

## Remoção de instrumentos fraturados nos canais radiculares: Desafios, estratégias e perspectivas clínicas

Removal of fractured instruments in root canals: Challenges, strategies, and clinical perspectives

Remoción de instrumentos fracturados en los conductos radiculares: Desafíos, estrategias y perspectivas clínicas

Recebido: 07/10/2025 | Revisado: 14/10/2025 | Aceitado: 14/10/2025 | Publicado: 16/10/2025

**João Victor da Fonseca Barbosa**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3599-787X>  
Afya Centro Universitário São João Del Rei, Brasil  
E-mail: joaobarbosa03@icloud.com

**Eduardo Kitto Miranda Teixeira**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1603-8160>  
Afya Centro Universitário São João Del Rei, Brasil  
E-mail: eteixeira943@gmail.com

**Laura Rodrigues Barbosa**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3732-439X>  
Afya Centro Universitário São João Del Rei, Brasil  
E-mail: laurabarbosarod@gmail.com

**Martinelle Ferreira da Rocha Taranto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5556-4506>  
Afya Centro Universitário São João Del Rei, Brasil  
E-mail: martinellefr@yahoo.com.br

**Jader Camilo Pinto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2023-1589>  
Afya Centro Universitário São João Del Rei, Brasil  
E-mail: jaderqwert@yahoo.com.br

### Resumo

A fratura de instrumentos endodônticos é um desafio frequente durante o tratamento de canais radiculares e representa uma complicação significativa para o profissional. Este estudo teve como objetivo revisar criteriosamente os principais métodos de remoção de instrumentos fraturados, relatando suas indicações, vantagens, limitações e evidências científicas. A metodologia consistiu em uma revisão integrativa da literatura, com seleção de artigos indexados nas bases PubMed, Scopus e SciELO, priorizando publicações entre 2010 e 2025. Os resultados desta revisão indicaram que o ultrassom com o auxílio à microscopia operatória é a técnica de primeira escolha para fragmentos localizados no terço coronário e médio, já as guias endodônticas estáticas ou dinâmicas são indicadas em casos complexos, como curvatura de canais ou em fragmentos apicais, por oferecerem preparo direcionado e maior preservação dentinária. Sistemas de tubo continuam como opção secundária, recomendados apenas quando abordagens menos invasivas falham, devido ao maior desgaste radicular. Em casos extremos, a técnica de bypass pode ser considerada como último recurso, permitindo a desobstrução parcial do canal e a manutenção da função do elemento dentário. Tecnologias como GentleWave® e AReneto®, apresentam-se como soluções promissoras para diversificar e aperfeiçoar as alternativas terapêuticas, porém, ainda careçam de evidências clínicas que comprovem sua eficácia. Conclui-se que não existe uma técnica universalmente superior para todos os casos, e a decisão clínica deve ser individualizada, baseada pelo princípio da mínima intervenção e pela experiência do operador, de modo que potencialize a otimização dos resultados clínicos, reduzindo complicações e preservando ao máximo a estrutura dentária.

**Palavras-chave:** Fratura de Instrumentos Endodônticos; Remoção de Fragmentos; Ultrassom Endodôntico; Microscopia; Guias Endodônticas.

### Abstract

Fracture of endodontic instruments is a frequent challenge during root canal treatment and represents a significant complication for the clinician. This study aimed to critically review the main methods of fractured instrument removal, reporting their indications, advantages, limitations, and scientific evidence. The methodology consisted of an integrative literature review, selecting articles indexed in PubMed, Scopus, and SciELO, prioritizing publications between 2010 and 2025. The results of this review indicated that ultrasonics combined with the aid of an operating

microscope is the first-choice technique for fragments located in the coronal and middle thirds, whereas static or dynamic endodontic guides are indicated in complex cases, such as curved canals or apical fragments, as they provide directed preparation and greater dentin preservation. Tube systems remain a secondary option, recommended only when less invasive approaches fail, due to their greater root dentin removal. In extreme cases, the bypass technique may be considered as a last resort, allowing partial canal de-obstruction and maintenance of tooth function. Technologies such as GentleWave® and AReneto® are presented as promising solutions to diversify and improve therapeutic alternatives; however, they still lack sufficient clinical evidence to confirm their effectiveness. It is concluded that no universally superior technique exists for all cases, and clinical decision-making should be individualized, guided by the principle of minimal intervention and the operator's experience, in order to optimize clinical outcomes, reduce complications, and preserve tooth structure to the greatest extent possible.

**Keywords:** Fracture of Endodontic Instruments; Removal of Fragments; Endodontic Ultrasound; Microscopy; Endodontic Guides.

### Resumen

Este estudio tuvo como objetivo revisar de manera crítica los principales métodos de remoción de instrumentos fracturados, señalando sus indicaciones, ventajas, limitaciones y evidencias científicas. La metodología consistió en una revisión integradora de la literatura, con selección de artículos indexados en las bases PubMed, Scopus y SciELO, priorizando publicaciones entre 2010 y 2025. Los resultados de esta revisión indicaron que el ultrasonido con el auxilio de la microscopía operatoria es la técnica de primera elección para fragmentos localizados en el tercio coronario y medio; mientras que las guías endodónticas estáticas o dinámicas están indicadas en casos complejos, como curvatura de conductos o fragmentos apicales, por ofrecer una preparación dirigida y mayor preservación dentinaria. Los sistemas de tubo continúan como opción secundaria, recomendados únicamente cuando las aproximaciones menos invasivas fallan, debido al mayor desgaste radicular. En casos extremos, la técnica de bypass puede considerarse como último recurso, permitiendo la desobstrucción parcial del conducto y el mantenimiento de la función del elemento dentario. Tecnologías como GentleWave® y AReneto® se presentan como soluciones prometedoras para diversificar y perfeccionar las alternativas terapéuticas; sin embargo, aún carecen de evidencias clínicas que comprueben su eficacia. Se concluye que no existe una técnica universalmente superior para todos los casos, y la decisión clínica debe ser individualizada, basada en el principio de mínima intervención y en la experiencia del operador, de modo que potencie la optimización de los resultados clínicos, reduciendo complicaciones y preservando al máximo la estructura dentaria.

**Palavras-chave:** Fractura de Instrumentos Endodônticos; Remoção de Fragmentos; Ultrasonido Endodôntico; Microscopia; Guías Endodônticas.

## 1. Introdução

A ocorrência de fratura de instrumentos endodônticos representa uma intercorrência clínica relevante, com impacto direto no prognóstico e na taxa de sucesso do tratamento (McGuigan et al., 2013; Machado et al., 2018). Essa complicaçāo ocorre, prevalentemente, durante a instrumentação de canais radiculares estreitos ou com curvaturas acentuadas, especialmente no terço apical, região em que apresenta maior complexidade anatômica e difícil acessibilidade (Eskibağlar et al., 2023; Gomes et al., 2021).

