



ANA CAROLINA SANCHES PEREIRA GUERRA

JEFERSON OLIVEIRA MARQUES

EXTRUSÃO APICAL DE BACTÉRIAS EM ENDODONTIA: REVISÃO DE LITERATURA

Rio de Janeiro, RJ.

2024

ANA CAROLINA SANCHES PEREIRA GUERRA

JEFERSON OLIVEIRA MARQUES

**EXTRUSÃO APICAL DE BACTÉRIAS EM ENDODONTIA: REVISÃO DE
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade do Grande Rio “Professor José de Souza Herdy”, como parte dos requisitos parciais para obtenção do grau de bacharel em Odontologia.

Orientador(a): Prof. Dr. Flávio Rodrigues Ferreira Alves

Co-orientador(a): Prof.^a Thamyres Magalhães Monteiro

Rio de Janeiro – RJ.

2024

ANA CAROLINA SANCHES PEREIRA GUERRA

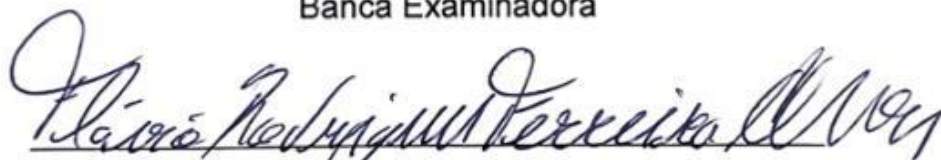
JEFERSON OLIVEIRA MARQUES

EXTRUSÃO APICAL DE BACTÉRIAS EM ENDODONTIA: REVISÃO DE
LITERATURA

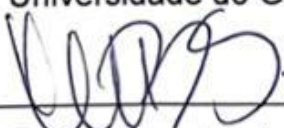
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade do Grande
Rio "Professor José de Souza Herdy",
como parte dos requisitos parciais para
obtenção do grau de bacharel em
Odontologia

Aprovado em 19 de junho de 2024.

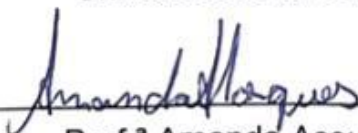
Banca Examinadora



Prof. Dr. Flávio Rodrigues Ferreira Alves
Universidade do Grande Rio - Afya



Prof.^a Karen Maria Brisson Suárez
Universidade do Grande Rio - Afya



Prof.^a Amanda Assumpção Marques
Universidade do Grande Rio - Afya

AGRADECIMENTO

Agradeço a meus pais por toda dedicação, amor incondicional, e por sempre me mostrarem o caminho certo a se trilhar; aos meus irmãos pelo carinho, amizade e por suas orações, as quais certamente cumpriram um grande papel nessa minha vitória, e a todos os amigos que me apoiaram até mesmo com uma palavra de incentivo. Hoje concluímos mais uma etapa da graduação. Tenho certeza que junto a mim, cada um de vocês está sentindo tamanha alegria e felicidade, a sensação de dever cumprido. Juntos, nós conseguimos. Cada um de vocês tem a sua parcela na realização desse sonho. Só tenho a agradecer por nunca soltarem a minha mão e por construírem esse caminho comigo. Sabemos que não foi fácil, que passamos por muitos momentos delicados, mas o saldo é positivo. Nós conseguimos! Novas realizações estão por vir e permaneceremos juntos, alcançando cada uma delas e vibrando por novas conquistas! A vocês, todo o meu amor e gratidão! (Jeferson)

Gostaria de expressar minha gratidão a todas as pessoas especiais em minha vida. Primeiramente, aos meus pais, que sempre foram compreensivos e respeitosos com minhas decisões, além de me apoiarem e acreditarem em mim. Aos meus irmãos e prima, pelo constante apoio e influência positiva, moldando-me e ensinando-me os valores corretos. Agradeço também aos meus avôs, que não mais aqui fisicamente, cujo impacto fundamental em minha formação é inegável. Por último, meu profundo agradecimento ao meu namorado, meu maior incentivador, cuja capacidade de me acalmar e trazer leveza para qualquer situação é verdadeiramente especial e valiosa para mim. (Ana Carolina Sanches)

E agradamos, principalmente, à Professora Thamyres Monteiro por sua ajuda, carinho, dedicação, e por se mostrar sempre paciente, contribuindo imensamente para nosso aprendizado; e ao Professor Flávio Alves por seus ensinamentos, que foram primordiais para que chegássemos até este momento de nossa carreira acadêmica.

RESUMO

A extrusão bacteriana durante o tratamento endodôntico é uma complicação que pode resultar em flare-ups, disseminação da infecção, podendo levar ao insucesso do tratamento. O objetivo dessa revisão de literatura foi avaliar os estudos sobre o tema, analisando resultados e variáveis que influenciam essa ocorrência, bem como as técnicas e instrumentos que causam maior extrusão bacteriana. Foi realizada uma revisão na base de dados PubMed, abrangendo artigos indexados de 2005 a 2023, com os termos de busca “apical extrusion”, “bacteria” e “root canals”. Os estudos mostraram que diferentes técnicas e instrumentos influenciam na quantidade de bactérias extruídas, com destaque para a instrumentação manual que tende a extrair mais bactérias. Além disso, técnicas como Crown Down e instrumentos com conicidade 0.02 mm causaram menor extrusão bacteriana. A análise discute metodologias dos estudos, incluindo simulação de tecidos, tipo de irrigante, amostra e técnicas de avaliação microbiológica. A aplicação clínica desses resultados pode auxiliar na melhoria dos protocolos de tratamento endodôntico, visando minimizar a extrusão bacteriana e prevenir complicações pós-operatórias.

Palavras – chave: extrusão apical, bactéria e canal radicular.

ABSTRACT

Bacterial extrusion during endodontic treatment is a complication that can result in flare-ups, infection dissemination, and may lead to treatment failure. The aim of this literature review was to evaluate studies on the topic, analyzing results and variables that influence this occurrence, as well as techniques and instruments that cause greater bacterial extrusion. A review was conducted on the PubMed database, encompassing indexed articles from 2005 to 2023, using the search terms "apical extrusion," "bacteria," and "root canals." Studies showed that different techniques and instruments influence the amount of extruded bacteria, with manual instrumentation standing out as tending to extrude more bacteria. Additionally, techniques such as Crown Down and instruments with a taper of 0.02 mm caused less bacterial extrusion. The analysis discusses study methodologies, including tissue simulation, type of irrigant, sample, and microbiological evaluation techniques. The clinical application of these results can help improve endodontic treatment protocols, aiming to minimize bacterial extrusion and prevent post-operative complications.

