



UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS - UNIEVANGÉLICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Henrique Carneiro Ferreira

**EFEITO DOS DIFERENTES INSTRUMENTOS DE NITI NA
INCIDÊNCIA DE DEFEITOS NA DENTINA DURANTE A
REMOÇÃO DO MATERIAL OBTURADOR: UM ESTUDO *IN
VITRO***

ANÁPOLIS – GO 2024

Henrique Carneiro Ferreira

**EFEITO DOS DIFERENTES INSTRUMENTOS DE NITI NA
INCIDÊNCIA DE DEFEITOS NA DENTINA DURANTE A
REMOÇÃO DO MATERIAL OBTURADOR: UM ESTUDO *IN
VITRO***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA para obtenção do Título de Mestre em Odontologia.

Área de concentração: Clínica Odontológica

Orientação: Prof. Dr. Orlando Aguirre Guedes

Anápolis – GO 2024

F383

Ferreira, Henrique Carneiro.

Efeito dos diferentes instrumentos de NiTi na incidência de defeitos na dentina durante a remoção do material obturador: um estudo *in vitro*./ Henrique Carneiro Ferreira - Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás, 2024.
52 p.; il.

Orientador: Prof. Dr. Orlando Aguirre Guedes

Dissertação (mestrado) – Programa de pós-graduação em Odontologia – Universidade Evangélica de Goiás, 2024.

1. Defeitos dentinários 2. Remoção de guta-percha 3. Retratamento. 4. Fratura radicular vertical I. Guedes, Orlando Aguirre. II. Título.

CDU 616.314

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha amada esposa, Luciana, cujo amor, apoio incondicional e compreensão foram fundamentais para a realização deste sonho, meus filhos, cuja alegria e energia renovaram minha motivação diariamente, minha mãe, que sempre acreditou em mim e me apoiou em todas as etapas da minha vida e meu saudoso pai, cuja sabedoria, amor e apoio incondicional sempre foram fontes de força e inspiração em minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar continuamente abençoando e iluminando meus passos nesta jornada evolutiva.

À minha família, cuja paciência, compreensão e amor incondicional me deram a força necessária para completar esta etapa.

Devo gratidão eterna pelo amor e companheirismo da minha esposa Luciana. Todo o seu carinho e orientações que me proporcionaram bastante segurança, dando dicas de como caminhar com excelência no mestrado e compreender cada percalço.

À minha querida e amada mãe, Ivone, guerreira e apaixonada pela vida, mostrando que caráter, dignidade e conhecimento são peças-chave para o sucesso.

A todos os meus queridos filhos Maria Vitória, Ana Carolina, Anna Luiza, João Pedro e Helena. Filharada linda que amo demais e fizeram a diferença em todo este percurso.

Ao meu orientador, professor Orlando, coordenador do PPGO da UniEVANGÉLICA, que me resgatou e incentivou a retornar ao programa, mostrando quão importante era este passo na carreira acadêmica. Muito obrigado pela orientação, paciência e valiosas contribuições ao longo deste percurso. Seu conhecimento e dedicação foram essenciais para o sucesso deste trabalho. Saudações tricolores.

Aos professores do programa de Mestrado em Odontologia, pelo conhecimento compartilhado e pelo apoio durante toda a jornada acadêmica.

À equipe técnica e administrativa da instituição, pelo suporte e assistência indispensáveis ao longo do curso.

Ao doutor Djalma, amigo e colega de profissão. Era o diretor da faculdade quando eu ainda estava na graduação e desde aquela época, no ano de 1986, me ajudou a dar os primeiros passos nos bancos acadêmicos.

À Regina, psicóloga que de forma muito profissional e afetiva me fez despertar para uma visão mais serena acerca de comportamentos, ações e reações ao longo da nossa jornada.

A todos, meu sincero e profundo agradecimento!

EPÍGRAFE

" A ciência é muito boa dentro de seus precisos limites. Quando transformada na única linguagem para se conhecer o mundo, entretanto, ela pode produzir dogmatismo, cegueira e, eventualmente, emburrecimento..."

Rubem Alves

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	6
RESUMO/PALAVRAS-CHAVE	9
ABSTRACT/KEYWORDS	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3. PROPOSIÇÃO	31
4. MATERIAL E MÉTODOS	32
5. RESULTADOS	39
6. DISCUSSÃO	41
7. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

&.....	e
%.....	Porcentagem
=.....	Igual
+.....	Mais
<.....	Menor
>.....	Maior
°.....	Graus (ângulo)
°C.....	Graus Celsius (Temperatura)
<i>et al</i>	e outros
ANOVA.....	Análise de variância
CL.....	Condensação lateral a frio
CT.....	Comprimento de trabalho
EDR.....	Espessura de Dentina Remanescente
EDTA.....	Ácido Etilenodiaminotetracético
FRV.....	Fraturas Radiculares Verticais
G1.....	Grupo 1
G2.....	Grupo 2
G3.....	Grupo 3
G4.....	Grupo 4
G5.....	Grupo 5
G6.....	Grupo 6
G7.....	Grupo 7

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

G8.....	Grupo 8
G9.....	Grupo 9
Kg.....	Quilograma
Micro-CT.....	Microtomografia computadorizada
mm.....	Milímetros
µm.....	Micrômetros ou microns
n.....	Tamanho da amostra
NaOCl.....	Hipoclorito de Sódio
NiTi.....	Níquel-Titânio
Ncm.....	Newton-centímetro
nm.....	Nanômetros
<i>p</i>	Significância estatística
PC.....	Computador pessoal
PTN.....	Pro Taper Next
PTR.....	Pro Taper Retreatment
PTU.....	Pro Taper Universal
PTUR.....	Pro Taper Universal Retreatment
REC.....	Reciproc
RGP.....	Remoção de guta-percha
s.....	Segundos
SC.....	Obturação de cone único
SSPS.....	Pacote Estatístico para Ciências Sociais
SP.....	São Paulo

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TFA.....	Twisted File Adaptative
WV.....	Compactação vertical a quente
X.....	Fator de ampliação ou magnificação

RESUMO

Objetivo: Avaliar o efeito de diferentes métodos de remoção de guta-percha (RGP) na ocorrência de defeitos dentinários. **Materiais e métodos:** Cento e oito incisivos bovinos foram selecionados e armazenados em água destilada. As coroas foram removidas, deixando raízes com aproximadamente 17 mm de comprimento. Doze raízes foram deixadas sem preparo e serviram como controle (G1), enquanto as outras 96 foram instrumentadas com limas BioRace até o tamanho 40/.04 (BR5) e preenchidas com guta-percha e cimento Sealapex usando a técnica de condensação lateral. Outras doze raízes foram deixadas obturadas sem retratamento (G2). As 84 raízes restantes tiveram o material obturador removido com R-Endo (G3), D-Race (G4), WaveOne Gold (G5), ProTaper Retreatment (G6), Mtwo R (G7), Reciproc (G8) ou inserto ultrassônico R1-Clearsonic (G9). Após a RGP, o alargamento apical final foi realizado com o instrumento BR7 (#60/.02). As raízes foram seccionadas a 3, 6 e 9mm do ápice e observadas sob estereomicroscópio a 25x de ampliação. A presença/ausência de fraturas radiculares, microtrincas e linhas de fissura foram registradas. Os testes de qui-quadrado compararam a incidência de defeitos dentinários entre os grupos, com nível de significância de $p < 0,05$. **Resultados:** Defeitos foram observados em 46,6% das seções radiculares. Nenhum defeito foi observado nos canais não preparados (controle, G1). Defeitos foram detectados em todos os demais grupos experimentais (G2 a G9). Todos os protocolos de RGP levaram a uma maior incidência de trincas parciais e linhas de fissura em comparação com o grupo sem retratamento. No entanto, diferença estatisticamente significativa foi encontrada apenas para o grupo R-Endo (G5) ($p < 0,05$). **Conclusões:** Todos os métodos de RGP foram associados a defeitos dentinários durante os procedimentos de retratamento. A RGP com o sistema R-Endo teve um impacto significativo na formação de microtrincas e linhas de fissura.

Palavras-chave: Trincas, defeitos dentinários, remoção de guta-percha, retratamento, fratura radicular vertical.

ABSTRACT

Objective: To assess the effect of different gutta-percha removal (RGP) methods on the occurrence of dentinal defects. **Materials and methods:** One hundred and eight bovine incisors were selected and stored in distilled water. The crowns were removed, leaving roots approximately 17 mm in length. Twelve roots were left unprepared and served as control (G1), and the remaining 96 roots were instrumented with BioRace files up to size 40/.04 (BR5) and filled with gutta-percha and Sealapex sealer using the lateral condensation technique. Twelve other roots were left filled and received no retreatment procedure (G2). The remaining 84 roots underwent filling material removal with R-Endo (G3), D-Race (G4), WaveOne Gold (G5), ProTaper Retreatment (G6), Mtwo R (G7), Reciproc (G8) instruments or with R1-Clearsonic ultrasonic insert (G9). After GPR, final apical enlargement was achieved using a BR7 (#60/.02) instrument. Roots were sectioned 3, 6 and 9 mm from the apex and observed under a stereomicroscope at 25x magnification. The presence/absence of root fractures, microcracks, and craze lines were recorded. Chi-square tests compared the incidence of dentinal defects between the groups, with a significance level set at $p < .05$. **Results:** Defects were observed in 46.6% of the root sections. No defects were observed in the unprepared canals (control, G1). Defects were detected in all other experimental groups (G2 to G9). All RGP protocols led to a greater incidence of partial cracks and craze lines compared to the untreated group. However, statistically significant difference was found only for the R-Endo group (G5) ($p < .05$). **Conclusions:** All RGP methods were linked to dentinal defects during retreatment procedures. RGP with R-Endo system had a significant impact on microcracks and craze lines formation.

Keywords: Cracks, dentinal defects, gutta-percha removal, retreatment, vertical root fracture.

1. INTRODUÇÃO

Sinais de falha no tratamento de canal radicular, como a presença de periodontite apical e sintomas persistentes após o tratamento, são indicadores críticos de que uma intervenção adicional é necessária (1). O retratamento de canal radicular não cirúrgico é frequentemente recomendado quando o tratamento inicial não é bem-sucedido (2-5). Para um retratamento eficaz, é essencial remover com segurança e eficácia o material de preenchimento anterior do sistema de canais, recuperar o acesso ao forame apical e facilitar uma sanitização e preenchimento completos (2, 6, 7).

Diferentes sistemas de níquel-titânio (NiTi), com diversos cones, lâminas de corte e configurações de ponta, foram desenvolvidos para melhorar a eficiência na remoção de guta-percha (4, 5, 7). Sistemas notáveis incluem Mtwo-R (VDW, Munique, Alemanha), D-RaCe (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça), R-Endo (Micro-Mega, Besançon, França) e ProTaper Universal Retreatment (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Esses instrumentos rotatórios foram projetados especificamente para fins de retratamento (2, 4-9). Nos últimos anos, ferramentas adicionais foram incorporadas ao arsenal de retratamento de canal radicular não cirúrgico (9-12). Instrumentos como Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) e WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), originalmente projetados para preparação de canal radicular (13-15), também têm sido utilizados para a remoção de material obturador (12, 16). Outra tecnologia inovadora é o inserto ultrassônico R1-Clearsonic (Helse Ultrasonic, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil), especificamente projetado para o retratamento de canais radiculares (11). Tanto as técnicas recíprocas quanto as ultrassônicas têm demonstrado resultados satisfatórios quando utilizadas durante a remoção de guta-percha e cimento (10, 12, 16).

Relata-se que as tensões geradas dentro da raiz podem ser transmitidas através da estrutura até a superfície, potencialmente rompendo as ligações que mantêm a dentina unida, resultando na formação de microtrincas na dentina (17). O efeito dos procedimentos endodônticos e restauradores na integridade da dentina é uma preocupação significativa (1, 6, 14, 18-21). O uso de instrumentos maiores ou mais rígidos pode aumentar o contato com as paredes do canal,

levando a maior fricção e concentração de tensão, o que pode contribuir para o desenvolvimento de defeitos dentinários (4, 5, 22). Linhas de trinca e microtrincas produzidas durante procedimentos endodônticos e restauradores podem se propagar com intervenções subseqüentes ou sob tensão repetida das forças oclusais, resultando em fraturas radiculares verticais (FRV) (6, 23, 24). A FRV tem sido citada como a razão mais comum para a perda de dentes tratados endodonticamente (3, 13-15, 17, 21, 23, 25, 26) e, portanto, deve ser ativamente evitada (1, 3, 9, 13, 18, 24, 27). Uma estratégia de prevenção é identificar e comparar os procedimentos que causam defeitos dentinários (2, 24).