Como mecanismos de fratura mais comuns são incluídos fadiga cíclica e sobrecarga torcional, sendo estes condicionados por fatores como o tipo de liga metálica, o número de utilizações do instrumento, a técnica empregada e a experiência do operador (Lakshmaiah et al., 2023; Gomes et al., 2021). As fraturas de instrumentos de níquel-titânio (NiTi), embora menos frequentes em comparação às de aço inoxidável, ocorrem de forma imprevisível e podem comprometer a higienização e o selamento adequado do canal, aumentando o risco de insucesso no tratamento endodôntico (Dioguardi et al., 2024).

Disto posto que, diferentes abordagens têm sido apontadas para o manejo de instrumentos fraturados, incluindo a remoção direta do fragmento, o bypass (desvio), a manutenção do fragmento no canal em situações específicas e até técnicas cirúrgicas em casos de difícil acesso (Madarati et al., 2013; Portela et al., 2022). Entre os métodos mais utilizados destacam-se os sistemas ultrassônicos, microdispositivos de tração (como loops e BTR Pen), guias endodônticas estáticas, sistemas baseados em realidade aumentada e tecnologias emergentes, como o GentleWave®, que é utilizado principalmente para

irrigação e ativação das soluções irrigadoras, além da desinfecção para preservar a estrutura dentária e reduzir complicações (Terauchi et al., 2022; Prabhuji et al., 2025; Yassa et al., 2025).

Consequentemente, compreender os fatores associados às fraturas instrumentais, a prevalência clínica e a eficácia das diferentes estratégias de manejo é fundamental para a orientação da tomada de decisão do cirurgião-dentista e o favorecimento de um prognóstico mais previsível. Este estudo teve como objetivo revisar criteriosamente os principais métodos de remoção de instrumentos fraturados, relatando suas indicações, vantagens, limitações e evidências científicas.

## 2. Metodologia

Realizou-se uma revisão integrativa da literatura, com abordagem qualitativa, baseada na análise crítica de 20 artigos selecionados nas bases PubMed, Scopus e SciELO, conforme recomendações metodológicas de Pereira et al. (2018) e Snyder (2019).

O acervo bibliográfico foi realizado nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e SciELO, além de pesquisas independentes nas listas de referências dos artigos incluídos. Como estratégia de busca, foram utilizados descritores em inglês, português e espanhol, combinados por meio de palavras-chaves (and, or e not), “fractured endodontic instruments”, “instrument separation”, “NiTi file fracture”, “apical third”, “management”, “removal techniques”, “retrieval”, assim como suas correspondências em espanhol e português.

A pesquisa a partir dos estudos clínicos se orientou à relatos de caso, revisões sistemáticas, meta-análises e pesquisas in vitro publicados entre 2010 e 2025, sendo excluídos artigos duplicados, trabalhos indisponíveis em texto completo e estudos não relacionados diretamente ao tema. Foram selecionadas pesquisas que abordassem aspectos relacionados à prevalência, fatores associados, técnicas de remoção, prognóstico e novas tecnologias (McGuigan et al., 2013; Machado et al., 2018; Gomes et al., 2021; Portela et al., 2022; Terauchi et al., 2022; Lakshmaiah et al., 2023; Eskibağlar et al., 2023; Zadftah et al., 2023; Algarni, 2024; Aminsohhani et al., 2024; Dioguardi et al., 2024; Shahajan et al., 2024; Mahale et al., 2025; Yassa et al., 2025; Prabhuji et al., 2025).

Em princípio, identificaram-se 1.620 publicações; após exclusão de duplicatas e análise de títulos e resumos, 42 artigos foram selecionados para leitura na íntegra, resultando em 20 estudos incluídos na análise final (Dioguardi et al., 2024). Os dados extraídos foram organizados em um quadro síntese (Quadro 1), contemplando autor/ano de publicação, objetivos, resultados e conclusões, permitindo análise comparativa entre os trabalhos e discussão crítica acerca das técnicas e suas implicações clínicas. Por se tratar de uma revisão de literatura baseada em estudos previamente publicados, não houve necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa.

## 3. Resultados e Discussão

Foram incluídos 20 artigos para análise final. O Quadro 1 descreve o estudo, objetivo, resultado e a conclusão dos textos selecionados.

**Quadro 1 - Síntese dos estudos incluídos.**

Artigo	Objetivo	Resultado	Conclusão
Lakshmaiah D et al., 2023.	Relato de casos clínicos em que instrumentos endodônticos fraturados foram contornados ou removidos com técnicas conservadoras, preservando a integridade estrutural do dente.	As causas da fratura de limas Ni-Ti, sendo mais flexíveis porém fraturam por torção e fadiga cíclica. Já limas pequenas o risco foi maior devido à menor seção transversal, além de ambos realizar movimentos agressivos, aumentam os riscos de fratura. O uso de ultrassom com magnificação foi relatada a técnica mais conservadora das alternativas. A decisão entre remoção e bypass depende da anatomia e da posição do fragmento. O ultrassom com kits modernos como o Endo Success mostrou altas taxas de preservação da estrutura dentária e de sucesso.	É possível evitar fraturas de instrumentos com um conhecimento anatômico melhor e uma boa técnica adequada, o uso de ultrassom e magnificação permite à remoção caso aconteça. As chances de sucesso aumentam e favorecem um prognóstico do tratamento endodôntico mais favorável, usando abordagens conservadoras, como retirar ou desviar o fragmento.
Portela NN et al., 2022.	Investigar técnicas para remoção de instrumentos fraturados no canal radicular, apresentando os resultados em relação à espessura da dentina, resistência à fratura (raiz e estrutura remanescente), sucesso da técnica e tempo clínico.	A técnica mais estudada que obteve bons resultados foi a técnica ultrassônica. A dentina será removida e menor será a resistência à fratura do dente, pois quanto mais apical estiver o instrumento mais difícil será removê-lo, e quando a remoção não for possível, pode-se utilizar a técnica de desvio Bypass, portanto em dentes enfraquecidos pode-se exercer a técnica do Sistema GentleWave, até mesmo para remanescentes dentários	A técnica mais utilizada para remover instrumentos fraturados é a técnica ultrassônica com altas taxas de sucesso, porém aumentando o risco de fratura radicular por exigir remoção da dentina (principalmente em áreas curvas ou no terço apical). O bypass é uma alternativa eficaz e viável, quando a remoção não é viável. Por final o sistema GentleWave é indicado por preservar a dentina, especialmente em dentes frágeis ou com pouca resistência coronária.
Bürklein S et al., 2019.	Avaliar a eficácia de diferentes agentes de pré-tratamento, associados a compósito fotopolimerizável, na remoção de instrumentos endodônticos de níquel-titânio fraturados iatrogenicamente.	O uso de Prime and Bond Active, teve maiores valores resistentes à tração, que também demonstrou desempenho superiores ao grupo sem tratamento e ao grupo tratado com hipoclorito de sódio a 3%. Já os pré-tratamentos com ácido cítrico 15% e ácido fosfórico 37% apresentaram valores sem diferenças estatisticamente significativas. Em todos os grupos foram identificados falhas na interface entre o instrumento de Ni-Ti e resina composta. A análise em microscopia eletrônica de varredura confirmou que Prime and Bond Active e Metalprimer favorecem a adesão, enquanto os outros grupos não apresentaram resistência adesiva.	Esta pesquisa concluiu que o estudo in vitro mostrou que o Prime and Bond active aumentou a adesão com a técnica modificada de tubo fotopolimerizável com os instrumentos de NiTi. Uma abordagem que possa ser promissora, porém fatores como o tempo de polimerização e manipulação mecânica ainda precisam ser investigados em pesquisas futuras.
Terauchi Y et al., 2022.	Analizar estratégias de remoção de instrumentos endodônticos fraturados, identificando os fatores e variáveis que influenciam o sucesso da técnica.	A taxa de sucesso na remoção de instrumentos fraturados está relacionada à fatores como o comprimento do fragmento em relação à curvatura do canal, a técnica empregada e a visibilidade do mesmo. A remoção de instrumentos não visíveis mostrou-se imprevisível e de difícil execução. Já a remoção de instrumentos visíveis apresentou previsibilidade com os métodos atuais. Modificações significativas nas técnicas de preparo dos canais radiculares, sem a utilização de instrumentos rotatórios, possivelmente possam reduzir ou até mesmo eliminar a ocorrência de fraturas instrumentais.	A visibilidade do fragmento é um fator a ser considerado para o sucesso do tratamento endodôntico, facilitando quando está visível e de fácil acesso. O desenvolvimento de técnicas que diminuam o uso de instrumentos rotatórios é fundamental para o futuro, visando evitar fraturas já nas etapas iniciais do tratamento.

