comércio, Rio de Janeiro, Brasil) mantida na porção coronária até 2mm além da junção amelo-dentinária. O cilindro foi preenchido com resina acrílica para simular o osso alveolar e removido após o endurecimento da resina (**Figura 3**), como descrito anteriormente (Krishan *et al.* 2014, Rover *et al.* 2017, Saberi *et al.* 2020).

Figura 3. Preparo das amostras para posterior ciclagem térmica e teste de resistências a fratura. A - aplicação da cera simulando ligamento periodontal; B – proteção coroa com silicone C- cilindro preenchido com resina acrílica; D – corpo de prova após o endurecimento da resina acrílica.



Fonte: O próprio autor

As amostras foram submetidas a um processo de envelhecimento térmico utilizando a Termocicladora 350 TS (Odeme, Santa Catarina, Brasil). Foram realizados 10.000 ciclos a uma temperatura de 5°C e 55°C, com tempo de imersão de 30 segundos e tempo de transferência de 10 segundos como proposto pelas normas ISO 11405.

6.12- Teste de resistência à fratura

Após a termociclagem foi realizado o teste de resistência à compressão contínua em uma máquina de ensaio universal EMIC DL2000 (EMIC, Paraná, Brasil). Os espécimes foram fixados em um dispositivo com inclinação de 30° e acoplado na parte inferior da máquina (Melo *et al.* 2005). Desta forma, os espécimes receberam a

carga no sulco principal com 30° de inclinação em relação ao longo eixo do dente, simulando o contato oclusal dos elementos dentais. Foram utilizados atuadores esféricos de aço inoxidável de 6 mm de diâmetro (Rover *et al.* 2017, Plotino *et al.* 2017). Uma força de compressão contínua com velocidade de cruzeta de 1 mm/minuto foi aplicada até que ocorresse a fratura. A carga necessária até a fratura foi registrada em newtons (N).

6.13 – Análise estatística

A distribuição normal dos dados da área de superfície do canal, volume do canal, porcentagem de voxel estático (área não preparada), volume de tecido removido na raiz, porcentagem de voids e volume do material obturador foram confirmados pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados não-normais foram avaliados pelo teste de Kruskal-Wallis enquanto os dados normais pelo one-way ANOVA. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5% no programa SPSS (SPSS v.21.0; SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

7. RESULTADOS

A **Tabela 1** resume os resultados das variáveis obtidas antes e após os procedimentos experimentais nos molares inferiores com TradAC, ConsAC e UltraAC, enquanto a **Figura 4** mostra modelos 3D de espécimes representativos de cada grupo. A homogeneidade entre os grupos foi confirmada em relação à área de superfície e volume dos canais, volume da câmara pulpar e volume de tecido duro do dente ($P > 0,05$), validando a seleção e distribuição da amostra. Não houve diferença em relação ao percentual de área não instrumentada dos canais radiculares nas diferentes cavidades de acesso ($P > 0,05$) (**Tabela 1**).

Como seria de se esperar, o grupo TradAC apresentou maior percentual de remoção de tecido duro removido na porção coronária do que os grupos ConsAC e UltraAC ($P < 0,05$), que em contrapartida não apresentaram diferenças entre si ($P > 0,05$). Essa mesma tendência foi apresentada no percentual de remoção de tecido duro radicular, no qual o grupo TradAC apresentou maior remoção do que os grupos ConsAC e UltraAC ($P < 0,05$). Quando o elemento dental foi avaliado como um todo (coroa e raiz), a mesma tendência foi observada (**Tabela 1**).

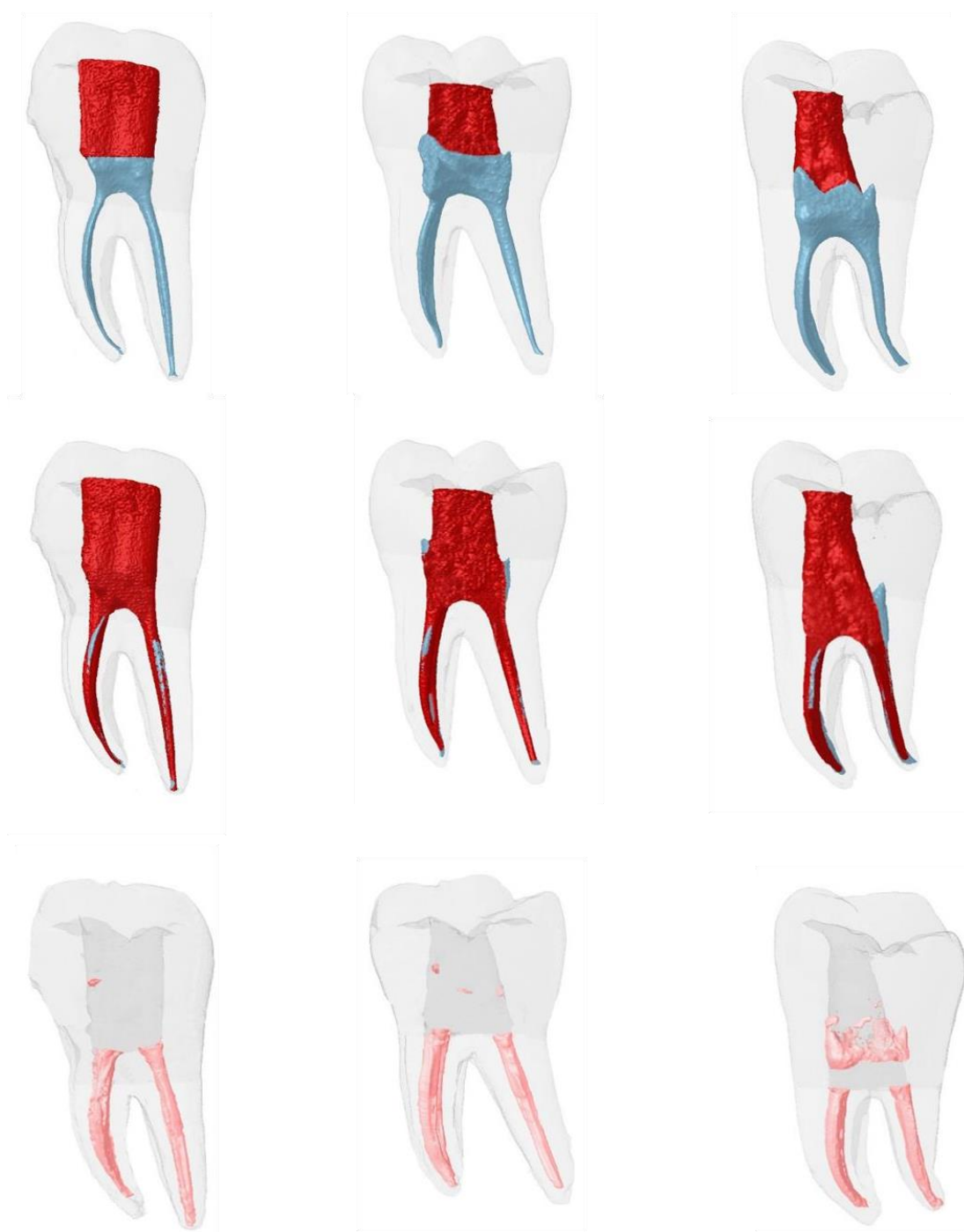
Não foram observadas diferenças no percentual de espaços vazios na obturação entre as diferentes cavidades de acesso testadas ($P > 0,05$). No entanto, o grupo UltraAC demonstrou o maior volume de remanescente de material obturador na câmara pulpar quando comparado ao grupo TradAC ($P < 0,05$), mas sem diferenças para o grupo ConsAC ($P > 0,05$) (**Figura 4**). O teste de resistência a fratura demonstrou que o grupo TradAC apresentou menor resistência quando comparado aos demais grupos ($P < 0,05$) (**Tabela 1**).

Figura 4. Imagens de micro-CT da remoção de tecido duro no acesso, área não tocada pela instrumentação, qualidade da obturação e material remanescente câmarapulpar dos grupos experimentais (TradAC, ConsAc, UltraAC).

TradAC

ConsAC

UltraAC



Fonte: O próprio auto

Tabela 1. Mediana e Intervalo de Confiança dos parâmetros antes e após a instrumentação e obturação e Força de máxima no momento da fratura dos grupos TradAc, ConsAC e UltraAc.

