

**UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**EXTRUSÃO DE MATERIAL OBTURADOR EM RETRATAMENTOS
ENDODÔNTICOS UTILIZANDO HYFLEX OU RECIPROC: ESTUDO
MICROTOMOGRÁFICO EM CADÁVERES HUMANOS**

DISSERTAÇÃO

THAMYRES MAGALHÃES MONTEIRO

2023

UNIVERSIDADE DO GRANDE RIO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

EXTRUSÃO DE MATERIAL OBTURADOR EM RETRATAMENTOS
ENDODÔNTICOS UTILIZANDO HYFLEX OU RECIPROC: ESTUDO
MICROTOMOGRÁFICO EM CADÁVERES HUMANOS

THAMYRES MAGALHÃES MONTEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Odontologia (Área de Concentração: Endodontia).

Orientador:

Prof. Dr. Flávio Rodrigues Ferreira Alves

Co-orientadora:

Prof^a. Dra. Marília Fagury Marceliano Alves

EXTRUSÃO DE MATERIAL OBTURADOR EM RETRATAMENTOS
ENDODÔNTICOS UTILIZANDO HYFLEX OU RECIPROC: ESTUDO
MICROTOMOGRÁFICO EM CADÁVERES HUMANOS

THAMYRES MAGALHÃES MONTEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Odontologia (Área de Concentração: Endodontia).

Aprovada em de de 2023

Banca examinadora

Prof. Dr. José Claudio Provenzano
Universidade do Grande Rio

Prof^a. Dr^a. Renata Perez Vianna Silva
Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar forças, sabedoria, e por me fazer acreditar que eu tinha capacidade de chegar até aqui.

Ao meu pai Jorge (in memoriam), que sempre me deu amparo, amor, e foi para mim um grande exemplo de profissional e professor.

À minha mãe, Rosane, que é minha melhor amiga, meu porto seguro, e a grande incentivadora para que eu corra atrás de todos os meus sonhos.

Aos meus irmãos e sobrinhos, que tornaram essa jornada mais leve, através de momentos felizes, imenso suporte, incentivo, torcida e carinho constante.

Aos meus amigos de longa data, por compreenderem minhas ausências em certos momentos, e por sempre demonstrarem apoio e orgulho.

Ao meu orientador Professor Doutor Flávio Rodrigues Ferreira Alves pelo exemplo de competência e dedicação ao ensino e à pesquisa. Agradeço sua disponibilidade e atenção durante toda a minha passagem pelo PPGO, e a confiança por ter colocado em minhas mãos uma pesquisa tão importante, que agregará muito valor à ciência.

Às professoras Marília Marceliano-Alves e Andrea Fagundes Campello por ajudarem no desenvolvimento desta pesquisa com tanto carinho e profissionalismo.

Aos professores do PPGO (Doutor José Freitas Siqueira Junior, Doutora Isabela Rôças, Doutor Emmanuel J. Nogueira Leal da Silva, Doutor José Cláudio Provenzano, Doutor Rodrigo dos Santos Pereira, Doutora Sabrina de Castro Brasil, Doutora Danielle Dutra Voigt, Doutor Victor Talarico Leal Vieira, Doutor Fabiano Luiz Heggendorf, Doutora Cristine da Silva Furtado Amaral) pelos ensinamentos, dedicação e oportunidade de aprendizado.

Aos amigos Giuliana Soimu, Karen Brisson, Warley Silva, Erika Cassio, Amanda Marques, Fátima Bueno, Bianca Abreu, Camilla Andrade pelo apoio e incentivo durante essa caminhada. Eu amei conhecer vocês, e vou levá-los comigo para o resto da vida.

Aos colegas Victor Cortez e Luiz Felipe Jimenez pela grande colaboração no desenvolvimento deste trabalho. A dedicação e paciência de vocês foram fundamentais.

Ao cadáver, cujo nome, e procedência desconheço. Os olhos não tive a oportunidade de encarar, mas, o corpo me serviu de livro vivo para o aprendizado. Seja qual for a história, dedico a ele o meu respeito e gratidão.

ÍNDICE

1.INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA.....	1
1.1. Retratamento endodôntico.....	2
1.2. Técnicas mecanizadas de interesse.....	3
1.2.1. Sistema HyFlex Remover®.....	3
1.2.2. Sistema HyFlex CM.....	4
1.2.3. Sistema Reciproc.....	5
1.3. Extrusão apical de materiais obturadores no retratamento endodôntico.....	6
1.4. Variáveis que influenciam a extrusão de material obturador.....	16
1.4.1. Padronização da amostra.....	16
1.4.2. Manutenção do comprimento de trabalho.....	17
1.4.3. Simulação dos tecidos perirradiculares.....	17
1.5. Métodos de avaliação.....	18
1.5.1. Pesagem.....	18
1.5.2. Micro-CT.....	18
2.JUSTIFICATIVA.....	21
3.OBJETIVO(S).....	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1. Seleção da amostra.....	23
4.2. Radiografia inicial.....	24
4.3. Tratamento Endodôntico.....	25
4.4. Micro-CT inicial.....	26
4.5. Retratamento dos canais radiculares.....	29
4.5.1. Sistema HyFlex.....	29

4.5.2. Sistema Reciproc.....	30
4.5.3. Condições de irrigação durante retratamento.....	31
4.6. Micro-CT final.....	31
4.7. Avaliação de extrusão através de micro-CT.....	33
4.8. Análise Estatística.....	33
5.RESUTADOS.....	34
6.DISSCUSSÃO.....	36
6.1. Modelo experimental.....	36
6.2. Métodos de avaliação.....	37
6.3. Pareamento das amostras.....	38
6.4. Técnicas mecanizadas utilizadas no estudo.....	38
6.5. Volume de material obturador extruído.....	39
6.6. Amostras sobreobturadas.....	40
7.CONCLUSÕES.....	41
8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
9. ANEXOS.....	48

RESUMO

Objetivo: Comparar a frequência e quantidade de material obturador extruído após retratamento endodôntico com os sistemas HyFlex e Reciproc em dentes de segmentos mandibulares cadavéricos. **Materiais e Métodos:** Segmentos mandibulares contendo pré-molares e caninos foram removidos de cadáveres humanos. Destas amostras, 28 dentes unirradiculares inferiores foram selecionados e pareados de acordo com seu tipo e anatomia. Os dentes foram instrumentados com Reciproc R40, e obturados com a técnica de compactação lateral. Na sequência, os segmentos mandibulares foram escaneados com microtomografia computadorizada (micro-CT), e os pares foram divididos em 2 grupos ($n = 14$), de acordo com o protocolo de retratamento: HyFlex e Reciproc. No grupo HyFlex, o instrumento HyFlex Remove foi utilizado em 3 mm aquém do comprimento de trabalho (CT), seguido pelos instrumentos HyFlex CM 40.04 e 50.04 até o CT. No grupo Reciproc, o instrumento R50 foi utilizado em 2/3 do canal, seguido por mais 2 ciclos até atingir o CT. Após o retratamento endodôntico, os blocos ósseos foram novamente escaneados. As imagens pré e pós-operatórias foram analisadas. **Resultados:** Materiais obturadores extruídos foram detectados em 3 dentes de cada grupo antes do retratamento (21,43%). Essa frequência aumentou significativamente após o retratamento para 11 (78%) e 14 (100%) dentes para HyFlex e Reciproc, respectivamente ($P < 0,05$), mas sem diferenças entre os grupos ($P > 0,05$). Um volume similar de material obturador extruído foi observado na análise intergrupo ($P > 0,05$). Entretanto, esse volume aumentou significativamente com o retratamento, independentemente do sistema ($P < 0,05$). O tempo de retratamento não foi diferente entre HyFlex e Reciproc ($P > 0,05$). **Conclusões:** Ambos os sistemas causaram extrusão apical, sem diferenças quanto à frequência e volume.

ABSTRACT

Aim: To compare the frequency and amount of extruded filling material after endodontic retreatment with HyFlex and Reciproc systems in teeth from cadaveric mandibles. **Materials and Methods:** Mandibular segments containing premolars and canines were removed from human cadavers. From these samples, 28 lower single-rooted teeth were selected and matched according to their type and anatomy. The teeth were instrumented with Reciproc R40 and filled using the lateral condensation. Cadaveric mandibular segments were scanned by micro-computed tomography (micro-CT), and homologous teeth were assigned to 2 groups (n = 14) according to the retreatment protocol: HyFlex and Reciproc. In the HyFlex group, the HyFlex Remover instrument was worked 3 mm short of the working length (WL), followed by HyFlex CM 40.04 and 50.04 at the WL. In the Reciproc group, R50 worked 2/3 of the canal, followed by more 2 cycles until the WL was reached. Then, the bone blocks were scanned again. Pre- and postoperative micro-CT images were analyzed. **Results:** Extruded filling materials were detected in 3 teeth of each group before retreatment (21.43%). This frequency significantly increased after retreatment to 11 (78%) and 14 (100%) teeth for HyFlex and Reciproc, respectively ($P < 0.05$) but with no differences between systems ($P > 0.05$). A similar volume of extruded material was observed in intergroup analysis ($P > 0.05$). However, this volume significantly increased with retreatment, regardless of the system ($P < 0.05$). The retreatment time spent was not different between HyFlex and Reciproc ($P > 0.05$). **Conclusions:** Both systems caused apical extrusion without differences in frequency and volume.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Mandíbula cadavérica antes da remoção do segmento utilizado no estudo.....	24
Figura 2.	Radiografia inicial com sensor digital mostrando um canino e um segundo pré-molar incluídos no estudo. O primeiro pré-molar foi excluído por apresentar indícios de dois canais.....	24
Figura 3.	Cursor metálico acoplado ao instrumento Reciproc R40.....	25
Figura 4.	Segmento cadavérico fixado com cera utilidade na plataforma giratória do micro-CT.....	27
Figura 5.	Fluxograma do tratamento endodôntico.....	28
Figura 6.	Fluxograma do retratamento endodôntico.....	32
Figura 7.	Reconstruções 3D das imagens de micro-CT mostrando extrusão apical em ambos os grupos, antes e depois do retratamento. A , sem extrusão antes e depois do retratamento. B, D e E , sem extrusão antes, porém com extrusão depois do retratamento. C e F , com extrusão antes, e aumento da extrusão após o retratamento.....	35

LISTA TABELAS

Tabela 1.	Extrusão de material obturador em retratamentos endodônticos: síntese dos estudos prévios.....	8
Tabela 2.	Extrusão apical de material obturador antes e depois do retratamento com HyFlex ou Reciproc (mm ³)	34

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

CT	Comprimento de trabalho
GG	Gates-Glidden
NaOCl	Hipoclorito de sódio
micro-CT	Microtomografia computadorizada
NiTi	Níquel e titânio
rpm	Rotações por minuto
SCR	Sistema de canais radiculares
N.cm	Newton-centímetro

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

Embora o tratamento endodôntico apresente elevado índice de sucesso, o fracasso ainda é uma possibilidade, por se tratar de um conjunto de procedimentos sensíveis à técnica, em um ambiente biológico complexo. Neste cenário, para evitar a perda do elemento dentário, o retratamento endodôntico não cirúrgico continua sendo a abordagem de escolha na maioria dos casos de fracasso (FRIEDMAN & STABHOLTZ, 1986; AJINA *et al.*, 2022).

O principal objetivo do retratamento endodôntico é eliminar a infecção persistente ou secundária através de procedimentos químicos e mecânicos, mantendo ou reestabelecendo a saúde dos tecidos periapicais (GOMES *et al.*, 2020).

Uma das etapas mais críticas e desafiadoras do retratamento é a desobstrução, devido ao risco de acidentes como *zip*, desvios e perfurações, somados à dificuldade no alcance da patência e possibilidade de extrusão. Dentre estes problemas, destaca-se a extrusão de detritos, que podem resultar em *flare-ups*, dor pós-operatória ou, até mesmo, no fracasso do tratamento endodôntico, através do carreamento de material obturador e bactérias provenientes do interior do canal, para a região periapical (ARIAS *et al.*, 2013).

Analisando os estudos sobre a extrusão de material obturador durante o retratamento endodôntico, é evidente a necessidade do desenvolvimento de um modelo experimental que permita uma melhor simulação das condições encontradas *in vivo*, pois o método tradicional de pesagem e a não simulação dos tecidos perirradiculares, comuns na vasta maioria dos estudos, distancia da realidade clínica.

Como método de avaliação da remoção do material obturador e extrusão apical de debris, a microtomografia computadorizada (micro-CT) tem sido amplamente utilizada nos últimos anos. Trata-se de um método tridimensional (3D) e não destrutivo (LANDRIGAN *et al.*, 2010; PAQUÉ *et al.*, 2011; DE-DEUS *et al.*, 2015). Este método

é baseado em cortes tomográficos de alta resolução e na reconstrução 3D das imagens, proporcionando uma visão tridimensional. Além disso, não necessita de nenhum tipo de preparação prévia da amostra, o que é vantajoso. Sendo não-destrutivo, este método possibilita a utilização de uma mesma amostra em diversos ensaios e tempos, permitindo a avaliação e comparação das diferentes etapas operatórias.

1.1. Retratamento endodôntico

A remoção completa e segura do material obturador é desejável para o sucesso do retratamento endodôntico. Porém, alguns fatores podem influenciar esse processo, como as técnicas obturadoras e materiais previamente utilizados, e a anatomia do canal radicular. Por exemplo, obturações realizadas com a técnica de cone único costumam ser mais facilmente removidas quando comparadas às obturações realizadas com a técnica de compactação lateral a frio, ou compactação vertical aquecida (KHEDMAT *et al.*, 2016).

Várias abordagens para desobstrução vêm sendo propostas, incluindo o uso de instrumentos manuais, instrumentos mecanizados de níquel e titânio (NiTi), brocas Gates-Glidden (GG), instrumentos aquecidos, instrumentos ultrassônicos, laser e uso de solventes. A remoção de guta-percha, realizada de maneira tradicional, com instrumentos manuais e solvente, pode ser um processo demorado, especialmente quando o material obturador está bem compactado (AKPINAR *et al.*, 2012).

Instrumentos de NiTi mecanizados, rotatórios ou reciprocantes, estão sendo amplamente utilizados no retratamento endodôntico, incluindo aqueles exclusivamente desenvolvidos para retratamentos (AJINA *et al.*, 2022).

1.2. Técnicas mecanizadas de interesse

1.2.1. Sistema HyFlex Remover®

HyFlex Remover® (Coltene/Whaledent, Altstätten, Suíça) é um sistema de instrumento único, projetado para remover a guta-percha durante o retratamento endodôntico não cirúrgico. Para promover a remodelação dos canais após a remoção do material obturador, o profissional pode associar o uso de instrumentos convencionais, como os recomendados pelo fabricante: HyFlex EDM ou HyFlex CM.

Ainda segundo o fabricante, o instrumento HyFlex Remover possui D0 0,30 mm e conicidade 0,07 mm/mm, e deve ser acionado por motor em movimento rotatório, com torque 2,5 N.cm, e 400-800 rpm. Possui ponta não cortante, e secção transversal em forma de tripla hélice. O tratamento térmico é realizado com processo de calor C-Wire, para garantir uma maior flexibilidade e memória de forma aprimorada, que torna o instrumento dobrável. Está disponível nos comprimentos de 19 e 23 mm. (PIRANI *et al.*, 2021).

Como forma de uso, o fabricante orienta realizar um progresso no interior do material obturador, em direção apical, até 3 mm aquém do comprimento de trabalho (CT), com movimentos de penetração e tração, de 2-3 mm, sem pressão apical na porção cervical e média do canal.

A utilização de solventes não é recomendada pelo fabricante, pois pode dificultar a limpeza dos canais radiculares, e favorecer a manutenção de remanescentes de guta-percha contaminada com bactérias, e perpetuando a infecção (DOTTO *et al.* 2020).