Embora estudos *in vitro* tenham demonstrado que vários procedimentos intrarradiculares, como instrumentação do canal radicular, obturação, preparação do espaço para pino e remoção de pino, podem contribuir para o desenvolvimento de defeitos dentinários nas paredes dos canais radiculares (20, 23, 26-31), pouca atenção tem sido dada à ocorrência de fraturas radiculares e outros defeitos especialmente após a remoção de guta-percha (RGP) (1, 4-7, 9, 24, 26, 32, 33). O retratamento de canal envolve manipulação mecânica adicional e maior preparo do canal (4, 6-8), o que pode levar à remoção de mais tecido dentinário das paredes do canal radicular (6). Conseqüentemente, a probabilidade de defeitos dentinários pode aumentar após esses procedimentos (4, 5).

Uma revisão abrangente da literatura revelou que o dano causado por instrumentos reciprocantes na dentina após o procedimento de retratamento foi examinado em apenas um estudo (9). Notavelmente, não existem estudos avaliando os efeitos dos instrumentos WaveOne. Além disso, permanece incerto se o uso do inserto ultrassônico R1-Clearsonic pode causar maiores danos às paredes do canal radicular. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes métodos de RGP na ocorrência de defeitos dentinários. A hipótese nula testada foi que a ocorrência de fraturas radiculares e outros defeitos na dentina não varia com base (i) no protocolo de retratamento utilizado e (ii) no nível do canal radicular.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Dentre as várias pesquisas realizadas com esta temática, foram empregadas na revisão da literatura aquelas que buscaram discutir o problema proposto.

Shemesh *et al.* (2011) avaliaram a influência dos procedimentos de retratamento, sobre o aparecimento de defeitos nas paredes do canal radicular. Duzentos pré-molares inferiores extraídos foram selecionados e armazenados em água filtrada purificada. Radiografias foram obtidas, e a distância entre as paredes vestibulolingual do canal foi medida 10mm a partir do ápice. Quatro grupos (n=50) foram formados de tal modo que o diâmetro médio do canal foi de 0,7mm. As coroas removidas deixando raízes com aproximadamente 16 mm de comprimento. Todas as raízes foram examinadas em um microscópio com ampliação de 12x para excluir defeitos. Um grupo foi deixado sem preparo. Nos outros 3 grupos, a desobstrução do canal foi estabelecida com lima tamanho 20 K-Flexofile. Posteriormente, os canais foram preparados com instrumentos rotatórios ProTaper. Após a conclusão da instrumentação, uma irrigação ultrassônica passiva foi realizada com uma ponta Irrisafe 20/21, para limpar eficientemente os canais e remover detritos remanescentes. As raízes foram mantidas úmidas durante os procedimentos experimentais. Para preenchimento dos canais foi usado cimento AH 26 pela técnica da condensação lateral usando um espaçador de tamanho C. A força aplicada ao espaçador foi controlada utilizando uma balança digital. Material de impressão polivinilsiloxano foi usado em torno do dente para simular o ligamento periodontal. Após 3 semanas um grupo foi deixado sem retratamento, e 2 grupos foram submetidos a remoção do material obturador, sendo um grupo utilizando limas ProTaper e o outro limas Hedstroen. O tempo total (incluindo a irrigação e mudanças de instrumento) requerido para atingir o comprimento de trabalho e remoção completa de gutapercha foi registrado em minutos. Raízes foram seccionadas horizontalmente em 3, 6, e 9mm a partir do ápice. Fotos foram registradas com uma ampliação de 12x. As imagens foram então inspecionadas por 2 operadores. Foram utilizadas 2 categorias distintas: " nenhum defeito " e " defeito ". Nenhum defeito foi definido como dentina radicular desprovida de quaisquer linhas ou fendas em que tanto

a superfície externa da raiz e a parede interna do canal radicular apresentavam-se sem defeitos. Os defeitos foram definidos como todas as linhas quer a partir da superfície externa da raiz para a dentina ou da luz do canal para a dentina. O aspecto característico de "fratura" foi definido como uma linha que se estende a partir do espaço do canal da raiz para o exterior da superfície da raiz. A espessura mínima de dentina remanescente (EDR) das raízes obturadas foi medida em cada corte. Teste de regressão nominal foi realizado para explorar a diferença entre os grupos e a influência da EDR e nível de raiz no aparecimento de defeitos. A diferença entre os tempos necessários para finalizar a remoção do material obturador foi verificada com o teste t. Foi usado SPSS / PC versão 15, com um nível de significância de $\alpha=0,05$. Os canais que não sofreram retratamento demonstraram nenhum defeito. Defeitos foram encontrados em todos os demais grupos. Fraturas foram encontradas somente nos grupos com retratamento. Houve uma diferença significativa entre o grupo de tratamento único e ambos os grupos de retratamento ($p=0,000$). Entretanto, não houve diferença entre os dois grupos com retratamento ($p=0,07$). A EDR após preparo do canal ou o nível de observação não apresentou correlação com o surgimento de defeitos ($p=0,546$ e $0,641$, respectivamente). Levou significativamente mais tempo para remover o material obturador com a lima Hedstroen que com Pro Taper ($4,9 \pm 1,7$ e $3,6 \pm 0,9$ minutos, respectivamente; $p=0,006$).

Topçuoglu *et al.* (2014) avaliaram a incidência de defeitos dentinários na dentina radicular após a remoção do material de preenchimento do canal com limas manuais, Mtwo, D-Race, e os instrumentos de retratamento R-Endo. Foram selecionados 180 dentes pré-molares inferiores humanos, extraídos por razões periodontais, unirradiculares, com larguras de canais semelhantes, medidas em 9mm do ápice. Radiografias foram tiradas de ângulos vestibulolinguais e mesiodistais. Todas as raízes foram observadas sob um estereomicroscópio com ampliação de 20x para excluir quaisquer defeitos externos. As porções coronárias foram parcialmente removidas atingindo um comprimento final de 20mm para cada dente. Trinta dentes não foram preparados sendo o grupo controle, enquanto os restantes 150 dentes foram submetidos ao preparo do canal. O acesso a cavidade foi obtido usando uma

broca de diamante, exceto no grupo controle. Lima K tamanho 10 foi introduzida em cada canal até aparecer no forame apical e o comprimento de trabalho foi determinado com recuo de 1mm desta medida. Os canais foram preparados para um tamanho apical 40 com limas K, utilizando a técnica de força equilibrada e recuo progressivo com limas K tamanhos de 45 a 80. Os canais foram irrigados com 2ml de hipoclorito de sódio a 1% entre cada instrumento. Depois de completar o preparo, os canais foram irrigados com 2ml de EDTA 17%, durante 1 minuto e em seguida lavado com 2ml de água destilada. Os canais foram secos com cones de papel. Todas as raízes foram obturadas usando a técnica passiva, com cone de guta-percha principal tamanho 40, afunilando 0,02, e cimento AH Plus no comprimento de trabalho. Cones adicionais foram colocados sem o uso de espaçador. O excesso de guta-percha na porção coronal foi removido com uma ponta aquecida, e as aberturas do canal radicular de todas as amostras foram seladas com material de preenchimento temporário. As radiografias foram obtidas no sentido vestibulolingual e mesiodistal para garantir a qualidade da obturação. As raízes foram reexaminadas para defeitos sob um estereomicroscópio; não foram detectados defeitos externos visíveis. As amostras foram então armazenadas a 37°C e 100% de umidade durante 2 semanas para permitir o ajuste completo dos cimentos. Trinta dos 150 dentes obturados foram postos de lado, e nenhum procedimento de retratamento foi realizado. A limpeza dos canais radiculares, o preparo, preenchimento, e os procedimentos de retratamento foram realizados por um único operador. Para o retratamento as superfícies das 120 raízes foram revestidas com um material de moldagem de silicone para simular espaço do ligamento periodontal e fixados em um tubo cheio de resina acrílica autopolimerizável. As 120 raízes foram divididas aleatoriamente em 4 grupos de 30: grupo retratamento Mtwo, grupo retratamento D-RACE, grupo retratamento R-Endo, grupo instrumentos manuais. Todos os instrumentos rotativos de NiTi para a remoção material obturador, foram utilizados seguindo orientações do fabricante. No grupo de instrumentos manuais foi usado brocas Gates Glidden tamanho 3 e limas Hedstroen no comprimento de trabalho. Em todos os grupos, 0,1ml de clorofórmio foi introduzido em cada canal para amolecer a guta-percha. Cada

instrumento rotativo ou a mão foi descartado depois de ser utilizado em um canal. Durante o retratamento, canais foram constantemente irrigados com 1ml NaOCl 1% a cada troca de instrumento. Os canais radiculares foram irrigados com 3ml de EDTA 17%. O procedimento de retratamento foi considerado completo quando nenhuma guta-percha ou selador fosse detectada nas superfícies do instrumento ou no interior do canal radicular ou paredes dentinárias. Um microscópio operatório odontológico foi utilizado. O tempo para completa remoção do material obturador foi gravado, excluindo o tempo para mudança de instrumentos e de irrigação. O material de moldagem de silicone foi removido, e todas as raízes foram cortadas na horizontal a 3, 6 e 9mm do ápice com uma serra de baixa velocidade, sob refrigeração a água. As imagens digitais de cada secção foram capturadas com ampliação 20x usando uma câmera digital acoplada a um estereomicroscópio. Os cortes foram revisados para defeitos por 2 operadores que estavam cegos para a técnica utilizada para retirar o material do canal. Se houvesse divergência, um consenso entre eles era definido. Foram estabelecidas duas categorias distintas: " nenhum defeito " e " defeito". Nenhum defeito foi registrado como dentina radicular desprovida de quaisquer linhas ou rachaduras em que tanto a superfície externa da raiz e da parede interna do canal radicular não tinham defeitos. Defeito foi definido como todas as linhas observadas na secção que se estendia tanto a partir da superfície externa da raiz para a dentina, ou a partir da luz do canal para a dentina. Também foi incluído dentes com uma fratura, que foi definido como uma linha que se estende a partir do espaço do canal radicular com a superfície externa da raiz. A espessura de dentina das raízes foi medida em cada corte. As raízes foram classificadas como defeituosas se pelo menos 1 das 3 seções mostrasse tanto uma linha de fissura, fenda parcial, ou fratura. A incidência de defeitos dentinários entre os grupos foi analisada por meio do teste qui-quadrado ao nível de significância de $p < 0,05$. O teste de correlação de Pearson foi realizado para explorar as diferenças entre os grupos e a influência do remanescente de espessura de dentina e nível de raiz sobre o aparecimento de defeitos. A diferença no tempo necessário para finalizar a remoção de materiais de preenchimento foi analisada estatisticamente usando uma análise de variância

segundo Tukey para comparações múltiplas. O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$. Todas as análises estatísticas foram realizadas com SPSS versão 13.0. Os canais não preparados não tinham defeitos, mas defeitos foram encontrados em todos os outros grupos. Houve uma diferença significativa entre o grupo preenchido, o grupo sem retratamento e todos os grupos de retratamento ($p < 0,05$); no entanto, não foi detectada diferença entre os grupos de retratamento ($p < 0,05$). Fraturas foram observadas em todos os grupos de retratamento com exceção do grupo que usou apenas instrumentos manuais. Não houve correlação entre o aparecimento de defeitos e a espessura da dentina remanescente ($p < 0,05$) ou os níveis de corte ($p < 0,05$). O tempo necessário para remover a obturação do canal foi significativamente menor com os sistemas rotativos de NiTi em comparação com instrumentação manual ($p < 0,05$).