Parâmetros		Modalidades de Acesso			Valor de P
		TradAC	ConsAC	UltraAC	
Antes do preparo					
Volume (mm ³) Tecidos duro	Dente	834,0 (720,7-927,6)	805,0 (749,4-920,7)	852,4 (655,1-997,4)	>0,05 +
	Coroa	539,1 (454,5-602,0)	510,6(446,4-567,2)	572,4 (420,1-673,5)	>0,05 +
	Raiz	318,2 (250,3-341,5)	315,5 (287,4-369,1)	249,5 (204,4-354,5)	>0,05 +
Volume (mm ³) Espaço do canal	Câmara Pulpar	24,2 (21,0-31,8)	27,0 (25,3-33,8)	27,7 (23,6-36,0)	>0,05 +
	Canal Radicular	10,9 (9,9-14,3)	12,6 (11,0-15,9)	11,4 (8,7-19,4)	>0,05*
Depois do preparo					
Volume Tecidos duro removido (mm ³)	Dente	84,6 (77,1-92,1) ^A	45,2 (37,2-53,7) ^B	33,3 (27,3-44,1) ^B	0,000 ⁺
	Coroa	72,6 (63,4-77,0) ^A	37,6 (31,3-41,9) ^B	29,4 (22,9-31,9) ^B	0,000 ⁺
	Raiz	12,9 (9,4-19,4)	6,5 (5,2-12,4)	5,1 (2,5-14,0)	0,103*
Volume Tecidos duro removido (%)	Dente	10,3 (9,6- 11,3) ^A	5,3 (4,8-6,0) ^B	4,1 (3,8-4,8) ^B	0,000 ⁺
	Coroa	14,0 (12,5-14,6) ^A	7,0 (6,7-7,6) ^B	5,4 (4,4-6,2) ^C	0,000 ⁺
	Raiz	5,5 (3,4-6,2) ^A	2,3 (1,7-3,5) ^{AB}	2,0 (1,4-3,7) ^B	0,024*
Área não preparada(%)		34,2 (27,3-44,3)	35,7 (28,8-46,8)	38,9 (34,7-50,6)	0,523 ⁺
Depois da obturação					
Volume material Obturador (mm ³)		15,6 (13,6-19,2)	16,5 (13,8-21,8)	14,9 (10,9-24,6)	0,804*
Voids na obturação (%)		3,9 (2,2-6,2)	4,3 (3,3-6,3)	3,9 (3,1-7,3)	0,314*
Remanescente Câmara Pulpar (mm ³)		0,1 (01-0,4)	0,8 (0,4-1,4)	5,0 (2,3-7,5)	0,001*
Resistência a Fratura		371,0 (317,8418,9) ^A	715,1(635,3-982,9) ^B	794,2(715,1-063,3) ^B	0.000*

Letras superescritas diferentes em uma mesma linha indicam diferença estatisticamente significativa (P < 0,05).

* Kruskal-Wallis

+ One-way ANOVA

8. DISCUSSÃO

A escolha dos molares inferiores se baseou na maior ocorrência de fratura nos elementos posteriores inferiores (Zadik 2008, Toure 2011). Isso provavelmente se deve a maior incidência de cáries recorrentes, restaurações e tratamentos endodônticos (Toure 2011). Sjogren (1990) relatou em estudo observacional que a fratura vertical acometeu 31% dos molares inferiores tratados endodonticamente. No presente estudo, as amostras foram selecionadas e pareadas através da micro-CT, permitindo que dentes com anatomia semelhantes fossem distribuídos em grupos e reduzisse o viés em relação a seleção da amostra (De-Deus *et al.* 2020).

Todo procedimento endodôntico foi realizado utilizando manequim odontológico em posição ergonômica de trabalho, assim como em estudos anteriores (Olivieri *et al.* 2014, Silva *et al.* 2020). O tratamento endodôntico foi realizada sob uso de isolamento absoluto e microscópio operatório, aumentando o grau de dificuldade durante o tratamento e simulando a prática clínica.

No presente estudo, foi constatada uma similaridade de área de superfície, volume do canal e volume da câmara pulpar entre os grupos, o que demonstra semelhança entre as amostras selecionadas ($P>0,05$). Em relação à área não preparada, não foi observada diferença estatística entre os tipos de acesso, fato que corrobora com estudos anteriores (Moore *et al.* 2016, Rover *et al.* 2017, Silva *et al.* 2020, Freitas *et al.* 2020, Rover *et al.* 2020), que demonstraram que os AEMIs não influenciam nesse parâmetro. Contrapondo esses resultados, Krishan *et al.* 2014 observaram diferença na porcentagem de área não preparada entre os acessos, isso provavelmente ocorreu devido a uma diferença da conicidade dos instrumentos utilizados e a cinemática empregada, instrumentos de maior conicidade tendem a tocar mais paredes (Plotino *et al.* 2014). Outro ponto a se observar são as variações anatômicas, o pareamento de grupos experimentais bem equilibrados se faz necessário para redução do viés do estudo (De-Deus *et al.* 2020) e a utilização de métodos não destrutivos como a microCt é essencial (Silva, *et al.* 2020).

A quantidade de dentina removida é importante parâmetro a ser avaliado uma vez que quanto maior, mais frágil será esse elemento dentário frente as forças mastigatórias, estando susceptível à fratura (Tang *et al.* 2010, Zelic *et al.* 2015, Corsentino *et al.* 2018). Em relação ao tecido duro coronário (esmalte e dentina) e do dente como um todo (coroa e raiz), o grupo TradAC teve uma maior remoção de

estrutura quando comparado aos demais grupos, isso provavelmente ocorreu devido as próprias características das cavidades de acesso – cavidades mais amplas, com remoção do teto da câmara pulpar, o que corrobora com estudos prévios (Plotino *et al.* 2017, Isufi *et al.* 2020) onde o tipo de cavidade de acesso interferiu no volume de dentina removida. Em relação à raiz, o grupo TradAC demonstrou maior porcentagem de remoção de dentina quando comparado ao grupo UltraAC, mas sem diferença para o grupo ConsAC. Esse fato provavelmente ocorreu devido a remoção das interferências na entrada dos condutos permitindo ao instrumento um maior contato com a superfície radicular. Uma cavidade de acesso muito restrita dificulta a ação dos instrumentos e conseqüentemente a qualidade da instrumentação devido a presença de interferências o que impede o acesso direto do instrumento ao trajeto do canal (Boveda & Kishen 2018). As diferenças encontradas entre os grupos fazem com que a hipótese nula seja rejeitada.

Não foram encontradas diferenças significativas no percentual de espaços vazios após a obturação do canal radicular entre as cavidades de acesso. Esse resultado é consistente com estudos anteriores e pode ser justificada pela utilização da mesma técnica de obturação, cone único, em todos os grupos (Silva *et al.* 2020, Rover *et al.* 2020). No entanto, o grupo UltraAC apresentou um volume significativamente maior de material obturador remanescente na câmara pulpar após os procedimentos de limpeza quando comparado ao grupo TradAC, o que corrobora com o de estudo de Silva *et al.* (2020). Esse resultado mostra que a limpeza da câmara pulpar, mesmo sob ampliação do microscópio, é mais difícil em um acesso coronário restrito. Esses remanescentes podem promover a alteração cromática da coroa e, possivelmente, efeitos estéticos indesejáveis (Lenherr *et al.* 2012, Marchesan *et al.* 2018).

Após o teste de compressão, observou-se menor resistência à fratura do grupo TradAC quando comparado ao grupo ConsAC, corroborando com estudos anteriores (Krishan *et al.* 2014, Yuan *et al.* 2016, Rover *et al.* 2017, Makati *et al.* 2018, Wang *et al.* 2020). Porém esses resultados não foram observados em outros estudos em relação a resistência a fratura quando comparado os dois grupos (Chlup *et al.* 2017, Consertino *et al.* 2018, Ivanoff *et al.* 2017, Ozyurek *et al.* 2018, Sabeti *et al.* 2018). O UltraAC apresentou maior resistência a fratura que o TradAC mas sem diferença estatística para o ConsAC corroborando com os resultados de Plotino *et al.* (2017). Em estudos recentes (Augusto *et al.* 2020, Silva *et al.* 2020) o UltraAC apresentou

resistência a fratura similar ao grupo TradAC. Essas divergências podem estar relacionadas à diferenças metodológicas, como a presença de termociclagem no presente estudo, que foi realizada para simular o envelhecimento da interface dente e restauração na cavidade oral (Aggarwal 2009, Pereira *et al.* 2019, Rover *et al.* 2020, Saberi *et al.* 2020) e com isso, mimetizar de maneira mais fiel as condições clínicas. Saberi *et al.* (2020) verificaram maior resistência à fratura em molares inferiores termociclados submetidos à cavidade de acesso direcionados (*truss access*) em comparação ao UltraAC sem a termociclagem.

Segarra *et al.* (2017) relataram que a mastigação e forças oclusais são as causas mais frequentemente relatadas de fratura dentária, e que diferentes forças oclusais atuam em diferentes áreas do dente causando propagação de fissuras pré existentes em esmalte, sendo a idade e dieta um fator prejudicial. O fator idade também foi observado por Tursi *et al.* (2019) e Shimada *et al.* (2020). Estudos voltados a propagação de trincas em esmalte antes e após a abertura coronária se faz necessário para tentar elucidar o papel da termociclagem na estrutura dos prismas do esmalte. No presente estudo 10.000 ciclos foram utilizados para simulação do envelhecimento como realizado em outros estudos (Turk *et al.* 2010, Chen *et al.* 2015, Ghavami-Lahiji *et al.* 2018), mas não existe um protocolo conclusivo que correlacione o número de ciclos e tempo de envelhecimento que evidencie a simulação *in vitro* do envelhecimento da resina, mas a termociclagem representa um método eficiente de degradação mecânica das propriedades da resina (Jalkh *et al.* 2019). Estudos ainda se fazem necessários para confirmação dos resultados com o uso da termociclagem e ciclagem mecânica para maior compreensão do impacto desses acessos a longo prazo.

É importante salientar que o presente estudo apresenta certas limitações, nenhum outro estudo observou a capacidade de limpeza da câmara pulpar utilizando as escovas em motor elétrico. Novas análises utilizando diversos métodos de limpeza seria de grande valia. O teste de fratura do presente estudo foi realizado em máquina de ensaio universal que representa um método estático. O uso de ensaios dinâmicos simularia de forma mais fidedigna as forças mastigatórias.

9. CONCLUSÃO

O TradAC apresentou maior remoção de tecido duro e menor resistência a fratura do que os ConsAC e UltraAC. Embora a área não instrumentada e a obturação não tenham diferido entre os grupos, o UltraAC apresentou os piores resultados acerca da capacidade de limpeza da câmara pulpar.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abou-Elnaga MY, Alkhawas MAM, Kim HC, Refai AS. (2019). Effect of truss access and artificial truss restoration on the fracture resistance of endodontically treated mandibular first molars. *J Endod* 45: 813–17.

Aggarwal V, Logani A, Shah N (2019). Complicated crown fractures - management and treatment options. *J Endod* 42: 740-53.