Apenas um estudo de retratamento endodôntico foi realizado utilizando HyFlex Remover, para avaliar tempo de desobstrução e peso do material obturador extruído, em dentes secos, obturados com duas técnicas distintas: cone único e cimento obturador experimental. No momento da desobstrução, os instrumentos foram

acionados com 2 cinemáticas diferentes: metade em rotação contínua, e a outra metade no modo retratamento do micromotor CanalPro Jeni (Coltene/Whaledent, Altstätten, Suíça). O resultado encontra-se na Tabela 1 (PIRANI *et al.*, 2021).

1.2.2. Sistema HyFlex CM

Para realizar o preparo do terço apical, após a utilização do instrumento HyFlex Remover, o fabricante recomenda o uso de instrumentos convencionais, como HyFlex CM (Coltene/Whaledent, Altstätten, Suíça). Durante o retratamento, a cada 3 penetrações, o instrumento deve ser tracionado para fora do canal, e o material aprisionado entre as espirais deve ser removido. O tratamento pode ser considerado concluído quando o instrumento atingir o CT, e não apresentar mais material aprisionado entre suas espirais.

Os instrumentos HyFlex CM são fabricados com liga com controle de memória, e possuem tratamento térmico, que inclui aquecimento e resfriamento, resultando em instrumentos extremamente flexíveis, com resistência à fadiga cíclica 300% maior que a liga convencional de NiTi (SEAGO *et al.*, 2015).

Segundo o fabricante, o alongamento das hélices dos instrumentos ao serem submetidos a algum tipo de força, evita a aderência às paredes, aumentando assim a resistência à fratura por torção. Ao contrário do que sucede com os instrumentos de NiTi com ligas convencionais, se ocorrer a deformação dos instrumentos HyFlex CM, eles podem retornar ao seu formato original após autoclavagem. Contudo, é preciso ter cuidado se houver a inversão do sentido das hélices durante a utilização, pois, nesse caso, as limas não recuperam a forma, devendo ser descartadas. Se depois da autoclavagem, uma lima tiver várias hélices aparentemente alongadas ou com sua funcionalidade comprometida, deverá ser descartada.

O sistema HyFlex CM é composto por diversos instrumentos: #25.08 (recomendado para alargamento coronário), 15.04, 20.04, 20.06, 25.04, 25.06, 30.04, 30.06, 35.04, 35.06, 40.04, 40.06, 45.04, 50.04 e 60.04. Todos os instrumentos podem ser utilizados em movimento rotatório, com torque 2,5 N.cm e 500 rpm.

1.2.3. Sistema Reciproc

O sistema Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) possui três instrumentos, que são escolhidos de acordo com o diâmetro do canal, e devem ser acionados por motores de movimento reciprocante (VDW Silver ou Gold), com giro de 30° (horário) e 150° (anti-horário). O instrumento R25, com D0 igual a 0,25 mm e conicidade de 0,08 mm/mm nos primeiros milímetros apicais, é recomendado para canais estreitos. O R40, com D0 igual a 0,40 mm e conicidade de 0,06 mm/mm nos primeiros milímetros apicais, é indicado para canais médios, e o instrumento R50, com 0,50 mm em D0 e conicidade de 0,05 mm/mm nos primeiros milímetros apicais, é recomendado para canais amplos

Estes instrumentos apresentam ponta não cortante, secção transversal em forma de “S”, com duas arestas de corte e conicidade variável ao longo da parte ativa, que é fabricada com liga NiTi M-Wire. Essa liga é submetida a um processo de tratamento térmico, resultando em maior flexibilidade e maior resistência à fadiga cíclica, em comparação às ligas convencionais de NiTi. Além disso, o uso do movimento reciprocante prolonga a resistência do instrumento, quando comparado à rotação contínua (AL-OBAIDA *et al.*, 2019; DOGANAY YILDIZ & ARSLAN, 2019).

Quando o instrumento gira no sentido anti-horário, este avança no canal cortando a dentina. Ao girar no sentido oposto, o instrumento é imediatamente desengatado. Como resultado, as rotações no sentido horário e anti-horário com ângulos precisos, promovem o avanço do instrumento no canal. Desta maneira,

apenas uma leve pressão apical deve ser aplicada ao instrumento, visto que seu avanço ocorre quase que automaticamente. Esta ação reduz o risco de fratura por fadiga cíclica, diminuindo o tempo de trabalho na fase de instrumentação do canal radicular (BÜRKLEIN *et al.*, 2013; GAVINI *et al.*, 2012).

Cada instrumento Reciproc é de uso único, devendo ser descartado ao final, para prevenir fadiga em razão do uso excessivo, bem como reduzir a contaminação cruzada (ARIAS *et al.*, 2012).

Contudo, o uso de sistemas de lima única pode diminuir a eficácia antibacteriana do tratamento, já que o tempo de preparo mecânico é reduzido, não havendo troca de instrumentos, e, portanto, diminuindo o tempo de retenção e volume do irrigante dentro do canal (GAZZANEO *et al.*, 2019).

Nesses casos, um ajuste no protocolo pode compensar esta deficiência, como no estudo de ALVES *et al.* (2012), em que não houve diferença estatística quando compararam a capacidade de desinfecção de canais ovais utilizando o sistema de lima única Reciproc R40, em 3 ciclos, e o sistema BioRaCe (FKG, La Chaux-de-Fonds, Suíça), que é composto por 4 instrumentos rotatórios. Isso se explica pelo aumento de tempo e volume de irrigantes no interior do canal, já que o ciclo do instrumento Reciproc R40 foi repetido 3 vezes, e pelo *taper* 0.06 mm/mm, nos últimos 3 mm do instrumento, que permitiram um preparo apical maior, quando comparado ao preparo do último instrumento BioRace (BR 5 tamanho 40.04).

1.3. Extrusão apical de materiais obturadores no retratamento endodôntico

Inúmeros estudos avaliaram a extrusão de materiais obturadores durante o retratamento de canais radiculares. Em um levantamento bibliográfico (Tabela 1), verificou-se que em todos os casos ocorreu a extrusão, porém, a maioria dos modelos experimentais utilizaram dentes secos, sem promover a simulação dos tecidos

perirradiculares, o que diminui a resistência e facilita que a extrusão aconteça, tornando a relevância destes estudos limitada, pois não reproduziram a realidade clínica.

LU *et al.* (2013) avaliaram a extrusão de material obturador com 3 técnicas de retratamento distintas, através da pesagem do material extruído. Parte das amostras foram inseridas em tubos com 1,5% de ágar gel, simulando os tecidos periapicais, e, como resultado, houve uma menor extrusão quando comparados aos tubos vazios. Os instrumentos utilizados neste estudo foram: Reciproc (VDW, Munique, Alemanha), Mtwo R (VDW, Munique, Alemanha) e limas manuais, e a técnica que causou maior extrusão, em ambos os modelos experimentais, foi a realizada com limas manuais. Os instrumentos Reciproc causaram maior extrusão que os instrumentos Mtwo R, em ambos os modelos experimentais.

Comparando cinemáticas distintas, os resultados de extrusão de material obturador são conflitantes. Alguns estudos mostraram instrumentos reciprocantes causando uma maior extrusão de materiais obturadores (LU *et al.*, 2013; ÇANAKÇI *et al.*, 2016; YILMAZ & OZYUREK, 2017; SEREFOGLU *et al.* 2021), enquanto outros evidenciaram maior extrusão com instrumentos rotatórios (SILVA *et al.*, 2014; DINCER *et al.*, 2015; BILGI *et al.*, 2016; TURKER *et al.*, 2015). Um estudo constatou que os instrumentos Reciproc causaram maior extrusão de material obturador do que os instrumentos R-Endo (Micro-Mega, Besacon, França), WaveOne Gold (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA) e ProTaper Next (Dentsply Sirona, Charlotte, EUA). Já os instrumentos WaveOne Gold, que também fazem cinemática reciprocante, causaram extrusão menor que os instrumentos R-Endo, e sem diferença estatística dos instrumentos ProTaper Next (KESKIN & SARIYILMAZ, 2018). Além disso, alguns estudos não mostraram diferença entre as duas cinemáticas (NEVARES *et al.*, 2017; ALOMARI *et al.*, 2021).

Tabela 1: Extrusão de material obturador em retratamentos endodônticos: síntese de estudos prévios.

AUTOR	AMOSTRA	OBJETIVO	INSTRUMENTOS/GRUPOS	MÉTODO DE AVALIAÇÃO	SIMULAÇÃO DOS TECIDOS PERIRRADICULARES	GRUPO CONTROLE	RESULTADOS
LADLEY <i>et al.</i> (1991)	104 incisivos superiores secos (n= 26) 2 amostras perdidas por fratura de instrumento	Comparar a extrusão de material obturador na desobstrução manual ou ultrassônica em canais tratados usando clorofórmio ou halotano como solventes	lima tipo K com clorofórmio lima tipo K com halotano Ultrassom a seco com clorofórmio Ultrassom a seco com halotano	Pesagem	Não	Reinstrumentação com lima tipo K com clorofórmio	Extrusão em todos os grupos, sem diferença estatística. lima K com clorofórmio = lima K com halotano = ultrassom a seco com clorofórmio = ultrassom a seco com halotano.
HUANG <i>et al.</i> (2007)	45 incisivos superiores secos (n= 15)	Comparar 3 técnicas de desobstrução na extrusão de material obturador	Grupo A: ProTaper R + ProTaper Grupo B: GG + lima Hedstrom com clorofórmio + ProTaper Grupo C: GG + lima Hedstrom com clorofórmio + lima K Flex	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. GG + lima H com clorofórmio + ProTaper = GG + lima H com clorofórmio + lima K Flex > ProTaper R + ProTaper
UEZU <i>et al.</i> (2010)	30 pré-molares unirradiculares secos (n=15)	Comparar 2 técnicas de desobstrução na extrusão de material obturador	ProTaper R ProTaper Universal	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos, sem diferença estatística. ProTaper R = ProTaper Universal

LU <i>et al.</i> (2013)	60 pré-molares inferiores unirradiculares secos (n= 20)	Comparar 3 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	Reciproc Mtwo R limas manuais	Pesagem	1,5% ágar gel	Não	Extrusão em todos os grupos. lima Hedstrom > Reciproc > Mtwo R
SILVA <i>et al.</i> (2014)	45 pré-molares inferiores unirradiculares secos (n= 15)	Comparar 3 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	ProTaper R + ProTaper Universal Reciproc WaveOne	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. ProTaper > Reciproc = WaveOne
TOPÇUOGLU <i>et al.</i> (2014)	60 pré-molares inferiores unirradiculares secos (n= 15)	Comparar 4 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	lima Hedstrom ProTaper D-RaCe R-Endo	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. lima Hedstrom > ProTaper = D-Race = R-Endo
ÇANAKÇI <i>et al.</i> (2015)	90 incisivos inferiores secos (n= 15)	Comparar a extrusão de material obturador na desobstrução + reinstrumentação de canais obturados com resina epóxi ou óxido de zinco e eugenol, utilizando Resosolv, Endosolv E ou Guttasly como solventes.	ProTaper R	Pesagem	Não	Reinstrumentação sem solvente.	Extrusão em todos os grupos. solvente de guta-percha = grupo controle > solvente de cimento

DINCER <i>et al.</i> (2015)	60 incisivos inferiores secos (n= 15)	Comparar 4 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	ProTaper R Mtwo R Reciproc R25 GG+lima Hedstrom	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. ProTaper R = Mtwo R = GG + lima Hedstrom > R25
TURKER <i>et al.</i> (2015)	48 pré-molares inferiores unirradiculares secos (n= 12)	Comparar a extrusão de Material obturador na desobstrução + reinstrumentação de canais, com e sem solvente.	ProTaper R + ProTaper F4	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. sem solvente > com solvente
BILGI <i>et al.</i> (2016)	96 molares secos, com curvatura severa (n= 24)	Comparar 4 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	lima Hedstrom R-Endo Reciproc ProTaper R	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. lima Hedstrom > ProTaper R > R-Endo > Reciproc
ÇAKICI <i>et al.</i> (2016)	72 incisivos inferiores secos (n= 18)	Comparar 4 técnicas de desobstrução na extrusão de material obturador	ProTaper R ProTaper R + SAF Mtwo R Mtwo R + SAF	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos, sem diferença estatística. ProTaper R = ProTaper R + SAF = Mtwo R
ÇANAKÇI <i>et al.</i> (2016)	100 pré-molares secos, com curvatura	Comparar 5 técnicas de desobstrução +	ProTaper R Mtwo R	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos.

	(n= 20)	reinstrumentação na extrusão de material obturador	D-Race R R-Endo R Reciproc				Reciproc > ProTaper R e Mtwo R > R-Endo e D-Race.
KASAM & MARISWAMY (2016)	48 pré-molares inferiores secos (n= 12)	Comparar 4 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	lima Hedstrom lima Hedstrom modificada ProTaper R Ponta ultrassônica	Pesagem	Não	Reinstrumentação com lima Hedstrom.	Extrusão em todos os grupos. lima Hedstrom modificada > lima Hedstrom > ProTaper R > Ponta ultrassônica
UZUNOGLU & TURKER (2016)	36 pré-molares inferiores secos (n= 12)	Comparar 3 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	D-Race EdgeFile XR Reciproc	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. D-Race > EdgeFile XR > Reciproc
NEVARES <i>et al.</i> (2017)	26 canais mesiais de molares inferiores secos (n= 13)	Comparar 2 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	Reciproc ProTaper Next	Pesagem	Não	Não	Extrusão em ambos, sem diferença estatística. Reciproc = ProTaper Next
YILMAZ & OZYUREK (2017)	90 incisivos centrais superiores secos (n= 30)	Comparar 3 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	ProTaper Next Reciproc Twisted File Adaptive	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. Reciproc > Twisted File Adaptive > ProTaper Next

KESKIN & SARIYILMAZ (2018)	100 pré-molares unirradiculares secos (n= 20)	Comparar 5 técnicas de desobstrução na extrusão de material obturador	GG + lima Hedstrom Reciproc Blue Wave One Gold R-Endo ProTaper Next	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. Manual > Reciproc Blue >R-Endo > Wave One Gold = ProTaper Next
ÇANAKÇI <i>et al.</i> (2019)	100 incisivos secos (n= 20)	Comparar a extrusão de material obturador na desobstrução + reinstrumentação, em canais obturados com Resilon ou AH Plus, utilizando as técnicas de compactação lateral quente, compactação vertical quente + guta percha alfa ou beta ou condensação lateral a frio.	ProTaper R + RevoS AS40	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. compactação lateral quente + Resilon > compactação vertical quente + gutta-percha alfa + AH Plus > compactação vertical quente + gutta-percha beta + AH Plus > condensação lateral a frio + gutta-percha + AH Plus > condensação lateral a frio + Resilon
DOĞANAY YILDIZ & ARSLAN (2019)	30 molares inferiores secos (n= 15)	Comparar 2 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	M-Wire Reciproc Reciproc Blue	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. M-Wire Reciproc > Reciproc Blue

ROMEIRO <i>et al.</i> (2019)	60 molares inferiores secos, com curvatura acentuada (n= 15)	Comparar a extrusão de material obturador na desobstrução + reinstrumentação de canais obturados com BC Sealer ou AH Plus, utilizando os instrumentos Reciproc ou Reciproc Blue	Reciproc Reciproc Blue	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos, sem diferença estatística. Reciproc com BC Sealer = Reciproc com AH Plus = Reciproc Blue com BC Sealer = Reciproc Blue com AH Plus
ALOMARI <i>et al.</i> (2021)	30 pré-molares inferiores unirradiculares secos (n= 15)	Comparar 2 técnicas de desobstrução na extrusão de material obturador	Reciproc Blue XP Endo Finisher	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos, sem diferença estatística. Reciproc Blue = XP Endo Finisher
PIRANI <i>et al.</i> (2021)	40 dentes humanos unirradiculares secos (n= 10)	Comparar a extrusão de material obturador na desobstrução + reinstrumentação, em canais obturados com obturador experimental ou técnica do cone único, utilizando rotação contínua ou modo retratamento.	Grupo A: The Remover + HyFlex EDM com rotação contínua Grupo B: The Remover + HyFlex EDM em modo retratamento	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. The Remover + HyFlex EDM com rotação contínua (obturação cone único) > The Remover + HyFlex EDM em modo retratamento (obturação cone único) = The Remover + HyFlex EDM com rotação contínua (obturação experimental) = The Remover + HyFlex

							EDM em modo retratamento (obturação experimental).
SEREOFGLU <i>et al.</i> (2021)	208 molares inferiores secos com canais curvos e retos (n= 26)	Comparar 4 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	lima Hedstrom R-Endo Reciproc ProTaper R	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. Canais curvos: lima Hedstrom > ProTaper R > R-Endo > Reciproc Canais retos: Reciproc > R-Endo > ProTaper R > lima Hedstrom
GOMES <i>et al.</i> (2022)	40 raízes palatinas de molares superiores (n=20)	Comparar a extrusão de material obturador na desobstrução + reinstrumentação de dentes com preparos foraminais distintos no primeiro tratamento	Reciproc	Micro-CT e CBCT	1,5% ágar gel	Não	Extrusão em todos os grupos. Com alargamento foraminal = sem alargamento foraminal.
HASSAN <i>et al.</i> (2022)	60 pré-molares inferiores unirradiculares secos (n= 15)	Comparar 4 técnicas de desobstrução + reinstrumentação na extrusão de material obturador	Grupo 1: Gates Glidden + lima Hedstrom Grupo 2: D-Race Grupo 3: D-Race + XP Endo Finisher Grupo 4: D-Race + XP Endo Finisher R	Pesagem	Não	Não	Extrusão em todos os grupos. GG + lima H > D-Race + XP Endo Finisher R > D-Race + XP Endo Finisher > D-Race

1.4. Variáveis que influenciam a extrusão de material obturador

1.4.1. Padronização da amostra

A principal dificuldade de um estudo de retratamento endodôntico *in vivo* é a incapacidade de controlar e padronizar todos os aspectos do preparo e obturação do canal. Idealmente, um modelo experimental deve replicar o cenário clínico, permitir estandardização, ou, pelo menos, reduzir ao máximo as variáveis que podem interferir na extrusão (AJINA *et al.*, 2022).

