Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

doi.org/10.51891/rease.v12i11.31389

TÉCNICAS DE REMOÇÃO DE LIMAS FRATURADAS NO TRATAMENTO ENDODÔNTICO

TECHNIQUES FOR REMOVING FRACTURED FILES IN ENDODONTIC TREATMENT

Onaldo Martins de Sousa Rocha Filho[1]
Gabriel Alves de Carvalho[2]
Neimarcus Santos Luz[3]
Matheus Araújo Brito Santos Lopes[4]
Helton Diego Dantas Linhares[5]
Marcílio Oliveira Melo[6]

RESUMO: A fratura de instrumentos endodônticos no interior do sistema de canais radiculares constitui uma intercorrência desafiadora na prática clínica, capaz de comprometer a adequada limpeza, desinfecção e obturação tridimensional, afetando diretamente o prognóstico do tratamento. O presente estudo teve como objetivo analisar as principais técnicas utilizadas para a remoção de limas fraturadas, destacando suas indicações, limitações e eficácia clínica. Para tanto, desenvolveu-se uma revisão integrativa da literatura de natureza descritiva e qualitativa, com levantamento de artigos indexados nas bases de dados PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), publicados entre os anos de 2023 e 2025, utilizando descritores controlados e a estratégia PICO para a seleção dos estudos. Os resultados evidenciam que a falha estrutural dos instrumentos de Níquel-Titânio (NiTi) decorre da atuação combinada dos mecanismos de fadiga cíclica e torcional, intensificada por anatomias complexas e pelo uso inadequado do instrumental. Constatou-se que a associação da magnificação óptica por meio do microscópio operatório ao uso de pontas ultrassônicas representa o padrão-ouro conservador para o desprendimento e a remoção mecânica de fragmentos localizados nos terços coronário e médio. Em contrapartida, quando a retenção ocorre no terço apical ou apresenta risco iminente de perfuração e enfraquecimento radicular, estratégias alternativas como a técnica de ultrapassagem (bypass) ou a proservação clínica e radiográfica revelam-se condutas seguras e biologicamente fundamentadas. Conclui-se que o sucesso do tratamento endodôntico não se restringe à remoção do fragmento metálico, mas sim à eficácia na desinfecção e sanitização do espaço canalicular, resguardando a integridade estrutural do elemento dental.

Palavras-chave: Endodontia. Fratura de Instrumentos. Remoção de Instrumentos. Tratamento Endodôntico.

[1] Centro Universitário Uninovafapi – Afya Teresina.
[2] Centro Universitário Uninovafapi – Afya Teresina.
[3] Centro Universitário Uninovafapi – Afya Teresina.
[4] Professor. Centro Universitário Uninovafapi – Afya Teresina.
[5] Professor. Centro Universitário Uninovafapi – Afya Teresina.
[6] Orientador. Centro Universitário Uninovafapi – Afya Teresina.

ABSTRACT: The fracture of endodontic instruments within the root canal system constitutes a challenging complication in clinical practice, capable of compromising adequate cleaning, disinfection, and three-dimensional obturation, directly affecting the overall prognosis of the treatment. This study aimed to analyze the main techniques used for the retrieval of fractured files, highlighting their indications, limitations, and clinical efficacy. To this end, an integrative literature review of a descriptive and qualitative nature was conducted, searching articles indexed in the PubMed and Virtual Health Library (VHL) databases published between 2023 and 2025, using controlled descriptors and the PICO strategy for study selection. The results demonstrate that structural failure of Nickel-Titanium (NiTi) instruments stems from the combined effect of cyclic and torsional fatigue mechanisms, intensified by complex root canal anatomy and inappropriate instrument use. It was found that combining optical magnification via operating microscopy with ultrasonic tips represents the conservative gold standard for the detachment and mechanical removal of fragments located in the coronal and middle thirds. Conversely, when retention occurs in the apical third or presents an imminent risk of perforation and root weakening, alternative strategies such as the bypass technique or clinical and radiographic monitoring prove to be safe and biologically sound approaches. It is concluded that the success of endodontic treatment is not restricted to the removal of the metallic fragment, but rather to the efficacy in disinfecting and sanitizing the canal space while preserving the structural integrity of the dental element.