Topçuoğlu *et al.* (2014) avaliaram a incidência de iniciação e propagação de trincas na dentina apical após procedimentos de retratamento e instrumentação adicional, usando 2 sistemas rotativos de NiTi (ProTaper e Mtwo), e limas manuais. Foram selecionados dentes pré-molares inferiores humanos extraídos, de comprimento semelhante e com raízes retas. Radiografias foram obtidas no sentido vestibulolingual e mesiodistal para verificar a presença de um único canal. As superfícies das raízes de cada dente foram observadas em um estereomicroscópio com ampliação de 20x para evidência de linhas de fratura, ápices abertos, ou irregularidades anatômicas e foram descartadas se qualquer uma dessas características fossem encontradas. Dentes com forames desviados foram excluídos do estudo para garantir padronização. Este estudo utilizou 80 dentes com larguras de canal semelhantes, medidas a 5mm do ápice. Vinte dentes foram deixados sem preparo para compor o grupo controle, somente as porções apicais destes dentes foram seccionadas, como nos demais dentes. As superfícies das 60 raízes restantes foram revestidas com um material de moldagem de silicone para simular o espaço do ligamento periodontal e incluídas em um tubo cheio com resina acrílica autopolimerizável. Foi deixado exposto 4mm da raiz na região apical para permitir gravações de imagens intraoperatórias, e realizado um corte de 1mm perpendicular ao longo eixo do dente na porção apical. A superfície

apical foi polida para reduzir os arranhões finos e para obter uma imagem clara e altamente ampliada. Imagens do ponto de referência da superfície apical de cada espécime foi observada e capturada sob estereomicroscópio ampliada em 60x. As coroas de 60 dentes foram removidas 2mm próximo da junção cimento-esmalte. Lima K tamanho 10 foi introduzida no canal até que a ponta fosse observada na apical. Esta medida determinou o comprimento de trabalho. Para garantir a padronização, todas as raízes foram preparadas usando o sistema rotatório Revo-S até chegar ao tamanho apical 35. Os canais foram irrigados com 2 ml de hipoclorito de sódio a 2,5% entre cada lima. Depois de completar a preparação, os canais foram irrigados com 5ml de EDTA 17% durante 1 minuto e em seguida lavado com 5ml de água destilada. Após a preparação, as imagens das porções apicais de 60 raízes foram registradas, e o surgimento de trincas foi verificado. As amostras que mostraram evidência de uma fenda foram uniformemente distribuídas para os grupos experimentais. Os canais radiculares foram obturados com cimento AH Plus e cones de guta-percha Revo-S usando a técnica do cone único. O excesso de material foi removido e condensado com um condensador 1 mm abaixo da abertura do canal, e as amostras foram seladas com material temporário. Radiografias foram obtidas nos sentidos vestibulolingual e mesiodistal para garantir a qualidade da obturação. Após duas semanas, iniciou-se os procedimentos de retratamento nos 3 grupos experimentais n=20. Grupo de retratamento com instrumentos manuais: brocas Gates Glidden tamanho 3 e 2 foram usadas para remover o material de obturação coronal e limas Hedstroen nos tamanhos 30, 25, 20 e 15 até atingir o comprimento de trabalho, em seguida limas 15, 20, 25, 30 e 35 foram usadas no comprimento total e uma instrumentação adicional com uma Hedstroen 40. Grupo retratamento ProTaper: o material obturador foi removido por meio dos instrumentos de retratamento ProTaper Universal, seguindo as instruções do fabricante. Grupo retratamento Mtwo: a remoção do preenchimento foi realizada usando um Mtwo R2 seguindo recomendações do fabricante. Em todos os grupos experimentais foi usado 0,2ml eucaliptol para dissolver a guta-percha no canal radicular e irrigação com 1ml de NaOCl 2,5%. Retratamento foi considerado completo quando nenhuma guta-percha ou selador fosse detectado

nas superfícies de instrumentos. Todos os procedimentos foram realizados por um único operador. Cada amostra dos grupos experimentais teve 5 imagens registradas (ponto de referência, após a preparação, após o preenchimento, após o retratamento, e depois de instrumentação adicional). Cada imagem foi comparada com a imagem anterior, e qualquer linha de fenda visível na superfície apical que não estava presente na imagem anterior foi definida como uma fenda. As imagens foram comparadas com a imagem do ponto de referência, e a presença de uma nova de trinca a qualquer tratamento posterior ou a expansão de uma fenda que ocorresse durante os procedimentos foi anotada. Teste de regressão logística foi utilizado para analisar a incidência de iniciação de trincas. Nenhuma fissura apical foi encontrada nas imagens do ponto de referência. Após a instrumentação inicial dos canais, 24 de 60 dentes apresentaram trincas apicais. Os grupos experimentais não mostraram nenhuma nova trinca apical, no início e expansão após a obturação do canal radicular. O procedimento de retratamento teve um efeito significativo sobre o surgimento de trincas apicais ($p < 0,05$). Os grupos de retratamento ProTaper e Mtwo causaram uma maior incidência de surgimento de trincas do que o grupo instrumentação manual ($p < 0,05$), ao passo que não houve diferença estatística entre os grupos de retratamento ProTaper e Mtwo sobre surgimento de trinca ($P > 0,05$). Além disso, o procedimento de retratamento teve um efeito significativo na expansão de trincas ($p < 0,05$). Grupos de retratamento ProTaper e Mtwo causaram mais expansão de trincas do que o grupo instrumentação manual ($p < 0,05$), ao passo que não houve diferença estatística entre os grupos de retratamento ProTaper e Mtwo sobre a expansão de fissuras ($p > 0,05$). Instrumentação adicional com instrumentos ProTaper e Mtwo causou novo surgimento e expansão de trincas, mas o grupo instrumento manual não ($p < 0,05$). No entanto, não houve diferença significativa entre os grupos ProTaper e Mtwo sobre surgimento e expansão de trincas após a instrumentação adicional ($p > 0,05$).

Üstun *et al.* (2015) compararam a incidência de defeitos dentinários causadas por técnica recíproca e rotatórios durante os procedimentos de retratamento. Foram selecionados cento e vinte pré-molares inferiores humanos, unirradiculares, após a inspeção das raízes sob um microscópio, para excluir

dentes com defeitos ou trincas externas e obtenção de radiografias nos sentidos vestibulolingual e mesiodistal. A largura dos canais foram comparáveis, medida a 9mm do ápice. As coroas foram parcialmente removidas para atingir um comprimento final de 19mm para cada dente. Vinte dentes foram deixados sem preparo e serviram como grupo controle, enquanto os 100 dentes restantes foram submetidos ao preparo do canal. Cavidades de acesso foram preparadas usando uma broca de diamantada em todos os dentes, exceto o grupo controle. A lima K tamanho 10 foi introduzida no canal até que se tornasse visível no forame, e o comprimento de trabalho foi determinado subtraindo 1mm dessa medida. Um material de moldagem de silicone foi utilizado para revestir a superfície das raízes para simular espaço do ligamento periodontal. Os dentes foram embutidos em tubos cheios de resina acrílica, ao nível da junção cimento-esmalte. Os canais foram preparados para um tamanho apical mestre de 35 com limas K utilizando a técnica de força equilibrada. Instrumentação com a técnica de recuo progressivo foi realizada usando limas K tamanho 40-70. Cada canal foi irrigado com 2ml de hipoclorito de sódio a 2,5% (NaOCl) entre cada instrumentação. Depois da preparação, os canais foram irrigados com 2 ml de EDTA 17% durante 1min e lavados com 2ml de água destilada. Os canais radiculares foram secos com cones de papel. Cem raízes foram obturadas usando a técnica passiva, e cimento AH Plus, cones adicionais de guta-percha foram inseridos sem o uso de um spreader até a profundidade em que foi encontrada resistência. Um ponta aquecida foi usada para remover o excesso de guta-percha coronal, e as cavidades de acesso dos espécimes foram seladas com material temporário. Após 2 semanas vinte dentes tratados endodonticamente foram armazenados a 37°C e 100% de umidade, sem nenhuma intervenção, os demais foram submetidos ao retratamento. Todos os procedimentos foram realizados por um operador. Os dentes foram divididos em 4 grupos experimentais n=20. Grupo 1 remoção do material obturador com instrumentos de retratamento ProTaper Universal. Grupo 2 remoção do material obturador com instrumentos Reciproc R25. Grupo 3 remoção do material obturador com instrumentos de retratamento ProTaper e reobturação, como foi realizada no grupo 1, no entanto, os canais foram reobturados usando uma

técnica de compactação lateral fria convencional. Grupo 4 remoção do material obturador com instrumentos Reciproc e reobturação, como foi realizada no grupo 2. Os canais radiculares foram então reobturados com uma técnica de compactação lateral convencional como no grupo 3. Em todos os grupos experimentais, 0,2ml de eucaliptol foi usado para amolecer a guta-percha no canal radicular. Durante a remoção do material obturador, os canais foram irrigados com 10ml de NaOCl a 2,5%. O procedimento de remoção do material obturador foi realizado com auxílio de um microscópio operatório odontológico. O material de moldagem de silicone foi removido, e todas as raízes foram seccionados perpendicularmente ao longo eixo em 3, 6 e 9mm do ápice. Os cortes foram examinados através de um estereomicroscópio com ampliação de 20x e imagens foram obtidas e inspecionadas para defeitos por dois operadores que estavam cegos para a técnica utilizada para retratar o canal. Três categorias distintas de defeitos radiculares foram definidas: “Nenhum defeito” - dentina da raiz desprovida de todas as linhas ou fissuras, em que tanto da superfície externa da raiz quanto da parede interna do canal radicular não tinham defeitos; “Defeitos incompletos” - linhas que não se estendem a partir do canal radicular à superfície externa da raiz (por exemplo, uma linha de fissura, uma linha que se estende a partir da superfície exterior penetra na dentina, mas que não atingiu o lúmen do canal, ou uma fenda parcial, uma linha que se estende desde as paredes do canal na dentina sem atingir a superfície externa); “Fratura” - uma linha que se estende do espaço do canal radicular para a superfície externa da raiz. Para análises das secções foi realizado teste qui-quadrado e testes para comparações múltiplas. O grupo sem preparo e o grupo com canais obturados, mas sem retratamento não apresentaram defeitos, mas defeitos e fraturas foram encontrados em todos os outros grupos experimentais. Nos terços radiculares coronal, houve diferenças significativas entre os grupos ($p=0,004$). Grupos 2 e 4 tinham significativamente mais defeitos dentinários do que os grupos 1 e 3 ($p=0,01$). Nos terços médios, o grupo 4 teve significativamente mais defeitos que o grupo 1 ($p=0,02$). Não houve diferenças significativas entre o resto dos grupos experimentais ($p>0,05$). Nos terços apicais, o grupo 2 teve significativamente menos defeitos dentinários que o grupo 3 e 4. Além disso, o grupo 3 teve

significativamente mais defeitos que o grupo 1 ($p=0,01$). Os grupos experimentais tinham significativamente mais formações de fratura do que o grupo controle obturado, mas sem retratamento ($p=0,01$). No entanto, não houve diferenças significativas entre os grupos experimentais em termos de formação de fratura ($p>0,05$).

Çapar *et al.* (2014) compararam a incidência de fissuras observadas na dentina radicular após o preparo do canal radicular, obturação com condensação lateral frio, obturação cone único, compactação vertical, quente, e retratamento destas técnicas de preenchimento diferentes. Incisivos inferiores extraídos, com curvatura radicular inferior a 10° foram selecionados. As superfícies radiculares externas foram inspecionadas sob um estereomicroscópio para excluir aquelas com fissuras externas. Radiografias foram tiradas em ângulos vestibulolingual e mesiodistal e verificou-se que os dentes tinham uma largura semelhante dos canais radiculares à 9mm a partir do ápice. De acordo com estes critérios, foram selecionados 160 incisivos inferiores tendo canal radicular único. Os dentes foram seccionados a 14 milímetros do ápice. Para simular o espaço do ligamento periodontal, um material de moldagem de silicone foi utilizado para revestir a superfície das raízes. Vinte dentes foram deixados sem preparo, sendo o grupo controle, e os 140 dentes restantes foram preparados. O comprimento de trabalho dos canais foi determinado através da inserção de uma lima K tamanho 10 até o término do canal radicular, subtraindo 1mm a partir dessa medida. Um trajeto inicial foi estabelecido com lima K tamanho 15. Os canais radiculares foram instrumentados com ProTaper Universal até o tamanho 25 (F2), usando a ordem especificada pelo fabricante. Um operador realizou toda a instrumentação do canal radicular. A irrigação foi feita com solução de hipoclorito de sódio a 1% após cada troca de instrumento. Após instrumentação, cada canal foi lavado com 5ml de EDTA 17%, e 5ml de hipoclorito de sódio, e secos com pontas de papel. Vinte dentes foram preparados como grupo somente preparação. Os 120 dentes restantes foram atribuídos a três grupos de obturações do canal radicular ($n=20$) e três grupos de retratamento ($n=20$). Grupo compactação lateral frio: MTA Fillapex foi introduzido no canal utilizando uma lentulo, durante 5s, 1mm aquém