Canais radiculares possuem morfologia bem diversificada, e uma seleção de amostras baseada somente na classificação quanto a quantidade de raízes ou grupos dentários pode ser um importante viés metodológico, relacionado à falta de padronização (DANG & WALTON, 1989; WILCOX *et al.*, 1997; BARRETO *et al.*, 2012).

Uma padronização rigorosa da morfologia dos canais radiculares é de extrema importância em estudos comparando técnicas ou procedimentos de tratamento. Neste contexto, o micro-CT tem se mostrado o método mais adequado para pareamento de dentes, pois permite o agrupamento com base em diferentes parâmetros anatômicos bi- e tridimensionais, como comprimento dos canais, volume, diâmetro e forma (KELES *et al.*, 2014; KELES *et al.*, 2015).

Para simular a situação clínica real, a utilização de dentes ainda presentes em seus respectivos maxilares humanos, conservados em formalina, pode permitir comparar os sistemas de retratamento em dentes homólogos, de uma mesma peça anatômica, posicionados em seus alvéolos, e com a presença do ligamento periodontal. Este modelo metodológico já foi utilizado com sucesso em trabalhos anteriores (CAMPELLO *et al.*, 2021), mas ainda não para os estudos de retratamento e/ou extrusão.

1.4.2. Manutenção do comprimento de trabalho

AJINA *et al.* (2022) coletaram dados de diversos estudos de retratamento endodôntico, e observaram que o comprimento de trabalho nem sempre foi padronizado. Muitas vezes as cúspides eram achatadas para fornecer um ponto de referência estável, no entanto, a padronização do comprimento da raiz é mais importante. Para eliminar a influência do tecido dentário coronário, a coroa clínica poderia ser completamente removida e o comprimento da raiz padronizado ao milímetro mais próximo, mas isso não seria possível na realidade clínica.

Como uma alternativa para solucionar esse problema, CAMPELLO *et al.* (2021) desenvolveram cursores metálicos, feitos sob medida, com parafusos nas laterais que garantiam o travamento no instrumento e asseguravam a manutenção do CT durante a instrumentação.

1.4.3. Simulação dos tecidos perirradiculares

A grande maioria do conhecimento gerado sobre extrusão é baseada em estudos *in vitro*, uma vez que estudos clínicos sobre o tema são geralmente restritos aos retrospectivos e relatos de caso de extrusão de materiais obturadores ou de acidentes com hipoclorito de sódio, ou seja, quando já se tem o desfecho. Devido a razões éticas óbvias, não é possível testar a extrusão clinicamente produzindo o fenômeno, tornando o tema extrusão um campo da ciência endodôntica ainda obscuro. Por sua vez, as metodologias tradicionalmente utilizadas nos estudos *in vitro* e *ex vivo* são muito distantes da realidade clínica (ALVES *et al.*, 2018).

Os tecidos periapicais ou mesmo as lesões perirradiculares oferecem resistência à extrusão apical na situação clínica real. Portanto, é de fundamental importância a simulação destes tecidos ou a utilização de amostras com o tecido

preservado, aproximando os resultados dos estudos de extrusão da realidade clínica (ALTUNDASAR *et al.*, 2011). Dentre estas alternativas, a utilização de dentes ainda inseridos em maxilares cadavéricos parece ser o modelo que melhor representa a clínica, já que os tecidos perirradiculares estão presentes, promovendo a natural resistência contra extrusão (CAMPELLO *et al.*, 2021).

1.5. Métodos de avaliação

1.5.1. Pesagem

Tradicionalmente, o método de pesagem tem sido empregado para avaliar a extrusão apical de detritos ao longo do tempo. Neste modelo de estudo, utiliza-se um recipiente para coleta do material extruído e o dente é introduzido em um orifício criado na tampa do tubo, até a junção amelocementária. A parte apical da raiz fica suspensa dentro do tubo, que foi pré-pesado. Uma agulha é inserida também na tampa para equalizar a pressão de ar, dentro e fora do frasco. Após a instrumentação/reinstrumentação, o tubo é removido, levado a uma estufa para evaporação do irrigante eventualmente extruído, e pesado (DOGANAY YILDIZ & ARSLAN, 2019; ALOMARI *et al.*, 2021; PIRANI *et al.*, 2021).

Todavia, estudos com o método de pesagem e suas variações têm demonstrado resultados conflitantes, tendo, portanto, sua reprodutibilidade questionada (ALVES *et al.* 2018; SILVA *et al.* 2021). Além disso, não há uma simulação dos tecidos perirradiculares, o que distancia este método da realidade clínica.

1.5.2. Micro CT

Uma década depois da invenção do tomógrafo, ELLIOTT & DOVER (1982) desenvolveram o primeiro aparelho de micro-CT. O termo “micro” neste novo

dispositivo é usado para indicar que o tamanho do pixel das secções transversais pode ser de poucos micrômetros (STOCK, 2009).

Atualmente, apesar da impossibilidade de empregar o micro-CT para imagiologia humana *in vivo*, este método tem sido considerado um dos mais precisos para o estudo da anatomia do canal radicular e avaliação dos efeitos de diferentes procedimentos de tratamento endodôntico (PETERS *et al.*, 2000; VERSIANI *et al.*, 2011; VERSIANI *et al.*, 2012; VERSIANI *et al.*, 2013).

O micro-CT usa raios X para obter secções transversais de um objeto 3D, que mais tarde podem ser usadas para recriar um modelo virtual, sem destruir a amostra (STOCK, 2009).

Um micro-CT típico consiste em uma fonte de raios X, um dispositivo motorizado de alta precisão para a rotação da amostra, uma matriz de detecção, um sistema de controle e *softwares* de computação, com recursos para reconstrução, visualização e análise (WANG & VANNIER, 2001). A fonte envia radiação através do objeto, que gira em seu próprio eixo, em uma matriz de detectores, coletando os dados de projeção. Para a digitalização, é essencial garantir que o objeto se encaixe dentro do campo de visão e não se mova durante o escaneamento. Toda a operação do scanner, incluindo exposição aos raios X, tipo de filtro, resolução, passo de rotação, ângulo de rotação, número de quadros, coleta de dados, dentre outros, é controlada por um *software*, que é o sistema que permite a configuração destes parâmetros. Depois de capturar as imagens de raios X, os dados do objeto são então usados para reconstrução. O resultado das imagens volumétricas é submetido à segmentação de imagem usando um *software*. A segmentação é um procedimento manual ou automático, que pode remover as estruturas indesejadas da imagem de acordo com a densidade do objeto. Quando aplicado a uma pilha de imagens, como no estudo da anatomia interna dos dentes, os contornos resultantes após segmentação podem ser

usados para criar modelos 3D com a ajuda de algoritmos, que podem ser visualizados e analisados usando diferentes *softwares* (KETCHAM & CARLSON, 2001).

Alves *et al.* (2018) foram os primeiros a avaliarem a extrusão apical de debris utilizando micro-CT, em dentes instrumentados. Para permitir a captação das imagens, os dentes foram inseridos em tubos preenchidos com ágar gel 1,5%, que simularam a resistência dos tecidos perirradiculares, e serviram de matriz para a coleta do material extruído. Foi possível visualizar e mensurar o volume do material, diferentemente dos métodos que utilizam a pesagem. No entanto, uma limitação desse método, é a dificuldade na visualização caso a massa formada não tenha densidade suficiente. Estudos posteriores utilizaram a mesma metodologia (SILVA *et al.*, 2021; GOMES *et al.*, 2022). Contudo, nenhum estudo prévio analisou a extrusão de materiais obturadores em retratamento, utilizando um modelo experimental simulando os tecidos perirradiculares, como o aqui descrito.

2. JUSTIFICATIVA

A extrusão de material obturador durante o retratamento endodôntico pode ter consequências prejudiciais ao paciente, como dor pós-operatória, *flare-ups* ou, até mesmo, o fracasso do retratamento endodôntico. Apesar da significativa quantidade de estudos publicados sobre o tema, *in vitro* em sua maioria, seus desenhos metodológicos distantes da realidade clínica colocam em xeque seus resultados. Em geral, são utilizados dentes humanos extraídos e secos, desprovidos de seus tecidos perirradiculares, não reproduzindo a condição clínica real. Além disso, o tradicional método de pesagem tem produzido resultados conflitantes. Neste contexto, a utilização de segmentos mandibulares ou maxilares cadavéricos, onde os dentes estão inseridos em osso alveolar e ligamento periodontal, tem maior potencial de simular as condições *in vivo*, além de possibilitar o estudo em dentes homólogos, de um mesmo indivíduo, podendo facilitar o pareamento anatômico entre os grupos, que será confirmado com micro-CT. Além disso, existe apenas um estudo de extrusão com o sistema HyFlex Remove, recém-lançado para retratamentos, mas que apresenta os problemas metodológicos supracitados. Por fim, comparar este novo sistema a outro muito difundido entre os clínicos, pode ajudá-los na melhor escolha.

3. OBJETIVO(S)

Comparar a frequência e volume de material obturador extruído após retratamento endodôntico com os sistemas HyFlex e Reciproc, em dentes de segmentos mandibulares cadavéricos conservados em formalina.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Em atendimento às normas e diretrizes da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, o presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa Humana e aprovado sob o parecer número 1.696.413 (ANEXO A).

4.1. Seleção da amostra

Cadáveres humanos, do Departamento de Anatomia Humana da Universidade Iguaçu (UNIG, Nova Iguaçu, RJ) foram inspecionados e selecionados os que possuíam caninos e pré-molares inferiores, hígidos, com seus respectivos homólogos. Os critérios de exclusão para os dentes foram: sinais aparentes de trincas ou fraturas, restaurações ou cáries extensas, reabsorções internas ou externas, rizogênese incompleta e presença de mais de um canal principal.

Segmentos de mandíbulas contendo pré-molares e caninos foram removidos dos cadáveres selecionados através de dissecação dos tecidos moles com lâminas de bisturi número 15 (Lamedid, Barueri, SP), e secção óssea com o auxílio de discos diamantados duraflex dupla face (American Burrs, Porto Alegre, RS) acionados por motor de baixa rotação, e serra manual (Platinum Saw, Hong Kong, China). Os cortes verticais foram realizados na distal dos segundos pré-molares, e os horizontais à 1 cm da base da mandíbula.

Os segmentos mandibulares foram mantidos em formalina a 10% enquanto não estavam sendo utilizados. Ao todo, foram selecionados 17 segmentos mandibulares, totalizando 28 dentes unirradiculares para o estudo.

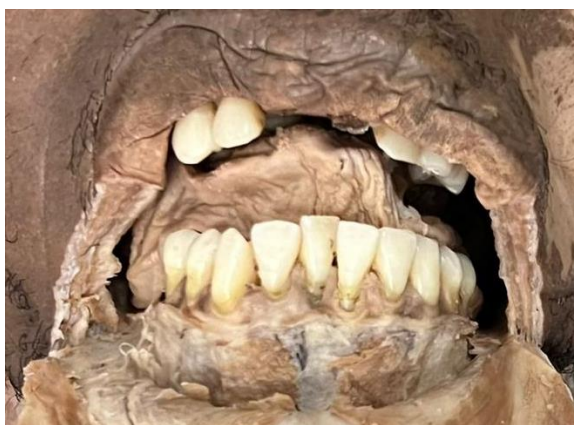


Figura 1. Mandíbula cadavérica antes da remoção do segmento que foi utilizado no estudo.

4.2. Radiografia Inicial

Todos os dentes de cada segmento mandibular selecionado foram radiografados utilizando um sensor digital NanoPix (MKLife, Porto Alegre, RS) e uma fonte de raio x Spectro 70X Seletronic (Dabi Atlante Ltda., Ribeirão Preto, SP), com potência de 70 Kvp e 8 mA. A partir destas imagens, o comprimento aparente do dente foi mensurado, e a quantidade de canais confirmada, com o auxílio do software do próprio sensor (Figura 2).



Figura 2. Radiografia inicial com sensor digital mostrando um canino e um segundo pré-molar incluídos no estudo. O primeiro pré-molar foi excluído por apresentar indícios de dois canais.

4.3. Tratamento Endodôntico

Os dentes selecionados foram acessados pela face oclusal, com broca diamantada esférica de alta rotação FG 1012/1014 e broca tronco cônica diamantada de alta rotação FG 3082 (KG SORENSE, São Paulo, SP). Foi realizado isolamento absoluto com lençol de borracha e grampo nº 209 antes dos procedimentos de instrumentação, com o objetivo de evitar contato do hipoclorito de sódio 2,5% (NaOCl) com os tecidos adjacentes e simular as condições clínicas.

Para cada dente, o canal foi irrigado com 5 ml de NaOCl 2,5% por 1 minuto, com agulha de irrigação NaviTip 30-G (Ultradent, South Jordan, UT). Em seguida, o canal foi explorado com instrumento tipo K #15 Kendo (VDW, Munique, Alemanha), e determinação do CT, a 1 mm do ápice radiográfico, confirmado radiograficamente.

A instrumentação de todos os canais ocorreu com o instrumento Reciproc R40 (VDW, Munique, Alemanha), acoplado a um contra-ângulo e acionado por um motor E-CONNECT (MKLife, Porto Alegre, RS) em movimento recíprocante, com rpm e torque recomendados pelo fabricante.

Com o objetivo de manter o instrumento limitado ao CT, e prevenir a ampliação do forame, que poderia interferir na quantidade de material extruído, cursores metálicos foram utilizados neste estudo, em todos os instrumentos.



Figura 3. Cursor metálico acoplado ao instrumento Reciproc R40.

Seguindo a recomendação do fabricante, foram realizados os movimentos de penetração e retrocesso do instrumento até o CT, 3 vezes seguidas. O preparo dos canais radiculares foi realizado por um único operador e cada instrumento foi utilizado em apenas quatro canais.