Eskibağlar M et al., 2023.	Examinar o uso de limas manuais e rotatórias por estudantes de graduação (quarto e quinto ano) e pós-graduação em tratamentos endodônticos, investigando a incidência de fraturas de instrumentos e as estratégias adotadas para o manejo desses casos.	Em molares e canais com curvatura moderada e severa, as fraturas de limas endodônticas ocorrem com maior frequência independente do nível de experiência do operador. A localização da fratura do terço apical dos elementos quase não puderam ser removidas. A probabilidade de limas fraturadas serem mantidas no canal foi aumentada pelos limites de curvatura acentuada. Fatores de anatomia e de acesso são determinantes para o sucesso na gestão de instrumentos fraturados.	O estudo concluiu que não houve diferença entre graduandos e pós-graduandos em relação à fratura de instrumentos, embora aumentar as práticas clínicas melhorem as habilidades práticas e reduz o risco de fraturas.
Machado R et al., 2018.	Verificar a incidência de fraturas de instrumentos do Sistema ProTaper Universal, considerando a arcada dentária, o grupo de dentes e os terços radiculares em que essas fraturas ocorreram.	O estudo mostra que as fraturas ocorreram mais em molares inferiores, sendo mais significativamente mais frequentes no arco mandibular (66,7%) em relação ao maxilar (33,3%). A taxa geral geral de fraturas foi 4,4% por dente e 1,9% por canal, além de que a maioria ocorreu no terço apical.	A arcada (mandibular) e o terço da raiz (apical) têm um efeito significativo na ocorrência de fraturas e a incidência de fraturas de limas rotatórias ProTaper Universal é baixa entre os pós-graduandos.
McGuigan MB et al., 2013.	Verificar a ocorrência e as causas de fraturas de limas endodônticas, considerando os fatores que contribuem para essas fraturas, os protocolos de prevenção e a eficácia das modificações das ligas NiTi na redução da sua incidência.	O estudo resulta em incidência de fraturas em instrumentos de AÇO INOXIDÁVEL [ SS (0,7-7,4%) ], NÍQUEL-TITÂNIO [NI-TI (0,4-5%)]. Relatou também seus modos de fratura, torcional (excesso de torque), fadiga flexural (ambas podem ocorrer combinadas), além de fatores de risco como experiência do operador, técnica (crown-down e glide path reduzem o risco), anatomia do elemento e canal (molares mais curvos, principalmente no terço apical apresenta maior risco, número de usos e esterilização (enfraquecem e desgastam alguns tipos de NiTi). Alguns avanços tecnológicos como novas limas e tratamentos (M-Wire, "controlled memory", eletropolimento, tratamento térmico e NiTi torcido) melhoraram a flexibilidade e resistência à fadiga, mas resultados ainda não consistentes.	O uso cuidadoso das limas de NiTi se tornam semelhantes às de aço inoxidável, embora as de NiTi possam fraturar mais. A experiência do clínico, conhecimento, e seleção dos casos reduzem as fraturas. A maioria dos estudos são in vitro com resultados conflitantes, faltando padronização internacional para certos testes.
Gomes MS et al., 2021.	Comparar a influência do tipo de movimento (reciprocante ou rotatório) na incidência de fraturas de limas de níquel-titânio durante tratamentos endodônticos, avaliando outros fatores clínicos que possam afetar essa ocorrência.	A fratura de NiTi ocorre cerca de 2 a cada 100 instrumentos. Com base em 32.892 instrumentos usados, a incidência geral de fratura foi de 2,27% e heterogeneidade alta entre os estudos ( $I^2= 95,8\%$ ). Em relação a cinemática, não houve uma diferença significativa entre rotatória (2,43%) e reciprocante (1,0%). Por localização as maiores taxas foram na China (6,75%), outros países (4,31%) e Brasil (1,72%) comparados a EUA/Canadá (0,49%). Estudos mais antigos (antes de 2005) tendiam a apresentar incidências maiores. A graduação do operador influenciou nas taxas de fratura, sendo clínicos gerais tendo maiores taxas (12,4%) e pós-graduados (0,68%). O número de usos também influencia em fraturas, o estudo mostrou que o uso de cinemática rotatória quanto reciprocante o risco aumenta quando usado em mais de 4 dentes.	A técnica e experiência do operador e número de reutilizações são mais importantes na prevenção, além de não estabelecer diferença significativa na fratura de limas (NiTi) entre movimentos rotatórios e reciprocantes. Sendo evidências disponíveis provenientes de estudos limitados, porém consistentes.