Keywords: apical extrusion, bacteria, root canal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema ilustrativo do <i>flare-up</i> endodôntico	18
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Síntese dos estudos de extrusão apical de bactérias 19

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Principais variáveis que influenciam na extrusão apical de bactérias	12
2.1.1	Anatomia	12
2.1.2	Preparo do terço coronal (<i>cervical preflaring</i>)	12
2.1.3	Instrumentos e técnicas de instrumentação	13
2.1.4	Conicidade	14
2.1.5	Patência	15
2.1.6	Sistema de irrigação	16
2.2	Associação entre extrusão apical de bactérias e ocorrência de flare-ups	18
3.	RESULTADOS	19
4.	DISCUSSÃO	28
4.1	Variáveis metodológicas	28
4.1.1	Métodos de simulação de tecidos	28
4.1.2	Tipo de irrigante utilizado	29
4.1.3	Tipo de amostra	29
4.1.4	Quantidade de bactérias extruídas (PCR e CFU)	30
4.1.5	Metodologia dos estudos analisados	30
4.1.6	Aplicação clínica dos resultados	30
5.	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
	DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO/DISPONIBILIZAÇÃO NA BIBLIOTECA DO TCC INTEGRAL	38

1. INTRODUÇÃO

A extrusão apical de bactérias é uma intercorrência causada durante o tratamento endodôntico de dentes com infecção intracanal, sendo por vezes não intencional e frequentemente associada às técnicas de instrumentação. Como consequência deste problema, podem ocorrer, *flare-up* e disseminação da infecção para os tecidos perirradiculares ^{1, 2}.

O *flare-up* é uma complicação caracterizada por edema, dor pós-operatória aguda ou ambos, após horas ou poucos dias da intervenção endodôntica. Sua etiologia é multifatorial e está associada a fatores mecânicos, químicos ou microbianos³. Variáveis como dor pré-operatória, dente a ser tratado e número de visitas também exercem influência na prevalência dos *flare-ups*. Independentemente do fator causal, o *flare-up* está relacionado à gravidade e extensão do dano aos tecidos perirradiculares, e sua intensidade é dependente da resposta inflamatória do indivíduo⁴. Neste contexto, estudos apontam que a principal causa de *flare-ups* é microbiana, decorrente do extravasamento de bactérias ou suas toxinas para os tecidos perirradiculares através do forame apical ou foraminas^{3,4,5}. Isto ocorre durante a instrumentação dos canais radiculares, pois a ação mecânica dos instrumentos endodônticos ou mesmo o fluxo da solução irrigadora promovem o deslocamento de detritos em direção apical ⁴.

Outra consequência da extrusão, que pode ser ainda mais grave, é a disseminação da infecção para espaços teciduais mais profundos. Neste caso, a extrusão pode evoluir para uma bacteremia que, se não resolvida, pode levar a complicações severas, incluindo abscesso periapical agudo, celulite, endocardite bacteriana, angina de Ludwig, mediastinite, ou mesmo abscesso cerebral ^{4, 36}.

Bactérias e seus produtos podem gerar uma resposta inflamatória aguda quando deslocados para os tecidos perirradiculares e sua intensidade irá depender do número (fator quantitativo) e/ou virulência (específica de cada espécie bacteriana, fator qualitativo), bem como a capacidade do hospedeiro em combater a infecção. Estes são fatores decisivos e críticos no estabelecimento ou não de uma infecção extrarradicular. Vale ressaltar que o clínico não tem controle sobre o fator qualitativo, mas pode controlar o fator quantitativo, selecionando instrumentos e técnicas com menor potencial de extrusão apical ⁶.

Para a escolha da técnica ou instrumento com menor potencial de extrusão bacteriana é fundamental o conhecimento das evidências disponíveis, publicadas em revistas científicas de alto impacto na ciência. Neste cenário, existem muitos estudos comparando diferentes instrumentos e técnicas de preparo com relação à extrusão apical de bactérias, e as variáveis que influenciam na quantidade de bactérias extruídas^{1,2,6,7,8,9,10}. Entretanto, é importante analisar cuidadosamente a literatura disponível, pois as metodologias dos estudos podem variar substancialmente e, alguns métodos de análise são distantes da realidade clínica, apresentando, portanto, resultados questionáveis.

O objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão da literatura sobre a extrusão apical bacteriana em Endodontia, discutindo os resultados dos estudos e as principais variáveis que influenciam essa ocorrência (anatomia dentária, preparo do terço coronal, instrumentos e técnicas de instrumentação, conicidade, patência, soluções irrigadoras), com o intuito de auxiliar o clínico na escolha da técnica ou instrumento mais seguro em relação à extrusão bacteriana.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Realizou-se uma revisão de literatura na base PubMed por artigos indexados em 2005 até 2023, utilizando os seguintes termos de busca: *apical extrusion*, *bacteria*, e *root canals*.

Adicionalmente, alguns estudos de extrusão de detritos dentinários foram também pesquisados e analisados devido à escassez de estudos comparando a extrusão bacteriana em diferentes configurações anatômicas de canais radiculares.

2.1 Principais variáveis que influenciam na extrusão apical de bactérias

2.1.1 Anatomia

A adequada intervenção endodôntica requer o conhecimento detalhado da configuração anatômica interna dos diferentes grupos dentários, uma vez que esta é complexa e inclui istmos e ramificações. Além disso, variáveis como comprimento dental, diâmetro do canal radicular, tamanho do forame apical, entre outras, devem ser do domínio do clínico. Estes fatores podem ser determinantes na extrusão bacteriana, considerando que os instrumentos endodônticos têm diferente desempenho em diferentes anatomias ¹¹.

A anatomia interna dos canais radiculares pode apresentar variações e complexidades que dificultam a limpeza completa e a desinfecção adequada, aumentando assim, o risco de extrusão bacteriana. Curvaturas acentuadas, presença de mais de um canal radicular e configuração do ápice radicular, podem influenciar a extrusão bacteriana ².

A presença de reabsorções radiculares ou forames apicais alargados podem facilitar a movimentação de bactérias em direção aos tecidos periapicais. Quanto maior o diâmetro do forame apical, mais bactérias serão capazes de serem extruídas apicalmente, o que pode levar à inflamação periapical, dor pós-operatória e, comprometer o resultado do tratamento endodôntico a longo prazo ¹¹.

2.1.2 Preparo do terço coronal (*cervical preflaring*)

O correto acesso coronário e preparo do terço cervical está intimamente relacionado ao sucesso da terapia endodôntica. A inobservância dos princípios ou a negligência na sua correta execução, quase sempre conduz ao fracasso. Como há

maior número de microrganismos presentes no terço coronal do canal radicular, o preparo inicial dos canais reduz uma significativa quantidade de micro-organismos, que poderiam ser deslocados pelo forame apical ¹².

De acordo com estudos anteriores, é fundamental obter com precisão o diâmetro apical do canal radicular para garantir uma limpeza e modelagem adequadas. Ampliar a porção coronal do canal pode melhorar a precisão dessa determinação. Contudo, a remoção excessiva de tecido coronal pode resultar na formação de um espaço propício à acumulação de detritos na parte coronal da raiz, pois os instrumentos de NiTi frequentemente tendem a direcionar esses detritos em direção coronal ^{13, 14}. Consequentemente, ampliar a área coronal para acomodar detritos e diminuir a quantidade de extrusão em direção à região apical ¹⁵.

As vantagens de um preparo cervical precoce são: Penetração mais profunda das soluções irrigadoras, fácil remoção de detritos da área apical, possibilidade reduzida de saliências e possibilidade reduzida de acúmulo de detritos, reduzindo extremamente o número de contaminantes que podem ser expulsos do canal ¹⁶.