do comprimento de trabalho. Cones principais de guta-percha tamanho 25 e conicidade 0,02 foram revestidos com cimento e colocados no canal para o comprimento trabalho. Os canais radiculares foram obturados com a técnica de compactação lateral usando um condensador tamanho 30 e cones acessórios. Durante o preenchimento a força aplicada ao espaçador foi controlada a um máximo de 2kg. Depois de se completar o preenchimento, o material em excesso foi removido com fonte de calor e condensado com um calcador frio durante 5s, 1mm abaixo do forame do canal a um máximo de 2kg força. Grupo compactação lateral frio + retratamento: os canais foram preenchidos usando o mesmo método que no grupo de compactação lateral frio. Após a conclusão dos procedimentos de obturação, os dentes foram armazenados a 37°C com 100% de umidade durante 7 dias. Limas de retratamento ProTaper Universal D1, D2 e D3 foram utilizadas na técnica crown-down. As limas D1 (30/0,09) e D2 (25/0,08) foram usadas nos terços cervical e médio do canal radicular, respectivamente, e a lima D3 (20/0,07) foi utilizada até que o comprimento de trabalho fosse atingido. Para completar a remoção de guta-percha, a instrumentação final foi realizada com uma lima ProTaper Universal F3 no comprimento de trabalho, com um movimento circunferencial. Os canais foram irrigados com 1ml de NaOCl 1% em cada troca de instrumento. Grupo de obturação cone único: o cimento foi introduzido no canal da mesma maneira como no grupo de compactação lateral frio. Cones Pro Taper Universal F2 foram revestidos com cimento e inseridos no canal seguindo o comprimento de trabalho. Depois de se completar o preenchimento, o cone único foi condensado com um calcador frio como no grupo de compactação lateral frio. Grupo cone único de obturação + retratamento: os canais foram preenchidos do mesmo modo que o grupo de obturação de cone único, e o procedimento de retratamento foi realizado do mesmo modo como no grupo de compactação lateral frio + retratamento. Grupo compactação vertical quente: um calcador que penetrou 4 milímetros dentro do comprimento de trabalho foi selecionado. Cimento foi introduzido no canal da mesma maneira do grupo de compactação lateral frio. Cones ProTaper Universal F2 foram revestidos com cimento e inseridos no canal. O Elements Obturation System foi calibrado a 200 ° C, e a guta-percha foi, em seguida, compactada

apicalmente. Guta-percha no nível apical foi condensada usando calcadores manuais. O procedimento de preenchimento coronal do canal foi realizado utilizando o Extruder Handpiece do Elements Obturation System. A força aplicada ao calcador foi controlada a um máximo de 2kg. Grupo compactação vertical quente + retratamento: os canais foram preenchidos da mesma maneira que no grupo de compactação vertical quente, e a remoção do material obturador foi realizada da mesma maneira que no grupo de compactação lateral frio + retratamento. Todas as raízes foram seccionadas perpendicularmente ao longo eixo aos 2, 4, 6 e 8mm do ápice, As imagens digitais de cada secção foram capturadas em ampliação de 25x usando uma câmera digital acoplada a um estereomicroscópio. Para definir a formação de trincas duas categorias diferentes foram feitas como nenhuma rachadura e rachadura. 'Nenhuma rachadura' foi definida como dentina radicular sem fissuras nem na superfície interna da parede do canal radicular ou superfície externa da raiz. 'Rachadura' foi definida como todas as linhas observadas no corte que se estende a partir da luz do canal para a dentina ou a partir da superfície externa da raiz para a dentina. 'Fratura vertical' foi definida como uma linha que se estende a partir do espaço do canal radicular com a superfície externa da raiz. A incidência de fissuras dentinárias entre os grupos foi analisada com um teste qui-quadrado de Pearson ao nível de confiança de 95% ($p=0,05$). Nenhuma fissura foi observada no grupo controle (não preparado). Ao considerar a formação de fissuras nas secções totais, só o grupo preparado tinha significativamente mais fissuras que o grupo controle ($p<0,05$). Os grupos tratados com as técnicas de compactação lateral vertical fria e quente tinham significativamente mais fissuras que os grupos somente preparados e de obturação cone único ($p<0,05$). No entanto, não houve diferenças significativas entre o grupo somente preparado e grupo cone único de obturação ($p>0,05$). Os grupos de retratamento tinham significativamente mais fissuras do que os somente obturados ($p<0,05$), exceto na técnica da condensação lateral fria ($p>0,05$). O grupo retratamento após compactação vertical quente teve significativamente mais fendas do que todos os grupos, com exceção do grupo de retratamento após obturação de cone único ($p<0,05$). Não houve diferenças significativas entre o grupo retratamento após a

obturação de cone único e o grupo retratamento após compactação lateral frio ($p>0,05$). Ao considerar a formação de fissuras em cada secção, não houve diferenças significativas entre os grupos experimentais em 8mm ($p>0,05$). Em 6mm, as técnicas de compactação laterais verticais e frias ou quentes resultaram em significativamente mais fissuras que a técnica do cone único de obturação ($p<0,05$). Nas secções 2 e 4mm, os grupos retratamento após compactação vertical quente tinham significativamente mais fissuras do que os grupos apenas obturados ($p>0,05$). Não houve fratura verticais completas de raiz em grupos desobturados e apenas preparados. No entanto, as fraturas verticais foram observadas nos grupos obturados e grupos de retratamento. O grupo retratamento após a compactação vertical quente, teve fraturas verticais significativamente maior do que todos os outros grupos ($p<0,05$).

Özyürek *et al.* (2017) investigaram a incidência de fissuras na dentina radicular após instrumentação rotatória e obturação com condensação lateral a frio (CL), obturação de cone único (SC) e compactação vertical a quente (WV), e retratamento de cada sistema de obturação. O estudo consistiu em 120 pré-molares inferiores extraídos. Um milímetro do ápice de cada dente foi seccionado perpendicularmente ao longo eixo do dente e a superfície apical foi polida. Vinte dentes serviram como grupo de controle negativo. Cem dentes foram preparados, obturados e depois divididos em 5 grupos de retratamento. Os procedimentos de retratamento foram realizados utilizando as seguintes limas: PTR, Mtwo-R, PTN, TFA e limas manuais. Após a remoção do material obturador, o alargamento apical foi feito utilizando ProTaper Universal (PTU) de tamanho apical 0,5mm, Mtwo, PTN, TFA e limas manuais. Imagens digitais das superfícies radiculares apicais foram registradas antes do preparo, após o preparo, após a obturação, após a remoção da obturação e após a ampliação apical utilizando um estereomicroscópio. As imagens foram então inspecionadas quanto à presença de novas trincas apicais e expansão de trincas. Os dados foram analisados com testes qui-quadrado utilizando o software SPSS 21.0. Novas trincas e expansão de trincas ocorreram em todos os grupos experimentais durante o processo de retratamento. Os sistemas de limas rotativas de níquel-titânio causaram significativamente mais formação e

expansão de fissuras apicais do que as limas manuais. O sistema PTU causou significativamente mais fissuras apicais do que os outros grupos após a fase de alargamento apical. Este estudo mostrou que procedimentos de retratamento e alargamento apical após o uso de limas de retratamento podem causar formação e expansão de fissuras na dentina apical.

Çitak *et al.* (2017) compararam os defeitos dentinários causados pelos sistemas de limas rotativas Reciproc, TF Adaptive e ProTaper Next NiTi durante o procedimento de retratamento. Um total de 150 incisivos inferiores com canais radiculares retos e únicos foram incluídos no presente estudo. Todos os canais radiculares foram preparados até diâmetro apical de 0,4mm com limas de aço inoxidável. Trinta dentes foram armazenados aleatoriamente como grupo controle negativo. Um total de 120 espécimes foram obturados com guta-percha e cimento AH Plus pela técnica de compactação vertical. Trinta espécimes com obturação do canal radicular foram separados aleatoriamente para o grupo somente obturado. Em seguida os dentes foram divididos aleatoriamente em 3 grupos: Reciproc, TF Adaptive e ProTaper Next. O procedimento de retratamento foi realizado com essas limas de NiTi. Em seguida, 150 amostras foram cortadas perpendicularmente ao eixo do dente a distâncias de 3, 6 e 9mm do ápice e examinadas para determinar a presença de quaisquer rachaduras a 25x sob um estereomicroscópio. O teste qui-quadrado foi utilizado com nível de significância de 5%. Descobriu-se que todos os sistemas de limas de NiTi testados causaram significativamente mais defeitos dentinários em comparação com grupos não preparados e apenas obturados ($p < 0,05$). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em termos de defeitos dentinários ($p > 0,05$). Nenhuma correlação foi encontrada entre os níveis de corte e a distribuição do defeito dentinário ($p > 0,05$). Dentro das limitações do presente estudo, todos os sistemas de limas de NiTi testados causaram significativamente mais defeitos dentinários em comparação com grupos não preparados e apenas obturados.

Yilmaz *et al.* (2017) compararam a incidência e expansão longitudinal de defeitos dentinários após remoção de guta-percha com instrumentos manuais e rotatórios por meio de microtomografia computadorizada. Vinte incisivos

inferiores foram preparados utilizando a técnica de força balanceada e escaneados com resolução de 19,9 µm. Após o preenchimento com a técnica de compactação lateral, a guta-percha foi removida com ProTaper Universal Retreatment (PTUR) ou instrumentos manuais. Após nova digitalização, foram analisadas um total de 24.120 imagens transversais. Os números, tipos e alterações longitudinais dos defeitos foram registrados. Foram observados defeitos em 36,90% dos cortes transversais. Um total de 73 defeitos foram compostos por 87,67% de fissuras, 2,73% de fissuras parciais e 9,58% de fraturas. Nenhuma diferença significativa em termos de formação de novos defeitos foi detectada entre os grupos de retratamento. As porções apical e média das raízes apresentaram mais defeitos dentinários do que as porções coronais. Os defeitos em três raízes do grupo de instrumentos PTUR aumentaram em comprimento. Nas condições deste estudo *in vitro*, a remoção da guta-percha pareceu não aumentar a incidência de formação de defeitos dentinários, mas o achado de expansão longitudinal do defeito sugere possível dano cumulativo à dentina devido a procedimentos endodônticos adicionais. As técnicas de instrumentação manual e rotatória causaram formação de defeitos dentinários semelhantes durante o retratamento do canal radicular.

Jain *et al.* (2018) avaliaram o efeito da preparação, obturação e diferentes técnicas de retratamento do canal radicular no aumento percentual do número de microfissuras dentinárias usando análise de microtomografia computadorizada (micro-CT). Quarenta e cinco pré-molares inferiores após micro-CT foram preparados com limas universais Protaper até F4 e obturados. Após a segunda microtomografia computadorizada, as amostras novamente foram divididas aleatoriamente em três grupos (n=15) para procedimento de retratamento. No Grupo 1, o retratamento foi feito com limas de retratamento universais Protaper D1, D2 e D3 seguidas de limas universais Protaper até F4. No Grupo 2, o retratamento foi realizado com movimento alternativo R-Endo, Re, R1, R2, R3 e Rs seguido de Hero Shaper tamanho #40. No Grupo 3, o retratamento foi realizado com limas H e xileno até o tamanho #40. Após a remoção da guta-percha, as amostras foram novamente escaneadas para micro-CT para avaliação do aumento percentual das microfissuras dentinárias. Os

dados foram analisados utilizando “teste ANOVA de Kruskal-Wallis” e “teste t de Student” com nível de significância de 5%. Poucas amostras não preparadas apresentaram microfissuras preexistentes. Houve aumento percentual estatisticamente significativo de fissuras dentinárias após o preparo e obturação do canal radicular, bem como após o procedimento de retratamento, com aumento percentual estatisticamente significativo no número de microfissuras dentinárias entre os três grupos. Procedimentos intrarradiculares como modelagem, limpeza e obturação, bem como o uso de limas de retratamento levam à indução e propagação de microfissuras dentinárias. No presente estudo, as microfissuras máximas foram produzidas com o sistema de limas de retratamento universal Protaper seguido pelo sistema R-Endo. As limas H produziram trincas mínimas durante os procedimentos de retratamento.

Aboud *et al.* (2018) avaliaram o volume das fissuras dentinárias levando em consideração a idade da dentina e o tipo de sistema de limas utilizado nos procedimentos endodônticos, quarenta dentes incisivos inferiores unirradiculares recém-extraídos e com volume radicular semelhante foram divididos em dois grupos de acordo com a idade do paciente: Grupo Jovem (18 - 30 anos) e Grupo Velho (60 anos ou mais). Cada espécime foi escaneado por microtomografia computadorizada (micro-CT) em três etapas: (i) antes de qualquer tratamento, (ii) após o tratamento endodôntico com limas Reciproc (REC) e (iii) após posterior retratamento endodôntico. Cada grupo foi subdividido em dois subgrupos, de acordo com a técnica de retratamento utilizada: retratamento com REC ou com limas ProTaper Universal Retreatment (PTUR). Para cada subgrupo, as imagens foram analisadas quanto a diferenças no volume das fissuras dentinárias nos terços médio e apical dos dentes, de acordo com a idade da dentina. Em ambas as etapas (antes e depois da instrumentação), as imagens de micro-CT da dentina radicular velha apresentaram maior volume de fissuras do que as da dentina radicular jovem, apesar da significância estatística ($p > 0,01$). O uso de limas REC pareceu não ter diferenças estatisticamente significativas na geração de fissuras em qualquer tipo de dentina radicular quando comparado com limas PUR ($p > 0,01$). Quando retratada com PUR, a dentina radicular antiga apresentou volume de fissuras

significativamente maior ($p < 0,01$) quando comparada com a dentina radicular antiga inicialmente.