Al Amri MD, Al-Johany S, Sherfudhin H, Al Shammari B, Al Mohefer S, Al Saloum M, Qarni HA. (2016). Fracture resistance of endodontically treated mandibular first molars with conservative access cavity and different restorative techniques: An in vitro study. *Aust Endod J.* 42: 124-131.

Alovisi M, Pasqualini D, Musso. Bobbio E, Giuliano C, Mancino D, Scotti N. Berutti E. (2018). Influence of contracted endodontic access on root canal geometry: an in vitro study. *J Endod* 44: 614–6520.

Augusto CM, Barbosa AFA, Guimarães, Lima CO, Ferreira CM, Sassone LM, Silva EJM. (2020). A laboratory study of the impact of ultraconservative access cavities and minimal root canal tapers on the ability to shape canals in extracted mandibular molars and their fracture resistance. *Int Endod J* 53: 1516-1529.

Boveda C, Kishen A. Contracted endodontic cavities: the foundation for less invasive alternatives in the management of apical periodontitis. (2015) *Endod Topics.* 3: 169-186.

Cenci MS, Piva E, Potrich F, Formolo E, Demarco FF, Powers JM. (2004). Microleakage in bonded amalgam restorations using different adhesive materials. *Braz. Dent. J.* 15:13-18.

Chen C, Niu LN, Xie H, Zhang ZY, Zhou LQ, Jiao K, Chen JH, Pashley DH, Tay FR. (2015). Bonding of universal adhesives to dentine--Old wine in new bottles? *J Dent* 43: 525-536.

Chlup Z, Žižka R, Kania J, Přebyl M. (2017). Fracture behaviour of teeth with conventional and miniinvasive access cavity designs. *J Euro Ceram Soc* 37 :4423-4429.

Chugal N, Mallya SM, Kahler B, Lin LM. (2017). Endodontic treatment outcomes. *Dent Clin of N Am* 61: 59-80.

Clark D, Khademi J. (2010). Modern molar endodontic access and directed dentin conservation. *Dent Clin of N Am* 54: 249-273.

Corsentino G, Pedullà E, Castelli L, Liguori M, Spicciarelli V, Martignoni M, Ferrari M, Grandini S. (2018). Influence of access cavity preparation and remaining tooth substance on fracture strength of endodontically treated teeth. *J. Endod* 44: 1416-1421.

De-Deus G, Marins J, Silva EJ, Souza E, Belladonna FG, Reis C, Machado AS, Lopes RT, Versiani MA, Paciornik S, Neves AA. (2015). Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. *J. Endod* 41: 676-681.

De-Deus G, Simões-Carvalho M, Belladonna FG, Versiani MA, Silva EJNL, Cavalcante DM, Souza EM, Johnsen GF, Haugen HJ, Paciornik S. (2020). Creation of well-balanced experimental groups for comparative endodontic laboratorial studies: a new proposal based on micro-CT and in silico methods. *Int Endod J* 53: 974-985.

Ericson D. (2007). The concept of minimally invasive dentistry. *Dent Update* 34: 39.

Gale MS, Darvell BW. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 27: 89-99.

Falcão CA, Albuquerque VC, Amorim NL, Freitas SA, Santos TC, Matos TC, Ferraz MA. (2016). Frequency of the mesiopalatal canal in upper first permanent molars viewed through computed tomography. *AOL* 29: 54-59.

Freitas GR, Ribeiro TM, Vilella FSG, de Melo TAF. (2020). Influence of endodontic cavity access on curved root canal preparation with ProDesign Logic rotary instruments. *Clin Oral Invest* 25: 469-475.

Ghavami-Lahiji M, Firouzmanesh M, Bagheri H, Kashi TSJ, Razazpour F, Behroozibakhsh M. (2018). The effect of thermocycling on the degree of conversion and mechanical properties of a microhybrid dental resin composite. *Restor Dent Endod* 43: 26-38.

Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. (2010). Irrigation in endodontics. *Dent Clin N Am* 54: 291– 312.

ISO - ISO/TR 11405: 1994. Dental materials — guidance on testing of adhesion to tooth structure. Accessed: December 1994: <https://www.iso.org/standard/19347.html>.

Isufi A, Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. (2020). Standardization of endodontic access cavities based on 3-dimensional quantitative analysis of dentine and enamel removed. *J Endod* 46: 1495-1500.

Ivanoff CS, Marchesan MA, Andonov B, Hottel TL. (2017). Fracture resistance of mandibular premolars with contracted or traditional endodontic access cavities and class II temporary composite restorations. *Endod Prac* 11: 7-14.

Jalkh EBB, Machado CM, Gianinni M, Beltramini I, Piza MMT, Coelho PG, Hirata R, Bonfante EA. (2019). Effect of thermocycling on biaxial flexural strength of CAD/CAM, Bulk Fill, and conventional resin composite materials. *Oper Dent* 44: 254-262.

Khan S, Inamdar MNK, Munaga S, Ali SA, Rawtiya M, Ahmad E. (2015). Evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth filled with gutta-percha and Resilon obturating material: an in vitro study. *J Int Oral Health* 7: 21-25.

Kang SH, Kim BS, Kim Y. (2016). Cracked teeth: distribution, characteristics, and survival after root canal treatment. *J Endod* 42: 557-562.

Kishen A. (2006). Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endodontic Topics* 13: 57-83.

Krishan R, Paqué F, Ossareh A, Kishen A, Dao T, Friedman S. (2014). Impacts of conservative endodontic cavity on root canal instrumentation efficacy and resistance to fracture assessed in incisors, premolars, and molars. *J Endod* 40: 1160-1166.

Lenherr P, Allgayer N, Weiger R, Filippi A, Attin T, Krastl G. (2012). Tooth discoloration induced by endodontic materials: a laboratory study. *Int Endod J* 45: 942-949.

Levin HJ. (1967) Access cavities. *Dent Clin of N Am* 11:701-10.

Lopes HP, Vieira MV, Elias CN, Gonçalves LS, Siqueira Jr JF, Moreira E JL, Vieira VTL, Souza LC. (2013). Influence of the geometry of curved artificial canals on the fracture of rotary nickel-titanium instruments subjected to cyclic fatigue tests. *J Endod* 39: 704-707.

Makati D, Shah NC, Brave D, Singh Rathore VP, Bhadra D. (2018). Evaluation of remaining dentin thickness and fracture resistance of conventional and conservative access and biomechanical preparation in molars using cone-beam computed tomography: An in vitro study. *J Conserv Dent* 21: 324-327.

Marchesan MA, James CM, Lloyd A, Morrow BR, García-Godoy F. (2018). Effect of access design on intra-coronal bleaching of endodontically treated teeth: An ex vivo study. *J Esthet Restor Dent* 30: 61-67.

Melo MP, Valle AL, Pereira JR, Bonachela WC, Pegoraro LF, Bonfante G. (2005). Evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth restored with prefabricated posts and composites with varying quantities of remaining coronal tooth structure. *J Appl Oral Sci* 13: 141-146.

Moore B, Verdellis K, Kishen A, Dao T, Friedman S. (2016). Impacts of contracted endodontic cavities on instrumentation efficacy and biomechanical responses in maxillary molars. *J Endod* 42: 1779-1783.

Morresia AL, D'Amariaoa,n M, Capogrecoa M , Gattob R, Marzob G, D'Arcangeloc C , Monacob A. (2014). Thermal cycling for restorative materials: Does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *J Mech Behav Biomed Mater* 29:295-308.

Neelakantan P, Khan K, Hei Ng GP, Yip CY, Zhang C, Cheung GSP. (2018). Does the orifice-directed dentin conservation access design debride pulp chamber and mesial root canal systems of mandibular molars similar to a traditional access design? *J Endod* 44: 274-279.

Niemi TK, Marchesan MA, Lloyd A, Seltzer RJ. (2016). Effect of instrument design and access outlines on the removal of root canal obturation materials in oval-shaped

canals. *J Endod* 42: 1550–1554.

Olivieri J, Stober E, Font MG, Gonzalez JA, Bragado P, Roig M, Duran-Sindreu F. (2014). In Vitro Comparison in a Manikin Model: Increasing Apical Enlargement with K3 and K3XF Rotary Instruments. *J Endod* 40:1463-1467.

Özel Ö, Eren D, Herguner Siso S, Akin G. (2012). Effect of thermocycling on the bond strength of composite resin to bur and laser treated composite resin. *Lasers. Med. Sci* 27:723–728.

Özyürek T, Yilmaz K, Uslu G. (2017). Shaping ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM single-file systems in simulated S-shaped canals. *J Endod* 43: 805-809.q

Özyürek T, Ülker Ö, Demiryürec ÖE, Yilmaz F. (2018). The effects of endodontic access cavity preparation design on the fracture strength of endodontically treated teeth: traditional versus conservative preparation. *J Endod* 44: 800-805.

Patel S, Rhodes J. (2007). A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth. *Br Dent J* 203: 133-140.

Pereira KF, Vencão AC, Magro MG, Belizário LG, Porto TS, Andrade MF, Duarte MAH, Kuga MC. (2019). Effect of endodontic retreatment on the bond strength of resin cements to root canal dentin. *Am J Dent* 32: 147-151.

Perez R A. A. Neves AA, Belladonna FG, Silva EJNL, Souza EM, Fidel S, Versiani MA, Lima I, Carvalho C, De-Deus G. (2017). Impact of needle insertion depth on the removal of hard-tissue debris. *Int Endod J* 50: 560-568.

Peters OA, Schönenberger K, Laib A. (2001). Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J* 34: 221- 230.

Plotino G, Grande NM, Pecci R, Bedini R, Pameijer CH, Somma F (2006). T hree-dimensional imaging using microcomputed tomography for studying tooth macromorphology. *JADA* 137:1555-1561.