2.1.3 Instrumentos e técnicas de instrumentação

Diferentes instrumentos e técnicas de preparo dos canais radiculares provocam distintas quantidades de bactérias extruídas ^{17, 18, 19}. Variáveis como número de instrumentos, design e cinemática (manual, rotatória ou reciprocante) podem influenciar na extrusão bacteriana ^{6, 19, 20, 21, 22}. Como exemplo, as técnicas manuais, extruem significativamente mais bactérias quando comparadas à instrumentação utilizando instrumentos mecanizados ²⁴. Devido a entrada repetida de instrumentos no canal, dado o grande número de limas utilizadas nesta modalidade, produz um efeito pistão ou êmbolo, favorecendo uma maior extrusão apical ^{9, 10}. Além disso, estudos têm demonstrado que todos os sistemas de instrumentação resultam em extrusão bacteriana ^{18, 23}, mesmo que a preparação seja aquém da constrição apical ^{2, 19, 24}.

Já nas técnicas automatizadas rotatórias, os instrumentos são rotacionados em 360°, os detritos são deslocados em direção à embocadura do canal, o que é uma aparente vantagem em termos de extrusão, diferentemente das instrumentação mecanizada reciprocante (alternados), em que os instrumentos atuam realizando movimentos com parte volta no sentido horário e parte de volta no sentido anti-horário ^{9, 10}.

Um estudo conduzido por Low et al. (2021), comparou a quantidade de bactérias extruídas apicalmente entre a instrumentação com limas manuais (lima manual de aço inoxidável), rotatórias (One G) e reciprocantes (WaveOne Gold Glider) em canais curvos, *in vitro*. De acordo com os resultados obtidos, a instrumentação manual com limas tipo K teve maior número de bactérias extruídas em comparação com as técnicas rotatórias e reciprocantes ($P < 0,05$). Contudo, nenhuma diferença significativa foi observada nas unidades formadoras de colônias (UFCs) entre as técnicas de instrumentação rotatória e reciprocante. A preparação do caminho de passagem (*glyde path*) é altamente recomendada antes de usar instrumentos rotatórios em canais radiculares estreitos e curvos para reduzir o risco de separação do instrumento por torção ²⁴.

Alves et al. (2018) realizaram um estudo comparando duas cinemáticas de preparo do canal radicular (XP-endo Shaper e Reciproc) em termos de quantidade de bactérias extruídas. A reação em cadeia de polimerase quantitativa (PCR real time) foi o método de análise adotado. Um diferencial do estudo foi o fato deste simular os tecidos perirradiculares com um gel de agarose a 1,5%, proporcionando uma maior aproximação da realidade clínica. De acordo com os resultados, apesar dos instrumentos XP-endo Shaper terem produzido melhor desinfecção do sistema de canais radiculares, não houve diferença estatística ($P > 0,05$) quando analisada a frequência e volume de extrusão bacteriana (6/29% para XP-endo Shaper e 10/48% para Reciproc). Já relacionado à quantidade de bactérias extruídas, houve diferença estatisticamente significativa, onde os instrumentos Reciproc apresentando uma menor quantidade de extrusão bacteriana 17 (81%), quando comparados aos instrumentos XP-endo Shaper 19 (90%) ($P < 0,05$) ²⁵.

2.1.4 Conicidade

Para avaliar o impacto da conicidade dos instrumentos e da técnica de preparo na extrusão de bactérias ou detritos, é crucial adotar um mesmo instrumento para a padronização do design, velocidade de operação e movimento, a fim de possibilitar uma comparação mais consistente e relevante ²⁶.

Foi observado no estudo de Aksel et al. (2017), que o uso de instrumentos com diferentes conicidades resulta em variações na extrusão bacteriana em termos quantitativos. As limas com conicidade de 0,02 mm demonstraram a menor extrusão

e não se observou uma diferença significativa na extrusão bacteriana entre limas com conicidade de 0,04 mm e 0,06 mm ²⁶. Neste mesmo estudo, os autores compararam a técnica *crown down* e *full-length* e observaram que, quando se utilizou a técnica *crown down*, ocorreu uma menor extrusão bacteriana em comparação com a *full-length*, corroborando o estudo de Tanalp et al. (2015), que ainda relataram menor extrusão bacteriana quando se utilizou instrumentação rotatória em comparação a instrumentação manual ³⁹.

Estes achados estão em consonância como estudo de Priyank et al. (2017) ²⁷, e corroboram com as observações feitas por Aksel et al. (2017), destacando que preparações endodônticas com conicidade de 0,02 mm resultam em menor extrusão bacteriana, enquanto não se observa uma diferença significativa na quantidade de extrusão bacteriana ao aumentar a conicidade de 0,04 mm para 0,06 mm, independentemente da técnica de preparo do canal radicular.

Poucos estudos avaliaram o impacto da conicidade do canal radicular na extrusão apical de detritos necróticos e bactérias. Portanto, estudos futuros são necessários para melhor exploração desta área da odontologia.

2.1.5 Patência

A patência foraminal é estabelecida durante o preparo do canal radicular com a finalidade de manter o acesso ao forame (objetivo mecânico), mas é importante que após a instrumentação o forame não esteja apenas patente, mas também limpo (objetivo biológico), visando assim eliminar a infecção instalada no canal cementário. Todavia, a sobreinstrumentação é uma conduta indesejável, pois predispõe à sintomatologia e ao fracasso do tratamento endodôntico ⁴.

Além do mais, a permeabilidade foraminal e a extensão da limpeza do canal radicular o mais próximo possível do término apical foram identificados como fatores que influenciam positivamente no resultado do tratamento endodôntico ^{7, 16, 28}. Isso ocorre pois, em alguns dentes infectados, a linha de frente mais avançada da infecção pode estar localizada perto ou não do forame apical, além de estarem alojadas em ramificações, deltas apicais e lacunas de reabsorção radicular. Beeson et al. (1998) ¹⁶ citaram que, quando a instrumentação é realizada até o forame apical, mais detritos são forçados apicalmente em comparação quando a instrumentação é realizada a 1 mm aquém.

No entanto, a extrusão bacteriana pode ocorrer devido à pressão e o avanço rápido do instrumento utilizado pelo operador, que acaba gerando um efeito êmbolo, e com isso, acaba levando à compressão do ligamento periodontal apical por bactérias ou até mesmo tecido necrosado ¹⁸.

É importante notar que todas as limas e técnicas empregadas resultam em extrusão de detritos apicais, independentemente da obtenção da patência apical, conforme demonstrado no estudo de Shaheen et al. (2022) ²⁹.

2.1.6 Sistema de irrigação

De acordo com a literatura, nenhum dos sistemas de irrigação utilizados evitam extrusão bacteriana, porém, uns causam maior extrusão bacteriana quando comparados a outros ³⁰. As diferenças entre os resultados desses estudos podem ser explicadas pelas variações nos tamanhos dos diâmetros apicais e nos métodos de preparo do canal radicular, bem como no grau de curvatura do canal e no volume do irrigante ³¹. Outros fatores que podem explicar a discordância são o uso de simulação dos tecidos periodontais, tipo e modo de sistema de ativação de irrigação e metodologias de irrigação (por exemplo: tipo de agulha de irrigação, aspiração e penetração passiva da agulha) ³².

Cuellar et al. (2020) ³³, avaliaram dois sistemas de irrigação (convencional com seringa e ultrassônica passiva) na extrusão apical de bactérias, e verificaram que a técnica com ultrassom resultou em maior quantidade de bactérias extruídas.