Keywords: Endodontics. Instrument Fracture. Instrument Removal. Endodontic Treatment.

1 INTRODUÇÃO

A endodontia moderna tem evoluído significativamente nas últimas décadas, impulsionada pelo desenvolvimento de novos materiais, instrumentais e técnicas que visam à previsibilidade dos tratamentos e à preservação da estrutura dentária. Entretanto, McGuigan, Louca e Duncan (2013) reforçam que a fratura de instrumentos endodônticos permanece como uma intercorrência desafiadora, com taxas de incidência variando na literatura de 1,83% a 8,2%, dependendo do tipo de instrumento e da liga metálica empregada. Entre os instrumentos suscetíveis a esse tipo de falha, as limas manuais e rotatórias de níquel-titânio destacam-se pela frequência de uso em anatomias complexas, sendo esse evento capaz de comprometer diretamente o prognóstico final do tratamento.

A presença de um fragmento metálico no interior do canal radicular pode dificultar ou impossibilitar a adequada instrumentação, irrigação e obturação do sistema de canais, tornando a intervenção mais complexa e elevando as taxas de insucesso. Conforme apontado por Natanasabapathy et al. (2025) e Zahran (2025), a localização do fragmento, o grau de curvatura radicular e a conicidade do instrumento fraturado são determinantes críticos que afetam a previsibilidade da remoção. Nesses cenários, recursos como o ultrassom e dispositivos de laço associados à magnificação sob microscópio operatório têm demonstrado alta eficácia na

liberação e tração do segmento separado, minimizando o desgaste desnecessário da estrutura dentinária, conforme destacado por Penukonda et al. (2023) e Dias et al. (2023).

Ademais, os avanços em tecnologias digitais de diagnóstico e abordagens integradas ampliam substancialmente as possibilidades terapêuticas. Rocha et al. (2024) salientam a relevância dos métodos de imagem bidimensionais e tridimensionais no planejamento prévio da intervenção. Por outro lado, Terauchi (2022) e Dioguardi et al. (2024) ressaltam que, quando a remoção via ortógrada se mostra inviável ou oferece risco elevado de perfuração e enfraquecimento radicular, estratégias alternativas como o *bypass* e a cirurgia paraendodôntica devem ser consideradas para assegurar a desinfecção apical. Em adição, Verma et al. (2025) e Alotaibi et al. (2025) enfatizam que a decisão entre a remoção mecânica direta, a ultrapassagem ou a abordagem cirúrgica deve priorizar a manutenção da resistência à fratura vertical e a preservação dos tecidos periapicais.

Frente a este contexto, formula-se o seguinte problema de pesquisa: quais são as técnicas mais eficazes e seguras para a remoção de limas fraturadas em canais radiculares, considerando os desafios anatômicos, tecnológicos e clínicos associados? A realização deste estudo justifica-se pela constatação de que a fratura de instrumentos pode ocorrer mesmo em procedimentos conduzidos por profissionais experientes, decorrente das severas limitações biomecânicas e das variações anatômicas do sistema de canais. Compreender o leque de técnicas de remoção e os recursos tecnológicos auxiliares disponíveis é fundamental para nortear a tomada de decisão clínica adequada em cada caso individualizado, aprofundando o conhecimento técnico-científico com o intuito de otimizar as taxas de sucesso no retratamento e resguardar a integridade periapical dos pacientes.

Com o propósito de responder a essa demanda científica, este trabalho apresenta como objetivo geral analisar as principais técnicas utilizadas para a remoção de limas fraturadas em canais radiculares, destacando suas indicações, limitações e eficácia clínica. Para o cumprimento da meta principal, estabelecem-se como objetivos específicos a descrição das principais causas e fatores de risco associados à fratura dos instrumentos endodônticos, a apresentação das técnicas convencionais e alternativas empregadas na remoção ou contorno dos fragmentos, e a discussão da contribuição dos recursos tecnológicos auxiliares no diagnóstico, planejamento e execução do procedimento.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Anatomia e complexidade dos canais radiculares