Barakat *et al* (2022) avaliaram a formação de microfissuras dentinárias após o retratamento de canais radiculares selados com material biocerâmico, utilizando irrigação ativada por laser de diodo e irrigação ativada por ultrassom. Trinta dentes humanos hígidos de canal único ($n=30$) obturados pela técnica de cone único com cimento biocerâmico foram retratados com limas rotativas de níquel-titânio (NiTi). A amostra foi dividida aleatoriamente em três grupos iguais: o grupo 1, grupo controle, não foi submetido a tratamento adicional; o grupo 2 foi submetido à ativação ultrassônica dos irrigantes; o grupo 3 foi submetido à irrigação ativa com laser diodo (comprimento de onda de 980nm). Usando micro-CT, os dentes foram escaneados antes e depois dos protocolos de retratamento. Dois observadores experientes calibrados visualizaram as imagens transversais e calcularam o número de defeitos dentinários. A presença de qualquer fenda ou linha de fissura na superfície externa da raiz ou na parede interna do canal foi contada. Os dados foram analisados por meio da análise de variância bidirecional de Friedman e do teste exato de Fisher. A significância estatística foi estabelecida em $p < 0,05$. Ocorreu um aumento significativo no número de fissuras pós-protocolos de retratamento, especificamente nos terços coronal e médio do canal, em comparação com pré e pós-instrumentação ($p=0,0001$). Entretanto, a irrigação ativada por ultrassom ou laser não resultou em aumento significativo no número de fissuras ($p=0,345$). O retratamento do canal radicular rotatório de NiTi foi associado a um aumento significativo nas microfissuras dentinárias. No entanto, o emprego de irrigação ativada por ultrassom ou laser como técnicas adjuntas de retratamento não revelou um aumento significativo nas microfissuras dentinárias nas raízes.

Tejaswi *et al.* (2022) investigaram e compararam a quantidade de formação de microfissuras dentinárias com vários novos métodos de instrumentação e método convencional de lima manual. Também analisaram a quantidade de guta-percha removida após o retratamento do canal e o tempo necessário para toda a técnica de instrumentação. Sessenta primeiros molares

superiores humanos extraídos com raízes curvas foram montados em material de moldagem de silicone incorporado em um bloco oco de alumínio e depois instrumentados usando preparação escalonada com limas tamanho K 35. A obturação foi feita com guta-percha com AH mais cimento. Estes foram armazenados por 14 dias e divididos em três grupos Mani GPR, Endostar Re Endo e limas H e foram submetidos a procedimentos de retratamento. O retratamento foi considerado completo quando nenhum material obturador foi observado na parede do canal e o canal estava liso e livre de detritos visíveis. As amostras foram examinadas em microscópio eletrônico de varredura e o número de trincas foi calculado. A porcentagem de material obturador do canal radicular e o tempo gasto foram registrados. Os dados obtidos foram analisados por meio de estatística descritiva, ANOVA (Análise de Variância), teste qui-quadrado e teste post hoc de Scheffe através do SPSS for Windows (versão 22.0). Todas as técnicas apresentaram quantidade semelhante de expansão de trincas, sem diferença estatística entre os grupos. O retratamento feito com limas H exigiu mais tempo e removeu menos material. O terço coronal apresentou menor quantidade de remanescentes de guta-percha que o terço apical em todos os grupos. Todos os grupos apresentaram uma quantidade semelhante de expansão de fissuras. Menor número de trincas foi observado no terço coronal e maior quantidade de trincas foi encontrada no terço apical. O instrumento rotativo Endostar RE Endo provou ser mais eficaz e menos demorado. As limas Hedstrom exigiram mais tempo e removeram menos material.

3. PROPOSIÇÃO

Avaliar o efeito de diferentes métodos de remoção de guta-percha (RGP) na ocorrência de defeitos dentinários.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O protocolo do presente estudo recebeu aprovação do Comitê Institucional de Ética no Uso de Animais (#001/2021).

Cálculo do Tamanho da Amostra

O tamanho da amostra foi determinado com base em estimativas de tamanho de efeito para defeitos dentinários induzidos por instrumentação e obturação de canais radiculares, conforme relatado por Shemesh *et al.* (7), e pela remoção de guta-percha, conforme relatado por Yilmaz *et al.* (24). Com uma probabilidade de erro alfa de 0,05 e um poder de 80%, o software G*Power 3.1.2 (Universidade Heinrich Heine Düsseldorf, Düsseldorf, Alemanha) recomendou um tamanho de amostra de 12 dentes por grupo.

Seleção e Preparação da Amostra

Incisivos bovinos recém-extraídos, com raízes totalmente formadas, morfologicamente semelhantes em tamanho e forma, e com canais únicos retos de larguras comparáveis, foram selecionados. As larguras dos canais foram medidas a 9mm do ápice usando radiografias pré-operatórias tiradas das direções vestibulolingual e mesiodistal (9, 23, 30). Dentes com raízes curvas, canais radiculares calcificados ou dilatados e irregularidades anatômicas significativas foram excluídos do estudo. Cento e oito dentes atenderam aos critérios de inclusão e foram preservados em água destilada a 4°C até o momento de uso.

As coroas dos dentes foram seccionadas usando um disco de diamante de face dupla (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil), posicionado perpendicularmente ao eixo longitudinal dos dentes, para padronizar o comprimento da raiz em 17mm. As superfícies externas das raízes foram examinadas em busca de defeitos pré-existentes sob ampliação de 20x usando um estereomicroscópio (Expert DN; Müller Optronic, Erfurt, Alemanha). As raízes com trincas, fraturas ou linhas de fissura foram excluídas e substituídas por espécimes semelhantes. Para simular o espaço do ligamento periodontal, as raízes foram revestidas com material de moldagem de silicone (Aquasil, Dentsply

Maillefer, Ballaigues, Suíça) (23, 34) e embutidas em resina acrílica autopolimerizável dentro de um tubo cilíndrico (9). Doze raízes serviram como controle e foram deixadas sem preparo (Grupo 1), enquanto as outras 96 raízes foram instrumentadas no canal radicular.

Instrumentação do Canal Radicular

A patência apical dos canais radiculares foi confirmada usando uma lima K#10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Para garantir a padronização, qualquer raiz com patência maior do que uma lima K ISO #15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi substituída (29, 31). Todas as raízes foram instrumentadas até um comprimento de trabalho (CT) de 16mm (1mm aquém do ápice) usando a técnica "crown-down" com instrumentos rotatórios BioRace (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça) utilizando um motor controlado por torque e velocidade (X-Smart Plus; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). A sequência completa do BioRace Basic Set (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça) foi usada a 600rpm e torque de 1Ncm para preparar os canais [limas BRO (#25/.08), BR1 (#15/.05), BR2 (#25/.04), BR3 (#25/.06), BR4 (#35/.04) e BR5 (#40/.04)] (30). Cada novo conjunto de instrumentos foi utilizado para a preparação de 3 canais radiculares. A cada troca de lima, os canais foram irrigados com 3ml de solução de hipoclorito de sódio 1,0% (NaOCl; Fitofarma, Goiânia, GO, Brasil) usando uma seringa e uma agulha calibre 31 (NaviTip, Ultradent, South Jordan, UT, EUA). Após a conclusão da instrumentação do canal radicular, os canais foram lavados com 3ml de EDTA a 17% (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil) por 3 minutos e 3ml de NaOCl a 1,0% (Fitofarma, Goiânia, GO, Brasil) e, em seguida, reexaminados em busca de defeitos externos sob ampliação de 20x em um estereomicroscópio (Expert DN; Müller Optronic, Erfurt, Alemanha). Nenhum defeito externo visível foi detectado.

Obturação do Canal Radicular

Antes da obturação, as raízes foram secas com cones de papel esterilizados (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). Todos os canais foram obturados usando a técnica de condensação lateral. Cones de guta-percha

(Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) foram revestidos com cimento Sealapex (SybronEndo, São Paulo, SP, Brasil) e inseridos no canal radicular até o comprimento de trabalho. Cones de guta-percha acessórios foram adicionados usando um espaçador tamanho B (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). O excesso de guta-percha e cimento foi removido com condensadores verticais aquecidos, e as cavidades de acesso foram seladas com material restaurador temporário (Vidrion R, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil). Radiografias foram tiradas dos ângulos vestibulolingual e mesiodistal para confirmar a qualidade da obturação. Os espécimes com obturação inadequada foram substituídos por novos. As raízes foram reexaminadas em busca de defeitos externos sob ampliação de 20x em um estereomicroscópio (Expert DN; Müller Optronic, Erfurt, Alemanha), e nenhum defeito visível foi detectado. Os espécimes foram então imersos em água destilada a 37°C por 7 dias para permitir a presa do cimento (23). Das 96 raízes obturadas, 12 foram deixadas obturadas, sem retratamento (Grupo 2).

Métodos de Remoção de Guta-Percha

As 84 raízes restantes foram divididas aleatoriamente em 7 grupos (n=12). Os materiais obturadores dos canais radiculares foram removidos utilizando os seguintes métodos:

Grupo R-Endo (Grupo 3)

Neste grupo, o material obturador do canal radicular foi removido com instrumentos R-Endo (Micro-Mega, Besançon, França) da seguinte forma: a lima manual Rm de aço inoxidável (#25/.04) foi aplicada com uma pressão de 1/4 de volta direcionada ao ápice para criar um caminho, permitindo o centramento e alinhamento dos instrumentos subsequentes. Os instrumentos rotatórios foram utilizados a uma velocidade de 350rpm. O instrumento Re (#25/.12) foi empregado para remover os primeiros 2-3mm do material obturador, enquanto os instrumentos R1 (#25/.08) e R2 (#25/.06) foram usados para avançar um terço e dois terços do comprimento de trabalho (CT), respectivamente. Por fim, os instrumentos R3 (#25/.04) e Rs (#30/.04) foram empregados no CT com um

movimento circunferencial do terço apical ao coronal (2, 4). Cada novo conjunto de instrumentos foi utilizado em três canais radiculares.

Grupo D-RaCe (Grupo 4)

Neste grupo, o material obturador do canal radicular foi removido com os instrumentos de retratamento D-RaCe (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça) da seguinte forma: DR1 (#30/.10) a uma velocidade de 1000rpm e torque de 1,5Ncm para o terço cervical e início do terço médio, seguido pelo DR2 (#25/.04) a uma velocidade de 600rpm e torque de 1Ncm até o comprimento de trabalho. O instrumento DR2 foi utilizado com leve pressão apical até atingir o CT (4). Cada novo conjunto de instrumentos foi utilizado em três canais radiculares.

Grupo Wave One (Grupo 5)

Neste grupo, o material obturador foi removido com o instrumento primário Wave One (#25/.08) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). O instrumento foi operado com um motor endodôntico (X-Smart Plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), utilizando um movimento de “vai-e-vem” com uma amplitude de aproximadamente 3mm, seguindo o programa “WAVEONE ALL” até atingir o CT. Durante o procedimento, foi aplicada uma leve pressão apical e utilizado um movimento de escovação (16). Cada novo conjunto de instrumentos foi utilizado em três canais radiculares.

Grupo ProTaper Universal Retreatment (Grupo 6)

Neste grupo, o material obturador do canal radicular foi removido com os instrumentos ProTaper Universal Retreatment (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) da seguinte forma: o instrumento D1 (#30/.09) foi usado para remoção do terço coronal do preenchimento, enquanto o instrumento D2 (#25/.08) foi utilizado no terço médio do canal. O instrumento D3 (#20/.07) foi utilizado até o comprimento de trabalho completo. A progressão dos instrumentos foi realizada aplicando leve pressão apical, com amplitude não superior a 3mm. Os instrumentos foram usados a uma velocidade constante de 500rpm para D1 e

400rpm para D2 e D3, com torque de 3Ncm (4). Cada novo conjunto de instrumentos foi utilizado em três canais radiculares.

Grupo Mtwo-R (Grupo 7)

Neste grupo, o material obturador foi removido utilizando o instrumento Mtwo R2 (#25/.05) (VDW, Munique, Alemanha) a uma velocidade de 280rpm e torque de 1,2Ncm. Foi realizado um movimento de escovação contra as paredes dos canais radiculares com a técnica “crown-down” até atingir o comprimento de trabalho (4, 6). Cada novo conjunto de instrumentos foi utilizado em três canais radiculares.

Grupo Reciproc (Grupo 8)

Neste grupo, o material obturador foi removido com o instrumento Reciproc R25 (#25/.08) (VDW, Munique, Alemanha). O instrumento foi operado com um motor endodôntico (X-Smart Plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), utilizando um movimento de “vai-e-vem” com uma amplitude de aproximadamente 3mm, seguindo o programa “RECIPROC ALL” até atingir o comprimento de trabalho. Durante o procedimento, foi aplicada uma leve pressão apical e utilizado um movimento de escovação (9). Cada novo conjunto de instrumentos foi utilizado em três canais radiculares.