Apesar da literatura apresentar muitos estudos que investigaram o efeito de sistemas com diferentes cinemáticas na extrusão apical de detritos e bactérias ^{6, 34, 35, 36, 37}, poucos estudos avaliaram o efeito de diferentes sistemas de ativação de irrigantes na extrusão bacteriana. Ügur et al. 2020 ⁷ avaliaram o efeito de quatro diferentes sistemas de ativação/aspiração de irrigantes (EndoVac, EndoActivator, EDDY e Irrigação com agulha convencional) e a ativação da irrigação com EDDY resultou em significativamente maior extrusão bacteriana do que ativação de irrigação usando EndoVac, ($P < 0,05$). Além do mais, não houve diferença significativa entre o controle positivo e os grupos EndoVac, Irrigação com agulha convencional e sistemas EndoActivator em termos de bactérias extruídas, ($P > 0,05$). Da mesma forma, não

houve diferença significativa entre EDDY, Irrigação com agulha convencional e EndoActivator em termos de bactérias ($P > 0,05$).

Os estudos analisados neste tópico destacam a influência significativa do tipo de sistema de irrigação e dos métodos de ativação na quantidade de bactérias extruídas durante o tratamento. No entanto, a escassez de estudos abordando especificamente o efeito de diferentes sistemas de ativação de irrigação ressalta a necessidade de mais pesquisas nessa área. Com uma compreensão mais aprofundada desses aspectos, os profissionais de odontologia podem aprimorar suas práticas clínicas para minimizar a extrusão bacteriana e, assim, melhorar os resultados do tratamento endodôntico.

2.2 Associação entre extrusão apical de bactérias e ocorrência de flare-ups

O flare-up endodôntico é definido como uma exacerbação aguda de uma condição patológica perirradicular após o início ou a continuação de um tratamento não cirúrgico do canal radicular. Pode ser causado pela extrusão de detritos contaminados com bactérias e seus produtos através do forame apical, pelo desequilíbrio da microbiota endodôntica, ou mesmo pela elevação do potencial de oxirredução dentro do canal radicular, resultando em agudizações deflagradas pela intervenção endodôntica ¹².



Figura 1: Esquema ilustrativo do *flare-up* endodôntico causado por extrusão apical de detritos/bactérias

3. RESULTADOS

Os resultados analisados a partir dos 24 estudos revisados (Tabela 1) revelaram uma variedade significativa na extrusão de bactérias durante a instrumentação endodôntica, com discrepâncias entre os diferentes sistemas e técnicas utilizadas. Vale ressaltar que todos os estudos reportaram a ocorrência de extrusão independentemente da técnica testada.

Em geral, a técnica de instrumentação manual, representada pelo sistema de instrumentos tipo K, demonstrou maior extrusão de bactérias em comparação com as técnicas mecanizadas^{10, 23, 38}. Já quando comparadas as cinemáticas nas técnicas mecanizadas, alguns estudos mostraram que os instrumentos rotatórios extruem mais que os reciprocantes²⁵, e outros mostraram que não houve diferenças estatisticamente significativas na extrusão de bactérias entre as duas cinemáticas^{6, 24}. Além disso, estudos observaram que instrumentos com conicidades menores, como 0,02 mm, extruíram uma menor quantidade de bactérias, principalmente quando utilizados com a técnica de instrumentação Crown Down^{27, 28}.

Apenas um estudo avaliou a extrusão bacteriana utilizando diferentes comprimentos de trabalho (0 e -1) milímetros do ápice/forame radicular, e verificou-se que não houve diferença estatisticamente significante entre os grupos²⁰.

Tabela 1: Síntese dos estudos de extrusão apical de bactérias.

Autores	PMID	Objetivos	Amostra	Sistemas	Irrigante	Simulação de tecidos perirradiculares	Quantidade de bactérias extruídas (CFU/número de células)	Resultados
* AYDIN et al. (2021)	32820601	Comparar a extrusão de bactérias na irrigação utilizando 4 diferentes sistemas	90 dentes unirradiculares (n= 15) 15 dentes Grupo controle negativo	EndoVac	NaOCl 5%	Agarose a 1,5%	EndoVac: 0.0479 ±0.0158	Extrusão em todos os grupos
				EDDY			EDDY: 0.0764±0.012	EDDY >
				EndoActivator			EndoActivator: 0.0628±0.022	Endo Activator =
				Irrigação convencional			Irrigação convencional: 0.0641 ±0.018	Irrigação convencional > EndoVac
LOW et al. (2021)	34650017	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 3 diferentes sistemas	40 primeiros molares inferiores (MV) (n= 8)	Lima tipo K	Salina	Não	Lima tipo K: (3.14±1.73)x10⁷	Extrusão em todos os grupos
				One G			One G: (1.92±0.39)x10⁶	Lima tipo K >
				WaveOne			WaveOne Gold Glider: (1.84±0.99)x10⁶	One G =
				Gold Glider			Controle Positivo: (3.20±0.68)x10⁴	WaveOne Gold Glider
CUELLAR et al. (2020)	33206776	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação		Prodesign Logic 25.06 ou 35.05 +	Salina	Não	Prodesign Logic 25.06 + Irrigação convencional: 4.02 (3.74 ± 4.56)	Extrusão em todos os grupos.

		utilizando 2 diferentes sistemas, utilizando 2 técnicas de irrigação	80 pré-molares inferiores (n= 10)	Irrigação convencional Prodesign R 25.06 ou 35.05 + Irrigação convencional Prodesign Logic 25.06 ou 35.05 + PUI Prodesign R 25.06 ou 35.05 + PUI			Prodesign R 25.06 + Irrigação convencional: 4.05 (2.83 ± 5.00) Prodesign Logic 35.05 + Irrigação convencional: 4.12 (2.14 ± 4.90) Prodesign R 35.05 + Irrigação convencional: 4.11 (3.62 ± 4.50) Prodesign Logic 25.06 + PUI: 4.80 (4.49 ± 5.02) Prodesign R 25.06 + PUI: 4.39 (4.14 ± 4.92) Prodesign Logic 35.05 + PUI: 4.61 (4.37 ± 5.00) Prodesign R 35.05 + PUI: 4.61 (4.37 ± 5.00)	Não houve diferença estatística entre os grupos.
SAHNI et al. (2020)	33551598	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 6 diferentes sistemas	120 pré-molares inferiores unirradiculares (n= 20)	Lima K flare F360 K3XF Heroshaper Protaper Next HyFlex EDM	Salina	Não	Lima K flare: 231.35 ± 6.35 F360: 59.1 ± 4 K3XF: 19.7 ± 2.33 Heroshaper: 13.1 ± 1.18 Protaper Next: 3.95 ± 0.67 HyFlex EDM: 2.2 ± 0.75	Extrusão em todos os grupos Lima K flare > F 360 > K3XF > Heroshaper > Protaper Next = HyFlex EDM