Para todos os dentes, após o uso do instrumento, foi confirmada a patência do canal com um instrumento tipo K #15 e realizada irrigação com uma agulha NaviTip 30-G, com 6 ml de NaOCl 2,5% por 1 minuto, 3 mm aquém do CT. Após a conclusão da instrumentação, cada canal foi irrigado com 6 ml de EDTA 17% (Biodinâmica Química e Farmacêutica, Ibiporã, PR), seguido de 6 ml de NaOCl 2,5% por 1 minuto. Posteriormente, os canais radiculares foram secos com cones de papel #40 (AllPrime, São José, SC), antes de serem obturados.

Para obturação foi escolhida a técnica de condensação lateral a frio, com cimento endodôntico AH Plus Jet (Dentsply Sirona, Charlotte, Carolina do Norte, EUA), associado ao cone de guta percha Reciproc R40 (VDW, Munique, Alemanha) e um cone acessório FM (Dentsply Sirona, Charlotte, Carolina do Norte, EUA), que foi introduzido após utilização de espaçador digital B (Dentsply Maillefer, Tulsa, Oklahoma, EUA). Todos os acessos foram selados com cimento provisório coltosol (Vigodent, Rio de Janeiro, RJ), e os segmentos mandibulares foram mantidos em formol a 10%, por 7 dias, a fim de garantir o endurecimento completo do cimento.

4.4. Micro-CT inicial

Cada segmento cadavérico foi fixado com cera utilidade (Lysanda, São Paulo, SP) na plataforma giratória scanner micro-CT (SkyScan 1273.v2; Brucker micro-CT, Kontich, Bélgica) e escaneado a 70 kV, 114 µA, resolução isotrópica de 14 µm, girando

360° em torno do eixo vertical, uma rotação de 0,5 a 2 quadros médios, utilizando um filtro de alumínio de espessura 1,0 mm.

Após o escaneamento, as imagens foram reconstruídas através do software N. Recon v.1.6.9.16 (Bruker micro-CT), com correção de artefato de anel de 5, correção de endurecimento de feixe de 50%, e suavização de 8 para criar cortes axiais e transversais da estrutura interna de todos os canais radiculares. Em seguida, a análise 3D quantitativa foi realizada, utilizando software CTAn v1.5.4.0 (Bruker micro-CT). Por fim, foi definido o pareamento das amostras, através do volume, e os dentes foram retratados, com dois sistemas distintos.

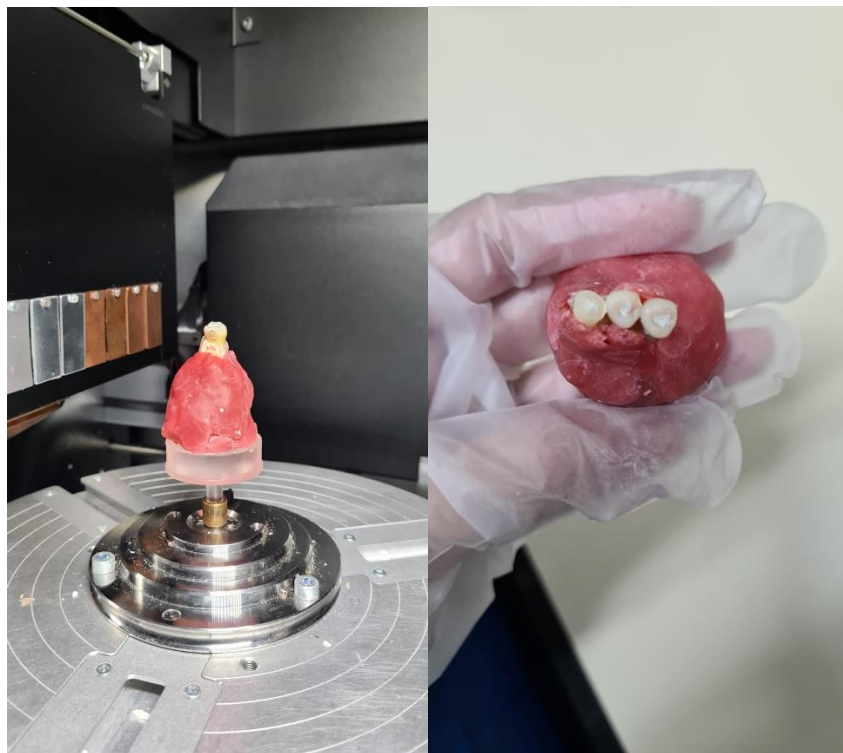


Figura 4. Segmento cadavérico fixado com cera utilidade na plataforma giratória do micro-CT.

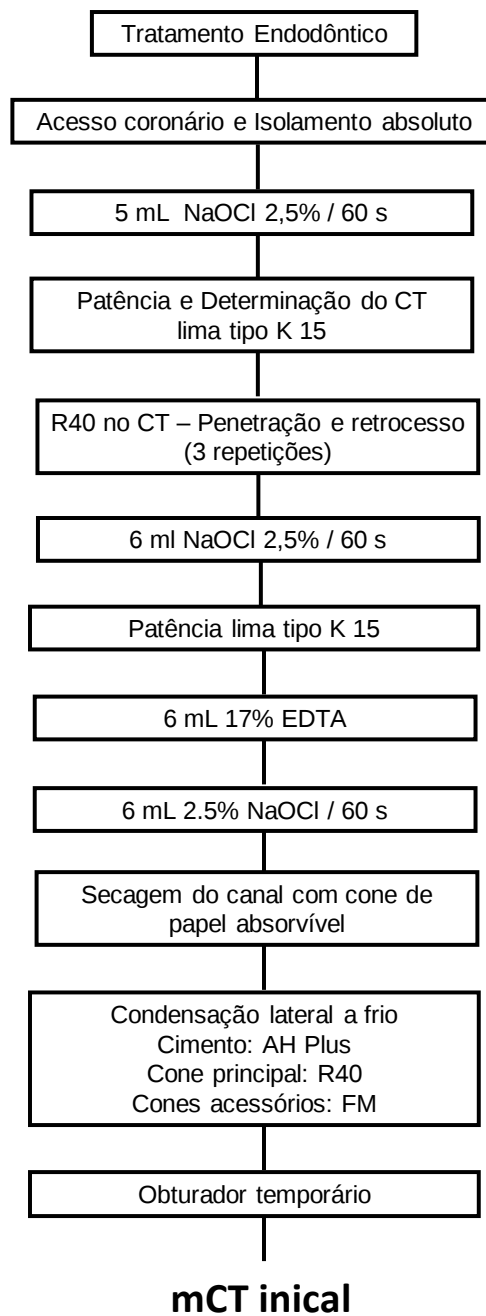


Figura 5: Fluxograma do tratamento endodôntico.

4.5. Retratamento dos canais radiculares

Isolamento absoluto foi realizado antes dos procedimentos de retratamento, em todos os dentes, com lençol de borracha e grampo nº 209, com o objetivo de evitar contato do NaOCl com os tecidos adjacentes, e simular as condições clínicas.

A partir do momento que a cavidade de acesso foi reaberta, introduziu-se a broca GG 2 (Dentsply Maillefer, Tulsa, Oklahoma, EUA) na massa obturadora até uma profundidade de 2 a 3 mm, em direção apical. Esta broca estava acoplada a um contra-ângulo e foi acionada com motor E-CONNECT em rotação contínua 1.000 rpm, e torque 1.0 N, criando um guia para os próximos instrumentos.

Após o uso das brocas GG, os canais foram irrigados com NaOCl, e dois sistemas distintos foram utilizados para o retratamento dos canais, um em cada hemiarco mandibular: HyFlex (Coltene/Whaledent, Altstätten, Suíça) em um dos hemiarcos, e Reciproc R50 (VDW, Munique, Alemanha) no outro hemiarco.

4.5.1. Sistema HyFlex

No grupo HyFlex, o instrumento Remover (30.07) foi acoplado a um contra-ângulo e acionado por um motor E-CONNECT, em rotação contínua, com velocidade 800 rpm e torque 2,0 N. cm, sendo introduzido com movimentos de penetração e retrocesso, 3 mm aquém do CT, sem pressão. Esse movimento foi repetido 3 vezes.

Após irrigação com NaOCl 2,5%, foi feita a conferência do CT, com instrumento tipo K #15, através de radiografia, e em seguida, patência. Posteriormente, o canal foi novamente irrigado com NaOCl 2,5% e reinstrumentado, até o CT, com a sequência de instrumentos HyFlex CM: 40.04 e 50.04, acoplados a um contra-ângulo e acionados por um motor E-CONNECT, em rotação contínua, com velocidade 400 rpm e torque 2,0 N.cm. O movimento de penetração e retrocesso foi repetido 3 vezes para

cada instrumento, e, no intervalo entre eles, foi realizada irrigação com NaOCl 2,5% e conferência de patência com instrumento tipo K #15.

Ao final, foi realizada irrigação com NaOCl 2,5%, e secagem do canal com cones de papel #50 (AllPrime, São José, SC), e a cavidade de acesso foi selada com Coltosol. O volume total de NaOCl 2,5% utilizado foi de 30 ml.

Um único operador foi responsável por essa etapa, e todos os instrumentos HyFlex foram descartados a cada 3 usos.

4.5.2. Sistema Reciproc

No grupo Reciproc, o instrumento R50 foi acoplado a um contra-ângulo e acionado por um motor VDW Silver (VDW, Munique, Alemanha), em movimento reciprocante, com velocidade e torque sugeridos pelo fabricante.

Na primeira etapa o instrumento foi introduzido com movimentos de penetração e retrocesso, 2/3 em direção apical, sem pressão. Esse movimento foi repetido 3 vezes.

Após irrigação com NaOCl 2,5%, foi feita a conferência do CT, com instrumento tipo K #15, através de radiografia, e em seguida, patência. Posteriormente, o canal foi novamente irrigado com NaOCl 2,5% e reinstrumentado, até o CT, com o mesmo instrumento, em 2 etapas. O movimento de penetração e retrocesso foi repetido 3 vezes para cada etapa, e no intervalo entre elas, foi realizada irrigação com NaOCl 2,5% e conferência de patência com instrumento tipo K #15.

Ao final, foi realizada irrigação com NaOCl 2,5%, e secagem do canal com cones de papel #50 (AllPrime, São José, SC), e a cavidade de acesso foi selada com Coltosol. O volume total de NaOCl 2,5% utilizado foi de 30 ml.

Um único operador foi responsável por essa etapa, e todos os instrumentos Reciproc foram descartados a cada 3 usos.

4.5.3. Condições de irrigação durante retratamento

Foi realizada irrigação com uma agulha NaviTip 30-G, 3 mm aquém do CT com o auxílio de uma bomba peristáltica, VATEA (ReDent-Nova, Ra'nana, Israel), após todos os instrumentos utilizados. O fluxo de irrigante foi de 6 ml/min e a aspiração simultânea realizada através de cânula de aspiração posicionada na coroa do dente, totalizando 5 irrigações (30 ml de NaOCl 2,5%).

4.6. Micro-CT final

Este segundo escaneamento utilizou os mesmos parâmetros descritos para o micro-CT inicial.

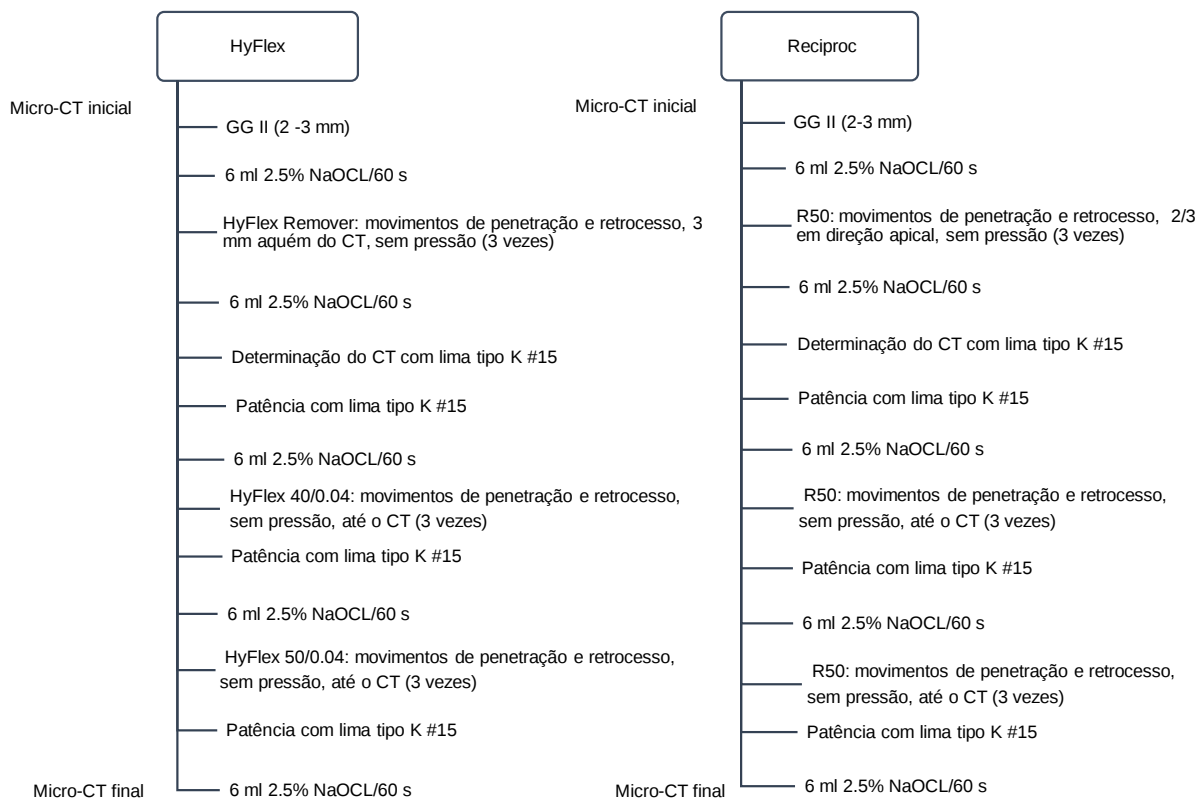


Figura 6: Fluxograma do retratamento endodôntico

4.7. Avaliação de extrusão através de micro-CT

Foram avaliados neste estudo a frequência de extrusão de material obturador após retratamento dos canais radiculares, e o volume do material extruído. Através de micro-CT, a região de interesse foi selecionada, e os debris foram quantificados usando análise tridimensional no plug-in da morfometria. O operador das análises microtomográficas desconhecia os instrumentos utilizados em cada um dos grupos experimentais.

4.8. Análise Estatística

Inicialmente, foi utilizado o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade dos dados. O volume inicial e o tempo de retratamento foram comparados entre os grupos utilizando o teste t para amostras independentes. O volume de material extruído entre HyFlex ou Reciproc foram comparados usando o teste de *Mann-Whitney*. As frequências de extrusão foram avaliadas pelo teste de *Fisher* ou *McNemar*. Todos os testes foram conduzidos usando a versão Windows do SPSS 13.0, (SPSS Inc., Chicago, IL). O limite de significância foi estabelecido em 5% ($P < 0,05$).

5. RESULTADOS

Materiais obturadores extruídos foram detectados em 3 dentes de cada grupo antes do retratamento (21,43%). A extrusão de material obturador após o retratamento ocorreu na maioria das amostras (89,29%), sendo 11 (78%) e 14 (100%) dentes para HyFlex e Reciproc, respectivamente, mas sem diferenças entre os grupos ($P > 0,05$) (Figura 7). Também não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos quanto ao volume de material extruído antes ($0,08 \text{ mm}^3$ para HyFlex e $0,14 \text{ mm}^3$ for Reciproc) e depois do retratamento ($0,27 \text{ mm}^3$ para HyFlex e $0,25 \text{ mm}^3$ para Reciproc) ($P > 0,05$) (Tabela 2). O tempo dispendido no retratamento (48,48 s para HyFlex e 47,64 s para Reciproc) ($P > 0,05$).

Tabela 2. Extrusão apical de material obturador antes e depois do retratamento com HyFlex ou Reciproc (mm^3).