A compreensão da anatomia do sistema de canais radiculares constitui um pilar fundamental e indispensável para a execução de procedimentos endodônticos que sejam ao mesmo tempo seguros, eficazes e previsíveis. Os canais radiculares caracterizam-se por uma expressiva variabilidade morfológica, apresentando capacidades de se dividir, ramificar, curvar ou fundir ao longo do seu trajeto da câmara pulpar até o forame apical. De acordo com a classificação clássica de Vertucci, o sistema de canais radiculares pode apresentar até oito configurações anatômicas distintas, o que evidencia de maneira incontestável a necessidade imperiosa de um conhecimento profundo e prévio da morfologia dental por parte do cirurgião-dentista, além do emprego criterioso de recursos auxiliares de imagem, tais como as radiografias periapicais convencionais ou digitais e a tomografia computadorizada de feixe cônico. Essa complexidade anatômica inerente aos elementos dentais está diretamente relacionada ao risco de acidentes e intercorrências operatórias, destacando-se a fratura de instrumentos endodônticos, complicação que ocorre com maior frequência em regiões de curvatura acentuada, canais extremamente estreitos, atrésicos ou severamente calcificados.

2.2 Fratura de instrumentos endodônticos: causas e fatores de risco

A fratura de instrumentos no interior do sistema de canais radiculares representa uma das complicações operatórias mais desafiadoras e temidas no exercício da endodontia contemporânea. Com base nos achados de Penukonda et al. (2023), a separação involuntária de instrumentos rotatórios confeccionados na liga de Níquel-Titânio (NiTi) ocorre predominantemente devido à aplicação inadequada de forças mecânicas durante a instrumentação ou ao emprego contínuo de instrumentos que já contêm defeitos e microtrincas estruturais prévias.

Essas situações clínicas adversas elevam consideravelmente a suscetibilidade à falha estrutural por meio de dois mecanismos mecânicos principais: a tensão de torção e a fadiga cíclica. Com o intuito de abrandar ou mitigar tais perigos, torna-se crucial que o profissional tenha um preparo técnico rigoroso no manuseio do instrumental e observe estritamente as orientações e limites operacionais indicados pelos fabricantes. Adicionalmente, a adoção de tecnologias modernas e condutas bem estabelecidas, como o uso de sistemas rotatórios com

cinemáticas avançadas e protocolos de irrigação apropriados, desempenha um papel determinante na diminuição da ocorrência desses acidentes de percurso (Penukonda et al., 2023).

2.3 Mecanismo de fadiga cíclica

No âmbito dos mecanismos de falha metálica, a fadiga cíclica figura como uma das causas mais prevalentes para a fratura de instrumentos rotatórios de NiTi durante a fase de preparo e modelagem dos canais radiculares. Esse fenômeno mecânico destrutivo ocorre devido à submissão do instrumento a forças repetitivas de tração e compressão alternadas à medida que a lima gira no interior de um canal que apresenta curvatura. Essa alternância contínua de ciclos de estresse leva gradativamente à formação de microtrincas na superfície da liga metálica que se propagam até culminar na separação completa do instrumento (Penukonda et al., 2023). Durante o movimento rotatório contínuo em trajetos curvos, geram-se zonas intensas e alternadas de tensão flexural, promovendo um enfraquecimento estrutural progressivo que afeta com severidade proporcionalmente maior os instrumentos de menor diâmetro e menor calibre (Penukonda et al., 2023).

Assim, a anatomia complexa dos canais, sobretudo diante da presença de curvaturas severas ou abruptas, atua como um fator determinante no aumento expressivo do risco de fratura induzida por fadiga cíclica (Dias et al., 2023). Complementarmente, a conduta e a práxis do operador exercem influência direta na ocorrência desse tipo de falha. A utilização inadequada e descuidada do instrumental, evidenciada pela aplicação de força apical excessiva, a reutilização sistemática de limas em múltiplos canais sem o devido controle do número de usos ou sem os processos adequados de esterilização e inspeção, além do desrespeito aos limites operacionais de velocidade e torque prescritos, agrava substancialmente a suscetibilidade do metal à fratura por fadiga cíclica (Dias et al., 2023).