VANKAYAL A et al. (2020)	33088065	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 5 diferentes sistemas	60 incisivos superiores (n=10)	Lima K Protaper Gold K3XF Edge taper platinum HyFlex CM	Salina	Não	Grupo Controle: 9.3 ± 10.08 Lima K: 206.6 ± 91.04 Protaper Gold: 203.90 ± 91.43 K3XF: 124.10 ± 55.98 Edge taper platinum: 202.4 ± 87.16 HyFlex CM: 133.00 ± 63.75	Extrusão em todos os grupos Lima tipo K > ProTaper Gold = Edge taper platinum > K3XF = HyFlex CM
* ALVES et al. (2018)	29861066	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 2 diferentes sistemas	42 molares superiores (DV) (n=21)	XP-endo Shaper Reciproc	Salina	Agarose a 1,5%	XP-endo Shaper: 3.37E + 03 Reciproc: 2.68E + 03	Extrusão em todos os grupos Xp-endo Shaper > Reciproc
*CABREIRA et al. (2018)	30113734	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 3 diferentes sistemas	63 molares superiores (MV) BT Race n= 16 Mtwo n= 21 Reciproc n= 17	BT Race Mtwo Reciproc	Salina	Agarose a 1,5%	BT Race: 2.19± (2.01) Mtwo: 2.30 ± (1.29) Reciproc: 3.54± (1.79)	Extrusão em todos os grupos. Não houve diferença estatística entre os grupos
AKSEL et al. (2017)	28416303	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 2	90 incisivos centrais inferiores (n= 15)	K3 Crown Down taper 02			K3 CD 02: 2.28± 0.27 K3 CD 04: 2.86± 0.11 K3 CD 06: 2.87± 0.08	

		técnicas e 3 tapers diferentes		K3 Crown Down taper 04			K3 FL 02: 2.89± 0.10	Extrusão em todos os grupos
				K3 Crown Down taper 06	Salina	Não	K3 FL 04: 2.90± 0.48 K3 FL 06: 2.97± 0.08	Menor extrusão com técnica Crown Down taper 0.02
				K3 Full Length taper 02				
				K3 Full Length taper 04				
				K3 Full Length taper 06				
PRIYANK et al. (2017)	28874649	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 2 técnicas e 3 tapers diferentes	120 incisivos centrais superiores (n= 20)	K3 Crown Down taper 02	Salina	Não	CD 02: 2.251 ± 0.16 CD 04: 2.812 ± 0.12 CD 06: 2.842 ± 0.09 FL 02: 2.872 ± 0.12 FL 04: 2.932 ± 0.50 FL 06: 2.992 ± 0.11	Extrusão em todos os grupos Menor extrusão com técnica Crown Down taper 0.02
				Crown Down taper 04				
				Crown Down taper 06				
				Full Length taper 02				
				Full Length taper 04				
				Full Length taper 06				

SABERI et al. (2017)	29026702	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 4 diferentes sistemas	80 pré-molares inferiores unirradiculares (n= 20)	Reciproc Mtwo Neoniti A1 Safesider	Salina	Não	Reciproc: 21.20 ± 28.52 Mtwo: 5.20 ± 8.79 Neoniti A1: 30.70 ± 36.08 Safesider: 33.10 ± 29.59	Extrusão em todos os grupos Safesider = Neoniti A1 > Mtwo = Reciproc
MOHAMMED et al. (2016)	27965505	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 2 diferentes instrumentos com 2 diferentes sistemas	40 pré-molares inferiores unirradiculares (n= 8)	XSmart + ProTaper File ou Twisted File XSmart Dual + ProTaper File ou Twisted File	NaOCl 2,5%	Não	XSmart: 8.85 ± 1.15 XSmart Dual: 7.65 ± 1.17 ProTaper: 9.26 ± 1.16 Twisted file: 8.44 ± 1.05 Grupo controle: 0.565 ± 0.09	Extrusão em todos os grupos XSmart > XSmart Dual ProTaper file > Twisted file
GHOORE et al. (2015)	26481889	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 4 diferentes sistemas	70 pré-molares inferiores unirradiculares (n= 15) Grupo controle: n= 10	ProTaper K3XF Twisted file Lima tipo K	Salina	Não	ProTaper: 22.66 ± 24.91 K3XF: 8.0 ± 10.82 Twisted file: 9.33 ± 12.79 Lima tipo K: 28.00 ± 17.40 Grupo controle: 00 ± 00	Extrusão em todos os grupos Lima tipo K > ProTaper > K3XF = Twisted file
MITTAL et al. (2015)	26472680	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 3	42 pré-molares inferiores unirradiculares	Lima tipo K ProTaper One Shape	Salina	Não	Lima tipo K: 50.08 ± 7.53 ProTaper: 23.33 ± 3.52 One Shape: 6.75 ± 2.93	Extrusão em todos os grupos Lima tipo K > ProTaper >

		diferentes sistemas	(n= 12) Grupo controle: n= 6				Grupo controle: 00 ± 00	One Shape
TANEJA et al. (2015)	25961619	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 3 diferentes sistemas	40 pré-molares inferiores unirradiculares (n= 10)	HyFlex GTX ProTaper	Salina	Não	HyFlex: 607 ± 48.31 GTX: 534 ± 56.99 ProTaper: 821 ± 53.63 Grupo controle: 00 ± 00	Extrusão em todos os grupos ProTaper > HyFlex > GTX
TURKER et al. (2015)	25799537	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 3 diferentes sistemas	44 pré-molares inferiores unirradiculares (n=12) Grupo controle positivo e negativo (n=4)	Twisted File OneShape ProTaper Next	Salina	Não	Twisted File: 3.88 ± 3.29 OneShape: 1.66 ± 1.36 ProTaper Next: 5.03 ± 2.95 Grupo controle: 00 ± 00	Extrusão em todos os grupos ProTaper Next = Twisted File > OneShape
TEIXEIRA et al. (2014)	25087922	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 2 diferentes diâmetros e comprimentos de trabalho	68 pré-molares inferiores unirradiculares (n=15) Grupo controle (n=8)	Reciproc 25 CT: 0 ou -1 Reciproc 40 CT: 0 ou -1	Salina	Não	R25/ CT 0: 3.04 ± 7.31 R25/ CT -1: 3.62 ± 6.12 R40/ CT 0: 1.44 ± 3.28 R40/CT -1: 3.22 ± 4.44	Extrusão em todos os grupos. Não houve diferença estatística entre os grupos.

TINOCO et al. (2014)	24111671	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 3 diferentes sistemas	45 incisivos inferiores (n=15)	Reciproc WaveOne BioRace	Salina	Não	Reciproc: 9.77 ± 25.44 Wave One: 1.62 ± 4.84 BioRace: 35.51 ± 45.74	Extrusão em todos os grupos BioRace > Reciproc = Wave One
GARLAPATI et al. (2013)	23956529	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 4 diferentes sistemas	50 pré-molares inferiores (n=10) Grupo controle (n=10)	K3 MtTwo RaCe ProTaper	Salina	Não	K3: 8.12 ± 1.08 MtTwo: 13.46 ± 1.19 RaCe: 9.88 ± 1.19 ProTaper: 11.46 ± 1.44 Grupo controle: 00 ± 00	Extrusão em todos os grupos MtTwo > RaCe = ProTaper > K3
GHIVARI et al. (2012)	22368332	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 4 diferentes sistemas	80 pré-molares inferiores (n=20)	Lima tipo K ProTaper Manual K3 ProTaper Rotatória	Salina	Não	Lima tipo K: 42.01 ± 2.53 ProTaper M: 22.31 ± 1.95 K3: 11.70 ± 0.94 ProTaper R: 15.99 ± 1.31	Extrusão em todos os grupos Lima tipo K > ProTaper Manual > ProTaper Rotatória > K3
KUSTARCI et al. (2008)	19133095	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 4 diferentes sistemas	70 pré-molares inferiores (n=15) Grupo controle (n=10)	RaCe K3 FlexMaster Lima tipo K	Salina	Não	RaCe: 20.73 ± 10.71 K3: 16.73 ± 8.08 FlexMaster: 27.47 ± 16.54 Lima tipo K: 41.87 ± 23.74 Grupo controle: 0.50 ± 0.85	Extrusão em todos os grupos Lima tipo K > RaCe = FlexMaster = K3