Grupo	n	Volume antes			Volume depois			Diferença		
		Média $\pm$ DP	Mediana	Variação	Média $\pm$ DP	Mediana	Variação	Média $\pm$ DP	Mediana	Variação
HyFlex	14	$0,08 \pm 0,17$	0,00	0,00-0,48	$0,27 \pm 0,41$	0,05	0,00-1,34	$0,19 \pm 0,36$	0,05	0,00-1,34
Reciproc	14	$0,14 \pm 0,37$	0,00	0,00-1,26	$0,25 \pm 0,37$	0,09	0,01-1,29	$0,10 \pm 0,12$	0,06	0,01-0,40

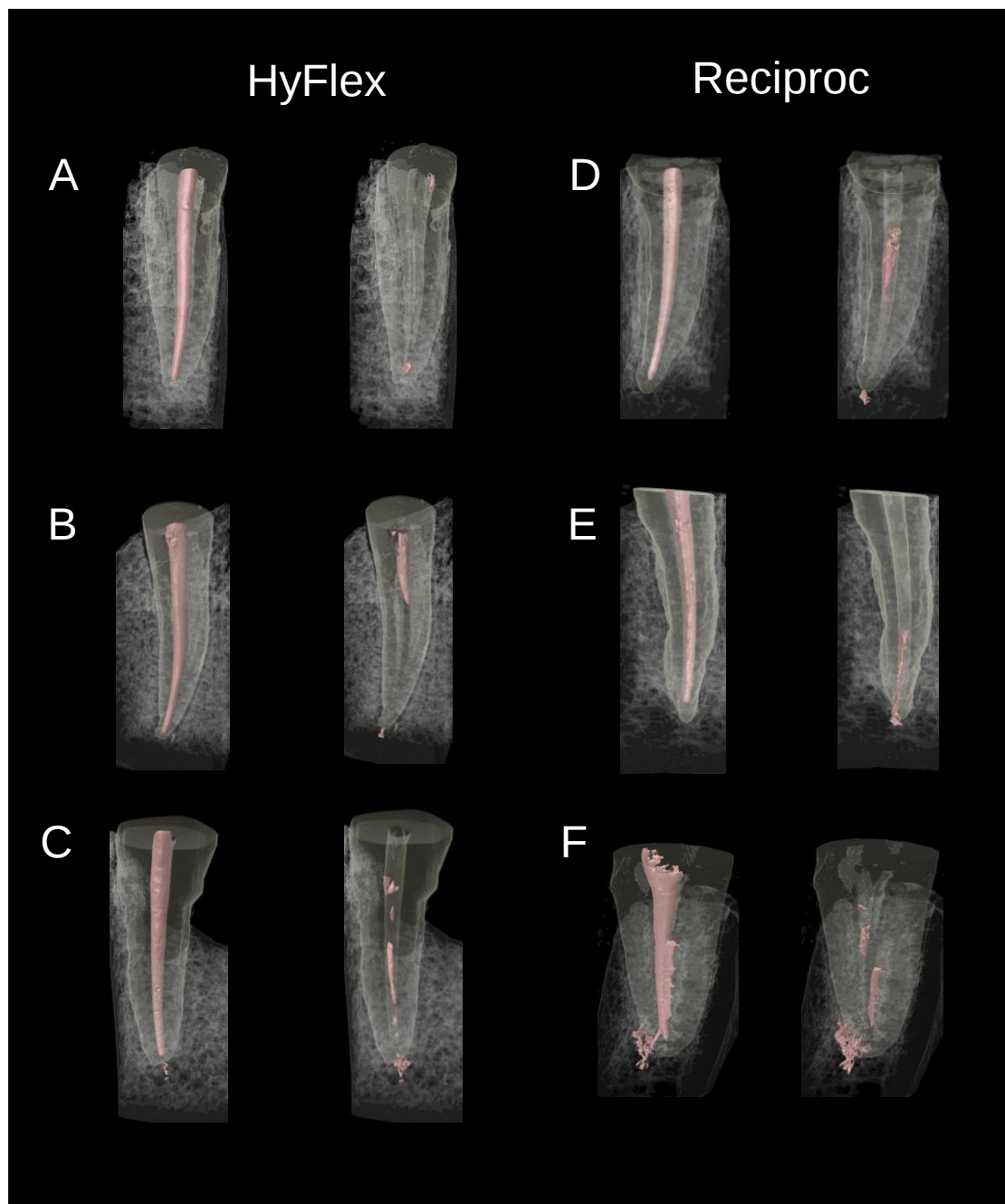


Figura 7. Reconstruções 3D das imagens de micro-CT de dentes de ambos os grupos (HyFlex e Reciproc), antes e depois do retratamento. A, sem extrusão antes e depois do retratamento. B, D, e E, sem extrusão antes, porém com extrusão depois do retratamento. C e F, com extrusão antes, e aumento após o retratamento

6. DISCUSSÃO

Apesar da extrusão de debris dentinários ser um tema amplamente estudado, a extrusão apical de material obturador ainda é um assunto pouco explorado, e apresenta muitos vieses metodológicos (Tabela 1). Tendo em vista a necessidade de novos estudos, com modelos experimentais que reduzam os vieses, e aproximem da realidade clínica, o presente estudo avaliou a extrusão apical de material obturador após retratamento endodôntico, utilizando um novo modelo experimental que comparou um sistema rotatório mecanizado recém-lançado no mercado, chamado HyFlex Remove, a um sistema recíprocante popular, chamado Reciproc.

6.1. Modelo experimental

O modelo experimental foi desenvolvido, utilizando amostras cadavéricas, com dentes inseridos em seu osso alveolar original e ligamento periodontal preservado. Nenhum estudo anterior de retratamento usou cadáveres humanos para avaliar a extrusão apical. A vantagem dessas amostras é a presença do ligamento periodontal, que oferece a resistência natural à extrusão do material obturador para a região apical (CAMPELLO *et al.* 2021, ALVES *et al.*, 2018). De fato, as condições clínicas poderiam ser melhor simuladas em comparação com dentes secos, geralmente usados em estudos de retratamento sem qualquer anteparo para representar os tecidos periapicais (SILVA *et al.*, 2014; TOPÇUOĞLU *et al.*, 2014; DINCER *et al.*, 2015; BILGI *et al.*, 2016).

Entretanto, alguns estudos anteriores que utilizaram dentes secos, simularam os tecidos periapicais através do uso de ágar gel 1,5% (LU *et al.*, 2013; ALVES *et al.*, 2018; CABREIRA *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2021). No estudo de LU *et al.* (2013),

foram comparados grupos com simulação de tecidos e sem simulação de tecidos, e comprovou-se que a extrusão nos retratamentos é mais significativa em grupos onde essa simulação não foi realizada. Essa evidência põe em xeque achados de estudos com dentes secos sem nenhum aparato para simular os tecidos perirradiculares, pois os resultados podem ser superestimados. A escolha de um modelo experimental que utilize amostras de dentes com tecido periapical presente, simula melhor as condições clínicas.

6.2. Métodos de avaliação

Outro viés comum dos estudos de extrusão está relacionado ao método de pesagem, onde os materiais extruídos são coletados em tubos vazios. Neste modelo experimental, o material extruído que fica retido na superfície externa da raiz geralmente não é capturado, causando uma menor coleta de material, e com isso subestimando a extrusão. Além disso, os irrigantes extruídos podem não ser completamente secos antes da pesagem, resultando em um peso maior na coleta, e consequentemente superestimando a extrusão.

A imagem de micro-CT foi poucas vezes utilizada para detectar e quantificar detritos extruídos apicalmente (ALVES *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2021; GOMES *et al.*, 2022; CANALI *et al.*, 2019). No presente estudo, a análise de micro-CT mostrou que a extrusão ocorreu na maioria das amostras (89,29%), e ambos os sistemas de retratamento produziram uma frequência e volume semelhantes de material obturador extruído apicalmente (0.27 mm³ para HyFlex e 0.25 mm³ para Reciproc). Isso corrobora outros estudos que não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre instrumentos reciprocantes e rotatórios em relação ao peso do material obturador extruído (NEVARES *et al.*, 2017; ALOMARI *et al.*, 2021).

6.3. Pareamento das amostras

Um dos destaques deste novo modelo experimental foi o uso de dentes contralaterais durante o experimento, tornando possível a comparação dos dois sistemas em dentes homólogos. Em estudos utilizando dentes secos essa comparação se torna mais difícil, pois a coleta das amostras ocorre geralmente em bancos de dentes, não havendo garantia de que se trata de dentes do mesmo indivíduo. Para assegurar a padronização, foram incluídos apenas dentes unirradiculares, com um único canal principal, reduzindo os riscos de acúmulo de detritos de material obturador em regiões de istmos ou outros canais, o que poderia diminuir a quantidade de material extruído apicalmente (CABREIRA *et al.*, 2019). Todos os segmentos mandibulares foram escaneados em micro-CT antes da divisão dos grupos, para confirmar o pareamento das amostras.

6.4. Técnicas mecanizadas utilizadas no estudo

Apesar de muitos estudos compararem sistemas rotatórios com sistemas reciprocantes na extrusão apical de material obturador (LU *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014; BILGI *et al.*, 2016; SEREFOGLU *et al.*, 2021; DINCER *et al.*, 2015; ALOMARI *et al.*, 2021), os resultados são muito conflitantes. Dentre estes, apenas um estudo utilizou um aparato para simular a resistência dos tecidos periapicais (LU *et al.*, 2013) e todos utilizaram o método de pesagem, tornando seus resultados muito distantes da realidade clínica.

No presente estudo o sistema rotatório de escolha foi o HyFlex. O instrumento HyFlex Remove, recém-lançado no mercado e desenvolvido exclusivamente para remoção de guta-percha no retratamento endodôntico, trabalhou em 2/3 do canal.

Para complementar a remodelação do canal, os instrumentos HyFlex CM 40.04 e 50.04 foram utilizados até o CT.

O sistema recíprocante de escolha foi o Reciproc, que já havia sido utilizado em estudos anteriores (LU *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014; BILGI *et al.*, 2016; SEREFOGLU *et al.*, 2021; DINCER *et al.*, 2015; ALOMARI *et al.*, 2021), sendo comprovada sua eficácia na remoção de guta-percha, apesar de não ser um instrumento desenvolvido para esta finalidade. O instrumento R50 trabalhou no canal em 3 ciclos, sendo o primeiro ciclo em apenas 2/3 do canal, e os 2 ciclos seguintes até o CT. Essa técnica foi utilizada para se aproximar à utilizada no outro sistema, resultando em tempos semelhantes de retratamento (48,48 s para HyFlex e 47,64 s para Reciproc) ($P > 0,05$)

Embora o instrumento Reciproc R50 (50.05) tenha um *taper* apical maior que o instrumento HyFlex CM 50 (50.04), o volume de material extruído foi semelhante entre os grupos. Nenhum outro estudo confrontou esses sistemas em relação à extrusão de material obturador, dificultando comparações.

6.5. Volume de material obturador extruído

Não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos quanto ao volume de material extruído (0.27 mm³ para HyFlex e 0.25 mm³ para Reciproc). Este resultado pode estar associado às condições padronizadas de anatomia do canal radicular, irrigação e comprimento de trabalho (ALVES *et al.*, 2022). Nessas condições, estudos têm mostrado que diferenças de conicidade, ponta e formato da secção transversal, bem como o modo de operação e o número de instrumentos utilizados, não conseguiram promover diferenças significativas na

extrusão de materiais obturadores (TOPÇUOĞLU *et al.*, 2014; ÇANAKÇI *et al.*, 2016; NEVARES *et al.*, 2017).

6.6. Amostras sobreobturadas

Apesar da utilização de cursores metálicos em todos os instrumentos para a manutenção do CT, o extravasamento de cimento endodôntico ocorreu durante a obturação de 6 amostras. Com o objetivo de verificar se a extrusão de material obturador aumenta nesses casos, 3 amostras foram retratadas com o sistema HyFlex e 3 amostras foram retratadas com o sistema Reciproc.

Nestes casos, o volume de material extruído aumentou mais de 3 vezes com HyFlex e quase 2 vezes com Reciproc, em média. No entanto, a diferença de material extruído, subtraindo o volume antes e depois do retratamento, foi semelhante para HyFlex e Reciproc ($P > 0,05$).

7. CONCLUSÕES

Em conclusão, a frequência de extrusão de material obturador após retratamento foi de 78% e 100% para HyFlex e Reciproc, respectivamente, mas sem diferenças entre os grupos. Também não foram verificadas diferenças quanto ao volume de material extruído e tempo dispendido no retratamento. Nos casos com sobreobturação prévia, o volume de material extruído aumentou mais de 3 vezes com HyFlex e quase 2 vezes com Reciproc, em média.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ajina MA, Shad PK, Chong BS (2022). Critical analysis of research methods and experimental models to study removal of root filling materials. *International Endodontic Journal* 55, 119-152.

Akpınar KE, Altunbas D, Kustarci A (2012). The efficacy of two rotary NiTi instruments and H-files to remove gutta-percha from root canals. *Medicina Oral Patologia Oral y Cirurgia Bucal* 17, 506-511.

Al-Obaida MI, Merdad K, Alanazi MS, Altwajiry H, AlFaraj M, Alkhamis AA, Al-Madi EM (2019). Comparison of cyclic fatigue resistance of 5 heat-treated nickel-titanium reciprocating systems in canals with single and double curvatures. *Journal of Endodontics* 45, 1237-1241.

AlOmari T, Mustafa R, Al-Fodeh R, El-Farraj H, Khaled W, Jamleh A (2021). Debris extrusion using Reciproc Blue and XP-Endo Shaper systems in root canal retreatment. *International Journal of Dentistry* 2021, 6697587.

Alves FRF, Paiva PL, Marcelino-Alves MF, Cabreira LJ, Lima KC, Siqueira Jr JF, Rôças IN, Provenzano JC (2018). Bacteria and hard tissue debris extrusion and intracanal bacterial reduction promoted by XP-Endo Shaper and Reciproc instruments. *Journal of Endodontics* 44, 1173-1178.

Alves FRF, Rôças IN, Almeida BM, Neves MAS, Zoffoli J, Siqueira JF, Jr. (2012). Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *International Endodontic Journal* 45, 871-877.

Alves FRF, Rôças IN, Provenzano JC, Siqueira JF, Jr. (2022). Removal of the previous root canal filling material for retreatment: implications and techniques. *Applied Sciences* 12.

Altundasar E, Nagas E, Uyanik O, Serper A (2011). Debris and irrigant extrusion potential of 2 rotary systems and irrigation needles. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 112, 31-35.

Arias A, Perez-Higueras JJ, de la Macorra JC (2012). Differences in cyclic fatigue resistance at apical and coronal levels of Reciproc and WaveOne new files. *Journal of Endodontics* 38, 1244-1248.

Arias A, de la Macorra JC, Hidalgo JJ, Azabal M (2013). Predictive models of pain following root canal treatment: a prospective clinical study. *Internacional Endodontic Journal* 46, 784-793.

Barreto MS, Moraes RA, da Rosa RA, Moreira CHC, Só MVR, Bier CAS (2012). Vertical root fractures and dentin defects: effects of root canal preparation, filling, and mechanical cycling. *Journal of Endodontics* 38, 1135-1139.

Bilgi K, Kösele I, Güneri P, Hülsmann M, Çaliskan MK (2017). Efficiency and apical extrusion of debris: a comparative ex vivo study of four retreatment techniques in severely curved root canals. *International Endodontic Journal* 50, 910-918.

Bürklein S, Tsotsis P, Schäfer E (2013). Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *Journal of Endodontics* 39, 501-504.

Cabreira LJ, Gominho LF, Rocas IN, Dessaune-Neto N, Siqueira JF, Jr., Alves FR (2019). Quantitative analysis of apically extruded bacteria following preparation of curved canals with three systems. *Australian Endodontic Journal* 45,79-85.

Cakici F, Cakici EB, Küçükekenci FF (2016). Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with two different rotary systems followed by a self-adjusting file. *The International Journal of Artificial Organs* 39, 68-71.

Campello AF, Marceliano-Alves MF, Siqueira Jr JF, Fonseca SC, Lopes RT, Alves FRF (2021). Unprepared surface areas accumulated hard tissue debris, and dentinal crack formation after preparation using reciprocating or rotary instruments: a study in human cadavers. *Clinical Oral Investigations* 25, 6239-6248.