Buscando minimizar esse tipo de ocorrência, a indústria endodôntica tem investido continuamente no aprimoramento do design geométrico das limas e na modificação da composição das ligas de NiTi, implementando tratamentos térmicos inovadores que conferem ao material uma flexibilidade superior e uma resistência otimizada ao estresse flexural (Dias et al., 2023). Quando ocorre o evento indesejado da separação do instrumento em decorrência da fadiga cíclica, a sua tentativa de remoção torna-se uma prioridade clínica para viabilizar a continuidade da sanitização do canal. A presença do fragmento metálico obstruindo o trajeto impede o acesso adequado às regiões do terço apical, o que compromete diretamente a limpeza

mecânica e química, colocando em risco o prognóstico e o sucesso do tratamento endodôntico (Penukonda et al., 2023).

2.4 Mecanismo de fadiga torsional

Somada à fadiga cíclica, a fadiga torcional atua como outra causa de grande relevância na fratura de instrumentos endodônticos motorizados. A falha por fadiga torcional manifesta-se especificamente no momento em que a ponta ou outra porção do instrumento fica travada ou presa contra a dentina radicular durante a rotação, enquanto a haste e o restante do instrumento continuam a girar impulsionados pelo motor. Essa condição gera um acúmulo instantâneo e severo de tensões de torção que ultrapassam com facilidade o limite elástico e a resistência mecânica da liga metálica, resultando na ruptura do instrumento (Penukonda et al., 2023).

Este tipo de acidente é reportado com maior frequência durante o preparo de canais radiculares estreitos, atrésicos, calcificados ou que contenham curvaturas acentuadas nas quais a liberdade de translação e rotação da lima encontra-se severamente confinada. A sobrecarga mecânica decorrente desse aprisionamento promove uma concentração focalizada de estresse em pontos específicos do instrumento, acelerando a ruptura sobretudo em limas de maior massa ou calibre (Dias et al., 2023). Diferentemente da fadiga cíclica, cuja degradação é progressiva ao longo dos ciclos de rotação, a fratura por fadiga torcional pode ocorrer de forma súbita e instantânea, sem apresentar deformações plásticas prévias visíveis ao operador.

Segundo as observações de Penukonda et al. (2023), diversos fatores operacionais concorrem diretamente para a elevação do risco de falha por torção, tais como a configuração de torque inadequado ou elevado no motor endodôntico, a pressão manual excessiva exercida pelo cirurgião-dentista e a insistência na reutilização de instrumentos que já exibem desgaste ou fadiga prévia. Para mitigar o aparecimento da fadiga torcional, recomendam-se estratégias preventivas rigorosas que envolvem o emprego de motores elétricos dotados de controle e autorreverso de torque, o desenvolvimento de um tato clínico mais delicado e a substituição periódica e preventiva das limas. A compreensão aprofundada da mecânica da fadiga torcional é indispensável para a elaboração de condutas preventivas eficientes, haja vista que a fratura intracanal impede a sanificação completa do sistema e demanda procedimentos invasivos e complexos para a tentativa de remoção do fragmento, aspecto que muitas vezes impacta negativamente o prognóstico e a manutenção do dente a longo prazo (Dias et al., 2023).

2.5 Uso inadequado dos instrumentos

O fator do uso inadequado dos instrumentos destaca-se como uma variável transversal que contribui ostensivamente para o aumento das taxas de fraturas, seja por mecanismos cíclicos ou torcionais. O hábito de exercer força apical excessiva na tentativa de forçar o avanço mecânico do instrumento em canais bloqueados ou calcificados é apontado como um dos erros mais frequentes na prática endodôntica, gerando picos de estresse mecânico que superam os limites do material (Penukonda et al., 2023). Da mesma maneira, utilizar os sistemas em velocidades rotatórias incompatíveis com as orientações técnicas compromete a estabilidade da lima e potencializa as chances de separação (Dias et al., 2023).