MOHAMMA DI & KHADEMI (2007)	24298285	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 2 diferentes sistemas	70 incisivos centrais superiores (n=30) Grupo controle (n=10)	FlexMaster Mtwo	NaOCl 2,6%	Não	FlexMaster: 6.7± 3.2 Mtwo: 7.5± 3.5 Grupo controle: 0.6 ± 0.2	Extrusão em todos os grupos FlexMaster = Mtwo
ER et al. (2005)	16343113	Comparar a extrusão de bactérias na instrumentação utilizando 2 diferentes sistemas	40 pré- molares inferiores (n=15) Grupo controle (n=10)	ProTaper System GT	NaOCl 2,5%	Não	ProTaper: 6.9± 3.3 System GT: 7.8± 3.6 Grupo controle: 0.5 ± 0.2	Extrusão em todos os grupos ProTaper = System GT

* ALVES et. al, 2018 ²⁴⁽²⁵⁾ e CABREIRA et. al, 2018 ⁶ utilizaram dados de contagem bacteriana obtidos através da reação em cadeia polimerase quantitativa (*PCR real time*).

4. DISCUSSÃO

A extrusão apical de bactérias tem sido alvo de estudo devido à sua relevância clínica, já que a mesma pode causar *flare-ups*, originados pela introdução de bactérias e remanescentes de tecido pulpar ou soluções irrigadoras nos tecidos perirradiculares³. Diversos fatores afetam a quantidade de conteúdos extruídos apicalmente, como: a anatomia dentária, o acesso coronário, a técnica de instrumentação utilizada, o tipo de instrumento, o diâmetro do instrumento, o preparo do terço coronal, o limite do preparo, a conicidade, e a solução irrigadora^{2, 6, 10, 12, 15, 16, 19, 27, 28, 33, 32}.

A extrusão apical de bactérias tem relevância clínica significativa porque é considerada a principal causa de *flare-ups*^{1, 2} e pode influenciar negativamente o resultado do tratamento^{3, 4}. Embora a extrusão de detritos dentinários tenha sido mais extensivamente estudada, pesquisas avaliando extrusão de bactérias são mais relevantes, mas menos comuns na literatura por causa da necessidade de uma metodologia mais minuciosa.

4.1 Variáveis metodológicas

4.1.1 Métodos de simulação de tecidos

A grande maioria dos estudos publicados sobre extrusão utilizaram dispositivos que não simulavam a resistência dos tecidos periapicais à extrusão, conforme esperado na condição clínica. De acordo com a pesquisa bibliográfica, apenas 3 estudos realizaram a simulação dos tecidos perirradiculares^{6, 7, 25}.

Nos estudos de Cabreira et al. (2018) e Alves et al. (2018), foi utilizado gel de agarose a 1,5% para cobrir os ápices das raízes, a fim de criar uma matriz para coletar o material extruído e oferecer alguma resistência a extrusão. Nesses estudos, foi relatado que a densidade do gel de ágar a 1,5% pode ser semelhante à densidade dos tecidos periapicais (ágar = 1.045 kg/m³ e tecido conjuntivo humano = 1.000–1.100 kg/m³)²⁵. Essa abordagem proporcionou uma representação mais precisa das condições encontradas durante o tratamento endodôntico na situação clínica real.

Aydin et al. (2021)⁷ também, simularam a resistência física dos tecidos perirradiculares com gel de agarose a 1,5%, porém relataram que o mecanismo de

defesa do hospedeiro não pode ser simulado neste tipo de pesquisa. Além disso, a contaminação foi realizada apenas com um tipo de microrganismo, diferentemente das condições *in vivo*, onde a doença endodôntica tem o perfil polimicrobiano.

4.1.2 Tipo de irrigante utilizado

É importante ressaltar que é necessária cautela para inferir significado clínico em relação aos presentes resultados, devido à natureza *in vitro* dos estudos. Água destilada e solução salina foram utilizadas como irrigante na maioria dos estudos por serem inócuas ^{24, 33, 39}, já que o objetivo dos experimentos era avaliar a extrusão bacteriana promovida pelas técnicas de instrumentação e não a eficácia antimicrobiana do irrigante.

A extrusão de uma solução com efeito antimicrobiano, como o hipoclorito de sódio (NaOCl), poderia causar resultados falsos negativos, impedindo a detecção e diferenciação dos grupos experimentais. Além disso, se utilizados agentes antimicrobianos, provavelmente haveriam poucas bactérias, dificultando a comparação das técnicas de instrumentação. Esta abordagem é comumente realizada em estudos para facilitar a quantificação de bactérias extruídas apicalmente, evitando sua destruição ³³. No entanto, alguns estudos realizaram a irrigação com hipoclorito de sódio (NaOCl), e mesmo assim detectaram bactérias extruídas ao final do experimento ^{1, 7, 36}.

4.1.3 Tipo de amostra

Todos os estudos utilizaram dentes extraídos para avaliação de extrusão apical de bactérias, sendo a grande maioria dentes unirradiculares com raízes retas, como pré-molares inferiores e incisivos inferiores. Apenas três trabalhos utilizaram raízes de molares, com algum grau de curvatura, o que pode levar a um menor volume de extrusão por causa de sua anatomia ^{6, 24, 25}. Entretanto, as amostras foram usualmente pareadas, e os sistemas comparados em dentes de anatomias semelhantes, minimizando possíveis interferências nos resultados.

4.1.4 Quantidade de bactérias extruídas (PCR - reação em cadeia polimerase quantitativa e CFU – Unidades formadoras de colônia)

A avaliação de bactérias através de cultura é utilizada tradicionalmente em muitos estudos microbiológicos em Endodontia, e foi a técnica de escolha para alguns estudos ^{7, 20, 24} porém é uma técnica com algumas limitações, como a incapacidade de promover uma grande proporção de crescimento de espécies da microbiota oral. Apesar do *Enterococcus faecalis* ser uma espécie de fácil cultivo, pode ser viável mas não cultivável sob estresse, ou os níveis serem tão baixos que passam despercebidos pela cultura ²⁵.

Técnicas de microbiologia molecular, como a reação em cadeia polimerase quantitativa (PCR – real time) , podem driblar essas limitações e promover uma acurácia melhor dos resultados ⁴², sendo escolhida em alguns estudos avaliados ^{6, 25}. Porém, apesar da diferença de sensibilidade entre as técnicas, todos os trabalhos detectaram bactérias extruídas em todos os sistemas utilizados.

4.1.5 Metodologia dos estudos analisados

Independentemente das variações entre os estudos, com a simulação ou não de tecidos perirradiculares, o uso de diferentes substâncias irrigadoras, técnicas distintas de avaliação microbiológica, variações dos grupos dentários selecionados e a quantidade de amostras utilizadas, a maioria dos trabalhos apresentaram como aspecto comum a utilização de um aparato descrito por Myers & Montgomery (1991) ⁴³ e modificado por Er. et al. (2005) ³⁶, que permitiu a coleta do material extruído através da fixação do dente em uma borracha, com a raiz suspensa para dentro de um recipiente, e uma agulha equalizando a pressão interna e externa. Após a instrumentação, o material extruído era transferido para a realização das análises microbiológicas.