Zadfatah F et al., 2023.	Investigar o efeito da crioterapia na resistência à fratura de limas rotatórias Neoniti durante a instrumentação endodôntica.	<p>Os dados descritivos do número de ciclos e do tempo de fratura até a fratura que estão apresentados na tabela 1 do estudo. O teste de Kolmogorov-Smirnov mostrou distribuição normal dos dados. O tempo médio de fratura foi significativamente maior no grupo com crioterapia (<math>P=0,020</math>). O tempo até a fratura (segundos): com crioterapia (média 561,2s), e sem crioterapia (471,4s); o número de ciclos até a fratura com crioterapia foi uma média de 280.600 ciclos, enquanto sem crioterapia foi uma média de 235.700 ciclos , resultando em que os instrumentos com crioterapia resistiram a um número maior de rotações e a um tempo maior de fratura dos instrumentos Neoniti em comparação ao grupo sem crioterapia.</p>	O uso do tratamento com crioterapia pode aumentar a resistência à fratura de instrumentos rotatórios.
Madarati AA et al., 2013.	Revisar a literatura sobre opções de tratamento, fatores que influenciam e complicações relacionadas à separação de instrumentos endodônticos dentro do canal.	<p>O manejo de instrumentos fraturados intracanal estão ainda com evidências científicas escassas e sem diretrizes formais. As opções do tratamento conservador foram: remoção do fragmento, ultrapassagem do fragmento e obturação do canal até o nível coronário do fragmento, e outra alternativa não conservadora é a intervenção cirúrgica.</p> <p>Fatores que influenciaram as decisões: (1) limitações anatômicas do canal, (2) momento do preparo em que ocorreu a fratura, (3) experiência do profissional, (4) recursos e instrumentos disponíveis, (5) potenciais complicações de abordagem da escolhida, (6) importância estratégica do dente e presença/ausência de lesão periapical. Resultando assim em uma decisão individualizada, com relação principal entre o estudo detalhado do caso levando à fatores de riscos e benefícios do caso e ao nível de experiência clínica.</p>	As decisões sobre o manejo de instrumentos fraturados dentro do canal radicular não foram formuladas, ou seja, não existem diretrizes. A decisão deve considerar anatomia, preparo, experiência clínica, recursos, complicações e presença/ausência de lesões.
Algarni Y et al., 2024.	Avaliar a frequência de fraturas de instrumentos de um novo sistema de arquivo único reciproante (Premium Blue) quando utilizado por endodontistas em tratamentos clínicos de canal radicular.	<p>O estudo resultou que foram realizados 5.066 tratamentos endodônticos em 1.818 pacientes (2.128 dentes). A incidência de fratura dos instrumentos em relação ao número de canais instrumentados foi de 22 (0,43%). Os canais mesiovestibulares dos molares mandibulares e maxilares apresentaram as maiores taxas de fraturas, principalmente no terço apical, afetando mais os arquivos T20 (diâmetro da ponta de 0,20mm) e T25 (diâmetro da ponta de 0,25mm).</p>	O uso de dispositivos Premium Blue apresentou mínima prevalência de fraturas, mostrando bons resultados e boa confiabilidade. A incidência de fratura de limas foram prevalentes principalmente nos canais mesiovestibulares de molares e na porção apical, com os tamanhos T20 e T25 mais afetados.
Shajahan S et al., 2024.	Comparar e avaliar o tempo de remoção, a eficiência e a perda de volume dentinário durante a remoção de instrumentos endodônticos, utilizando três diferentes sistemas de remoção de instrumentos (Endo Rescue, Ultrassom e BTR Pen), nos terços médio e apical da raiz mesiovestibular de primeiros molares superiores.	<p>O estudo resultou que o sistema BTR Pen, na remoção de instrumentos fraturados com taxa de sucesso de até 60%, conseguiu também remover alguns do terço médio sob microscópio operatório odontológico, alcançando uma taxa de sucesso de 30%. Além disso, as canetas BRT apresentaram menor perda de dentina do que em comparação ao ultrassom e ao Endo Rescue.</p>	Dado os fatos de que havendo ensaios clínicos adicionais em andamento, os achados reforçam o potencial do BTR Pen como alternativa promissora para a recuperação de instrumentos fraturados, minimizando o risco de desgaste excessivo de dentina, porém, ainda são necessários novos ensaios clínicos.

Dioguardi M et al., 2024.	Avaliar as taxas de sucesso dos retratamentos endodônticos em dentes que apresentam instrumentos fraturados dentro dos canais radiculares, considerando principalmente a localização do fragmento dentro do canal (terço apical, médio ou coronal).	Como seleção de estudos foram 1.620 registros, 11 incluídos na revisão e 10 na meta-análise. Total de dentes retratados foram aproximadamente 1.133 (1.112 sem cirurgia), as falhas foram de 172 ( $\approx 18,9\%$ ), 55 perfurações ( $\approx 6,5\%$ ), sendo 12 com cicatrização. A localização dos fragmentos teve menos falhas no terço coronal/médio e no terço apical obteve maior taxa de falhas. O risco de viés variou de baixo à moderado. As meta-analises tiveram taxas de falhas totais de aproximadamente 19%, perfurações ( $\approx 6,5\%$ ) e teve melhor prognóstico quando o fragmento está no terço coronal/médio. A qualidade de evidência (GRADE) foi moderada, sendo assim, os tratamentos apresentam riscos relevantes de falha, mas a evidência atual é considerada moderada.	De acordo com o estudo, a taxa de insucesso varia consideravelmente de acordo com a localização do instrumento fraturado. Portanto, 6,5% foi a incidência de perfurações durante a remoção dos instrumentos.
Mahale VD et al., 2025,	O estudo tem como objetivo fornecer parâmetros clínicos baseados em evidências para otimizar a remoção de instrumentos fraturados, preservando a estrutura dentária e reduzindo riscos durante o retratamento endodôntico.	O resultado do estudo relatou que ambos os métodos têm alta taxa de sucesso, mas os rotatórios desgastam mais a dentina e demoram mais tempo que os manuais. Sendo a profundidade de desgaste maior em instrumentos rotatórios (0,42 mm) em comparação aos manuais (0,28 mm), sendo também maior o tempo de remoção nos rotatórios (46,2 min) do que nos manuais (32,4 min) e por fim, a taxa de sucesso sendo bastante alta (98,3%), sem diferença entre rotatórios (97,4%) e manuais (100%).	A remoção de instrumentos rotatórios requer mais desgaste e tempo de remoção, em comparação aos manuais. Dessa forma, o estudo direciona o aperfeiçoamento do procedimento com menor riscos e preservação dentária.
Yassa SAA et al., 2025.	Comparar, in vitro, o uso do guia endodôntico estático e da técnica ultrassônica no manejo de instrumentos fraturados, avaliando a resistência à fratura do dente, a perda volumétrica de dentina e o tempo necessário para o procedimento.	O resultado resultou que, o grupo do ultrassom teve maior resistência à fratura e menor no aumento do volume do canal radicular em comparação ao grupo do guia endodôntico estático, sendo o grupo guia mais rápido na remoção, e todas as diferenças foram estatisticamente significativas ( $P<0,001$ ), resultando em que o ultrassom preserva melhor o dente, porém leva mais tempo que o guia estático.	O estudo apresentado, fez uma comparação de guias endodônticas (estáticas e ultrassônicas), no qual, as guias estáticas demonstraram maior perda de dentina, porém, são mais rápidas. Contudo, não havendo conclusão, são necessárias pesquisas adicionais.
Prabhuji V et al., 2025.	Relatar a eficácia do ultrassom para remoção de instrumento fraturado e a viabilidade da realidade aumentada (AReneto®) como ferramenta inovadora para acesso guiado, preservando estrutura dentária e prótese existente.	O estudo apresentou que o ultrassom sob magnificação foi utilizado para remover com sucesso o instrumento fraturado do dente 33; preenchimento seccional e colocação de pino anatômico foram realizados; acesso guiado para tratamento de canal no dente 32 foi realizado usando o sistema AReneto®, sem remover a ponte existente de porcelana fundida ao metal; o procedimento foi auxiliado por realidade aumentada para guiar a abertura do acesso através da prótese. Em acompanhamento de 6 meses o paciente estava assintomático, as radiografias indicaram cicatrização periapical, o uso do ultrassom combinado com magnificação permitiu remoção eficaz do instrumento e o sistema AReneto® facilitou um acesso minimamente invasivo preservando a estrutura dentária.	Este estudo demonstra que a tecnologia do sistema (AReneto®), qual realiza uma abordagem minimamente invasiva nos tratamentos endodônticos, preservando as estruturas dentais e aumentando a precisão ao acessar a área de interesse de forma eficaz.
Panitvisai P et al., 2010.	Investigar se a presença de um instrumento fraturado e retido no canal radicular, em comparação com casos sem instrumento retido, resulta em pior desfecho clínico em pacientes adultos submetidos	Em resultados foram 330 artigos obtidos, 28 duplicados, 7 selecionados para o texto completo e nenhum estudo incluído após critérios de inclusão/exclusão, resultando em que nenhum estudo atendeu aos critérios.	O estudo não foi conclusivo, quanto ao impacto dos instrumentos retidos sobre o prognóstico do dente. Sendo necessárias mais pesquisas para conclusão.