Grupo R1-Clearsonic (Grupo 9)

Neste grupo, o material obturador do canal radicular foi removido usando o inserto ultrassônico R1-Clearsonic (Helse Ultrasonic, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil), ativado pela unidade ultrassônica EMS PM 200 (EMS - Electro Medical Systems S.A., Nyon, Suíça). A unidade ultrassônica foi ajustada para 30% de potência. O inserto ultrassônico foi avançado até o comprimento de trabalho, ativado, e movimentos contínuos de vai-e-vem foram realizados contra as paredes do canal radicular (10).

Todos os instrumentos rotatórios NiTi foram utilizados com um motor controlado por torque e velocidade (X-Smart, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), operando no torque e na velocidade recomendados pelo fabricante para

cada sistema específico utilizado. Para completar a remoção de guta-percha (RGP), foi realizada uma preparação adicional com os instrumentos do BioRace Extended Set (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça) até o tamanho BR7 (#50/.04), usando a mesma velocidade e valores de torque descritos anteriormente. Cada novo conjunto de instrumentos foi utilizado em três canais radiculares. Durante o retratamento, os canais radiculares foram irrigados com 3ml de NaOCl a 1,0% (Fitofarma, Goiânia, GO, Brasil). A irrigação final foi realizada com 3ml de EDTA a 17% (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil) por 3 minutos, seguida de 3ml de NaOCl a 1,0% (Fitofarma, Goiânia, GO, Brasil). O procedimento de retratamento foi considerado completo quando nenhum resíduo de material de preenchimento radicular foi detectado nas superfícies dos instrumentos ou na solução de irrigação (23). A suavidade das paredes do canal foi verificada por meio de sensibilidade tátil usando o último instrumento. Os procedimentos de instrumentação, obturação e retratamento do canal radicular foram realizados por um único operador, um endodontista com mais de 10 anos de experiência. Os espécimes foram armazenados em água destilada durante todo o estudo para evitar desidratação (4, 5).

Seccionamento, Coloração e Exame Estereomicroscópico dos Canais Radiculares

Todas as raízes foram removidas dos blocos de resina, tiveram o material de moldagem de silicone retirado e foram seccionadas horizontalmente a 3, 6 e 9mm do ápice radicular utilizando um disco de diamante de face dupla (diâmetro de 4" x espessura de 0,012" x 1/2"; Arbor, Extec, Enfield, CT, EUA) e uma serra de precisão (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) em baixa velocidade com refrigeração por água. Os cortes foram secos ao ar com papel absorvente, corados com azul de metileno a 1% para auxiliar na detecção de defeitos (29, 30), enxaguados com água destilada, novamente secos e, então, analisados sob ampliação de 25x em um estereomicroscópio (Expert DN; Müller Optronic, Erfurt, Alemanha). Todas os cortes foram fotografados com uma câmera digital conectada ao estereomicroscópio. As imagens digitais foram inspecionadas, e a

presença de defeitos foi registrada como “sem defeito”, “fratura” e “outros defeitos” (3).

“Sem defeito” foi definido como a dentina radicular sem nenhuma linha de fissura ou microtrinca, onde tanto a superfície externa da raiz quanto a parede interna do canal radicular estavam livres de defeitos (Figura 1A).

“Fratura” foi definida como uma linha que se estende do espaço do canal radicular até a superfície externa da raiz (Figura 1B).

“Outros defeitos” foram definidos como todas as demais linhas observadas que não se estendiam do canal radicular à superfície externa da raiz [trincas parciais (que se estendem da parede do canal radicular para dentro da dentina sem alcançar a superfície externa) e linhas de fissura (que se estendem da superfície externa para dentro da dentina sem alcançar o lúmen do canal ou que se estendem da superfície externa da raiz ou da parede interna do canal)] (Figura 1B).

Um total de 324 imagens (36 imagens por grupo) foi analisado. Um examinador, cego quanto ao protocolo utilizado no retratamento do canal, previamente calibrado, analisou todas as imagens. O mesmo examinador fez duas leituras das imagens, com um intervalo de 14 dias entre as leituras.

A Figura 2 ilustra o desenho metodológico usado no presente estudo.

Análise Estatística

Os resultados foram apresentados como o número e a porcentagem de defeitos observados em cada grupo. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software IBM SPSS para Windows, versão 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA). O teste qui-quadrado foi aplicado para avaliar diferenças entre os grupos e para verificar a influência do nível do canal radicular no desenvolvimento de defeitos dentinários. O nível de significância para todas as análises foi estabelecido em $p < 0,05$. Comparações múltiplas foram realizadas utilizando o teste z com correção de Bonferroni. A concordância intraexaminador foi avaliada utilizando o teste kappa de Cohen para garantir a consistência.

5. RESULTADOS

O coeficiente kappa de Cohen foi 0,91 indicando excelente confiabilidade intraexaminador. A distribuição de defeitos dentinários entre os grupos está resumida nas Tabelas 1 e 2. Dos 324 cortes de dentina avaliados, 151 (46,6%) apresentaram algum tipo de defeito radicular. Dentre esses, 108 (71,5%) foram classificados como “outros defeitos”, enquanto 43 (28,5%) foram identificados especificamente como fraturas radiculares.

Nenhum defeito foi observado nos canais não preparados (grupo controle, G1), enquanto todos os grupos experimentais apresentaram defeitos. Comparando o grupo obturado, mas não retratado (G2) com os grupos retratados, não houve diferença estatisticamente significativa na frequência de fraturas radiculares ($p>0,05$) (Tabela 1). Da mesma forma, não foram detectadas diferenças significativas entre os protocolos de remoção de guta-percha (RGP) ($p>0,05$) (Tabela 1).

Todos os protocolos de (RGP) resultaram em maior incidência de trincas parciais e linhas de fissura em comparação com o grupo não retratado. No entanto, diferença estatisticamente significativa foi observada apenas para o grupo R-Endo (G3) ($p<0,05$) (Tabela 2). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de RGP em relação aos “outros defeitos” ($p>0,05$) (Tabela 2).

Ao analisar a distribuição dos defeitos nos diferentes níveis avaliados (3, 6 e 9mm do ápice), diferenças significativas foram detectadas na ocorrência de fraturas radiculares ($p=0,034$) (Tabela 1). Mais fraturas radiculares foram observadas nas seções retiradas a 9mm e 6mm do ápice (Tabela 1).

Tabela 1. Número e percentual de fraturas radiculares nos diferentes cortes de seção transversal.

Grupos	Nível do canal radicular			Total	Valor P *
	9 mm	6 mm	3 mm		
G1	0 (0%) ^{A,a}	0 (0%) ^{A,a}	0 (0%) ^{A,a}	0 (0%) ^A	> 0.05
G2	1 (2.3%) ^{A,a}	1 (2.3%) ^{A,a}	1 (2.3%) ^{A,a}	3 (2.8%) ^{AB}	1.000
G3	3 (7.0%) ^{A,a}	3 (7.0%) ^{A,a}	1 (2.3%) ^{A,a}	7 (6.5%) ^{AB}	0.492
G4	2 (4.7%) ^{A,a}	2 (4.7%) ^{A,a}	1 (2.3%) ^{A,a}	5 (4.6%) ^{AB}	0.793
G5	3 (7.0%) ^{A,a}	1 (2.3%) ^{A,a}	1 (2.3%) ^{A,a}	5 (4.6%) ^{AB}	0.395
G6	0 (0%) ^{A,a}	1 (2.3%) ^{A,a}	0 (0%) ^{A,a}	1 (0.9%) ^{AB}	0.373
G7	3 (7.0%) ^{A,a}	3 (7.0%) ^{A,a}	2 (4.7%) ^{A,a}	8 (7.4%) ^{AB}	0.852
G8	4 (9.3%) ^{A,a}	4 (9.3%) ^{A,a}	1 (2.3%) ^{A,a}	9 (8.3%) ^B	0.264
G9	3 (7.0%) ^{A,a}	2 (4.7%) ^{A,a}	0 (0%) ^{A,a}	5 (4.6%) ^{AB}	0.197
Total	19 (44.2%) ^a	17 (39.5%) ^{a,b}	7 (16.3%) ^b	43 (100%)	0.034
Valor P*	0.308	0.424	0.769	0.025	

*Teste Qui-quadrado. G1: Controle; G2: Instrumentação e obturação; G3: R-Endo; G4: D-Race; G5: WaveOne Gold; G6: ProTaper Retreatment; G7: Mtwo R; G8: Reciproc; G9: R1-Clearsonic. Letras maiúsculas comparam os grupos nas colunas verticais, e letras minúsculas comparam os grupos nas linhas horizontais.

Tabela 2. Número e porcentagem de todos os outros defeitos nos diferentes cortes de seção transversal.

Grupos	Nível do canal radicular			Total	Valor P *
	9 mm	6 mm	3 mm		
G1	0 (0%) ^{A,a}	0 (0%) ^{A,a}	0 (0%) ^{A,a}	0 (0%) ^{Aa}	> 0.05
G2	3 (2,8%) ^{A,a}	1 (0.9%) ^{AB,a}	1 (0.9%) ^{A,a}	5 (4.6%) ^{A,B}	0.395
G3	6 (5.6%) ^{A,a}	8 (7.4%) ^{B,a}	5 (4.6%) ^{A,a}	19 (17.6%) ^C	0.458
G4	7 (6.5%) ^{A,a}	7 (6.5%) ^{AB,a}	2 (1.9%) ^{A,a}	16 (14.8%) ^{B,C}	0.060
G5	5 (4.6%) ^{A,a}	6 (5.6%) ^{AB,a}	4 (3.7%) ^{A,a}	15 (13.9%) ^{B,C}	0.710
G6	3 (2.8%) ^{A,a}	3 (2.8%) ^{AB,a}	5 (4.6%) ^{A,a}	11 (10.2%) ^{B,C}	0.592
G7	7 (6.5%) ^{A,a}	5 (4.6%) ^{AB,a}	3 (2.8%) ^{A,a}	15 (13.9%) ^{B,C}	0.254
G8	4 (3.7%) ^{A,a}	5 (4.6%) ^{AB,a}	4 (3.7%) ^{A,a}	13 (12%) ^{B,C}	0.887
G9	7 (6.5%) ^{A,a}	5 (4.6%) ^{AB,a}	2 (1.9%) ^{A,a}	14 (13%) ^{B,C}	0.109
Total	42 (38.9%) ^a	40 (37%) ^a	26 (24.1%) ^a	108 (100%)	0.42
Valor P*	0.041	0.010	0.183	< 0.001	

*Teste Qui-quadrado. G1: Controle; G2: Instrumentação e obturação; G3: R-Endo; G4: D-Race; G5: WaveOne Gold; G6: ProTaper Retreatment; G7: Mtwo R; G8: Reciproc; G9: R1-Clearsonic. Letras maiúsculas comparam os grupos nas colunas verticais, e letras minúsculas comparam os grupos nas linhas horizontais.

6. DISCUSSÃO

Este estudo *in vitro* teve como objetivo avaliar se o método de remoção de guta-percha (RGP) utilizado durante os procedimentos de retratamento influencia a incidência de defeitos dentinários nos canais radiculares. Para isso, o material obturador foi removido utilizando sistemas amplamente utilizados, como R-Endo, D-Race, ProTaper Universal e Mtwo-R, além dos mais recentemente introduzidos Reciproc e WaveOne, e o inserto ultrassônico R1-Clearsonic. Até o momento, nenhum estudo anterior avaliou os efeitos do WaveOne e do R1-Clearsonic na formação de defeitos dentinários. Os resultados indicaram que o nível do canal radicular foi o único fator que impactou significativamente a ocorrência de defeitos na dentina radicular. Consequentemente, as hipóteses nulas foram parcialmente rejeitadas.

Diversas metodologias foram desenvolvidas e propostas para avaliar o impacto dos procedimentos endodônticos e restauradores na integridade da dentina radicular (8, 20, 35, 36). Entre essas, o método de seccionamento dentário utilizado no presente estudo tem sido amplamente adotado (3, 13, 29-31, 36) devido à sua capacidade de permitir inspeção direta dos discos de dentina obtidos de diferentes níveis da raiz (3, 13, 18). Apesar de suas vantagens, este método envolve a destruição da amostra, limitando análises subsequentes (1, 20, 24, 35-38). Além disso, sua incapacidade de determinar precisamente o momento em que o defeito ocorre (9) levou à exploração de metodologias alternativas (32, 35-38).