4.1.6 Aplicação clínica dos resultados

A aplicação clínica dos resultados obtidos nos estudos sobre a extrusão de bactérias durante procedimentos endodônticos é de suma importância para a prática odontológica. Ao incorporar esses resultados na clínica, os profissionais de odontologia podem aprimorar seus protocolos de tratamento, visando minimizar a extrusão bacteriana e prevenir complicações pós-operatórias.

Vale ressaltar que todos os estudos encontrados foram realizados em ambientes laboratoriais controlados, onde é possível manipular as condições de contaminação e coleta de maneira ética e segura, já que seria antiético realizar estudos clínicos de extrusão. Além disso, não seria possível coletar e mensurar a quantidade de bactérias extruídas na região perirradicular *in vivo*.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que, de acordo com a análise comparativa entre técnicas manuais e acionadas a motor, as técnicas manuais extruem uma quantidade significativamente maior de bactérias. Além disso, ao examinar as técnicas rotatórias e reciprocantes, não foi observada uma diferença aparente na quantidade de bactérias extruídas quando os dados foram analisados de forma global. Apesar dos métodos microbiológicos demonstrarem uma variação na quantidade de bactérias extruídas, todas as técnicas provocaram esta ocorrência.

Diante dessas constatações, é fundamental que o clínico esteja atento à seleção de técnicas que minimizem a extrusão de bactérias durante procedimentos endodônticos. Os dados apresentados nesta pesquisa oferecem subsídios valiosos para auxiliá-lo nessa tomada de decisão, fornecendo informações relevantes que podem influenciar positivamente na prática clínica e contribuir para uma abordagem mais segura e eficaz no tratamento endodôntico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MOHAMMADI Z, KHADEMI A. Quantifying the extruded bacteria following use of two rotary instrumentation systems. *Iran Endod J.* 2007 Oct; 2(3): 77-80.
2. MITTAL R, SINGLA MG, GARG A, DHAWAN A. A comparison of apical bacterial extrusion in manual, protaper rotary, and one shape rotary instrumentation techniques. *J Endod.* 2015 Oct; 41(12): 2040-4.
3. SELTZER S, NAIDORF IJ. Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *J Endod.* 1985 Nov;11(11):472-8.
4. SIQUEIRA JF Jr. Microbial causes of endodontic flare-ups. *Int Endod J.* 2003 Jul;36(7):453-63.
5. BARTELS HA, NAIRDORF IJ, BLECHMAN H (1968). A study of some factors associated with endodontic flare-ups. *Oral Surg Oral Med Pathol* 25: 255-261.
6. CABREIRA LJ, GOMINHO LF, RÔÇAS IN, DESSAUNE-NETO N, SIQUEIRA JF, JR, ALVES FR. Quantitative analysis of apically extruded bacteria following preparation of curved canals with three systems. *Aust Endod J.* 2019 Apr; 45(1):79–85.
7. AYDIN ZU, ERDÖNMEZ D, ATEŞ MO, DOĞAN T. Efficacy of different irrigation activation systems on bacterial extrusion. *Aust Endod J.* 2021 Aug;47(2):137- 142.
8. VANKAYALA B, ANANTULA K, SALADI H, GUDUGUNTA L, BASAVARAJAIAH JM, YADAV SS. Comparative evaluation of apical bacterial extrusion following root canal instrumentation using different endodontic file systems: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2019 Nov-Dec;22(6):559-563.
9. KUŞTARCI A, AKPINAR KE, SÜMER Z, ER K, BEK B. Apical extrusion of intracanal bacteria following use of various instrumentation techniques. *Int Endod J.* 2008 Dec;41(12):1066-71.
10. GHIVARI SB, KUBASAD GC, DESHPANDE P. Comparative evaluation of apical extrusion of bacteria using hand and rotary systems : An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2012 Jan;15(1):32-5.

11. TANALP J. A critical analysis of research methods and experimental models to study apical extrusion of debris and irrigants. *Int Endod J.* 2022 Mar;55 Suppl 1:153-177. doi: 10.1111/iej.13686. Epub 2022 Feb 3.
12. LOPES, H. P.; SIQUEIRA JR, J. F. *Endodontia Biologia e Técnica*. 5ª ed. Rio de Janeiro (RJ): GEN, 2020. 223-252 p.
13. IMURA, N. et al. A comparison of the relative efficacies of four hand and rotary instrumentation techniques during endodontic retreatment. *International Endodontic Journal*, v. 33, p. 361-366, 2000.
14. TENNERT, C. et al. The effect of cervical preflaring using different rotary nickel-titanium systems on the accuracy of apical file size determination. *Journal of Endodontics*, v. 36, p. 1669-1672, 2010.
15. TOPÇUOĞLU, H. S.; ÜSTÜN, Y.; AKPEK, F.; AKTI, A.; TOPÇUOĞLU, G. Effect of coronal flaring on apical extrusion of debris during root canal instrumentation using single-file systems. *International Endodontic Journal*, v. 49, n. 9, p. 884-889, set. 2016. DOI: 10.1111/iej.12520. Epub 2015 Sep 8. PMID: 26283644.
16. BEESON TJ, HARTWELL GR, THORNTON JD, GUNSOLLEY JC. Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filing versus profile .04 Taper series 29. *J Endod.* 1998 Jan;24(1):18-22. doi: 10.1016/S0099-2399(98)80206-9. PMID: 9487860.
17. REDDY SA, HICKS ML. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *J Endod.* 1998 Mar;24(3):180-3. doi: 10.1016/S0099-2399(98)80179-9. PMID: 9558583.
18. FERRAZ CC, GOMES NV, GOMES BP, ZAIA AA, TEIXEIRA FB, SOUZA-FILHO FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J.* 2001 Jul;34(5):354-8. doi: 10.1046/j.1365-2591.2001.00394.x. PMID: 11482718.
19. AZAR NG, EBRAHIMI G. Apically-extruded debris using the ProTaper system. *Aust Endod J.* 2005 Apr;31(1):21-3. doi: 10.1111/j.1747-4477.2005.tb00202.x. PMID: 15881729.