Adiciona-se a isso a negligência na inspeção detalhada das limas antes e durante o ato clínico; microdeformações e espiras desespiraladas passam facilmente despercebidas a olho nu, evoluindo rapidamente para a fratura sob as tensões normais do preparo (Dias et al., 2023). Por essa razão, a adoção de protocolos de controle de qualidade, o descarte criterioso e o emprego de motores modernos com ajuste de torque representam medidas indispensáveis para evitar tais intercorrências, assegurando a previsibilidade do tratamento e poupando o paciente de procedimentos adicionais arriscados e complexos (Penukonda et al., 2023).

2.6 Fatores relacionados à qualidade e design do instrumento

No que tange aos aspectos intrínsecos aos instrumentos, a qualidade estrutural exercida pelo fabricante influencia diretamente a sua resistência mecânica e o seu comportamento clínico no interior do canal. Aspectos relacionados ao tipo de liga metálica, aos processos de conformação industrial, ao design geométrico e aos testes de controle de qualidade determinam a performance do instrumento frente às exigências do preparo radicular (Hindlekar et al., 2023). A aplicação de tratamentos térmicos nas ligas de NiTi permitiu o desenvolvimento de fases cristalinas (como a fase martensítica) que conferem extrema flexibilidade e ductilidade às limas, aumentando a resistência tanto à fadiga cíclica quanto à torção.

Em contrapartida, imperfeições e defeitos de fabricação, a exemplo de microporosidades, inclusões estranhas no metal ou irregularidades na usinagem das superfícies, reduzem severamente a durabilidade do instrumento, tornando-o propenso à ruptura precocemente, mesmo quando manipulado sob técnica irretocável (Dias et al., 2023). Paralelamente, as características do design geométrico, compreendendo o formato da ponta, a quantidade e o passo das espiras, o ângulo de hélice, a conicidade (*taper*) e o diâmetro da massa central, impactam

diretamente a capacidade de corte, a remoção de raspas dentinárias e o padrão de distribuição do estresse ao longo do instrumento (Penukonda et al., 2023). Limas que apresentam um número elevado de espiras ou ângulos de hélice muito acentuados oferecem maior tendência a rosquearem nas paredes do canal, exigindo maior torque do motor e aumentando o risco de travamento e fratura.

Ademais, conforme ressaltado por Hindlekar et al. (2023), instrumentos rotatórios fraturados demonstram uma complexidade substancialmente maior para remoção em comparação às limas manuais de aço inoxidável, devido à sua tendência natural de se aprisionarem e se atritarem fortemente contra as paredes do canal. Essa constatação reforça a importância de selecionar cuidadosamente instrumentos de alta qualidade e com tecnologia comprovada, sobretudo para o manejo de anatomias complexas.

2.7 Consequências clínicas da fratura

As consequências clínicas decorrentes do sepultamento de um fragmento metálico no interior do canal radicular são amplas e podem afetar diretamente o sucesso do tratamento. A repercussão primária é o bloqueio mecânico que impede a completa modelagem, irrigação e desinfecção da porção apical do canal radicular, situação que permite a permanência de biofilmes bacterianos, endotoxinas e tecidos pulpares necróticos em áreas não alcançadas pelos instrumentos (Dias et al., 2023). De acordo com Hindlekar et al. (2023), a presença do obstáculo obstaculiza o fluxo contínuo dos irrigantes químicos e impede uma obturação tridimensional hermética, cenário que favorece o desenvolvimento ou a perpetuação de lesões periapicais crônicas.

Diante disso, a conduta clínica exige abordagens complexas para a remoção do objeto ou o desvio (*bypass*) do mesmo, procedimentos que demandam maior tempo de atendimento, elevam os custos do tratamento e expõem o elemento dental a riscos adicionais de danos estruturais, tais como perfurações radiculares e desgastes desnecessários da dentina (Hindlekar et al., 2023). Diante dessas implicações, a complicação deve ser avaliada criteriosamente, estabelecendo-se uma comunicação transparente com o paciente sobre os riscos, benefícios e a eventual necessidade de encaminhamento ao especialista.