Çanakçı BC, Er O, Dincer A (2015). Do the sealer solvents used affect apically extruded debris in retreatment? *Journal of Endodontics* 41,1507-1509.

Çanakçı BC, Ustun Y, Er O, Sen OG (2016). Evaluation of apically extruded debris from curved root canal filling removal using 5 nickel-titanium systems. *Journal of Endodontics* 42,1101-1104.

Çanakçı BC, Sungur R, Er O (2019). Comparison of warm vertical compaction and cold lateral condensation of α , β gutta-percha and Resilon on apically extruded debris during retreatment. *Nigerian Journal of Clinical Practice* 22, 926-931.

Canali LCF, Duque JA, Vivan RR, Bramante CM, Só MVR, Duarte MAH (2019). Comparison of efficiency of the retreatment procedure between Wave One Gold and Wave One systems by micro-CT and confocal microscopy: an in vitro study. *Clinical Oral Investigation* 20, 2235-2240.

Dang DA, Walton RE (1989). Vertical root fracture and root distortion: effect of spreader design. *Journal of Endodontics* 15, 294-301.

De-Deus G, Belladonna FG, Souza EM, Silva EJNL, Neves AA, Alves H, Lopes RT, Versiani MA (2015). Micro-computed tomographic assessment on the effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems on dentinal cracks. *Journal of Endodontics* 41,1116-1119.

Dincer AN, Er O, Canakci BC (2015). Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with several NiTi systems. *International Endodontic Journal* 48, 1194-1198.

Doğanay Yildiz E, Arslan H (2019). The effect of blue thermal treatment on endodontic instruments and apical debris extrusion during retreatment procedures. *International Endodontic Journal* 52,1629-1634.

Dotto L, Sarkis-Onofre R, Bacchi A, Pereira GKR (2020). The use of solvents for gutta-percha dissolution/removal during endodontic retreatments: A scoping review. *Journal of Biomedical Materials* 109, 890-901.

Elliott JC, Dove SD (1982). X-ray microtomography. *Journal of Microscopy* 126, 1365-2818.

Friedman S, Stabholz A (1986). Endodontic retreatment-case selection and technique. Part 1: Criteria for case selection. *Journal of Endodontics* 12, 28-33.

Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GTM, Kawakami DAS (2012). Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *Journal of Endodontics* 38, 684-687.

Gazzaneo I, Vieira GCS, Pérez AR, Alves FRF, Gonçalves LS, Mdala I, Siqueira Jr JF, Rôças IN (2019). Root canal disinfection by single- and multiple instrument systems: effects of sodium hypochlorite volume, concentration, and retention time. *Journal of Endodontics* 45, 736-741.

Gomes ILL, Alves FRF, Marceliano-Alves MF, Silveira SB, Provenzano JC, Gonçalves LS (2021). Canal transportation using Mani GPR or HyFlex NT during the retreatment of curved root canals: A micro-computed tomographic study. *Australian Endodontic Journal* 47, 73-80.

Gomes TC, Coelho JA, Pinheiro LR, Duarte MAH, Rodrigues PA (2022). Influence of apical diameter on filling material extrusion during retreatment – a micro-CT and CBCT evaluation. *Brazilian Dental Journal* 33, 13-19.

Hassan E, Sharaan M, Ragab M (2022). Cleaning efficacy and debris extrusion using XP-Endo Finisher and XP-Endo Finisher R as supplementary files during retreatment: an in vitro study. *European Endodontic Journal* 7, 40-46.

Huang X, Ling J, Wei X, Gu L (2007). Quantitative evaluation of debris extruded apically by using ProTaper Universal Tulsa rotary system in endodontic retreatment. *Journal of Endodontics* 33,1102-1105.

Kasam S, Mariswamy AB (2016). Efficacy of different methods for removing root canal filling material in retreatment - an in-vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 06-10.

Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani A (2014). Oval-shaped canal retreatment with self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *Clinical Oral Investigations* 18, 1147-1153.

Keleş A, Arslan H, Kamalak A, Akçay M, Sousa-Neto MD, Versiani MA (2015). Removal of filling materials from oval-shaped canals using laser irradiation: a micro-computed tomographic study. *Journal of Endodontics* 41, 2019-2024.

Keskin C, Sariyilmaz E (2018). Apically extruded debris and irrigants during root canal filling material removal using Reciproc Blue, WaveOne Gold, R-Endo and ProTaper

Next systems. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects* 12, 272-276.

Ketcham RA, Carlson WD (2001). Acquisition, optimization, and interpretation of X-ray computed tomographic imagery: applications to the geosciences. *Comput Geosci* 27, 381-400.

Khedmat S, Azari A, Shamshiri AR, Fadae M, Fakhar HB (2016). Efficacy of ProTaper and Mtwo Retreatment Files in removal of gutta-percha and GuttaFlow from root canals. *Iranian Endodontic Journal* 11, 184-187.

Ladley RW, Campbell AD, Hicks ML, Li SH (1991). Effectiveness of halothane used with ultrasonic or hand instrumentation to remove gutta-percha from the root canal. *Journal of Endodontics* 17, 221-224.

Landrigan MD, Flatley JC, Turnbull TL, Kruzic JJ, Ferracane JL, Hilton TJ, Roeder RK (2010). Detection of dentinal cracks using contrast-enhanced micro-computed tomography. *Journal of Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 3, 223-227.

Lu Y, Wang R, Zhang L, Li HL, Zheng QH, Zhou XD, Huang DM (2013). Apically extruded debris and irrigant with two NiTi systems and hand files when removing root fillings: a laboratory study. *Internacional Endodontic Journal* 46, 1125-1130.

Nevares G, Romeiro K, Albuquerque D, Xavier F, Fogel H, Freire L, Cunha R (2017). Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment using ProTaper Next and Reciproc in severely curved canals. *Iranian Endodontic Journal* 12, 323-328.

Paqué F, Zehnder M, De-Deus G (2011). Microtomography-based comparison of reciprocating single-file F2 ProTaper technique versus rotary full sequence. *Journal of Endodontics* 37, 1394-1397.

Peters OA, Laib A, Rügsegger P, Barbakow F (2000). Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *Journal of Dentistry Research* 79, 1405-1409.

Pirani C, Iacono F, Zamparini F, Generali L, Prati C (2021). Retreatment of experimental carrier-based obturators with the Remover NiTi instrument: evaluation of apical extrusion and effects of new kinematics. *International Journal of Dentistry* 2021, 2755680.

Romeiro K, Almeida A, Cassimiro M, Gominho L, Dantas E, Chagas N, Velozo C, Freire L, Albuquerque D (2020). Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures. *Clinical Oral Investigations* 24, 405-416.

Seago ST, Bergeron BE, Kirkpatrick TC, Roberts MD, Roberts HW, Himel VT, Sabey KA (2015). Effect of repeated simulated clinical use and sterilization on the cutting efficiency and flexibility of HyFlex CM nickel-titanium rotary files. *Journal of Endodontics* 41, 725-728.

Serefoglu B, Demirci GK, Kurt SM, Bilgi IK, Çalışkan MK (2021). Impact of root canal curvature and instrument type on the amount of extruded debris during retreatment. *Restorative Dentistry & Endodontics* 46,1-13.

Silva EJNL, Moura SG, Lima CO, Barbosa AFA, Misael WF, Lacerda MFLS, Sassone LM (2021). Shaping ability and apical debris extrusion after root canal preparation with rotary or reciprocating instruments: a micro-CT study. *Restorative Dentistry & Endodontics* 46, 1-11.

Silva EJNL, Sá L, Belladonna FG, Neves AA, Accorsi-Mendonça T, Vieira VTL, De-Deus G, Moreira EJ (2014). Reciprocating versus rotary systems for root filling removal: assessment of the apically extruded material. *Journal of Endodontics* 40, 2077-2080.

Stock SR (2009). *Microcomputed tomography: methodology and applications*. CRC Press,331.

Topçuoğlu HS, Akti A, Tuncay Ö, Dinçer AN, Düzgün S, Topçuoğlu G (2014). Evaluation of debris extruded apically during the removal of root canal filling material using ProTaper, D-RaCe, and R-Endo rotary nickel-titanium retreatment instruments and hand files. *Journal of Endodontics* 40, 2066-2069.

Türker SA, Uzunoğlu E, Sağlam BC (2015). Evaluation of the amount of apically extruded debris during retreatment of root canals filled by different obturation techniques. *Nigerian Journal of Clinical Practice* 18, 802-806.

Uezu MKN, Britto MLB, Nabeshima CK, Pallotta RC (2010). Comparison of debris extruded apically and working time used by ProTaper Universal rotary and ProTaper retreatment system during gutta-percha removal. *Journal of Applied Oral Science* 18, 542-545.

Uzunoglu E, Turker SA (2016). Impact of different file systems on the amount of apically extruded debris during endodontic retreatment. *European Journal of Dentistry* 10, 210-214.

Versiani MA, Pécora JD, Sousa-Neto MD (2011). The anatomy of two-rooted mandibular canines determined using micro-computed tomography. *International Endodontic Journal* 44, 682-687.

Versiani MA, Pécora JD, Sousa-Neto MD (2012). Root and root canal morphology of four-rooted maxillary second molars: a micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics* 38, 977-982.

Versiani MA, Leoni GB, Steier L, De-Deus G, Tassani S, Pécora JD, Sousa-Neto MD (2013). Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. *Journal of Endodontics* 39,1060-1066.

Wang G, Vannier MW (2001). Overview on micro-CT scanners for biomedical applications. *Advanced Image* 16, 22-27.

Wilcox LR, Roskelley C, Sutton T (1997). The relationship of root canals enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *Journal of Endodontics* 23, 533-534.

Yilmaz K, Özyürek T (2017). Extruded debris after retreatment procedure with Reciproc, ProTaper Next, and Twisted File Adaptive instruments. *Journal of Endodontics* 43, 648-651.

9.1. ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

UNIVERSIDADE ESTÁCIO DE
SÁ/ UNESA/RJ



Continuação do Parecer: 1.686.413

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Solicita dispensa de TCLE pois a pesquisa será realizada em peças anatômicas pertencentes ao Departamento de Anatomia Humana da Universidade Iguaçu. É apresentado um documento como autorização do responsável pelo referido departamento para que a pesquisa seja desenvolvida.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este comitê aprova o projeto e solicita envio de relatório ao final da pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_P ROJETO_723177.pdf	04/07/2016 21:23:28		Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto040716.pdf	04/07/2016 21:22:59	Andrea Fagundes Campello	Aceito
Outros	autorizacaodois.pdf	27/06/2016 14:28:19	Andrea Fagundes Campello	Aceito
Outros	autorizacaoum.pdf	27/06/2016 14:27:49	Andrea Fagundes Campello	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pb.docx	27/06/2016 14:25:31	Andrea Fagundes Campello	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 25 de Agosto de 2016

Assinado por:
Luciana de Paula Lima e Schmidt de Andrade
(Coordenador)

Endereço: Avenida Presidente Vargas, 642, 22o andar
Bairro: Centro CEP: 20.071-001
UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2206-9726 E-mail: cep.unesa@estacio.br

Artigo 01

Monteiro TM, Cortes-Cid VO, Marceliano-Alves MF, Campello AF, Bastos LF, Lopes RT, Siqueira Jr JF, Alves FRF. Intracanal removal and apical extrusion of filling material after retreatment using rotary or reciprocating instruments: A new approach using human cadavers.

ORIGINAL ARTICLE

Intracanal removal and apical extrusion of filling material after retreatment using rotary or reciprocating instruments: A new approach using human cadavers

Thamyres M. Monteiro¹ | Victor O. Cortes-Cid¹ | Marilia F. V. Marceliano-Alves² |
Andrea F. Campello^{1,2} | Luan F. Bastos³ | Ricardo T. Lopes³ | José F. Siqueira Jr^{1,2} |
Flávio R. F. Alves^{1,2}

¹Postgraduate Program in Dentistry, University of Grande Rio (UNIGRANRIO), Duque de Caxias, Brazil

²Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Iguazu University (UNIG), Nova Iguaçu, Brazil

³Department of Nuclear Energy, Rio de Janeiro Federal University, Rio de Janeiro, Brazil

Correspondence

Flávio Rodrigues Ferreira Alves, Postgraduate Program in Dentistry, University of Grande Rio (UNIGRANRIO), 1160, Duque de Caxias, RJ 25071-202, Brazil.
Email: flavioferreiraalves@gmail.com

Abstract

Aim: This study compared intracanal removal of filling as well as the frequency and volume of extruded material after retreatment with either HyFlex or Reciproc instruments in mandibular teeth from cadavers.

Methodology: The root canals of 14 pairs of contralateral single-rooted teeth in mandibles of cadavers were instrumented with Reciproc R40 and filled using lateral compaction. The mandibles were scanned in a micro-computed tomographic (micro-CT) device before and after retreatment procedures. The contralateral teeth were assigned to two groups ($n=14$) according to the retreatment protocol using either HyFlex or Reciproc instrument systems. In the HyFlex group, the HyFlex Remover instrument was worked 3 mm short of the working length (WL), followed by HyFlex CM 40.04 and 50.04 at the WL. In the Reciproc group, the R50 instrument was worked up at the coronal two thirds, followed by two more cycles until the WL was reached. Pre- and post-operative micro-CT images were analysed for extrusion and intracanal removal of filling material.

Results: After retreatment, extrusion of filling material occurred in 11 (78%) and 14 (100%) teeth from HyFlex and Reciproc groups respectively ($p>.05$). A similar volume of extruded material was observed after retreatment with both systems ($p>.05$). A significant decrease in the intracanal filling volume was verified after retreatment with both tested systems ($p<.05$). However, residual filling material was found in all root canals, regardless of the system. The amount of filling material removed (HyFlex = 80.8%; Reciproc = 65.9%) and the operation time was similar between systems ($p>.05$).

Conclusions: A high frequency of filling material extrusion was observed after retreatment with the two systems in a cadaver model, with no significant difference between them. Both protocols obtained similar efficacy in filling material removal procedures, although none completely cleaned the canals.

KEYWORDS

endodontic retreatment, reciprocating single-file system, root canal preparation, rotary instruments

INTRODUCTION

One of the most critical and challenging steps during root canal retreatment is removing the previous filling material, because of the risk of accidents such as zip, deviations and extrusion of debris (Alves et al., 2022). Extruded debris can lead to post-operative pain, flare-up or even compromise the long-term healing of apical periodontitis (Siqueira, 2003). Furthermore, remnants of intracanal filling material may block access to antimicrobial irrigants and medications to sites where bacteria may persist and perpetuate the infectious process (Arnold et al., 2013).

Regardless of the retreatment protocol, apical extrusion of filling material is commonly reported (Kasikci Bilgi et al., 2017; Topcuoglu et al., 2020). Numerous laboratory studies have evaluated the apical extrusion of filling material during retreatment (AlOmari et al., 2021; Serefoglu et al., 2021; Yilmaz & Ozyurek et al., 2017; Dincer et al., 2015). However, most have not simulated the resistance imposed by the periapical tissues to extrusion; consequently, the results may have limited relevance. Since it is unfeasible to determine the amount of apically extruded material in the clinical setting, using teeth still in their natural sockets in the human jaws, like in cadavers, seems to be the best model to approach the natural resistance against extrusion (Campello et al., 2021).

To evaluate apically extruded debris, Alves et al. (2018) recently proposed a new method that consists of a quantitative analysis of the volume of extruded debris using micro-computed tomography (micro-CT) scanning. However, no study evaluated the apical extrusion of filling material using this method. Because of its nondestructive nature, preoperative and post-operative scans can be superimposed to evaluate and compare the amount of filling material between the first and second treatment procedures.