20. TEIXEIRA JM, CUNHA FM, JESUS RO, SILVA EJ, FIDEL SR, SASSONE LM. Influência do comprimento de trabalho e do tamanho da preparação apical na extrusão bacteriana apical durante a instrumentação convencional. *Int Endod J*. 2015; 48(7):648–53. [PubMed]
21. DE-DEUS G, NEVES A, SILVA EJ, MENDONÇA TA, LOURENÇO C, CALIXTO C, et al. *Clin Investig Oral*. 2015; 19:357–61. [PubMed]
22. CAVIEDES-BUCHELI, J., CASTELLANOS, F., VASQUEZ, N., ULATE, E., & MUNOZ, H. R. (2016). The influence of two reciprocating single-file and two rotary-file systems on the apical extrusion of debris and its biological relationship with symptomatic apical periodontitis. A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*, 49(3), 255-270.
23. TINOCO, J. M., DE-DEUS, G., TINOCO, E. M., SAAVEDRA, F., FIDEL, R. A., & SASSONE, L. M. (2014). Apical extrusion of bacteria when using reciprocating single-file and rotary multifile instrumentation systems. *Int Endod J*, 47(6), 560-566.
24. LOW N, ZHEN JIE S, BHATIA S, DAVAMANI F, NAGENDRABABU V. Comparison of Apical Extrusion of Bacteria After Glide Path Preparation Between Manual K File, One G Rotary, and WaveOne Gold Glider Reciprocation Preparations. *Eur Endod J*. 2021 Aug;6(2):221-225. doi: 10.14744/eej.2021.30602. PMID: 34650017; PMCID: PMC8461488.
25. ALVES, F. R. F., PAIVA, P. L., MARCELIANO-ALVES, M. F., CABREIRA, L. J., LIMA, K. C., SIQUEIRA JR, J. F., RÔÇAS, I. N., & PROVENZANO, J. C. (2018). Bacteria and Hard Tissue Debris Extrusion and Intracanal Bacterial Reduction Promoted by XP-endo Shaper and Reciproc Instruments. *J Endod*, 44(7), 1173-1178.
26. AKSEL, H. et al. Effect of Instrumentation Techniques and Preparation Taper on Apical Extrusion of Bacteria. *J Endod*. 2017 Jun;43(6):1008-1010. DOI: 10.1016/j.joen.2017.01.014. PMID: 28416303.
27. PRIYANK, H. et al. Quantitative Assessment of apically Extruded Bacteria using different Instrumentation Techniques and Preparation Taper. *J Contemp Dent Pract*, v. 18, n. 9, p. 826-830, 2017. DOI: 10.5005/jp-journals-10024-2134. PMID: 28874649.

28. CHUGAL, N. M., CLIVE, J. M., & SPÅNGBERG, L. S. (2003). Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 96(1), 81-90. DOI: 10.1016/s1079-2104(02)91703-8.
29. SHAHEEN, N. A.; ELHELBAWY, N. G.; SHERIF, D. A. Quantitative Assessment of Apically Extruded Debris after Single-Files Supplemental Retreatment considering Apical Patency Influence: In Vitro Study. *International Journal of Biomaterials*, 2022, 2022:7544813. DOI: 10.1155/2022/7544813. PMID: 36589768; PMCID: PMC9797296.
30. ALTUNDASAR E, NAGAS E, UYANIK O, SERPER A. Debris and irrigant extrusion potential of 2 rotary systems and irrigation needles. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011 Oct;112(4):e31-5. doi: 10.1016/j.tripleo.2011.03.044. Epub 2011 Jul 20. PMID: 21778084.
31. IMURA, N. et al. A comparison of the relative efficacies of four hand and rotary instrumentation techniques during endodontic retreatment. *International Endodontic Journal*, v. 33, p. 361-366, 2000.
32. BOUTSIOUKIS C, ARIAS-MOLIZ MT, CHÁVEZ DE PAZ LE. A critical analysis of research methods and experimental models to study irrigants and irrigation systems. *Int Endod J*. 2022 Apr;55 Suppl 2:295-329.
33. CUELLAR MRC, VELÁSQUEZ-ESPEDILLA EG, PEDRINHA VF, VIVAN RR, DUARTE MAH, ANDRADE FB. Can kinematics, file diameter, and PUI influence the intracanal decontamination and apical bacterial extrusion? *Braz Oral Res*. 2020 Nov 13;35:e003. doi: 10.1590/1807-3107bor-2021.vol35.0003. PMID: 33206776.
34. CANAKCI BC, USTUN Y, ER O, GENC SEN O. Evaluation of apically extruded debris from curved root canal filling removal using 5 nickel-titanium systems. *J Endod* 2016; 42(7): 1101–4.
35. DINCER AN, ER O, CANAKCI BC. Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with several NiTi systems. *Int Endod J* 2015; 48(12): 1194-

36. ER K, SUMER Z, AKPINAR KE. Apical extrusion of intracanal bacteria following use of two engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J* 2005; 38(12): 871–6
37. KUSTARCI A, AKPINAR KE, ER K. Apical extrusion of intracanal debris and irrigant following use of various instrumentation techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 105(2): 257–62.
38. GARLAPATI R, VENIGALLA BS, PATIL JD, RAJU R, RAMMOHAN C. Quantitative evaluation of apical extrusion of intracanal bacteria using K3, Mtwo, RaCe and protaper rotary systems: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2013 Jul;16(4):300-3. doi: 10.4103/0972-0707.114353. PMID: 23956529; PMCID: PMC3740638.
39. SAHNI G, GARG N, CHHABRA A, NEGI S, GUPTA S, CHHABRA V. Assessment of various endodontic instrumentation systems on the amount of apically extruded bacteria - An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2020 May-Jun;23(3):270-274. doi: 10.4103/JCD.JCD_298_20. Epub 2020 Dec 4. PMID: 33551598; PMCID: PMC7861082.
40. TANALP J, KAPTAN F, SERT S, KAYAHAN B, BAYIRL G. Quantitative evaluation of the amount of apically extruded debris using 3 different rotary instrumentation systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006 Feb;101(2):250-7. doi: 10.1016/j.tripleo.2005.03.002. Epub 2005 Oct 14. PMID: 16448929.
41. LU Y, WANG R, ZHANG L, et al. Apically extruded debris and irrigant with two Ni-Ti systems and hand files when removing root fillings: a laboratory study. *Int Endod J* 2013;46:1125–30.
42. PAIVA S, SIQUEIRA JR J, RÔÇAS I, et al. Supplementing the antimicrobial effects of chemomechanical debriment with either passive ultrasonic irrigation or a final rinse with clorexidine: A clinical study. *J Endod* 2012; 38: 1202-1206
43. MYERS, G.L. & MONTGOMERY, S. (1991) A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and Canal Master techniques. *Journal of Endodontics*, 17, 275–279.

44. TANEJA, S., KUMARI, M., BARUA, M., DUDEJA, C., & MALIK, M. (2015). Apical extrusion of *Enterococcus faecalis* using three different rotary instrumentation techniques: an in vitro study. *Indian J Dent Res*, 26(1), 67-71.
45. SABERI, E., ZAHEDANI, S. S., & EBRAHIMPOUR, S. (2017). Apical Extrusion of Intracanal Bacteria with Single File and Multifile Rotary Instrumentation Systems. *J Int Soc Prev Community Dent*, 7(5), 292-296.]
46. MOHAMMED, N., NOUSHAD, M. C., BALAN, B., DHANESH, N., JAYASHEELAN, N., & REVANKAR, V. D. (2016). Apical Extrusion of Intracanal Bacteria following use of Two Engine-driven Instrumentation Techniques: An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract*, 17(11), 939-942.
47. GHOGRE, P., CHOURASIA, H. R., AGARWAL, M., SINGH, M. P., GURAV, S., & GHOGRE, R. (2015). Quantitative evaluation of apical extrusion of intracanal bacteria using rotary ProTaper, K3XF, twisted and hand K-file system: An ex vivo study. *Indian J Dent Res*, 26(4), 406-410.
48. TÜRKER, S. A., UZUNOĞLU, E., & ASLAN, M. H. (2015). Evaluation of apically extruded bacteria associated with different nickel-titanium systems. *J Endod*, 41(6).