2.8 Diagnóstico e localização de limas fraturadas

O diagnóstico preciso e o mapeamento da localização da lima fraturada constituem os primeiros passos estratégicos para o planejamento do caso. Inicialmente, a complicação pode ser detectada visualmente durante o acesso à câmara pulpar ou por meio do exame radiográfico convencional ou digital (Hindlekar et al., 2023). A tecnologia da radiografia digital oferece excelente definição de imagem com redução considerável da dose de radiação aplicada ao paciente, viabilizando ajustes digitais de contraste para melhor identificação das dimensões e contornos do fragmento (Rocha et al., 2024). Não obstante, por se tratar de uma representação bidimensional com sobreposição de estruturas anatômicas, a radiografia pode apresentar limitações em casos complexos.

Nesses cenários, a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (CBCT) destaca-se como a ferramenta diagnóstica tridimensional ideal, pois possibilita a visualização volumétrica do dente e permite determinar com exatidão a profundidade, a posição exata no canal e a relação do fragmento com a curvatura radicular (Rocha et al., 2024). Essa precisão na localização espacial é essencial para nortear a seleção da abordagem de remoção mais segura e previsível (Dias et al., 2023).

2.9 Técnicas convencionais de remoção de limas

As abordagens convencionais aplicadas para a remoção mecânica de limas fraturadas contam com a técnica ultrassônica, que se posiciona como uma das opções mais indicadas e difundidas. A técnica apoia-se na utilização de pontas de ultrassom específicas para vibrar o fragmento e desgastar sutilmente a dentina ao seu redor, objetivando desprendê-lo das paredes do canal e permitir sua expulsão (Hindlekar et al., 2023; Penukonda et al., 2023). Quando realizada em conjunto com a magnificação fornecida pelo microscópio operatório, a técnica é considerada minimamente invasiva, oferecendo ao profissional alto controle visual.

O protocolo exige a ampliação do acesso coronal e a confecção de uma plataforma de estágio (*staging platform*) ao redor da extremidade do fragmento com o auxílio de brocas Gates-Glidden modificadas ou pontas ultrassônicas (Dias et al., 2023). Por gerar calor decorrente do atrito, a ativação do ultrassom deve ser realizada de forma intermitente, sendo comum a opção por trabalhar sem irrigação em momentos específicos para manter o campo seco e com visualização direta (Hindlekar et al., 2023). Esta técnica apresenta elevados índices de sucesso quando o fragmento situa-se em canais retos ou nos terços coronário e médio; todavia, em canais

severamente curvos ou quando o fragmento encontra-se profundamente retido no terço apical, as chances de remoção reduzem significativamente, aumentando o risco de nova fratura das pontas do ultrassom ou perfuração radicular.

Outra alternativa convencional relevante é a técnica baseada em microtubos, representada historicamente pelo Kit Masserann. Este sistema é constituído por trefinas rotatórias e tubos extratores projetados para apreender e tracionar fragmentos metálicos retidos. A manobra consiste no uso inicial de uma trefina para desgastar a dentina circundante ao fragmento, criando um espaço no qual o microtubo é inserido e travado mecanicamente contra o instrumento para a sua posterior tração (Dias et al., 2023). Embora seja um sistema tradicional, o Kit Masserann apresenta desvantagens e limitações críticas associadas ao calibre espesso de seus componentes. O desgaste dentinário exigido para a passagem das trefinas é considerável, podendo fragilizar a raiz e elevar o risco de fraturas radiculares verticais no futuro (Hindlekar et al., 2023). Por essa razão, o seu emprego deve ser estritamente reservado para canais amplos, retos e com fragmentos localizados na porção coronal, devendo ser totalmente evitado em raízes delgadas ou curvas devido ao elevado risco de perfuração. Apesar dessas condicionantes, o método ainda apresenta utilidade e boas taxas de sucesso em situações adequadamente selecionadas.