Yilmaz *et al.* (24) utilizaram a técnica de microtomografia computadorizada (micro-CT) para investigar a incidência e a progressão de defeitos dentinários após a remoção de guta-percha utilizando instrumentos manuais e rotatórios. Esta abordagem não destrutiva permitiu avaliações volumétricas quantitativas e qualitativas dos dentes. Comparando imagens pré e pós-operatórias, o estado pré-operatório serviu como um controle autêntico (2, 8). No entanto, é importante reconhecer as limitações do micro-CT, como baixa disponibilidade, altos custos e processos de análise demorados, que podem restringir sua aplicação generalizada (31).

No presente estudo, as raízes dos dentes selecionados foram examinadas sob estereomicroscópio antes do experimento para detectar defeitos radiculares externos. É importante admitir que alguns defeitos podem ter sido internos e não visíveis na superfície externa da raiz. No entanto, nenhum defeito foi observado no grupo controle (raízes não preparadas), sugerindo que o método de seccionamento, por si só, não induziu defeitos (1, 3, 14, 18). Esse achado implica que os defeitos observados foram mais provavelmente devido a procedimentos como instrumentação do canal radicular, obturação e remoção de guta-percha, e não ao método de seccionamento dentário (5, 14, 28).

Estudos anteriores utilizaram dentes com diferentes morfologias de canais radiculares, incluindo incisivos mandibulares (1, 24, 25), pré-molares mandibulares (2, 4-7, 9) e o canal mesiovestibular de molares superiores (33). Essa variabilidade anatômica dificulta a comparação dos resultados entre os estudos. Propõe-se que a ocorrência de defeitos dentinários radiculares possa ser influenciada pela morfologia da raiz e do canal (13, 14, 29). Para enfrentar esses desafios, o presente estudo utilizou dentes bovinos, que são mais fáceis de obter, permitem maior padronização em relação à idade e espaço do canal e reduzem o risco de transmissão de doenças infecciosas (30). Apesar de algumas diferenças microestruturais e macroestruturais entre dentes humanos e bovinos, vários estudos consideraram os dentes bovinos um modelo adequado para estudos desse tipo (30, 31). Neste estudo, foram preferidos dentes bovinos mais velhos devido ao potencial de maior semelhança morfológica com dentes humanos (39). Além disso, as raízes foram distribuídas igualmente entre os grupos com base no diâmetro do canal radicular no nível de 9mm (9, 23, 30). A padronização dentro dos grupos foi assegurada selecionando apenas raízes com patência apical compatível com uma lima K tamanho 15 (29, 31) e mantendo um comprimento de raiz aproximado de 17mm.

Demonstrou-se que as condições de armazenamento das amostras podem influenciar significativamente as propriedades bioquímicas da dentina radicular (4, 5, 32, 40). No presente estudo, todos os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C durante todo o período experimental, conforme as recomendações anteriores (29, 37, 40).

Para simular o ligamento periodontal e aumentar a relevância clínica dos resultados, neste estudo, as raízes foram envolvidas em material à base de silicone e embutidas em blocos de resina acrílica (3, 29, 32, 34, 41). É importante notar que, até o momento, não há um desenho experimental padronizado para simular efetivamente o ligamento periodontal (3, 14, 18, 29). Além disso, a condição clínica é mais complexa devido à presença de estruturas biológicas adicionais que são difíceis de replicar em um ambiente laboratorial (13, 19, 34). Um estudo recente avaliou a formação de trincas dentinárias após a preparação do canal radicular utilizando um modelo *in situ* de cadáver (38). Essa abordagem metodológica proporcionou maior reprodutibilidade para estudar defeitos dentinários, devido à preservação tanto do osso quanto do ligamento periodontal (19).

O efeito dos sistemas rotatórios e reciprocantes no desenvolvimento de defeitos dentinários durante a instrumentação do canal radicular tem sido relatado em vários estudos (13, 14, 21, 23, 27-29). Em alguns desses estudos, não foram observadas diferenças significativas na formação de defeitos, independentemente do tipo de instrumento utilizado (21, 29). Neste estudo, a instrumentação inicial do canal radicular foi realizada utilizando o BioRace Basic Set, que consiste em seis instrumentos (BRO [#25/.08], BR1 [#15/.05], BR2 [#25/.04], BR3 [#25/.06], BR4 [#35/.04] e BR5 [#40/.04]). O sistema BioRace foi escolhido devido ao seu ângulo de corte alternado, ponta inativa, área de seção transversal triangular sem faixas radiais e tratamento eletrolítico (42). Essas características têm sido associadas a uma menor incidência de defeitos dentinários (42).

É importante notar que as limas BRO e BR3 apresentam alto conicidade (.08 e .06, respectivamente) e que instrumentos mais cônicos podem aumentar a área de contato com as paredes do canal, gerando concentração momentânea de tensões na dentina, o que pode ser um fator contribuinte para o desenvolvimento de defeitos dentinários (15, 23, 24, 29). Além disso, o sistema BioRace opera em rotação contínua (42), resultando em um maior número de rotações necessárias para completar a preparação do canal radicular (5). O aumento do número de rotações do instrumento dentro do canal pode levar a

maior fricção entre o instrumento e as paredes do canal, potencialmente causando uma incidência maior de defeitos dentinários (2, 5, 14, 24).

As soluções químicas utilizadas durante a instrumentação do canal radicular também podem induzir defeitos na dentina radicular (32). Há um consenso de que altas concentrações de NaOCl podem alterar o módulo de elasticidade e a resistência à flexão da dentina do canal radicular (1, 4-6, 24, 43, 44). Ari *et al.* (44) avaliaram o efeito das soluções irrigadoras endodônticas na microdureza e rugosidade da dentina do canal radicular, observando redução da microdureza após exposição ao NaOCl em concentrações de 2,5% e 5,25%, mas não em concentrações mais baixas. Neste estudo, foi empregada uma solução de NaOCl a 1,0% para irrigação, a fim de minimizar possíveis alterações nas propriedades mecânicas da dentina durante a instrumentação inicial e os procedimentos de retratamento do canal radicular (1, 4-6, 24, 31).

Apesar do número significativo de investigações sobre a influência dos procedimentos de obturação na formação de defeitos dentinários (3, 37, 41, 43), os resultados permanecem inconsistentes, particularmente em relação à influência da técnica de condensação lateral (3, 25, 37, 41). Shemesh *et al.* (3) compararam a ocorrência de defeitos dentinários após obturação com condensação lateral versus técnicas de condensação passiva, relatando uma maior incidência de defeitos em dentes obturados com a técnica de condensação lateral. Da mesma forma, Capar *et al.* (25) examinaram a incidência de trincas na dentina radicular após preenchimento com condensação lateral a frio, obturação com cone único e compactação vertical a quente. Seus resultados indicaram que tanto as técnicas de compactação vertical a quente quanto de condensação lateral a frio resultaram em maior número de trincas em comparação com a obturação com cone único. Em um estudo relacionado, Adorno *et al.* (43) investigaram os efeitos dos métodos de preparo e obturação de canais radiculares (condensação lateral associada, com ou sem compactação vertical) na iniciação e expansão de trincas no terço apical da raiz. Eles descobriram que, enquanto o procedimento de obturação influenciou significativamente a expansão de trincas, não houve diferença significativa na iniciação das trincas entre as duas técnicas. Além disso, Shemesh *et al.* (41)

avaliaram a incidência de defeitos dentinários após a preparação e obturação de canais utilizando a condensação lateral versus a compactação contínua de ondas de guta-percha, não encontrando diferenças significativas na ocorrência de defeitos entre os dois métodos. Em contraste, De-Deus *et al.* (37) concluíram que a condensação lateral a frio não estava associada ao desenvolvimento de novos defeitos radiculares.

A técnica de condensação lateral foi escolhida para a obturação devido à sua ampla aceitação na prática clínica, à ausência da necessidade de equipamentos especializados ou de alto custo e à sua eficácia no controle da extensão apical do material obturador (3, 24, 41). No entanto, é importante considerar que o design do espaçador e a pressão excessiva aplicada durante a compactação lateral podem contribuir significativamente para a formação de defeitos dentinários (3, 9, 24, 25, 27). Notavelmente, os achados deste estudo revelaram uma menor incidência de defeitos (5,3%) em comparação com pesquisas anteriores, que relataram taxas de detecção variando de 16% a 30% após a preparação e obturação do canal radicular (37, 41). Essa discrepância pode ser atribuída às variações nos métodos de estudo (20, 35, 36), destacando a importância de protocolos padronizados em investigações futuras.

O presente estudo avaliou a formação de defeitos dentinários associados a 7 diferentes métodos de remoção de guta-percha (RGP). A seleção de sistemas NiTi e do inserto ultrassônico para a remoção do material de preenchimento radicular baseou-se em literatura prévia que demonstrou a eficiência dessas técnicas (10-12). Todos os métodos testados de RGP induziram defeitos dentinários (Tabelas 1 e 2). Notavelmente, a RGP utilizando o sistema R-Endo (Grupo 3) apresentou impacto significativo no desenvolvimento de microtrincas e linhas de fissura em comparação com o grupo não retratado (Grupo 2) (Tabela 2). O design altamente cônico dos instrumentos R-Endo (12% e 8%) pode explicar a maior suscetibilidade à formação de “outros defeitos” (2).

Estudos anteriores relataram que características dos instrumentos de NiTi, como design da ponta, formato da seção transversal, conicidade variável ou constante e tipo de movimento, podem influenciar a formação de defeitos

dentinários (1, 8, 21, 22, 34). Os resultados do presente estudo não revelaram diferenças significativas entre os métodos de RGP em relação à presença de defeitos radiculares. Isso sugere que as variações no design dos instrumentos de RGP não influenciaram a formação de defeitos dentinários (1, 4).

Embora defeitos dentinários tenham sido observados em todos os três níveis do canal radicular, um maior número de fraturas radiculares, microtrincas e linhas de fissura foi encontrado nos cortes coronais (9 e 6mm) em comparação com os cortes apicais (3mm) (Tabelas 1 e 2). Este achado está em conformidade com os resultados de estudos anteriores (8, 25, 29, 31, 40). A maior incidência de defeitos na dentina coronal pode sugerir a possibilidade de conicidade excessiva no terço coronal (9).

A condição *in vitro* do presente estudo impõe limitações na extrapolação clínica dos resultados. Estudos clínicos adicionais são necessários para avaliar de forma mais abrangente as vantagens de diferentes protocolos de RGP.

7. CONCLUSÃO

Sob as condições deste estudo *in vitro*, pode-se concluir que:

1. Todos os métodos de remoção de guta-percha (RGP) induziram defeitos dentinários durante os procedimentos de retratamento.
2. A RGP com o sistema R-Endo foi associada a uma incidência significativamente maior de microtrincas e linhas de fissura.
3. As fraturas radiculares foram observadas com maior frequência nas seções a 9mm e 6mm do ápice.

REFERÊNCIAS

1. Çitak M, Ozyurek T. Effect of different nickel-titanium rotary files on dentinal crack formation during retreatment procedure. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2017;11(2):90-5.
2. Jain A, Nikhil V, Bansal P. Effect of root canal preparation, obturation, and retreatment on the induction of dentinal microcracks: A microcomputed tomography study. *J Conserv Dent* 2018;21(5):521-5.
3. Shemesh H, Bier CA, Wu MK, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR. The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *Int Endod J* 2009;42(3):208-13.
4. Topçuoglu HS, Demirbuga S, Tuncay O, Pala K, Arslan H, Karatas E. The effects of Mtwo, R-Endo, and D-RaCe retreatment instruments on the incidence of dentinal defects during the removal of root canal filling material. *J Endod* 2014;40(2):266-70.
5. Topçuoglu HS, Duzgun S, Kesim B, Tuncay O. Incidence of apical crack initiation and propagation during the removal of root canal filling material with ProTaper and Mtwo rotary nickel- titanium retreatment instruments and hand files. *J Endod* 2014;40(7):1009-12.
6. Ozyurek T, Tek V, Yilmaz K, Uslu G. Incidence of apical crack formation and propagation during removal of root canal filling materials with different engine driven nickel-titanium instruments. *Restor Dent Endod* 2017;42(4):332-41.
7. Shemesh H, Roeleveld AC, Wesselink PR, Wu MK. Damage to root dentin during retreatment procedures. *J Endod* 2011;37(1):63-6.
8. Barakat RM, Almohareb RA, Alsayyar A, Almalki F, Alharbi H. Evaluation of Dentinal Microcracks following Diode Laser- and Ultrasonic- Activated Removal of Bioceramic Material during Root Canal Retreatment. *Scanning* 2022; 2022:6319743.
9. Ustun Y, Topcuoglu HS, Duzgun S, Kesim B. The effect of reciprocation versus rotational movement on the incidence of root defects during retreatment procedures. *Int Endod J* 2015;48(10):952-8.