Reciprocating instruments are very popular amongst clinicians, and despite being designed for root canal instrumentation, they have also been used for retreatment (Rödig et al., 2014). When different kinematics applied to the instruments are compared in retreatment, the results of filling material extrusion are conflicting. Some studies have shown reciprocating instruments causing more significant extrusion (Lu et al., 2013; Serefoglu et al., 2021; Yilmaz & Ozyurek, 2017), others showed greater extrusion with rotary files (Dincer et al., 2015; Kasikci Bilgi et al., 2017; Silva et al., 2014) and some found no significant differences between them (AlOmari et al., 2021; Nevares et al., 2017).

Efforts have been made to develop specific instruments for retreatment. In this regard, the Coltene/Whaledent company (Altstätten, Switzerland) has recently introduced a new instrument named HyFlex Remover®, designed to remove Gutta-percha during

retreatments. This file consists of a 30/.07 single instrument with a variable offset blade, noncutting tip and triple helix section. It is treated with a heat treatment (C-Wire) to improve flexibility and enhance shape memory (Pirani et al., 2021). The manufacturer recommends using conventional instruments, such as HyFlex EDM or CM, to promote canal remodelling after filling material removal.

Based on these premises, this study aimed to compare the apical extrusion and intracanal removal of filling material during retreatment using either HyFlex or Reciproc instrument systems in teeth from mandibles of human cadavers. The null hypothesis was that there are no differences between the tested instruments in both analyses.

MATERIALS AND METHODS

Specimen selection

The Institutional Ethics Committee approved the study protocol (approval report number 1.696.413). The article of this laboratory study has been written according to Preferred Reporting Items for Laboratory Studies in Endodontology (PRILE) 2021 guidelines (Nagendrababu et al., 2021). The sample size was determined based on a previous study (Nevares et al., 2016) that utilized micro-CT to assess filling material removal. To achieve a statistical significance level (alpha) of 5% and a power of 80%, a minimum sample size of 12 per group was deemed necessary. Human cadavers from the Department of Human Anatomy were inspected, and after initial evaluation, those with mandibular canines and premolars, with their respective contralaterals, were selected. Exclusion criteria were based on inspection and initial micro-CT evaluations (described below): teeth with extensive restorations or caries, apparent signs of cracks or fractures, internal or external root resorption, immature apices and more than one canal. Cadaveric segments containing the premolars and canines were obtained through soft tissue dissection with scalpel blades #15 (Lamedid, Barueri, SP, Brazil) and bone sectioning with the aid of double-sided duraflex diamond discs (American Burrs, Porto Alegre, RS, Brazil). Vertical sections were made distally to the second premolars, and horizontal sections were 1 cm from the base of the jaw. The specimens were kept in 10% formaldehyde until use. Altogether, 17 cadaveric segments were obtained, totalling 28 single-rooted teeth. The selected teeth were radiographed using a NanoPix digital sensor (MKLife, Porto Alegre, RS, Brazil) and a Spectro 70X Seletronic source (Dabi Atlante Ltda., Ribeirão Preto, SP, Brazil) with a power of 70 Kvp and 8 mA.

Root canal treatment

The same operator performed the root canal preparation and obturation. The coronal access cavity was prepared using diamond burs #1012/1014 and #3082 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brazil). Before canal preparation, each specimen was isolated with a rubber dam to simulate clinical conditions. The canal was irrigated with 6 mL of 2.5% NaOCl for 1 min with a NaviTip 30-G needle (Ultradent, South Jordan, UT). Afterwards, it was explored using a K-file #15 (Kendo, VDW, Munich, Germany), and the working length (WL) was determined 1 mm short of the radiographic apex. In sequence, the Reciproc R40 instrument (VDW) was powered using a torque-limited electric motor (VDW Silver, VDW) in reciprocating movement, with rpm and torque recommended by the manufacturer. Metallic cursors were used in all instruments to guarantee the maintenance of the WL and prevent enlargement of the apical foramen. The R40 instrument (40/.06) was moved apically using in-and-out pecking motions. After three pecking motions, the instrument was withdrawn and cleaned, the canal was irrigated with 6 mL of 2.5% NaOCl for 1 min and patency was checked with a K-file #15. These approaches were performed three times until the R40 instrument reached the WL. After completion of the instrumentation, the canal was irrigated with 6 mL 17% EDTA (Biodinâmica Química e Farmacêutica, Ibiaporã, PR, Brazil), followed by 6 mL 2.5% NaOCl for 1 min. Subsequently, the root canals were dried with #40 paper points (AllPrime, São José, SC, Brazil) before filling. The cold lateral compaction technique was used for obturation, with AH Plus Jet sealer (Dentsply Sirona, Charlotte, NC), associated with a Gutta-percha cone Reciproc R40 (VDW) and one accessory cone (#FM, Dentsply Sirona), inserted into the canal after using a #B spreader (Dentsply Sirona). All access cavities were sealed temporarily with Coltosol (Vigodent, Rio de Janeiro, RJ, Brazil), and the specimens were kept in 10% formaldehyde for 7 days to permit the sealer to set.

Initial micro-CT scanning and analysis

The mandibular segments were scanned in a micro-CT scanner (SkyScan 1273.v2; Bruker micro-CT, Kontich, Belgium) at 70 kV, 114 mA, 14 µm pixel size, 360° around the vertical axis, rotation step of .5 and two average frames using a 1.0-mm-thick aluminium filter. After scanning, the images were reconstructed using N. Recon v.1.6.9.16 software (Bruker micro-CT), with ring artefact correction of 5, beam hardening correction of 50% and smoothing of 8 to create axial and transverse slices of the internal structure of all root canals. Subsequently, the

three-dimensional quantitative analysis was performed using CTAn v1.14.4.1 software (Bruker micro-CT). The histogram's binary value, which represented the filling material, was chosen and utilized for all subsequent micro-CT analyses. The volume of the filling material (mm³) was then determined using the morphometric preview plug-in and the three-dimensional analysis option.

Root canal retreatment

A same operator, previously trained with the tested systems, performed all retreatment procedures. Each tooth was isolated with a rubber dam, the access cavity was reopened and the Gutta-percha in the coronal third was removed (2–3 mm) using a #2 Gates-Glidden drill (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK) powered using a torque-limited electric motor (E-Connect, MKLife, Porto Alegre, RS, Brazil) in continuous rotation at 1000 rpm and 1 Ncm. The canal was irrigated with 6 mL 2.5% NaOCl for 1 min. Retreatment was conducted using HyFlex Remover instrument (Coltene/Whaledent) associated with HyFlex CM (Coltene/Whaledent) in one tooth and with Reciproc R50 (VDW) in the contralateral tooth of the same mandible.

HyFlex instrumentation

The HyFlex Remover instrument (30/.07) was powered using a torque-limited electric motor E-Connect (MKLife) at 800 rpm and 2 Ncm and moved up to 3 mm short of the WL, as recommended by the manufacturer. The instrument was used with a back-and-forth motion without apical pressure. This approach was performed three times, and the instrument was removed and cleaned. The canal was irrigated with 6 mL 2.5% NaOCl for 1 min, the WL was radiographically confirmed with a K-file #15 and then patency was checked with the same instrument. The canal was irrigated again, and HyFlex CM 40/.04 and 50/.04 instruments were used for final apical preparation, powered at 400 rpm and 2 Ncm. These instruments were moved apically to the WL as described for HyFlex Remover. The same protocol of irrigation and patency was performed after each instrument. Finally, the canal was dried with #50 paper points, and the access cavity was sealed with Coltosol (Vigodent).

Reciproc instrumentation

The R50 instrument (50/.05) was powered using a torque-limited electric motor (VDW Silver, VDW) in reciprocating mode. The instrument was moved back-and-forth without apical pressure up to two thirds of the canal length. This

was repeated three times to complete one cycle of operation. Subsequently, the instrument was removed and cleaned, the canal was irrigated with 6 mL 2.5% NaOCl for 1 min and the WL was radiographically verified with a K-file #15. Apical patency was checked with the same instrument. The canal was irrigated again, and two more cycles of instrumentation were conducted up to the WL. The same protocol of irrigation and patency checking was performed after each cycle. Ultimately, the canal was dried with #50 paper points, and the access cavity was sealed with Coltosol (Vigodent).

Retreatment procedures were considered complete when the HyFlex CM 50/.04 or the Reciproc R50 reached the WL; no more filling material was observed on the instrument flutes, apical patency was checked and final irrigation was performed. The time of the intracanal procedures with instruments was registered, not including the time spent on irrigation, instrument changes and radiographs.

Irrigation was always performed with a NaviTip needle positioned at two different depths: At two thirds of the canal length after clearing this portion and 3 mm from the WL after reaching it. The needle was gently moved during the irrigant injection (1–2 mm). The irrigant was delivered with a peristaltic pump (VATEA, ReDent-Nova, Ra'anana, Israel) to keep the flow rate at 6 mL/min. The irrigant was simultaneously aspirated using a cannula positioned at the canal orifice. In both groups, the total volume of NaOCl per canal was 30 mL.

Final micro-CT scanning and analysis

The specimens were scanned in micro-CT again using the same parameters as above. The volume of filling remnants in the entire root canal and the extruded material were quantified (mm^3) as previously described. The micro-CT operator was blinded to the experimental groups during scanning and analysis.

Statistical analysis

Initially, the Shapiro–Wilk test was used to check for data normality. The initial filling volume and time required for

retreatment were compared between groups using the t-test for independent samples. The Wilcoxon matched-pair test assessed the intragroup reduction of filling material volume before and after HyFlex or Reciproc groups. The volume of extruded filling material between HyFlex or Reciproc and the amount of filling material removed were compared using the Mann–Whitney test. The frequencies of extrusion before and after retreatment (intragroup) and after retreatment (intergroup) were evaluated using McNemar's and Fisher's exact test respectively. All tests were conducted using SPSS 13.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The significance level was set at 5% ($p < .05$).

RESULTS

Filling material extrusion

Extruded filling materials were detected in three teeth of each group before retreatment (21.43%). This frequency was significantly increased after retreatment to 11 (78%) and 14 (100%) for HyFlex and Reciproc instrumentation, respectively ($p < .05$ for both groups in intragroup analysis), but without differences between groups ($p > .05$). Both groups also presented a similar volume of extruded material ($p > .05$) (Table 1). All the three specimens that already showed overfillings before retreatment demonstrated an increase in the volume of extruded material after retreatment—a mean >threefold increase in the HyFlex group and almost twofold in the Reciproc group.

Filling material removal

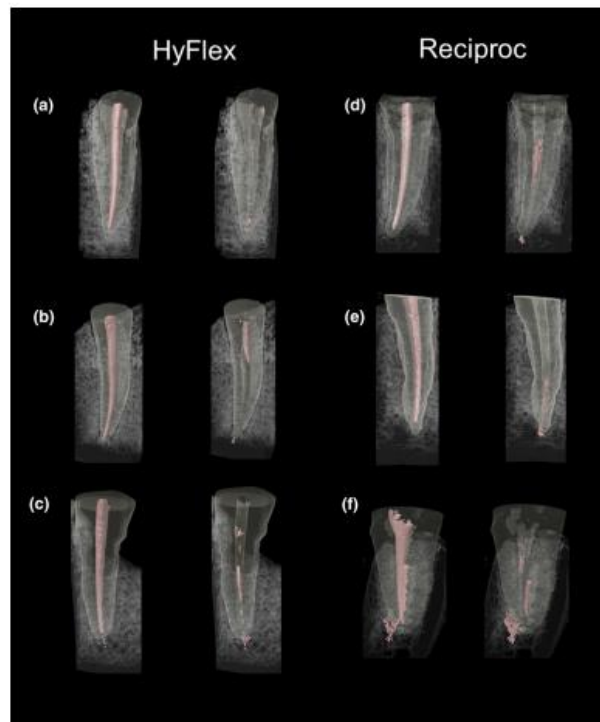
There was no significant difference in the initial intracanal filling material volume between groups ($p > .05$) (Table 2). A significant decrease in the original filling volume was verified after retreatment with both tested systems ($p < .05$) (Table 2 and Figure 1), with a mean reduction of 80.79% for HyFlex and 65.92% for Reciproc. However, no statistically significant difference was observed in the intergroup analysis ($p > .05$). Residual filling materials were found in the root canals of all teeth after retreatment, independently of the system (Figure 1).

TABLE 1 Apical extrusion of filling material before and after retreatment using HyFlex or Reciproc.

Group	n	Volume before (mm^3)			Volume after (mm^3)			Difference		
		Mean $\pm$ SD	Median	Range	Mean $\pm$ SD	Median	Range	Mean $\pm$ SD	Median	Range
HyFlex	14	0.08 $\pm$ 0.16	0.00	0.00–0.48	0.27 $\pm$ 0.41	0.05	0.00–1.34	0.19 $\pm$ 0.36	0.05	0.00–1.34
Reciproc	14	0.14 $\pm$ 0.36	0.00	0.00–1.26	0.24 $\pm$ 0.37	0.08	0.01–1.29	0.10 $\pm$ 0.12	0.06	0.01–0.40

TABLE 2 Retreatment time and volume of intracanal filling material before and after retreatment using HyFlex or Reciproc.

Group	<i>n</i>	Retreatment time (s)	Volume before (mm ³)			Volume after (mm ³)			Percent removed		
			Mean ± SD	Median	Range	Mean ± SD	Median	Range	Mean ± SD	Median	Range
HyFlex	14	48.48	10.82 ± 3.76	10.26	4.61–17.15	2.11 ± 2.30	1.39	0.04–6.93	80.79 ± 19.04	87.30	37.83–99.52
Reciproc	14	47.64	14.02 ± 6.34	14.01	4.96–25.06	4.45 ± 3.42	3.92	0.21–10.83	65.92 ± 24.02	75.84	26.01–96.76

FIGURE 1 Micro-CT three-dimensional reconstructions of samples from HyFlex and Reciproc groups before and after retreatment, showing intracanal filling material removal and apical extrusion. (a) Without extrusion before and after retreatment. (b, d, and e) Without extrusion before but with extrusion after retreatment. (c and f) With extrusion before that increased after retreatment.

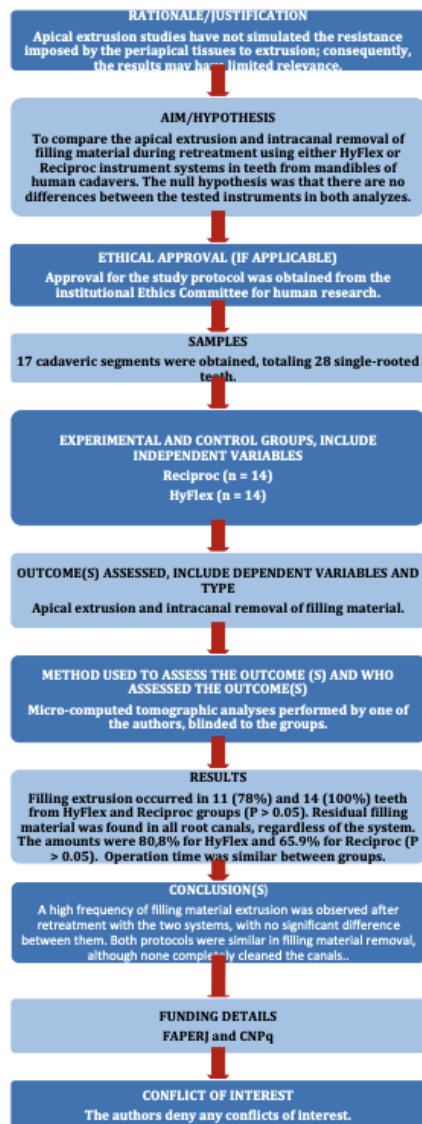
Retreatment time

The time spent with the instruments activated was not different between HyFlex (mean = 48.48 s) and Reciproc systems (mean = 47.64 s) ($p > .05$). A detailed flow chart of the study is presented in the Figure 2.