Plotino G, Giansiracusa Rubini A, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. (2014). Cutting efficiency of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. *J Endod* 40: 1228-1230.

Plotino G, Grande NM, IsufiA, Ioppolo P, Pedullà E, Bedini R, Gambarini G, Testarelli L. (2017). Fracture strength of endodontically treated teeth with different access cavity Designs. *J Endod* 43: 995-1000.

Qian Y, Zhou X, Yang J. (2013). Correlation between cuspal inclination and tooth cracked syndrome: a three-dimensional reconstruction measurement and finite element analysis. *Dent Traumatol* 3: 226-233.

Roperto R, Sousa YT, Dias T, Machado R, Pereira R, Leoni G, Palma-Dibb RG,

Rodrigues MP, Soares CJ, Teich S, Sousa-Neto MD. (2019). Biomechanical behavior of maxillary premolars with conservative and traditional endodontic cavities. *Quintessence Int* 50: 350–356.

Rover G, Belladonna FG, Bortoluzzi EA, De-Deus G, Silva EJNL, Teixeira CS. (2017). Influence of access cavity design on root canal detection, instrumentation efficacy, and fracture resistance assessed in maxillary molars. *J Endod* 43: 1657-1662.

Saberi EA, Pirhaji A, Zabetivan F. (2020). Effects of endodontic access cavity design and thermocycling on fracture strength of endodontically treated teeth. *Clin Cosmet and Investig Dent* 23: 149-156.

Sabeti M, Kazem M, Dianat O, Bahrololumi N, Beglou A, Rhimipour K, Dehnavi F. (2018). Impact of access cavity design and root canal taper on fracture resistance of endodontically treated teeth: An Ex Vivo Investigation. *J. Endod* 44:1402-1406.

Sarigag S, Sari T, Ozyesil AG, Aydinbelge HA. (2015). Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with ceramic inlays and different base materials. *Dent Mater J* 34:175-180.

Saygili G, Uysal B, Omar B, Elif Tarim Ertas, Ertas H. (2018). Evaluation of relationship between endodontic access cavity types and secondary mesiobuccal canal detection. *BMC Oral Health* 18: 121-126.

Segarra MS, Shimada Y, Sadr A, Sumi Y, Tagami J. (2017). Three-dimensional analysis of enamel crack behavior using optical coherence tomography. *J Dent Res* 96: 1-7.

Shimada Y, Yoshiyama M, Tagami J, Sumi Y. (2020). Evaluation of dental caries, tooth crack, and age-related changes in tooth structure using optical coherence tomography. *Jpn Dent Sci Rev* 56: 109-118.

Scotti N, Forniglia A, Tempesta MR, Comba A, Saratti CM, Pasqualini D, Alovise M, Berutti E. (2016). Effects of fiber-glass-reinforced composite restorations on fracture resistance and failure mode of endodontically treated molars. *J Det* 53: 82-87.

Scroeder T, Silva PB, Basso GR, Franco MC, Maske TT, Cenci MS. (2019). Factors affecting the color stability and staining of esthetic restorations. *Odontology*. 107: 507-512.

Silva AA, Belladonna FG, Rover G, Lopes, RT, Moreira E JL, De-Deus G, Silva EJNL. (2020). Does ultraconservative access affect the efficacy of root canal treatment and the fracture resistance of two-rooted maxillary premolars? *Int Endod J* 53: 265-275.

Silva EJNL, Pinto KP, Ferreira CM, Belladonna FG, De-Deus G, Dummer PMH, Versiani MA. (2020). Current status on minimal access cavity preparations: a critical analysis and a proposal for a universal nomenclature. *Int Endod J* 53:1618-1635.

Siqueira JF Jr, Rôças IN. (2008). Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod* 34: 1291–301.

Siqueira JF Jr, Pérez AR, Marceliano-Alves MF, Provenzano JC, Silva SG, Pires FR, Vieira GCS, Roças IN, Alves FRF. (2018). What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. *Int Endod J* 5: 501–508.

Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. (1990). Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 16: 496-504.

Tang W, Wu Y, Smalles RJ. (2010). Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod* 36: 609-617.

Toure B, Fayer B, Kane AW, Cheikh M, Niang B, Yves B. (2011). Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: A prospective study. *J Endod* 37: 1512-1515.

Turk T, Elekdag-Turk S, Isci D, Cakmak F, Ozkalayci N. (2010). Shear bond strength of a self-etching primer after 10,000 and 20,000 thermal cycles. *J Adhes Dent* 12: 117-122.

Turssi CP, Algarni AA, Eckert GJ, Hara AT. (2019). Enamel crack association with tooth age and wear severity: An optical coherence tomography study. *Am J Dent* 32: 3-8.

Versiani MA, Leoni GB, Steier L, De-Deus G, Tassani S, Pécora JD, Sousa-Neto MD. (2013). Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the Self-adjusting File, Reciproc, WaveOne, and Protaper Universal systems. *J Endod* 39: 1060-1066.

Vieira GCS, Pérez AR, Alves FRF, Provenzano JC, Mdala I, Siqueira Jr JF, Roças IN. (2020). Impact of contracted endodontic cavities on root canal disinfection and shaping. *J Endod* 46: 655–661.

Wang Q, Liu Y, Wang Z, Yang T, Liang Y, Gao Z, Fang C, Zhang. (2020). The effect of access cavities and canal enlargement on biomechanics of endodontically treated teeth: a finite element analysis. *J Endod* 46:1501-1507.

Yahata Y, Masuda Y, Komabayashi T. (2017). Comparison of apical centring ability between incisal-shifted access and traditional lingual access for maxillary anterior teeth. *Aust Endod J* 43: 123-128.


Yuan K, Niu C, Xie Q, Jiang W, Gao L, Huang Z, Ma R. (2016). Comparative evaluation of the impact of minimally invasive preparation vs. conventional straight-line preparation on tooth biomechanics: a finite element analysis. *Europ J of Oral Sci* 124: 591–596.

Zadik Y, Sandler V, Bechor R, Salehrabi R. (2008). Analysis of factors related to extraction of endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 106: 31-55.

Zelic K, Vukicevic A, Jovicic G, Aleksandrovic S, Filipovic N, Djuric. (2015). Mechanical weakening of devitalized teeth: three-dimensional Finite Element Analysis and prediction of tooth fracture. *J. Endod* 48: 850-863.

11. ANEXOS

Anexo 1. Aprovação do Comitê de Ética

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO PROFESSOR JOSÉ DE SOUZA HERDY - UNIGRANRIO</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA
Título da Pesquisa: Acesso minimamente invasivo em Endodontia: construção de bases científicas
Pesquisador: Fernanda Hecksher
Área Temática:
Versão: 1
CAAE: 88798218.8.0000.5283
Instituição Proponente: ASSOCIACAO FLUMINENSE DE EDUCACAO
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio
DADOS DO PARECER
Número do Parecer: 2.743.783
Apresentação do Projeto:
Com o desenvolvimento do presente projeto, pretende-se aprimorar o conhecimento da equipe envolvida no modelo experimental usado, pois este possui um grande potencial de aplicabilidade para futuros trabalhos.
Também pretende-se ampliar o conhecimento existente sobre as diferentes modalidades de acesso endodôntico e verificar se a adesão a essa nova modalidade de acessos possui bases científicas suficientes, sem algum tipo de prejuízo ao tratamento endodôntico
Objetivo da Pesquisa:
Objetivo Primário:
Avaliar a influência dos acessos minimamente invasivos (Acessos Endodônticos Conservadores e Acessos Endodônticos Ultraconservadores) no tratamento endodôntico e na prevenção do elemento dentário.
Objetivo Secundário:
O presente estudo tem como objetivo comparar a influência do tipo de acesso endodôntico (tradicional, conservador e ultraconservador) em molares superiores e inferiores, quanto à (às):(i) Capacidade de localização dos canais radiculares logo após o acesso, ou com o auxílio de magnificação e desgastes adicionais com ultrassom;(ii) Instrumentação do sistema de canais radiculares a partir
<p>Endereço: Rua Prof. José de Souza Herdy, 1160 Bairro: 25 de Agosto CEP: 25.071-202 UF: RJ Município: DUQUE DE CAXIAS Telefone: (21)2672-7733 Fax: (21)2672-7733 E-mail: cep@unigranrio.com.br</p>

UNIVERSIDADE DO GRANDE
RIO PROFESSOR JOSÉ DE
SOUZA HERDY - UNIGRANRIO



Continuação do Parecer: 2.743.783

da avaliação de alterações no volume de dentina;
porcentagem de áreas não instrumentadas e de debris acumulados; centralização do preparo e transporte do canal radicular nos terços cervical, médio e apical, por meio de análises em micro-CT, antes e após o preparo dos canais radiculares com instrumentos Reciproc convencional e Reciproc Blue;(iii)Desinfecção do sistema de canais radiculares;(iv)Capacidade de remoção do material obturador da câmara pulpar e qualidade da obturação dos canais radiculares, por meio de análises em micro-CT;(v)Alteração de cor dos elementos dentais após a obturação e restauração coronária;(vi)Resistência do elemento dental à fratura.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Risco mínimo. Haverá controle de todas as etapas da pesquisa com o uso do mesmo espécime em diversos questionamentos.

Benefícios:

Melhorar o prognóstico dentário após a intervenção endodôntica. Elucidando os questionamentos pertinentes ao uso do acesso minimamente invasivo na clínica diária.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O tema é de extrema relevância clínica, é possível fazer uma translação do conhecimento obtido em bancada para a clínica. O trabalho trará informações relevantes que poderão influenciar na opinião de profissionais que tomam decisões empíricas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Não foram detectados erros em relação aos documentos anexados.