	a tratamento endodôntico não cirúrgico.		
Kaul R et al., 2022.	Relatar a remoção bem-sucedida de um fragmento de instrumento fraturado em um molar primário inferior utilizando ultrassom sob microscópio operatório.	Fragmento fraturado de k-line, localizado no canal disto-bucal do segundo molar primário inferior direito (85), sendo removido com ultrassom sob microscópio operatório, combinando à técnica de magnificação permitindo uma remoção eficaz e conservadora do instrumento fraturado	O caso clínico concluiu que, à desinfecção precoce aliada com o uso de ultrassom e microscópio operatório (DOM), resultou em um prognóstico favorável na remoção de instrumentos fraturados, com preservação da estrutura dentária e manutenção da forma original do canal.
Aminsohani M et al., 2024.	Investigar e demonstrar métodos eficazes para a remoção de instrumentos fraturados em canais radiculares, destacando diferentes técnicas clínicas e resumindo evidências da literatura sobre suas taxas de sucesso e segurança.	O resultado das técnicas de remoção do estudo do caso são: (1) Cola de cianoacrilato: obteve melhor conexão para remoção de fragmentos. (2) Fio e tudo (loop): Dependendo do diâmetro do canal e força do fio pode ser eficaz, necessitando de magnificação e experiência do operador. (3) Kit BTEX- PEN: Remoção mais rápida que o ultrassom sozinho, ajustando calibre da agulha e diâmetro do fio, baseado na técnica do laço. (4) Tube-and-internal shaft: Requer magnificação e habilidade; risco de remoção excessiva de dentina e perfuração com tubos grandes, ideal para canais retos ou fragmentos pequenos. (5) Fórceps de Stieglitz: Fragmentos profundos não podem ser alcançados, ideais para fragmentos no terço coronal. (6) Ultrassom sozinho: Risco maior de danos iatrogênicos em fragmentos apicais, e consequentemente tempo mais prolongado. O tipo e tamanho do instrumento (manual ou rotatório) não influenciam significativamente o sucesso da técnica, como escolha, depende de localização do fragmento, tamanho, curva do canal e experiência do operador, equilibrando eficiência e também preservação da dentina.	As séries de casos clínicos relataram que o tipo ou tamanho do instrumento obteve diferentes impactos, no qual, cada técnica apresenta vantagens e limitações específicas. Dessa forma, a escolha do manejo clínico adequado deve equilibrar a eficácia da remoção com a preservação da estrutura dentária, visando desfechos clínicos previsíveis e favoráveis. Por fim, o método eficaz a ser utilizado, deve ser uma escolha criteriosa baseada nas características do fragmento (localização, tamanho e curvatura do canal) e na experiência do operador, resultando no sucesso endodôntico
Karaš, B., et al. 2025.	Relatar sistematicamente o impacto dos irrigantes endodônticos, principalmente o hipoclorito de sódio (NaOCl), na resistência à fadiga cíclica de instrumentos rotatórios de níquel-titânio (NiTi), avaliando como diferentes soluções e condições de uso afetam a durabilidade desses instrumentos	Como resultado, foram feitos 27 estudos in vitro, envolvendo diversos métodos de sistemas de limas e soluções irrigantes, sendo o hipoclorito de sódio (NaOCl), particularmente em concentrações maiores ou igual a 5% e em tempo elevados, obtendo um resultado significativo que reduz a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos (NiTi). Além disso, a microscopia eletrônica de varredura evidenciou corrosões superficiais e formação de microtrincas em instrumentos. Já a exposição de hipoclorito de sódio (NaOCl) de curto prazo (1-5 minutos) obteve um menor impacto sendo que a esterilização em autoclave combinada com a exposição prolongada, potencializou enfraquecimento cumulativo, finalizando, que irrigantes alternativos (EDTA e Clorexidina), tiveram efeitos mais neutralizados sobre a integridade dos instrumentos.	O estudo relatou que o tipo de irrigante e o protocolo de exposição influenciam de forma significativa a durabilidade dos instrumentos NiTi. A utilização de NaOCl em altas concentrações ou por longos períodos, pode comprometer a resistência à fadiga cíclica, elevando o risco de fraturas instrumentais. Assim, a escolha criteriosa de irrigantes e a seleção de protocolos adequados são necessários para otimizar a segurança e a eficácia dos tratamentos endodônticos.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

### 3.1 Prevalência de instrumentos endodônticos fraturados no canal radicular

A prevalência de fraturas de instrumentos endodônticos no canal radicular, têm sido relatada na literatura principalmente no terço apical, representando maior impacto no prognóstico clínico devido à localização de maior dificuldade para remoção.

Machado et al. (2018), através de uma pesquisa retrospectiva, certificaram-se que a maioria das fraturas foi no arco mandibular (66,7%) em comparação ao maxilar (33,3%), com predominância no terço apical da raiz, sendo mais ocorrentes em molares inferiores. De maneira equivalente, Eskibağlar et al. (2023) analisaram que a incidência de fraturas foi maior em molares com curvaturas moderadas e severas, independentemente do nível de experiência do operador, sendo relevantes, destacando a dificuldade de remoção dos fragmentos localizados no ápice dental. No âmbito da prevalência clínica, Algarni (2024) descreveram que os canais mesiovestibulares de molares no arco inferior e arco superior, apresentaram as maiores taxas de fratura de instrumentos rotatórios de níquel-titânio (NiTi), relevantemente no terço apical, com predominância maior dos instrumentos de menores calibres (T20 e T25).