DISCUSSION

This study evaluated the apical extrusion and the intracanal removal of filling material after root canal retreatment using a new rotary system—HyFlex Remover associated with HyFlex CM—compared with a widely used reciprocating system-Reciproc. An innovative experimental model was devised, highlighting the use of teeth in their original socket in the alveolar bone of cadavers. No previous retreatment

study has used human cadavers to evaluate the extrusion or removal of filling materials. The advantage of this model is the presence of the periodontal ligament and bone, which offers natural resistance to the filling material extrusion to the periapical region (Alves et al., 2018; Campello et al., 2021). The specimens were fixed in formalin, which helps maintain their structural integrity over time (Howat & Wilson, 2014). However, the tissue consistency is expected to change after fixation and how this compares to fresh tissue is unknown. Even so, these conditions are much closer to the clinical setting than those from studies using extracted teeth with no attempt to simulate the resistance the periapical tissues offer to extrusion (Dincer et al., 2015; Kasikci Bilgi et al., 2017; Silva et al., 2014; Topcuoglu et al., 2014). Another strength was using contralateral teeth, making comparisons between the test systems more reliable with reduced anatomical biases (Guimaraes et al., 2017; Johnsen

**FIGURE 2** PRILE flow chart.

et al., 2018). Only single-rooted teeth with a single canal were included to reduce the risks of pushing filling material through isthmuses or other canals. This could influence the extrusion by creating an alternative escape for filling remnants (Cabreira et al., 2019).

Some previous studies tried to simulate the presence of periapical tissues (Alves et al., 2018; Cabreira et al., 2019;

da Silva et al., 2021; Lu et al., 2013), and one of them (Lu et al., 2013) reported that extrusion during retreatment is more pronounced when no simulation (apical resistance) is performed. This evidence puts in check findings from studies using extracted teeth without any apparatus to simulate the periradicular tissues because the results can be overestimated. Another common bias of extrusion studies is related to the method of weighing debris, in which the extruded material is collected using empty tubes. Not only the extruded material lying on the outer root surface is not usually sampled, underestimating extrusion, but also the extruded irrigant may not be reliably dried before weighing, overestimating extrusion.

Micro-CT imaging is widely used to evaluate the reduction of filling material after endodontic retreatment (Martins et al., 2017; Rödiger et al., 2014); however, it has only occasionally been used to detect and quantify apically extruded debris (Alves et al., 2018; Canali et al., 2019; da Silva et al., 2021; Gomes et al., 2022). In this study, micro-CT analysis demonstrates that both instrument systems produced a similar frequency and volume of apically extruded filling material, confirming the null hypothesis. This corroborates other studies that found no statistically significant differences between reciprocating and rotary instruments regarding the weight of extruded filling material (AlOmari et al., 2021; Nevares et al., 2017).

Although the Reciproc R50 (50/.05) has a larger apical taper than the HyFlex CM 50 (50/.04), the extruded material volume was similar between groups. No other study compared these systems regarding filling material extrusion, making any comparison difficult. Regardless of the high number of studies testing Reciproc against other rotary systems regarding filling material extrusion (AlOmari et al., 2021; Dincer et al., 2015; Kasikci Bilgi et al., 2017; Lu et al., 2013; Serefoglu et al., 2021; Silva et al., 2014), the results are conflicting. Only one of these used an apparatus to simulate the resistance posed by the periapical tissues (Lu et al., 2013). Besides, these studies used the weighing method, making comparisons with the present results difficult.

A significant decrease in the initial intracanal filling volume was observed after retreatment with both test systems, with a mean of 80.79% for HyFlex and 65.92% for Reciproc. For the latter, the presented finding is within the range of two previous studies that found 56.1% (Crozeta et al., 2016) and 76.7% (Monguilhott Crozeta et al., 2016), both using distal roots of mandibular molars. However, no significant statistical difference occurred in the intergroup analysis. This corroborates other studies comparing rotary and reciprocating systems for filling material removal during retreatment, which have shown a similar performance (de Siqueira et al., 2016; de Souza et al., 2015; Martins et al., 2017; Rios Mde et al., 2014; Rödiger et al., 2014). Also, a systematic review concluded that NiTi instruments specially designed

for retreatment are similar to conventional instruments in filling material removal (Rossi-Fedele & Ahmed, 2017). Therefore, even though they may penetrate the filling mass easily, these instruments are not essential for improving retreatment, and the expected reduction of operation time for HyFlex Remover was not observed.

The absence of significant differences between the systems for extrusion and intracanal removal of filling material may also be associated with the standardized conditions of root canal anatomy, irrigation and working length (Alves et al., 2022). In these conditions, studies have shown that differences in taper, tip and cross sectional shape, as well as the operation mode and the number of instruments used, fail to promote significant differences in filling extrusion and removal (Alves et al., 2014; de Siqueira et al., 2016; de Souza et al., 2015; Nevaes et al., 2017; Rios Mde et al., 2014; Rödiger et al., 2014; Silveira et al., 2018). Future investigations may utilize this study design to assess more instruments or techniques.

CONCLUSIONS

In conclusion, both tested techniques caused apical extrusion of filling debris with no significant difference between them. The tested instruments performed similarly in filling material removal procedures, though no system completely removed the filling material.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Thamyres M. Monteiro: writing—original draft. **Thamyres M. Monteiro** and **Victor O. Cortes-Cid:** data collection. **Marília Marceliano-Alves, Luan F. Bastos** and **Ricardo T. Lopes:** resources. **José Siqueira:** writing—review and editing. **Andrea F. Campello:** supervision. **Flávio Alves:** conceptualization, writing—review, editing and supervision.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors deny any conflicts of interest.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

ETHICS STATEMENT

The Institutional Ethics Committee approved the study protocol (approval report number 1.696.413).

ORCID

Marília F. V. Marceliano-Alves  <https://orcid.org/0000-0002-2917-5934>

Andrea F. Campello  <https://orcid.org/0000-0003-2328-5021>

Luan F. Bastos  <https://orcid.org/0000-0001-9948-5500>

Ricardo T. Lopes  <https://orcid.org/0000-0001-7250-824X>

José F. Siqueira Jr  <https://orcid.org/0000-0002-7887-8054>

Flávio R. F. Alves  <https://orcid.org/0000-0002-9922-8202>

REFERENCES

- AlOmari, T., Mustafa, R., Al-Fodeh, R., El-Farraj, H., Khaled, W. & Jamleh, A. (2021) Debris extrusion using Reciproc blue and XP Endo shaper systems in root canal retreatment. *International Journal of Dentistry*, 2021, 6697587.
- Alves, F.R., Ribeiro, T.O., Moreno, J.O. & Lopes, H.P. (2014) Comparison of the efficacy of nickel-titanium rotary systems with or without the retreatment instruments in the removal of gutta-percha in the apical third. *BMC Oral Health*, 14, 102.
- Alves, F.R.F., Paiva, P.L., Marceliano-Alves, M.F., Cabreira, L.J., Lima, K.C., Siqueira, J.F., Jr. et al. (2018) Bacteria and hard tissue debris extrusion and intracanal bacterial reduction promoted by XP-endo shaper and Reciproc instruments. *Journal of Endodontics*, 44, 1173–1178.
- Alves, F.R.F., Rôças, I.N., Provenzano, J.C. & Siqueira, J.F., Jr. (2022) Removal of the previous root canal filling material for retreatment: implications and techniques. *Applied Sciences*, 12, 10217.
- Arnold, M., Ricucci, D. & Siqueira, J.F., Jr. (2013) Infection in a complex network of apical ramifications as the cause of persistent apical periodontitis: a case report. *Journal of Endodontics*, 39, 1179–1184.
- Cabreira, L.J., Gominho, L.F., Rôças, I.N., Dossaune-Neto, N., Siqueira, J.F., Jr. & Alves, F.R. (2019) Quantitative analysis of apically extruded bacteria following preparation of curved canals with three systems. *Australian Endodontic Journal*, 45, 79–85.
- Campello, A.F., Marceliano-Alves, M.F., Siqueira, J.F., Jr., Fonseca, S.C., Lopes, R.T. & Alves, F.R.F. (2021) Unprepared surface areas, accumulated hard tissue debris, and dentinal crack formation after preparation using reciprocating or rotary instruments: a study in human cadavers. *Clinical Oral Investigations*, 25, 6239–6248.
- Canali, L.C.F., Duque, J.A., Vivan, R.R., Bramante, C.M., So, M.V.R. & Duarte, M.A.H. (2019) Comparison of efficiency of the retreatment procedure between wave one gold and wave one systems by micro-CT and confocal microscopy: an in vitro study. *Clinical Oral Investigations*, 23, 337–343.
- Crozeta, B.M., Silva-Sousa, Y.T., Leoni, G.B., Mazzi-Chaves, J.F., Fantinato, T., Baratto-Filho, F. et al. (2016) Micro-computed tomography study of filling material removal from oval-shaped canals by using rotary, reciprocating, and adaptive motion systems. *Journal of Endodontics*, 42, 793–797.
- da Silva, E., de Moura, S.G., de Lima, C.O., Barbosa, A.F.A., Misael, W.F., Lacerda, M.F.L.S. et al. (2021) Shaping ability and apical debris extrusion after root canal preparation with rotary or reciprocating instruments: a micro-CT study. *Restorative Dentistry and Endodontics*, 46, e16.
- de Siqueira, Z.A., Zuolo, M.L., da Silveira Bueno, C.E., Chu, R. & Cunha, R.S. (2016) Evaluation of the efficacy of trushape and Reciproc file systems in the removal of root filling material:

- an ex vivo micro-computed tomographic study. *Journal of Endodontics*, 42, 315–319.
- de Souza, P.F., Gonçalves, L.C.O., Marques, A.A.F., Junior, E.C.S., Garcia, L. & de Carvalho, F.M.A. (2015) Root canal retreatment using reciprocating and continuous rotary nickel-titanium instruments. *European Journal of Dentistry*, 9, 234–239.
- Dincer, A.N., Er, O. & Canakci, B.C. (2015) Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with several NiTi systems. *International Endodontic Journal*, 48, 1194–1198.
- Gomes, T.C., Coelho, J.A., Pinheiro, L.R., Duarte, M.A.H. & Rodrigues, P.A. (2022) Influence of apical diameter on filling material extrusion during retreatment—a micro-CT and CBCT evaluation. *Brazilian Dental Journal*, 33, 13–19.
- Guimaraes, L.S., Gomes, C.C., Marceliano-Alves, M.F., Cunha, R.S., Provenzano, J.C. & Siqueira, J.F., Jr. (2017) Preparation of oval-shaped canals with TRUShape and Reciproc systems: a micro-computed tomography study using contralateral premolars. *Journal of Endodontics*, 43, 1018–1022.
- Howat, W.J. & Wilson, B.A. (2014) Tissue fixation and the effect of molecular fixatives on downstream staining procedures. *Methods*, 70, 12–19.
- Johnsen, G.F., Sunde, P.T. & Haugen, H.J. (2018) Validation of contralateral premolars as the substrate for endodontic comparison studies. *International Endodontic Journal*, 51, 942–951.
- Kasikci Bilgi, I., Koseler, I., Guneri, P., Hülsmann, M. & Caliskan, M.K. (2017) Efficiency and apical extrusion of debris: a comparative ex vivo study of four retreatment techniques in severely curved root canals. *International Endodontic Journal*, 50, 910–918.
- Lu, Y., Wang, R., Zhang, L., Li, H.L., Zheng, Q.H., Zhou, X.D. et al. (2013) Apically extruded debris and irrigant with two Ni-Ti systems and hand files when removing root fillings: a laboratory study. *International Endodontic Journal*, 46, 1125–1130.
- Martins, M.P., Duarte, M.A., Cavenago, B.C., Kato, A.S. & da Silveira Bueno, C.E. (2017) Effectiveness of the ProTaper next and Reciproc systems in removing root canal filling material with sonic or ultrasonic irrigation: a micro-computed tomographic study. *Journal of Endodontics*, 43, 467–471.
- Monguillhott Crozeta, B., Damiao de Sousa-Neto, M., Bianchi Leoni, G., Francisco Mazzi-Chaves, J., Terezinha Correa Silva-Sousa, Y. & Baratto-Filho, F. (2016) A micro-computed tomography assessment of the efficacy of rotary and reciprocating techniques for filling material removal in root canal retreatment. *Clinical Oral Investigations*, 20, 2235–2240.
- Nagendrababu, V., Murray, P.E., Ordinola-Zapata, R., Peters, O.A., Rôças, I.N., Siqueira, J.F., Jr. et al. (2021) PRILE 2021 guidelines for reporting laboratory studies in endodontology: a consensus-based development. *International Endodontic Journal*, 54, 1482–1490.
- Nevares, G., de Albuquerque, D.S., Freire, L.G., Romeiro, K., Fogel, H.M., dos Santos, M. et al. (2016) Efficacy of ProTaper NEXT compared with Reciproc in removing obturation material from severely curved root canals: a micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics*, 42, 803–808.
- Nevares, G., Romeiro, K., Albuquerque, D., Xavier, F., Fogel, H., Freire, L. et al. (2017) Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment using ProTaper Next and Reciproc in severely curved canals. *Iranian Endodontic Journal*, 12, 323–328.
- Pirani, C., Iacono, F., Zamparini, F., Generali, L. & Prati, C. (2021) Retreatment of experimental carrier-based obturators with the remover NiTi instrument: evaluation of apical extrusion and effects of new kinematics. *International Journal of Dentistry*, 2021, 2755680.
- Rios Mde, A., Villela, A.M., Cunha, R.S., Velasco, R.C., De Martin, A.S., Kato, A.S. et al. (2014) Efficacy of 2 reciprocating systems compared with a rotary retreatment system for gutta-percha removal. *Journal of Endodontics*, 40, 543–546.
- Rödig, T., Reicherts, P., Konietzschke, F., Düllin, C., Hahn, W. & Hülsmann, M. (2014) Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT. *International Endodontic Journal*, 47, 942–948.
- Rossi-Fede, G. & Ahmed, H.M. (2017) Assessment of root canal filling removal effectiveness using micro-computed tomography: a systematic review. *Journal of Endodontics*, 43, 520–526.
- Serefoglu, B., Kandemir Demirci, G., Micoogullari Kurt, S., Kasikci Bilgi, I. & Caliskan, M.K. (2021) Impact of root canal curvature and instrument type on the amount of extruded debris during retreatment. *Journal of Restorative Dentistry and Endodontics*, 46, e5.
- Silva, E.J., Sa, L., Belladonna, F.G., Accorsi-Mendonça, T., Vieira, V.T., De-Deus, G. et al. (2014) Reciprocating versus rotary systems for root filling removal: assessment of the apically extruded material. *Journal of Endodontics*, 40, 2077–2080.
- Silveira, S.B., Alves, F.R.F., Marceliano-Alves, M.F., Sousa, J.C.N., Vieira, V.T.L., Siqueira, J.F., Jr. et al. (2018) Removal of root canal fillings in curved canals using either mani GPR or HyFlex NT followed by passive ultrasonic irrigation. *Journal of Endodontia*, 44, 299–303.e1.
- Siqueira, J.F., Jr. (2003) Microbial causes of endodontic flare-ups. *International Endodontic Journal*, 36, 453–463.
- Topcuoglu, H.S., Akti, A., Tuncay, O., Dincer, A.N., Duzgun, S. & Topcuoglu, G. (2014) Evaluation of debris extruded apically during the removal of root canal filling material using ProTaper, D-RaCe, and R-Endo rotary nickel-titanium retreatment instruments and hand files. *Journal of Endodontics*, 40, 2066–2069.
- Topcuoglu, H.S., Demirbuga, S. & Topcuoglu, G. (2020) Evaluation of apically extruded debris during the removal of canal filling material using three different Ni-Ti systems and hand files in teeth with simulated apical root resorption. *International Endodontic Journal*, 53, 403–409.
- Yilmaz, K. & Ozyurek, T. (2017) Apically extruded debris after retreatment procedure with Reciproc, ProTaper Next, and twisted file adaptive instruments. *Journal of Endodontics*, 43, 648–651.

How to cite this article: Monteiro, T.M., Cortes-Cid, V.O., Marceliano-Alves, M.F.V., Campello, A.F., Bastos, L.F., Lopes, R.T. et al. (2023) Intracanal removal and apical extrusion of filling material after retreatment using rotary or reciprocating instruments: A new approach using human cadavers. *International Endodontic Journal*, 00, 1–8. Available from: <https://doi.org/10.1111/iej.13990>