Recomendações:

Recomendo aprovação do projeto.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Concordo que o tema é extremamente relevante e justifica a utilização dos elementos dentários extraídos. O resultado do trabalho pode modificar ações em clínica que são realizadas empiricamente. Muitos cirurgiões dentistas acreditam, sem evidências científicas, que o acesso minimamente invasivo é melhor que o acesso convencional. Sugiro a aprovação do trabalho quanto antes para que os ensaios possam ser executados e a informação seja disponibilizada aos clínicos.

Endereço: Rua Prof. José de Souza Herdy, 1160

Bairro: 25 de Agosto

CEP: 25.071-202

UF: RJ

Município: DUQUE DE CAXIAS

Telefone: (21)2672-7733

Fax: (21)2672-7733

E-mail: cep@unigranrio.com.br

UNIVERSIDADE DO GRANDE
RIO PROFESSOR JOSÉ DE
SOUZA HERDY - UNIGRANRIO



Continuação do Parecer: 2.743.783

Considerações Finais a critério do CEP:

Prezado (a) Pesquisador (a),

O Comitê de Ética em Pesquisa da UNIGRANRIO atendendo o previsto na Resolução 466/12 do CNS/MS APROVOU o referido projeto na reunião ocorrida em 28 de junho de 2018. Caso o (a) pesquisador (a) altere a pesquisa será necessário que o projeto retorne ao Sistema Plataforma Brasil para uma futura avaliação e emissão de novo parecer. Lembramos que o (a) pesquisador (a) deverá encaminhar o relatório da pesquisa após a sua conclusão, como um compromisso junto a esta instituição e o Sistema Plataforma Brasil.

Cordialmente,
CEP/Unigranrio.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1073341.pdf	30/04/2018 18:39:35		Aceito
Cronograma	cronograma.docx	30/04/2018 18:38:09	Fernanda Hecksher	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle.doc	30/04/2018 18:37:53	Fernanda Hecksher	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto2.pdf	30/04/2018 18:35:04	Fernanda Hecksher	Aceito
Orçamento	Orçamentoassinado.pdf	10/04/2018 20:44:06	Fernanda Hecksher	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoDetalhado.doc	10/04/2018 20:40:43	Fernanda Hecksher	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	carta.pdf	13/03/2018 21:22:36	Fernanda Hecksher	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Rua Prof. José de Souza Herdy, 1160
Bairro: 25 de Agosto CEP: 25.071-202
UF: RJ Município: DUQUE DE CAXIAS
Telefone: (21)2672-7733 Fax: (21)2672-7733 E-mail: cep@unigranrio.com.br

Anexo 2- Artigos Publicados

Artigo 1. Valente, NR; Oliveira, JZP; Valoura, AVMC; Hecksher, F; Moreira, EJM; Silva, EJNL. A new instrument for root canal system finishing after chemomechanical preparation: XP-Endo Finisher. *RBO* 74: 305-7

Artigo 2. Rocha, MS; Muniz, BL; Carapiá, MF; Belladonna, FG; Tinoco, JMM; Hecksher, F; Silva EJNL. (2017). Transportation assessment in simulated curved canals after retreatment with rotary and reciprocating systems. *RBO* 74:187-190.

Artigo 3. Silva, EJNL; Hecksher F; Silva AA; Rover G; Ferreira CMA. (2018). Acessos endodônticos minimamente invasivos: uma análise crítica baseada em evidências científicas. *Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent* 72: 631-637.

Artigo 4. Silva EJNL; Vieira VTL ; Hecksher F ; Dos Santos Oliveira MRS ; Dos Santos HA ; Moreira EJM. (2018) Cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments. *Clin Oral Investig* 22: 2633- 2638.

Artigo 5. Silva EJNL; Hecksher F; Antunes HS; De-Deus G ; Elias CN ; Vieira VTL. Torsional Fatigue Resistance of Blue-treated Reciprocating Instruments. (2018) *J Endod* 44: 1038-1041.

Artigo 6. Silva EJNL ; Prado MC; Soares DN ; Hecksher F; Martins JNR ; Fidalgo TKS.(2019). The effect of ozone therapy in root canal disinfection: a systematic review. *Int Endod* 53: 3 17-332.

Artigo 7. Silva EJNL; Zanon M ; Hecksher F; Belladonna FG; De Vasconcelos RA; Fidalgo TKS. (2020). Influence of autoclave sterilization procedures on the cyclic fatigue resistance of heat-treated nickel-titanium instruments: a systematic review. *Restor Dent Endod* 45: 312-317.

Artigo 8. Silva EJ, Hecksher F, Vieira VT, Vivian RR, Duarte MA, Brasil SC, Antunes HS. (2020). Cytotoxicity, antibacterial and physicochemical properties of a new epoxyresin-based endodontic sealer containing calcium hydroxide. *Clin Exp Dent* 6: 533-539.

Artigo 1. Valente, NR; Oliveira, JZP; Valoura, AVMC; Hecksher, F; Moreira, E JL; Silva, EJNL. A new instrument for root canal system finishing after chemomechanical preparation: XP-Endo Finisher. REVISTA BRASILEIRA DE ODONTOLOGIA, v. 74, p. 305, 2017.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18333/rbo.v74n4.p.305>

Literature Review/Endodontics

A new instrument for root canal system finishing after chemomechanical preparation: XP-Endo Finisher

Nathália Faria Valente,¹ Juliana Zumpichiatti Paredes de Oliveira,¹ Ana Vitória Moura de Carvalho Valoura,¹ Fernanda Hecksher,¹ Edson Jorge Lima Moreira,¹ Emanuel João Nogueira Leal da Silva¹

¹Department of Endodontics, School of Dentistry, Grande Rio University (UNIGRANRIO), Rio de Janeiro, RJ, Brazil

• Conflicts of interest: none declared.

ABSTRACT

Objective: the objective of this paper is to present a literature review on XP-endo Finisher, addressing the results of studies that evaluated this new endodontic instrument. **Material and Methods:** a search was undertaken in PubMed and Bireme databases between 2015 (when the instrument was launched to the market) and 2017 using the following descriptors: XP-endo Finisher. **Results:** eighteen papers were retrieved and divided into categories according to the type of evaluation: Removal of calcium hydroxide paste; Removal of triple antibiotic paste; Removal of filling material; Extrusion of sodium hypochlorite during instrumentation; Extrusion of dentin debris during instrumentation; Antimicrobial and antibiofilm action; and removal of smear layer and debris. **Conclusion:** according to the papers reviewed in this study, it may be concluded that XP-endo Finisher may have a positive impact on the endodontic treatment. This instrument showed promising results for intracanal medication removal; filling material removal during endodontic retreatment; smear layer and debris removal; enhance of the antimicrobial action of irrigants; and improvement of biofilm removal.

Keywords: Endodontic treatment; XP-endo finisher; Root canal instrumentation.

Introduction

The root canal system (RCS) has a variable anatomy and zones of anatomical complexities such as lateral canals, C-shaped canals, irregularities and isthmuses. Although the advent of nickel-titanium (NiTi) endodontic instruments has enabled an advance in root canal cleaning and shaping, studies have shown that, in general, the currently available instruments reach only 45-55% of the canal walls, leaving untouched areas after endodontic treatment.¹⁻³

XP-endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland; Figure 1) has recently been introduced in Endodontics as a new concept of anatomical instrument, originally designed to be used following RCS preparation to enhance cleaning. The XP-endo Finisher has a small core size (ISO 25 in diameter), zero taper (25/.00) and triangular cross section. It is produced using an exclusive, patented NiTi MaxWire alloy (Martensite-Austenite Electropolish Flex FKG Dentaire), which reacts differently at different temperature levels. The shape-memory principles of this alloy resulted in a highly flexible instrument that changes its shape according to the temperature at which it comes into contact. The file is straight (Figure 1A) in its martensitic phase (M phase) at room temperature (25°C). When the file is exposed to the body temperature (37°C inside the canal), it changes its shape due to its molecular memory to the austenitic phase (A-phase), expanding within the root canal and assuming a convex shape with a 1.5 mm depth in the final 10 mm of its length (Figure 1B). According to the manufacturer, the A-phase shape in the rotation mode (800 rpm 1N.cm⁻¹) allows the file to access and clean areas that are otherwise impossible to reach with standard instruments, preserving dentin and canal morphology.

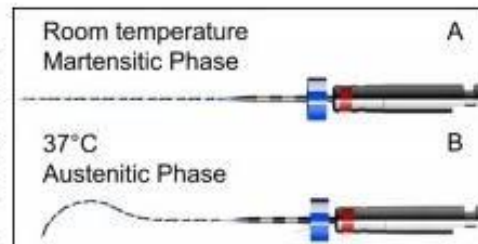


Figure 1. XP-endo Finisher instrument

A number of studies have been conducted to evaluate the performance of this instrument.^{1,4-20} The objective of this paper is to present a literature review on XP-endo Finisher, addressing the results of studies that evaluated this new endodontic instrument.

Material and Methods

This study is a literature review designed to assess the forms of use and the main outcomes in the literature regarding the XP-endo Finisher. A search was undertaken in PubMed and Bireme electronic databases between 2015 (when the instrument was launched to the endodontic market) and 2017 using the following descriptors: XP-endo Finisher.