Além das análises clínicas estudadas, revisões sistemáticas também reforçam à relevância do ápice como área crítica. Gomes et al. (2021), em uma meta-regressão, relataram que a ocorrência geral de fraturas em limas de níquel-titânio foi de 2,27%, devido às limitações anatômicas, o terço apical apresentou maiores taxas de insucesso. Reforçando-o, Dioguardi et al. (2024) apresentaram que os fragmentos localizados no terço apical estão associados às taxas de falhas elevadas nos retratamentos endodônticos, em comparação ao terço médio e coronal.

Em consequência, observou-se um consenso entre os autores, em que o terço apical é a região mais crítica em ocorrência e manejo de fraturas instrumentais, devido à anatomia complexa, além da previsibilidade menor de sucesso na remoção.

### **3.2 Fatores associados à fraturas de instrumentos fraturados**

Diferentes Razões estão associadas à intercorrências de fraturas de instrumentos endodônticos durante a instrumentação dos canais radiculares, englobando desde aspectos anatômicos até experiências do operador e dos materiais utilizados.

McGuigan et al. Br Dent J. (2013) relataram as fraturas ocorrem prevalentemente por excesso de torque, ou seja, fratura torcional (gerando excesso de torque até a ruptura, quando a ponta do instrumento fica presa no canal e o motor continua a girar), ou por fadiga cíclica, conhecida também como fratura por flexão (quando o instrumento gira em canais curvos e sofre repetidas flexões de tração e compressão, gerando micro trincas no metal que, com o tempo, se acumulam até provocar a ruptura súbita do instrumento), portanto ambas podem atuar de forma conjunta durante o procedimento. Os autores também ressaltaram que a anatomia radicular (curvaturas acentuadas, principalmente no terço apical), e os principais fatores de risco estão entre a técnica empregada e o número de utilizações dos instrumentos.

A revisão literária relata que características do próprio instrumento interferem no risco de fratura. Lakshmaiah et al. (2023) destacaram que limas de níquel-titânio (NiTi), apesar da maior flexibilidade, são mais susceptíveis a falhas por fadiga cíclica e torcional, enquanto limas de menor calibre apresentaram riscos aumentados a fratura por torção, devido à seção transversal menor. Conforme observado, Gomes et al. (2021) constataram, em revisão sistemática, que a fratura ocorreu em cerca de 2 a cada 100 instrumentos utilizados, sendo afetada pela cinemática empregada (rotatória ou reciprocante) e pelo número de reutilizações.

Dessa forma, fatores associados à experiência clínica também foram relatados. Eskibağlar et al. (2023) afirmaram que a experiência do operador não exclui o risco de fraturas em canais complexos, deste modo, a prática clínica constante contribui significativamente para reduzir ocorrências em riscos de fraturas. Gomes et al. (2021), evidenciaram taxas de fraturas maiores entre clínicos gerais em comparação a pós-graduandos e especialistas, demonstrando a importância da capacitação técnica.

Por fim, constata-se que à fratura de instrumentos endodônticos confirma a interação de múltiplos fatores (anatomia do canal, propriedades físico-mecânicas dos instrumentos, técnicas de preparo, número de utilizações e experiência profissional), reforçando a necessidade de aprimoramento técnico para reduzir ocorrências e a importância de protocolos clínicos

padronizados.

### **3.3 Principais Instrumentos e Sistemas Utilizados na Remoção de Instrumentos Fraturados**

A revisão literária relata que diferentes instrumentos apresentam vantagens e limitações específicas. Os casos clínicos destacados na revisão reforçam a aplicação desses instrumentos, relatando como a combinação de técnicas associadas ao uso de microscopia operatória ou guias endodônticos, permitindo com segurança a remoção de fragmentos, levando a um prognóstico favorável e a preservação da estrutura dentária, mesmo em situações complexas (Prabhuji et al., 2025; Kaul et al., 2022; Aminobhani et al., 2024).

#### **3.3.1 Instrumentos Ultrassônicos**

O procedimento de remoção, depende do preparo de um alargamento cônico (“troughing”) ao redor do fragmento, realizado com pontas ultrassônicas finas sob irrigação contínua, permitindo melhor acesso e visibilidade (Portela et al., 2022). Desta forma as pontas ultrassônicas entram em contato direto com o fragmento e em baixa potência, transmitindo vibrações que promovem o desalojamento gradual do instrumento fraturado (Lakshmaiah et al., 2023). Sistemas ultrassônicos são os mais destacados em práticas clínicas e pesquisas por sua capacidade de vibração e facilidade em desalojar fragmentos, além da preservação de dentina (Lakshmaiah et al., 2023; Portela et al., 2022; Prabhuji et al., 2025). Altas taxas de sucesso (70% a 95%), foram relatadas em fragmentos localizados no terço médio e apical, principalmente quando utilizados sob magnificação (Kaul et al., 2022; Yassa et al., 2025). Ainda que eficiente, a aplicação em fragmentos profundos ou canais muito curvos exige cautela, podendo aumentar o risco de perfuração ou desgaste dentinário.

#### **3.3.2 Pinças e Microbrocas**

São utilizadas microbrocas para expor a porção coronária e, em seguida, pinças endodônticas de precisão para tracionar e remover o fragmento (Aminobhani, Hashemi, Hamidzadeh & Sarraf, 2024). As pinças e microbrocas são indicadas preferencialmente quando o fragmento está parcialmente exposto na câmara pulpar, ou seja, não muito profundas, permitindo a extração direta do instrumento, sendo mais apropriadas para fragmentos no terço coronal e menos eficazes em canais curvos ou fragmentos apicais, essa abordagem também é indicada para canais retos (Aminobhani et al., 2024). Essa técnica requer boa visualização e experiência do operador, sendo utilizada preferencialmente com o auxílio de magnificação proporcionada por microscópios operatórios.

#### **3.3.3 Sistemas de Tração (Loop, Tube-and-Internal Shaft, BTEX-Pen, BTR Pen)**

De início, a técnica do loop consiste em um fio metálico, o qual é introduzido ao redor do fragmento, tensionado e tracionado até a remoção no ápice do elemento (Aminobhani et al., 2024). O método de remoção com o Tube-and-Internal Shaft englobam o uso de microtubos que envolvem o fragmento, seguido de um eixo interno que o prende antes da retirada, assim como, sistemas como BTEX-Pen e BTR Pen utilizam microtubos calibrados e fios de aço, proporcionando captura precisa do fragmento com menor remoção dentinária do elemento (Shajahan, Dhanavel, Raja, Sornamalar & Balavaishnavi, 2024). Os microdispositivos de laço ou kits especializados são eficientes para fragmentos de diferentes tamanhos e localizações, a técnica do laço (loop) ou Tube-and-Internal Shaft proporciona altas taxas de sucesso em canais retos e fragmentos pequenos, enquanto sistemas modernos como BTR Pen ou BTEX-Pen realizam a remoção em menor tempo com menor perda de dentina comparado ao ultrassom isolado (Shajahan et al., 2024; Aminobhani et al., 2024). O uso dessas técnicas requer magnificação e habilidade, sendo o sucesso dependente do tamanho do fragmento, curva do canal e

experiência clínica, sendo que o uso inadequado desses sistemas pode provocar perfurações e exigir habilidade técnica.