10. Rivera-Pena ME, Duarte MAH, Alcalde MP, FB DEA, Vivan RR. A novel ultrasonic tip for removal of filling material in flattened/oval- shaped root canals: a microCT study. *Braz Oral Res* 2018;32: e88.
11. Tavares SJO, Gomes CC, Marceliano-Alves MF, Guimaraes LC, Provenzano JC, Amoroso-Silva P, et al. Supplementing filling material removal with XP-Endo Finisher R or R1-Clearsonic ultrasonic insert during retreatment of oval canals from contralateral teeth. *Aust Endod J* 2021;47(2):188-94.
12. Zuolo AS, Mello JE, Jr., Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CE. Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *Int Endod J* 2013;46(10):947-53.
13. Burklein S, Tsotsis P, Schafer E. Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *J Endod* 2013;39(4):501-4.
14. Helvacioğlu-Yigit D, Aydemir S, Yilmaz A. Evaluation of dentinal defect formation after root canal preparation with two reciprocating systems and hand instruments: an in vitro study. *Biotechnol Biotechnol Equip* 2015;29(2):368-73.
15. Li SH, Lu Y, Song D, Zhou X, Zheng QH, Gao Y, et al. Occurrence of Dentinal Microcracks in Severely Curved Root Canals with ProTaper Universal, WaveOne, and ProTaper Next File Systems. *J Endod* 2015;41(11):1875-9.
16. Rios Mde A, Villela AM, Cunha RS, Velasco RC, De Martin AS, Kato AS, et al. Efficacy of 2 reciprocating systems compared with a rotary retreatment system for gutta-percha removal. *J Endod* 2014;40(4):543-6.
17. Wilcox LR, Roskelley C, Sutton T. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *J Endod* 1997;23(8):533-4.
18. Milani AS, Froughreyhani M, Rahimi S, Jafarabadi MA, Paksefat S. The effect of root canal preparation on the development of dentin cracks. *Iran Endod J* 2012;7(4):177-82.
19. Rodig T, Dullin C, Kuck F, Krebs M, Hettwer-Steeger I, Haupt F. Influence of moisture content of frozen and embalmed human cadavers for

identification of dentinal microcracks using micro-computed tomography. *J Mech Behav Biomed Mater* 2022; 133:105310.

20. Tonelli SQ, de Toubes KS, Brabo Pereira AM, de Oliveira Miranda AC, Fernandes LL, Nunes E, et al. Dentinal microcracks induced by endodontic procedures: A scientometric and bibliometric analysis. *J Conserv Dent* 2022;25(1):78-87.

21. Yoldas O, Yilmaz S, Atakan G, Kuden C, Kasan Z. Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. *J Endod* 2012;38(2):232-5.

22. Kim HC, Lee MH, Yum J, Versluis A, Lee CJ, Kim BM. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *J Endod* 2010;36(7):1195-9.

23. Çapar ID, Arslan H, Akcay M, Uysal B. Effects of ProTaper Universal, ProTaper Next, and HyFlex instruments on crack formation in dentin. *J Endod* 2014;40(9):1482-4.

24. Yilmaz A, Helvacioğlu-Yigit D, Gur C, Ersev H, Kiziltas Sendur G, Avcu E, et al. Evaluation of Dentin Defect Formation during Retreatment with Hand and Rotary Instruments: A Micro-CT Study. *Scanning* 2017; 2017:4868603.

25. Çapar ID, Saygili G, Ergun H, Gok T, Arslan H, Ertas H. Effects of root canal preparation, various filling techniques and retreatment after filling on vertical root fracture and crack formation. *Dent Traumatol* 2015;31(4):302-7.

26. Çapar ID, Uysal B, Ok E, Arslan H. Effect of the size of the apical enlargement with rotary instruments, single-cone filling, post space preparation with drills, fiber post removal, and root canal filling removal on apical crack initiation and propagation. *J Endod* 2015;41(2):253-6.

27. Barreto MS, Moraes Rdo A, Rosa RA, Moreira CH, So MV, Bier CA. Vertical root fractures and dentin defects: effects of root canal preparation, filling, and mechanical cycling. *J Endod* 2012;38(8):1135-9.

28. Bier CA, Shemesh H, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR, Wu MK. The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. *J Endod* 2009;35(2):236-8.

29. Borges AH, Damiao MS, Pereira TM, Filho GS, Miranda-Pedro FL, Luiz de Oliveira da Rosa W, et al. Influence of Cervical Preflaring on the Incidence of Root Dentin Defects. *J Endod* 2018;44(2):286-91.
30. Serpa GC, Guedes OA, Freitas NSS, Silva JA, Estrela C, Decurcio DA. The effect of ultrasonic vibration protocols for cast post removal on the incidence of root dentin defects. *J Oral Sci* 2023;65(3):190-4.
31. Zuli TAB, Guedes OA, Goncalves G, da Silva Junior AR, Borges AH, Aranha AMF. Effect of post space preparation drills on the incidence of root dentin defects. *Restor Dent Endod* 2020;45(4): e53.
32. Aboud LRL, Santos BCD, Lopes RT, Viana LAC, Scelza MFZ. Effect of Aging on Dentinal Crack Formation after Treatment and Retreatment Procedures: a Micro-CT Study. *Braz Dent J* 2018;29(6):530-5.
33. Tejaswi S, Singh A, Manglekar S, Ambikathanaya UK, Shetty S. Evaluation of dentinal crack propagation, amount of gutta percha remaining and time required during removal of gutta percha using two different rotary instruments and hand instruments - An In vitro study. *Niger J Clin Pract* 2022;25(4):524-30.
34. Ashwinkumar V, Krithikadatta J, Surendran S, Velmurugan N. Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: an SEM study. *Int Endod J* 2014;47(7):622-7.
35. Çapar ID, Gok T, Uysal B, Keles A. Comparison of microcomputed tomography, cone beam tomography, stereomicroscopy, and scanning electron microscopy techniques for detection of microcracks on root dentin and effect of different apical sizes on microcrack formation. *Microsc Res Tech* 2019;82(10):1748-55.
36. Versiani MA, Cavalcante DM, Belladonna FG, Silva E, Souza EM, De-Deus G. A critical analysis of research methods and experimental models to study dentinal microcracks. *Int Endod J* 2022;55 Suppl 1:178-226.
37. De-Deus G, Belladonna FG, Silva E, Souza EM, Carvalhal JCA, Perez R, et al. Micro-CT assessment of dentinal micro-cracks after root canal filling procedures. *Int Endod J* 2017;50(9):895-901.

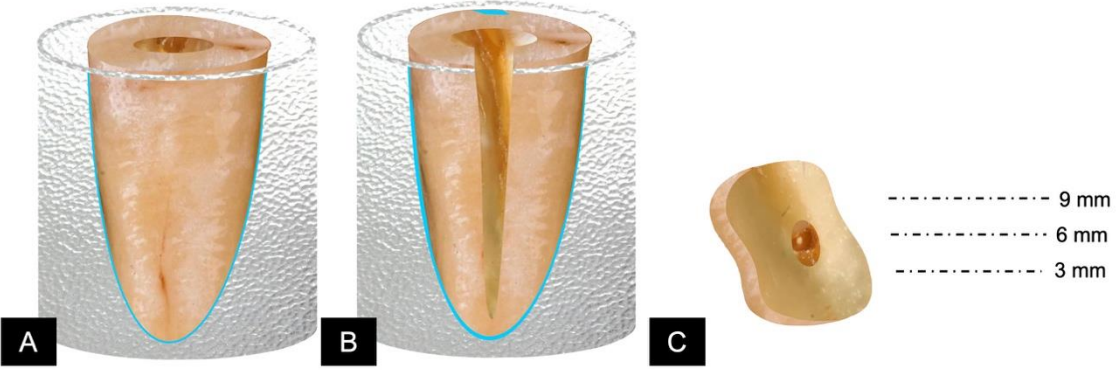
38. De-Deus G, Cesar de Azevedo Carvalhal J, Belladonna FG, Silva E, Lopes RT, Moreira Filho RE, et al. Dentinal Microcrack Development after Canal Preparation: A Longitudinal in Situ Micro-computed Tomography Study Using a Cadaver Model. *J Endod* 2017;43(9):1553-8.
39. Fonseca RB, Haiter-Neto F, Carlo HL, Soares CJ, Sinhoreti MA, Puppim-Rontani RM, et al. Radiodensity and hardness of enamel and dentin of human and bovine teeth, varying bovine teeth age. *Arch Oral Biol* 2008;53(11):1023-9.
40. Shemesh H, Lindtner T, Portoles CA, Zaslansky P. Dehydration Induces Cracking in Root Dentin Irrespective of Instrumentation: A Two-dimensional and Three-dimensional Study. *J Endod* 2018;44(1):120-5.
41. Shemesh H, Wesselink PR, Wu MK. Incidence of dentinal defects after root canal filling procedures. *Int Endod J* 2010;43(11):995-1000.
42. Zuolo ML, De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJ, Lopes RT, Souza EM, et al. Micro-computed Tomography Assessment of Dentinal Micro-cracks after Root Canal Preparation with TRUShape and Self-adjusting File Systems. *J Endod* 2017;43(4):619-22.
43. Adorno CG, Yoshioka T, Jindan P, Kobayashi C, Suda H. The effect of endodontic procedures on apical crack initiation and propagation ex vivo. *Int Endod J* 2013;46(8):763-8.
44. Ari H, Erdemir A, Belli S. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod* 2004;30(11):792-5.

FIGURAS

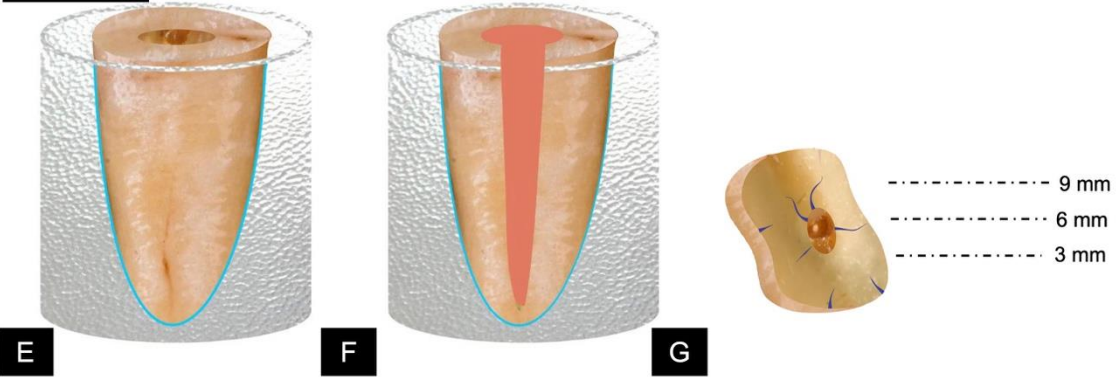


Figura 1.

Grupo 1 -



Grupo 2



Grupos 3 - 9

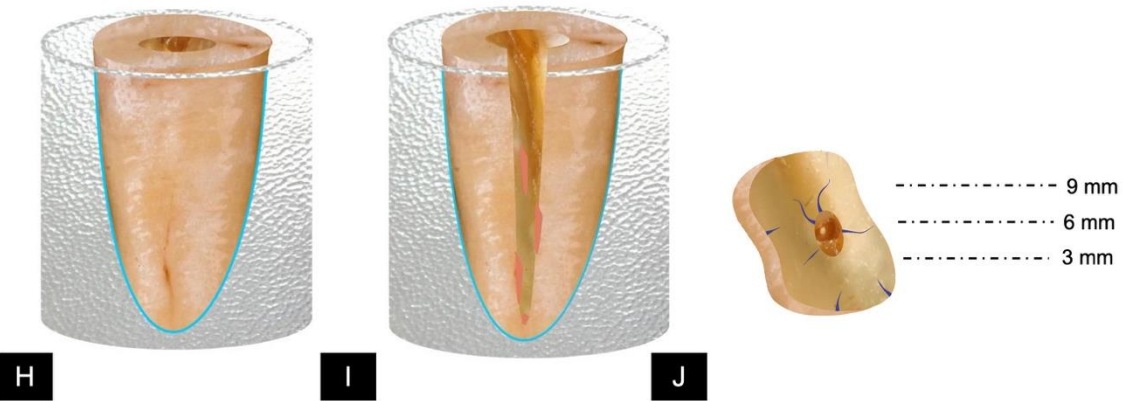


Figura 2.

LEGENDAS DAS FIGURAS

Figura 1. Imagens representativas dos cortes de dentina. (A) Ausência de defeitos; (B) Presença de fratura radicular e (C) Outros defeitos.

Figura 2. Representação esquemática do delineamento experimental. Adaptado de Serpa et al. (2023).