Results

Eighteen papers that met the inclusion criteria were selected and divided into categories according to the type of evaluation of XP-endo Finisher for the following purposes:

Artigo 2- Rocha, MS; Muniz, BL; Carapiá, MF; Belladonna, FG; Tinoco, JMM; Hecksher, F; Silva EJNL. Transportation assessment in simulated curved canals after retreatment with rotary and reciprocating systems. REVISTA BRASILEIRA DE ODONTOLOGIA, v. 74, p.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15383/1874n3.p.187>

Original Article/Endodontics

Transportation assessment in simulated curved canals after retreatment with rotary and reciprocating systems

Mariana Santoro Rocha,¹ Branda Leite Muniz,¹ Marianna Fernandes Carapiá,¹ Felipe Gonçalves Belladonna,² Justina Monteiro Monnerat Tinoco,² Fernanda Hecksher,³ Emmanuel João Nogueira Leal Silva¹

¹Department of Endodontics, School of Dentistry, Grande Rio University (UNIGRANRIO), Rio de Janeiro, RJ, Brazil

²Department of Endodontics, Federal Fluminense University (UFF), Niterói, RJ, Brazil

³Department of Endodontics, Rio de Janeiro State University (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brazil

• Conflicts of interest: none declared.

ABSTRACT

Objective: this study evaluated the ability of rotary (ProTaper-Retreatment and MTwo-Retreatment) and reciprocating (Reciproc and WaveOne) systems in maintaining the original shape of the canal after root canal retreatment. **Material and Methods:** forty curved resin blocks with simulated root canals were prepared and filled. After that, each block was randomly assigned to 4 groups (n = 10) according to the retreatment system used. Stereomicroscopic images from each block were taken before and after retreatment procedures. Evaluation of canal transportation was obtained for all canal length and for 2 independent canal regions: straight and curved parts. ANOVA followed by Tukey's test was used (P < 0.05). **Results:** for all canal length ProTaper-Retreatment system showed lowest transportation values followed by Reciproc, MTwo-Retreatment and WaveOne systems (P < 0.01). At the straight part, ProTaper-Retreatment system produced the lowest canal transportation followed by Reciproc and MTwo-Retreatment systems (P < 0.05); at the curved part, ProTaper-Retreatment and Reciproc systems produced the lowest canal transportation followed by MTwo-Retreatment system (P < 0.05). The WaveOne system resulted in the highest transportation values at both canal parts (P < 0.05). **Conclusion:** overall, ProTaper-Retreatment system produced less canal transportation in both portions of the simulated canals than the others systems tested after retreatment procedures.

Keywords: Canal transportation; Endodontic retreatment; Reciprocating; Rotary; Instrumentation.

Introduction

Nonsurgical endodontic retreatment, periradicular surgery, and extractions are considered to be alternative modalities after conventional root canal treatment fails.¹ Root canal retreatment is considered the first choice due to its most conservative approach.² Complete removal of all previous root filling material is thus, of utmost importance in nonsurgical retreatment,³ once filling remnants may cover areas in which residual infection occurs, increasing the risk of maintaining periradicular inflammation.⁴

Different techniques have been proposed for regaining access to the root canal system through removal of the original filling, including the use of heated instruments, ultrasonic tips, stainless steel hand files and nickel-titanium (NiTi) instruments.⁵⁻⁸ However, irrespective of the technique used, all of them leave residual fillings along the canal walls.⁵⁻⁸ Recent studies have shown that reciprocating instruments, such as Reciproc (R) (VDW, Munich, Germany) and WaveOne (WO) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), which were initially developed for root canal preparation, can also be used in retreatment procedures.⁹⁻⁹ Even though there is growing evidence on the safety and benefits of using these systems in retreatment cases⁹⁻⁹, none of these studies evaluated the shaping ability of these systems during root canal retreatment. Therefore, the aim of the present study was to evaluate the ability of rotary (ProTaper Retreatment [PTR; Dentsply Maillefer] and Mtwo Retreatment [MTR; VDW) compared to reciprocating (R and WO) systems in

maintaining the original canal anatomy after root canal retreatment. The null hypothesis tested was that there would be no significant differences in canal transportation among the NiTi systems tested.

Material and Methods

Shaping and Filling Procedures

Forty curved simulated root canals, manufactured in clear resin blocks (Endo Training Blocks ISO 15; Dentsply Maillefer), with a 2% taper, 70° angle of curvature, 10-mm radius of curvature and 17 mm length were used. A stainless steel 10- and 15 K-file (Dentsply Maillefer) scouted the canal up to the working length (WL), creating an initial and standardized glide path. Then, all blocks were prepared with R25 instruments (25/0.08) used at the pre-setting program (RECIPROC ALL) powered by a torque-controlled motor (Silver Reciproc; VDW). The instrument was gradually advanced in the simulated canal using a slow and gentle in-and-out pecking motion with a 3 mm amplitude limit. After each three complete pecking movements, the instrument was removed from the canal and its flutes were cleaned off by insertion into a clean stand with a sponge. The WL was reached after three waves of instrumentation in all blocks.

Between each preparation step, apical patency was confirmed using a size 10 K-file just beyond the WL and the simulated canals were irrigated with 1.0 ml sterile water using a 30-G side vented needle (Max i-Probe; Dentsply Rinn, Elgin, IL, USA). Then, the canals were dried with absorbent R25 paper points (VDW).

Artigo 3- Silva, EJNL; Hecksher F; Silva AA; Rover G; Ferreira CMA. Acessos endodônticos minimamente invasivos: uma análise crítica baseada em evidências científicas. Revista da APCD, v. 72, p. 631-637, 2018.

Autor convidado

Acessos endodônticos minimamente invasivos: uma análise crítica baseada em evidências científicas

Recebido em: set/2018
Aprovado em: nov/2018

Emmanuel João Nogueira Leal Silva – Mestre e Doutor em Clínica Odontológica – Endodontia (UNICAMP), Pós-Doutor em Endodontia (UNICAMP), Professor Adjunto dos programas de graduação e pós-graduação em Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO)

Fernando Hecksher – Cirurgião-Dentista, Especialista em Endodontia, Mestre em Clínica Odontológica – Endodontia, Aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia Clínica e Experimental (UNIGRANRIO)

Adilson Alves da Silva – Cirurgião-Dentista, Especialista em Endodontia, Aluno de Mestrado do Programa de Mestrado Profissional em Odontologia (UNIGRANRIO)

Gabriela Rover – Cirurgião-Dentista, Especialista em Endodontia, Mestre em Odontologia – Endodontia, Aluna de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (UFSC)

Cláudio Matias Alves Ferreira – Cirurgião-Dentista, Especialista em Endodontia, Mestre em Odontologia – Endodontia, Aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (UERJ)

Autor de correspondência:
Emmanuel João Nogueira Leal da Silva
Rua Doutor Heitor de Oliveira, 61, 902
Itaici – Itaboraí – RJ
24230-230
nogueiraemmanuel@hotmail.com

Minimally invasive endodontic accesses: a critical analysis based on scientific evidence

RESUMO

Objetivos: O objetivo da presente revisão de literatura é apresentar ao leitor os principais estudos disponíveis até o presente momento na literatura endodôntica acerca das novas modalidades de acessos endodônticos – chamados de acessos endodônticos minimamente invasivos – assim como fornecer uma análise crítica embasada e uma discussão sobre os mesmos. **Materiais e Métodos:** por meio da utilização de descritores específicos, foi realizada uma busca na literatura sem restrição de tempo e linguagem nas seguintes bases de dados: PubMed, Science Direct, Scopus e Web of Science. Foram selecionados artigos que avaliaram a influência dos acessos minimamente invasivos nas diferentes etapas do tratamento endodôntico e na resistência à fratura dos elementos dentais. **Resultados:** foram selecionados 9 estudos que avaliaram a resistência à fratura de diferentes formas de acessos endodônticos e outros estudos que avaliaram a influência dos acessos minimamente invasivos na localização, limpeza, modelagem e obturação do sistema de canais radiculares. A grande maioria dos estudos demonstram resultados insatisfatórios e/ou inconclusivos acerca da realização dos acessos minimamente invasivos em Endodontia. **Conclusão:** Até o presente momento não foram encontradas evidências científicas que comprovem benefícios relacionados ao tratamento endodôntico e/ou a um melhor prognóstico do elemento dental acessado de forma minimamente invasiva.

Descritores: cavidade pulpar; endodontia; resistência a fratura

ABSTRACT

Objectives: The aim of this literature review is to present to the reader the main studies available up to now in the endodontic literature regarding the new modalities of endodontic accesses – so called minimally invasive endodontic access – as well as to provide a critical analysis and a discussion about them. **Materials and Methods:** Through the use of specific descriptors, we searched the literature without restriction of time and language in the following databases: PubMed, Science Direct, Scopus and Web of Science. We selected articles that evaluated the influence of minimally invasive accesses in the different stages of endodontic treatment and fracture resistance of dental elements. **Results:** We selected 9 studies that evaluated the fracture strength of different forms of endodontic accesses. Moreover, other studies evaluating the influence of minimally invasive accesses on the location, cleaning, shaping and root canal filling was also selected. Mostly, the studies demonstrate unsatisfactory and/or inconclusive results regarding the accomplishment of the minimally invasive access in Endodontics. **Conclusion:** To date, no scientific evidence has been found to prove benefits related to endodontic treatment and / or to a better prognosis of the minimally invasive dental element.

Descriptors: pulp cavity; endodontics; fracture resistance

Artigo 4- Silva EJNL; Vieira VTL ; Hecksher F ; Dos Santos Oliveira MRS ; Dos Santos HA ; Moreira E JL . Cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments. *Clinical Oral Investigations*, v. 22, p. 2633-2638,2018.