### **3.3.4 Técnicas Guiadas e Realidade Aumentada**

O planejamento para o uso de guias endodônticas estáticas é realizado com base em tomografias (CBCT) e confeccionadas por impressão 3D, consistindo em direcionar a broca até o fragmento com alta precisão (Yassa et al., 2025). A realidade aumentada (sistema AReneto®) projeta imagens virtuais em tempo real, auxiliando o operador durante o acesso e preservando estruturas adjacentes, até mesmo próteses existentes (Prabhuji, Manaswini, Sirekha, Champa & Archana, 2025). As pesquisas relataram que as guias estáticas são mais rápidas, porém podem elevar o aumento de perda dentinária, contudo, o ultrassom guiado por magnificação preserva a estrutura superior, com maior tempo de procedimento comparado com as guias estáticas. (Yassa et al., 2025; Prabhuji et al., 2025).

### **3.3.5 Técnica do Bypass**

Esta técnica consiste em um instrumento de pequeno calibre que é introduzido para criar um caminho alternativo ao redor do fragmento, permitindo completar o preparo e obturar o canal sem a remoção do fragmento fraturado (Portela et al., 2022). O método ultrassônico permanece como a técnica mais utilizada para a remoção de instrumentos fraturados, resultando em elevadas taxas de sucesso, porém associada a um risco aumentado de fratura radicular em virtude da necessidade de remoção dentinária, principalmente em canais curvos ou no terço apical. O bypass é uma técnica eficaz e viável quando a remoção direta do fragmento não é possível, desenvolvendo um novo caminho ao redor do fragmento, permitindo que o preparo e a obturação do canal continuem normalmente, sem precisar remover o fragmento. Dessa maneira, o sistema GentleWave® tem sido recomendado como abordagem complementar, sendo especialmente indicado em dentes frágeis ou com pouca resistência coronária, garantindo limpeza e desinfecção. (Portela et al., 2022).

### **3.3.6 Crioterapia e Modificações Metalúrgicas**

O procedimento de crioterapia consiste no resfriamento dos instrumentos antes da instrumentação, geralmente em nitrogênio líquido, aumentando sua resistência à fadiga cíclica, ou seja, fadiga por flexão de tração e compressão, gerando micro trincas no metal (Zadftah, Galledar, Pourasgar & Fathiazar, 2023). Zadftah et al. (2023) analisaram que instrumentos submetidos à crioterapia suportaram maior número de ciclos até a fratura, gerando mais resistência ao instrumento. McGuigan, Louca e Duncan (2013) relataram que tratamentos metalúrgicos como M-Wire e NiTi de memória controlada elevam a flexibilidade e resistência à fadiga, embora os resultados ainda variem entre fabricantes.

### **3.3.7 Estratégias de Prevenção e Perspectivas Futuras**

Estratégias de prevenção e perspectivas futuras envolve etapas como a criação de glide path (preparo inicial e delicado do canal radicular, feito antes do uso dos instrumentos rotatórios), limitando o número de utilizações de cada instrumento, além da habilidade contínua do operador para reconhecer riscos anatômicos (Gomes et al., 2021). Irrigantes endodônticos influenciam diretamente na resistência à fadiga cíclica dos instrumentos rotatórios de Ni-Ti, sendo que elevadas concentrações de hipoclorito de sódio (NaOCl), reduzem sua durabilidade. Clorexidina e EDTA, obtêm efeitos relativamente mais neutros sobre a integridade dos instrumentos (Karaś et al., 2025). Terauchi et al. (2022) ressaltaram que o desenvolvimento de técnicas menos dependentes de instrumentação rotatória pode, no futuro, reduzir a incidência de fraturas, representando uma mudança de paradigma na endodontia moderna.

### 3.3.8 Comparação Entre Técnicas de Remoção de Instrumentos Fraturados e Indicações Clínicas

A preferência das técnicas de remoção de instrumentos fraturados deve ser individualizada, considerando a localização do fragmento, anatomia do canal e a experiência do operador, dessa forma, as pesquisas comparativas mostraram que a taxa de sucesso, preservação dentinária, tempo clínico e o risco de complicações variam de forma significativa entre os métodos (Gomes et al., 2021).

A técnica de ultrassom associado à microscopia operatória é amplamente reconhecido como o método de primeira escolha, principalmente para fragmentos localizados no terço coronário ou médio, representando taxas de sucesso entre 70% e 90% e baixa perda dentinária quando utilizado de forma controlada (Terauchi et al., 2022). Sendo indicada para casos em que há visibilidade direta do fragmento e acesso relativamente favorável, sendo contra indicada quando há risco elevado de perfuração em canais extremamente curvos ou com paredes muito finas, no qual a visibilidade não é favorável.

Os sistemas de tubo, como o Masseran Kit e Endo Extractor®, são recomendados para fragmentos mais profundos ou completamente obstruídos, especialmente no terço coronário e médio, quando o ultrassom não é suficiente para liberar o fragmento alojado (Ruddle, 2018). Contudo, devido ao maior desgaste dentinário necessário para acoplar o tubo, esses sistemas também são menos indicados em canais estreitos ou curvos.

Guias endodônticas, sejam elas, estáticas ou dinâmicas, obtiveram as maiores taxas de sucesso (>90%) segundo o estudo, e são indicadas principalmente para fragmentos localizados no terço apical ou em canais com difícil acesso, onde o risco de desvio ou perfuração é elevado, devido a sua anatomia (Connert et al., 2018). Por permitirem preparo direcionado, seu uso é ideal para dentes posteriores, ou casos complexos no qual os pacientes necessitam da preservação máxima de estrutura dentária.

Inovações tecnológicas, como GentleWave® e AReneto®, de acordo com as pesquisas, foram indicadas em casos em que a remoção mecânica do fragmento seja inviável, permitindo irrigação intensiva e desobstrução química associada a vibrações ultrassônicas, sem necessidade de desgaste adicional (Terauchi et al., 2022). Dessa forma, ainda são consideradas complementares às técnicas tradicionais, devido ao custo elevado e disponibilidade limitada.

## 4. Conclusão

A remoção de instrumentos fraturados, deve ser baseada em uma decisão clínica que priorize métodos minimamente invasivos, utilizando o ultrassom como primeira escolha, as guias endodônticas em casos complexos ou de difícil acesso, e reservando os sistemas de tubo para situações em que outras técnicas falham ou são inviáveis. Já em situações extremas, nas quais a remoção completa do fragmento não seja possível, a técnica de bypass pode ser uma opção como último recurso, permitindo a desobstrução parcial do canal e a manutenção da função do elemento. Assim, a decisão clínica deve ser criteriosa equilibrando previsibilidade, preservação dentinária e segurança do paciente. Essa abordagem seletiva otimiza os resultados clínicos, reduz o tempo de tratamento e diminui complicações como perfuração ou enfraquecimento radicular.

Por fim, a importância desta pesquisa destaca-se em, reforçar que a seleção da técnica deve ser guiada pelo contexto clínico e pelo princípio da mínima intervenção, não havendo uma técnica considerada a “melhor” ou “única” em termos absolutos. O surgimento contínuo das tecnologias de imagem, instrumentação e planejamento digital, aliados à constante capacitação do profissional, é imprescindível para que o manejo de instrumentos fraturados se torne cada vez mais seguro e conservador.

## Referências

- Algarni, Y. (2024). Fracture Incidence of New Reciprocating Nickel-Titanium (NiTi) Files: A Cross-Sectional Retrospective Study. *Cureus*. 16(8), e67762. doi:10.7759/cureus.67762.
- Aminsobhani, M., Hashemi, N., Hamidzadeh, F. & Sarraf, P. (2024). Broken Instrument Removal Methods with a Minireview of the Literature. *Case Rep Dent*. 2024, 9665987. doi:10.1155/2024/9665987.
- Bürklein, S., Donnermeyer, D., Wefelmeier, M., Schäfer, E. & Urban, K. (2019). Removing Fractured Endodontic NiTi Instruments with a Tube Technique: Influence of Pre-Treatment with Various Agents on Adhesive Forces In Vitro. *Materials (Basel)*. 13(1), 144. doi:10.3390/ma13010144.
- Connert, T., Zehnder, M. S., Weiger, R., & Kühl, S. (2018). Microguided endodontics: Accuracy of a miniaturized technique for apically extended access cavity preparation in anterior teeth. *International Endodontic Journal*, 51(5), 573–583. <https://doi.org/10.1111/iej.12878>
- Dioguardi, M., Dello Russo, C., Scarano, F. et al. (2024). Analysis of Endodontic Successes and Failures in the Removal of Fractured Endodontic Instruments during Retreatment: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Trial Sequential Analysis. *Healthcare (Basel)*. 12(14), 1390. doi:10.3390/healthcare12141390.
- Eskibağlar, M., Özata, M. Y., Ocak, M. S. & Öztekin, F. (2023). Investigation of fracture prevalence of instruments used in root canal treatments at a faculty of dentistry: a prospective study. *Restor Dent Endod*. 48(4), e38. doi:10.5395/rde.2023.48.e38.
- Gomes, M. S., Vieira, R. M., Böttcher, D. E., Plotino, G., Celeste, R. K. & Rossi-Fedele, G. (2021). Clinical fracture incidence of rotary and reciprocating NiTi files: A systematic review and meta-regression. *Aust Endod J*. 47(2):372-385. doi:10.1111/aej.12484.
- Karaś, B., Kotela, A., Laszczyńska, M., Majchrzak, Z., Trafalski, M., Matys, J. & Dobrzański, M. (2025). Efeito dos irrigantes endodônticos na resistência à fadiga cíclica de instrumentos rotativos de níquel-titânio: uma revisão sistemática. *Materials (Basel)*. 18(17), 4056. doi:10.3390/ma18174056. PMID: 40942482; PMCID: PMC12429284.
- Kaul, R., Gupta, R., Chhabra, S. & Koul, R. (2022). Dental Operating Microscope-guided Retrieval of Broken Instrument from a Deciduous Molar Using Ultrasonics. *Int J Clin Pediatr Dent*. 15(Suppl 1), S114-S118. doi:10.5005/jp-journals-10005-1892.
- Lakshmaiah, D., Raj Kumar, J., Sakthi, N., Karunakaran, J. & Vishwanath, S. (2023). The Management of Fractured Dental Instruments: A Case Series. *Cureus*. 15(11), e49132. doi:10.7759/cureus.49132.
- Machado, R., Júnior, C. S., Colombelli, M. F. et al. (2018). Incidence of ProTaper Universal System Instrument Fractures - A Retrospective Clinical Study. *Eur Endod J*. 3(2), 77-81. doi:10.14744/eej.2018.30592.
- Madáriati, A. A., Hunter, M. J. & Dummer, P. M. (2013). Management of intracanal separated instruments. *J Endod*. 39(5), 569-81. doi:10.1016/j.joen.2012.12.033.
- Mahale, V. D., Saxena, T., Sharma, S. & Mohan, E. A. (2025). Quantitative analysis of troughing depth for successful instrument retrieval using the loop technique: A cross-sectional in vivo study. *J Conserv Dent Endod*. 28(4), 360-5. doi:10.4103/JCDE.JCDE\_844\_24.
- McGuigan, M. B., Louca, C. & Duncan, H. F. (2013). Endodontic instrument fracture: causes and prevention. *Br Dent J*. 214(7), 341-8. doi:10.1038/sj.bdj.2013.324.
- Panitvisai, P., Parunnit, P., Sathorn, C. & Messer, H. H. (2010). Impact of a retained instrument on treatment outcome: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 36(5), 775-80. doi:10.1016/j.joen.2009.12.029.
- Pereira, A. S. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free ebook]. Santa Maria. Editora da UFSM.
- Portela, N. N., Rech, J. P., Marchionatti, A. M. E. & Barasuol, J. C. (2022). Techniques to address fractured instruments in the middle or apical third of the root canal in human permanent teeth: a systematic review of the in vitro studies. *Clin Oral Investig*. 26(1), 131-9. doi:10.1007/s00784-021-04235-6.
- Prabhuji, V., Manaswini, P. S., Srivikash, A., Champa, C. & Archana, S. (2025). Instrument retrieval using ultrasonics and minimally invasive guided endodontics using AReneto® system: a case report. *J Med Case Rep*. 19(1), 172. doi:10.1186/s13256-025-05121-5.
- Ruddle, C. J. (2018). Nonsurgical retreatment of endodontic failures. *Dent Today*, 37(3), 94–99.
- Shajahan, S., Dhanavel, C., Raja, S. V., Sornamalar, M. & Balavaishnavi, G. (2024). Comparative Evaluation of the Efficiency in Retrieving Separated Reciprocating Instruments Using Three Different File Retrieval Systems in Maxillary First Molars: An In Vitro Study. *J Pharm Bioallied Sci*. 16(Suppl 5): S4544-S4547. doi:10.4103/jpbs.jpbs\_1195\_24.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business 3.1. Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2019.07.039>.
- Terauchi, Y., Ali, W. T. & Abielhassan, M. M. (2022). Present status and future directions: Removal of fractured instruments. *Int Endod J*. 55(Suppl 3), 685-709. doi:10.1111/iej.13743.
- Yassa, S. A. A., Nabeel, M., Ghobashy, A. M. & Alkhawas, M. B. (2025). Fracture resistance and volumetric dentin change after management of broken instrument using static navigation - An in vitro study. *J Conserv Dent Endod*. 28(4), 319-324. doi:10.4103/JCDE.JCDE\_27\_25.
- Zadfatah, F., Galedar, S., Pourasgar, S. & Fathiazar, A. (2023). Effect of Cryotherapy on Fracture Resistance of Neoniti Rotary Instruments. *Front Dent*. 20, 28. doi:10.18502/fid.v20i28.13346.