Clinical Oral Investigations
<https://doi.org/10.1007/s00784-018-2362-9>

ORIGINAL ARTICLE



Cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments

Emmanuel João Nogueira Leal Silva¹ · Victor Talarico Leal Vieira¹ · Fernanda Hecksher¹ · Marja Ribeiro Silva dos Santos Oliveira¹ · Henrique dos Santos Antunes¹ · Edson Jorge Lima Moreira¹

Received: 11 September 2017 / Accepted: 24 January 2018
 © Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2018

Abstract

Objectives To evaluate the cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of ProDesign R (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, MG, Brazil), Reciproc Blue (VDW, Munich, Germany), and WaveOne Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) reciprocating instruments

Materials and methods Twenty instruments of the ProDesign R (25/0.06) system, 20 instruments of the Reciproc Blue (25/0.08v) system, and 20 instrument of the WaveOne Gold (25/0.07v) system were used. Cyclic fatigue resistance was tested measuring the time to fracture and the number of cycles to fracture in an artificial stainless steel severely curved canal with 80° angle and a 3-mm radius of curvature ($n = 10$). Torque and angle of rotation at failure of new instruments ($n = 10$) were measured according to ISO 3638-1. The fracture surfaces of all fragments were examined with a scanning electron microscope. Results were statistically analyzed using one-way ANOVA and Tukey's test at a significance level of $p < 0.05$.

Results ProDesign R instruments showed a significantly longer cyclic fatigue life than the other tested instruments ($p < 0.05$). Reciproc Blue showed longer cyclic life than WaveOne Gold ($p < 0.05$). Reciproc Blue showed the higher torsional strength, followed by WaveOne Gold and ProDesign R instruments ($p < 0.05$). Moreover, Reciproc Blue showed significantly higher angular rotation to fracture than ProDesign R ($p < 0.05$). WaveOne Gold showed intermediary results regarding angular rotation to fracture with no differences when compared to Reciproc Blue or ProDesign R instruments ($p < 0.05$).

Conclusions ProDesign R presented the highest cyclic fatigue resistance in severely curved canals when compared with Reciproc Blue and WaveOne Gold. However, Reciproc Blue showed the higher torsional strength overall and higher angular rotation to fracture when compared to ProDesign R.

Clinical relevance Despite the numerous advantages of reciprocating instruments, these instruments still have some risk of fracture during its use, especially in severely curved canals. The present study evaluated the cyclic fatigue and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments.

Keywords Cyclic fatigue · Torsional resistance · Thermal treatment · Reciprocating instruments

Introduction

Despite the numerous advantages of nickel-titanium (NiTi) rotary instruments, these instruments present risk of fracture during its use in curved canals, which might compromise the prognosis of root canal treatment [1]. Many methods are developed and tried in order to prevent the fracture of NiTi instruments. The introduction of reciprocating movement has raised new perspectives for root canal preparation. The reciprocating motion relieves the stress on the instrument by asymmetric counterclockwise (cutting action) and clockwise

Electronic supplementary material The online version of this article (<https://doi.org/10.1007/s00784-018-2362-9>) contains supplementary material, which is available to authorized users.

✉ Emmanuel João Nogueira Leal Silva
nogueiraemmanuel@hotmail.com

¹ Department of Endodontics, School of Dentistry, Grande Rio University (UNIGRANRIO), Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Artigo 5-Silva EJNL; Hecksher F; Antunes HS; De-Deus G ; Elias CN ; Vieira VTL. Torsional Fatigue Resistance of Blue-treated Reciprocating Instruments. JOURNAL OF ENDODONTICS, v. 44, p. 1038-1041, 2018

Torsional Fatigue Resistance of Blue-treated Reciprocating Instruments

Emmanuel João Nogueira Leal Silva, DDS, MSc, PhD,¹ Fernanda Hecksher, DDS, MSc,² Henrique dos Santos Antunes, DDS, MSc, PhD,³ Gustavo De-Deus, DDS, MSc, PhD,⁴ Carlos Nelson Elias, PhD,⁵ and Victor Talarico Leal Vieira, DDS, MSc, PhD⁶

Abstract

Introduction: The aim of the present study was to evaluate the influence of blue thermal treatment on the torsional resistance behavior of M-Wire Reciproc files (VDW, Munich, Germany). **Methods:** Ten M-Wire Reciproc R25 (25/0.08s) and 10 Reciproc Blue R25 (25/0.08s, VDW) instruments were used. The torque and angle of rotation at failure of new instruments ($n = 10$) were measured according to ISO 3630-1. Three millimeters of each instrument tip was clamped to a small load cell by a lever arm linked to the torsion axis. The fracture surface of all fragments was examined with a scanning electron microscope. Results were statistically analyzed using the Student t test at a significance level of $P < .05$. **Results:** The maximum torsional strength of M-Wire Reciproc was higher than Reciproc Blue instruments ($P < .05$). Reciproc Blue instruments showed significantly higher angular rotation to fracture than M-Wire Reciproc instruments ($P < .05$). Scanning electron microscopy of the fracture surface showed similar and typical features of torsional failure for the 2 types of instruments, including concentric abrasion marks and the fibrous dimple marks at the center of rotation. **Conclusions:** Reciproc Blue instruments showed a higher angle of rotation to fracture but a lower torque to failure than M-Wire Reciproc instruments. (*J Endod* 2018; ■:1–4)

Key Words

Reciproc Blue, reciprocating instruments, torsional resistance

The introduction of nickel-titanium (NiTi) rotary instruments in endodontics has brought many advantages such as faster preparation time, cutting efficiency, and canal centering capacity compared with stainless

steel hand files (1, 2). However, despite the numerous benefits, its use presents the risk of fracture by torsional stress or cyclic fatigue, which might contribute negatively to the treatment prognosis (3). For that reason, several approaches have been proposed to minimize the occurrence of such fractures including changes in the instrument design, NiTi alloy, and activation kinematics (1, 4–6).

Reciprocating kinematics has been shown to be safe and effective in the preparation of curved root canals, reducing cyclic fatigue, torsional stress, and working time (6–8). Reciproc (VDW, Munich, Germany) and WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) files are the main examples of commercially available systems for root canal preparation using reciprocating motion. Both instruments are fabricated from M-Wire alloy. M-Wire instruments are produced using a proprietary thermomechanical procedure developed with the objective of producing a superelastic NiTi alloy optimizing the microstructure and transformation behavior of the traditional NiTi alloy (9, 10). The M-Wire fabrication process can substantially increase the flexibility and mechanical strength compared with conventional NiTi wire (9, 10). The new generation of reciprocating instruments, such as Reciproc Blue (VDW) and WaveOne Gold (Dentsply Maillefer), undergo complex heating-cooling proprietary treatments that results in a visible titanium oxide layer in the surface of the instrument. This treatment controls the transition temperatures, creating a shape memory alloy, which is claimed by the manufacturers to result in superior mechanical properties and performance of the NiTi instruments. It has been recently shown that Reciproc Blue showed improved all-around performance when compared with conventional M-Wire Reciproc, demonstrating improved flexibility and fatigue resistance and reduced microhardness while maintaining similar surface characteristics (4). However, to date, no data are available on the mechanical properties such as torsional stress of the new Reciproc Blue instruments. Therefore, the aim of the present study was to investigate the torsional resistance behavior (maximum torque load and angular rotation) of Reciproc Blue R25 instruments and

Significance

Reciproc Blue instruments were recently introduced with a different thermal treatment when compared with its predecessor M-Wire Reciproc. The present study pointed out significant differences in the torsional resistance behavior between the 2 instruments.

From the ¹Department of Endodontics, School of Dentistry, Grande Rio University, Rio de Janeiro; ²Department of Endodontics, Fluminense Federal University, Niterói; and ³Military Institute of Engineering, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Address requests for reprints to Dr Emmanuel João Nogueira Leal Silva, Dental School, Grande Rio University, Endodontics Department, Rua Heróides de Oliveira, 61702 Itaboraí, Niterói, RJ, Brazil. E-mail address: nogueiraemmanuel@hotmail.com

0099-2398/\$ - see front matter




Copyright © 2018 American Association of Endodontists.

<https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.03.008>

Artigo 6- Silva EJNL ; Prado MC; Soares DN ; Hecksher F; Martins JNR ; Fidalgo TKS. The effect of ozone therapy in root canal disinfection: a systematic review. INTERNATIONAL ENDODONTIC JOURNAL, v. 33, p. 05, 2019.

REVIEW

The effect of ozone therapy in root canal disinfection: a systematic review

E. J. N. L. Silva^{1,2} , M. C. Prado¹ , D. N. Soares³, F. Hecksher¹, J. N. R. Martins^{4,5}  & T. K. S. Fidalgo³

¹Department of Endodontics, School of Dentistry, Grande Rio University (UNIGRANRIO), Rio de Janeiro; ²Department of Endodontics, School of Dentistry, Rio de Janeiro State University (UERJ), Rio de Janeiro; ³Preventive and Community Dentistry, Rio de Janeiro State University (UERJ), Rio de Janeiro, Brazil; ⁴Instituto de Implantologia, Lisboa; and ⁵Centro de Estudo de Medicina Dentária Baseada em Evidência, Faculdade de Medicina Dentária, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

Abstract

Silva EJNL, Prado MC, Soares DN, Hecksher F, Martins JNR, Fidalgo TKS. The effect of ozone therapy in root canal disinfection: a systematic review. *International Endodontic Journal* 53: 317–332, 2020.

Aim To answer the following focused question: 'As regards interappointment hand reduction for patients undergoing root canal treatment, is the use of ozone therapy comparable to conventional chemomechanical techniques using sodium hypochlorite (NaOCl)'?

Data sources A systematic review was conducted using controlled vocabulary and free-text key words in the following databases: PubMed, Science Direct, Scopus, Web of Science and Open Gray until 2 November 2018. Additional studies were sought through hand searching of endodontic journals.

Study eligibility criteria, participants and interventions The inclusion criteria comprised studies that compared microbial reduction in root canals after treatment with ozone and NaOCl in extracted mature human teeth or randomized clinical trials.

Study appraisal and synthesis methods The quality assessment of included laboratory studies was performed with the following parameters: (i) sample size calculation, (ii) samples with similar dimensions, (iii) control group, (iv) standardization of procedures, (v) statistical analysis and (vi) other risk of bias. For randomized clinical trials, the qualitative analysis of the studies was performed from the bias

risk assessment using the tool 'Bias Risk Assessment of Randomized Controlled Studies' Cochrane Handbook 5.0.2.

Results The search resulted in 180 published studies. After removal of duplicate studies and full-text analysis, eight studies were selected and seven were considered low risk of bias (seven *ex vivo* studies and one random clinical trial). Overall, the results demonstrated that ozone therapy provides significantly less microbial load reduction than NaOCl. As an adjunct to chemomechanical preparation, ozone was ineffective in increasing the antimicrobial effect of NaOCl. Ozone performance was strongly associated with the application protocol used: it is dose, time and bacterial strain dependent, besides the correlation with the use of complementary disinfection sources.

Limitations A restricted number of randomized clinical trial was found, and the difference amongst the methodology of the studies did not allow a meta-analysis to be performed.

Conclusions and implications of key findings Although the selected studies had limitations, this review reached a satisfactory methodological and moderate evidence quality contributing to important preliminary information regarding ozone therapy. As regards hand reduction of microorganisms for patients undergoing root canal treatment, ozone is not indicated neither to replace nor to complement the antimicrobial action of NaOCl.

Keywords: disinfection, endodontics, ozone, sodium hypochlorite, systematic review.

Received 7 May 2019; accepted 1 October 2019

Correspondence: Emmanuel João Nogueira Leal da Silva, Department of Endodontics, School of Dentistry, Grande Rio University (UNIGRANRIO), Rua Barão de Olinda, 61/902, Icaraí, Niterói, RJ, Brazil (e-mail: nogueiraemmanuel@hotmail.com)

Artigo 7- Silva EJNL; Zanon M ; Hecksher F; Belladonna FG; De Vasconcelos RA; Fidalgo TKS. Influence of autoclave sterilization procedures on the cyclic fatigue resistance of heat-treated nickel-titanium instruments: a systematic review. RESTORATIVE DENTISTRY & ENDODONTICS, v. 45, p. 312-317, 2020.

Restor Dent Endod. 2020 May;45(3):e25
<https://doi.org/10.5395/rde.2020.45.e25>
 pISSN 2234-7658 eISSN 2234-7666

Restorative
Dentistry
& Endodontics **RDE**

Research Article

 Check for updates

Influence of autoclave sterilization procedures on the cyclic fatigue resistance of heat-treated nickel-titanium instruments: a systematic review

OPEN ACCESS

Received: Dec 6, 2019
 Revised: Jan 1, 2020
 Accepted: Jan 8, 2020

Silva EJNL, Zanon M, Hecksher F, Belladonna FG, Vasconcelos RA, Fidalgo TKS.

*Correspondence to:
 Emmanuel João Nogueira Leal Silva, DDS,
 MSc, PhD

Associate Professor, Department of
 Endodontics, School of Dentistry - Grande Rio
 University (UNIGRANRIO) (Rua Heróides de
 Oliveira, 67920 Itaipó, Niterói, RJ 24220-280,
 Brazil.
 E-mail: nogueiraemmanuel@hotmail.com

Copyright © 2020. The Korean Academy of
 Conservative Dentistry
 This is an Open Access article distributed
 under the terms of the Creative Commons
 Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)
 which permits unrestricted non-commercial
 use, distribution, and reproduction in any
 medium, provided the original work is properly
 cited.

Conflict of interest

No potential conflict of interest relevant to this
 article was reported.

Author Contributions

Conceptualization: Silva EJNL, Fidalgo TKS;
 Data curation: Silva EJNL, Zanon M, Fidalgo
 TKS; Formal analysis: Silva EJNL, Hecksher
 F, Belladonna FG; Investigation: Silva EJNL,
 Zanon M, Vasconcelos RA; Methodology:
 Silva EJNL, Zanon M, Fidalgo TKS; Project
 administration: Silva EJNL; Supervision: Silva
 EJNL; Writing - original draft: Hecksher F;

Emmanuel João Nogueira Leal Silva ^{1,2,*} Mayara Zanon ² Fernanda Hecksher ¹,
 Felipe Gonçalves Belladonna ² Rafaela Andrade de Vasconcelos ²,
 Tatiana Kelly da Silva Fidalgo ⁴

¹Department of Endodontics, School of Dentistry, Grande Rio University (UNIGRANRIO), Duque de Caxias, RJ, Brazil

²Department of Endodontics, School of Dentistry, State University of Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brazil

³Department of Endodontics, School of Dentistry, Fluminense Federal University (UFF), Niterói, RJ, Brazil

⁴Department of Preventive and Community Dentistry, School of Dentistry, State University of Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brazil

ABSTRACT

Objectives: This systematic review evaluated the influence of autoclave sterilization procedures on the cyclic fatigue resistance of heat-treated nickel-titanium (NiTi) instruments.

Materials and Methods: A systematic search without restrictions was conducted in the following electronic databases: PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Cochrane, and Open Grey. The hand search was also performed in the main endodontic journals. The eligible studies were submitted to the methodological assessment and data extraction.

Results: From 203 abstracts, a total of 10 articles matched the eligible criteria. After reading the full articles, 2 were excluded because of the absence of the heat-treated instruments in the experimental design and 3 due to the lack of a control group using heat-treated instruments without autoclave sterilization. From the 5 included studies, 1 presented a low risk of bias, 3 presented moderate and 1 high risk. It was observed heterogeneous findings in the included studies, with autoclave sterilization cycles increasing, decreasing or not affecting the cyclic fatigue life of heat-treated NiTi instruments. However, the retrieved studies evaluating the cyclic fatigue resistance of endodontic instruments presented different protocols and assessing outcomes, this variability makes the findings less comparable within and also between groups and preclude the establishment of an unbiased scientific evidence base.

Conclusions: Considering the little scientific evidence and considerable risk of bias, it is still possible to conclude that autoclave sterilization procedures appear to influence the cyclic fatigue resistance of heat-treated NiTi instruments.

Keywords: Autoclave sterilization; Cyclic fatigue resistance; NiTi instruments; Systematic review

Artigo 8. Silva EJ, Hecksher F, Vieira VT, Vivan RR, Duarte MA, Brasil SC, Antunes HS. (2020). Cytotoxicity, antibacterial and physicochemical properties of a new epoxyresin-based endodontic sealer containing calcium hydroxide. *Clin Exp Dent* 6: 533-539.

J Clin Exp Dent. 2020;12(6):533-9

Properties of epoxy resin-based endodontic sealers containing calcium hydroxide

Journal section: Operative Dentistry and Endodontics
Publication Type: Research

doi:10.4317/jced.56334
https://doi.org/10.4317/jced.56334

Cytotoxicity, antibacterial and physicochemical properties of a new epoxy resin-based endodontic sealer containing calcium hydroxide

Emmanuel J. Silva¹, Fernanda Hecksher¹, Victor T. Vieira¹, Rodrigo R. Vivan², Marco A. Duarte², Sabrina C. Brasil², Henrique S. Antunes¹

¹ Department of Endodontics, Grande Rio University (UNIGRANRIO), Duque de Caxias, RJ, Brazil
² Department of Endodontics, São Paulo University, Bauru, SP, Brazil

Correspondence:
Department of Endodontics, School of Dentistry
Grande Rio University (UNIGRANRIO)
Rua Homens de Oitenta, 41/902
Itararé - Niterói - RJ - Brazil
equipeendodontia@journal.unigranrio.com

Received: 04/11/2019
Accepted: 20/01/2020

Silva EJ, Hecksher F, Vieira VT, Vivan RR, Duarte MA, Brasil SC, Antunes HS. Cytotoxicity, antibacterial and physicochemical properties of a new epoxy resin-based endodontic sealer containing calcium hydroxide. *J Clin Exp Dent*. 2020;12(6):533-9.

Article Number: 10111 | <http://www.naun.org/urn:nbn:de:heub:heub-2020-10011111>
© Naunton-Deut. S. S. 1722-0149/2020 - 10011111
e-ISSN: 1609-0926
Indexed by:
Pubmed
Pubmed Central (PMC)
Scopus
ISI/Clarivate

Abstract

Background: This study evaluated the cytotoxicity, antibacterial and physicochemical properties of a new epoxy resin-based endodontic sealer containing calcium-hydroxide Sealer Plus. AH Plus was used as a reference for comparison.

Material and Methods: Cytotoxicity evaluation was performed according to ISO-10993-5 specifications using MTT assay to check the 3T3 cells viability at 1- to 4-week periods. Antibacterial activity was evaluated using a direct contact test against *Enterococcus faecalis*. Radiopacity, solubility and flow evaluations were performed according to ISO-6876/2012 specifications. Setting time was assessed following the ANSI/ADA-standard-n. 57. The pH level was measured at 3,24,48,72, and 168 hours. Data were statistically analyzed using t-test. The significance level adopted was $P<0.05$.

Results: AH Plus and Sealer Plus showed cytotoxic effects after 24 hours and 1 week of manipulation and become nontoxic after 2 weeks. No differences were observed in the cytotoxicity of both tested sealers ($P>0.05$). Direct contact results revealed that both freshly prepared sealers has antibacterial effects against *Enterococcus faecalis*. However, after 7 days both sealers had lost much of their antibacterial effects. Although AH Plus presented higher radiopacity and flow than Sealer Plus ($P<0.05$), both sealers showed minimum required values. No differences were observed in the solubility of both sealers ($P>0.05$). AH Plus showed a higher setting time when compared to Sealer Plus ($P<0.05$). AH Plus and Sealer Plus showed a neutral pH during all tested periods ($P<0.05$).

Conclusions: It can be concluded that Sealer Plus showed suitable properties to be used as an endodontic sealer, comparable with those obtained by AH Plus.

Key words: Cytotoxicity; root canal filling materials; root canal obturation.