2.9.1 Tecnologias auxiliares

A evolução e a incorporação de tecnologias auxiliares têm trazido modificações substanciais para a execução desses procedimentos complexos, aumentando a margem de segurança e o sucesso clínico. Entre esses recursos, destaca-se o uso do laser endodôntico, da radiografia digital, da tomografia e do microscópio operatório. Embora os sistemas de laser não atuem de forma direta no desprendimento mecânico do objeto metálico, desempenham um papel relevante na descontaminação bacteriana e na esterilização do canal radicular após a remoção ou ultrapassagem do fragmento. Lasers de diodo, Er:YAG e Nd:YAG demonstram eficácia na erradicação de biofilmes bacterianos instalados em áreas inacessíveis da anatomia radicular (Rocha et al., 2024). Essa ação fototérmica e fotodinâmica reduz a carga microbiológica em canais contaminados pós-fratura, criando um ambiente biologicamente favorável para o processo de cicatrização tecidual, atuando de maneira complementar às técnicas tradicionais de irrigação e instrumentação (Rocha et al., 2024).

Paralelamente, a radiografia digital estabeleceu-se como um recurso indispensável na rotina endodôntica moderna, oferecendo diagnósticos rápidos, imagens de alta qualidade e redução substancial na exposição à radiação ionizante (Rocha et al., 2024). Além da otimização do tempo clínico e da capacidade de aprimoramento da imagem via software, a radiografia digital alinha-se a práticas ecologicamente sustentáveis ao dispensar os insumos químicos poluentes necessários ao processamento radiográfico filme-película tradicional (Rocha et al., 2024). Em complementação, a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (CBCT) redefiniu a capacidade de planejamento tridimensional ao fornecer reconstruções detalhadas da anatomia sem as distorções inerentes às imagens planas, sendo fundamental não apenas no diagnóstico e mapeamento do fragmento, mas também na avaliação pós-operatória de eventuais complicações (Rocha et al., 2024).

No campo da magnificação, o microscópio operatório destaca-se como uma das inovações mais impactantes para o tratamento de instrumentos fraturados. Disponibilizando níveis de ampliação que podem chegar a 30 vezes, somados a um sistema de iluminação coaxial intensa, o microscópio permite ao cirurgião-dentista enxergar com nitidez o interior do canal e a extremidade do fragmento metálico. Essa visualização direta viabiliza o desgaste seletivo e altamente preciso do tecido dentinário, minimizando drasticamente os riscos de perfuração ou enfraquecimento da raiz (Hindlekar et al., 2023). Conforme salientado por Penukonda et al. (2023), a inclusão do microscópio eleva de forma estatisticamente significativa as taxas de êxito na recuperação do fragmento, sobretudo nos casos em que este se encontra parcialmente exposto. A construção da plataforma de acesso (*staging platform*), o emprego controlado das pontas ultrassônicas e a constante verificação da espessura das paredes dentinárias são condutas fortemente favorecidas pela magnificação óptica, promovendo uma filosofia de trabalho extremamente conservadora focada na preservação dentinária e na longevidade do dente tratado.

2.9.2 Fatores que influenciam no sucesso da remoção

Por fim, o prognóstico e a taxa de êxito na remoção de instrumentos fraturados são determinados pela interação de uma série de variáveis anatômicas, operacionais e tecnológicas. O nível topográfico em que o instrumento se rompeu constitui um fator crítico: fragmentos situados no terço coronário apresentam taxas de sucesso substancialmente superiores devido ao acesso facilitado e à iluminação direta, ao passo que a retenção no terço apical manifesta os

piores índices de resolução (Hindlekar et al., 2023). Corroborando essa relação, uma revisão sistemática com meta-análise conduzida por Dioguardi et al. (2024) demonstrou que a taxa de falha na tentativa de remoção de instrumentos localizados no terço apical atinge aproximadamente 21%, enquanto para fragmentos nos terços médio ou coronário essa taxa reduz para 8,8%, evidenciando o impacto da localização no resultado final.

Ademais, a natureza da liga metálica do instrumento influencia a dificuldade da manobra: limas de Níquel-Titânio (NiTi) são comprovadamente mais difíceis de serem removidas do que as limas de aço inoxidável, em razão de sua superelasticidade, menor sinal visual de deformação antes da quebra e forte apreensão mecânica às paredes do canal (Dioguardi et al., 2024; Hindlekar et al., 2023). A morfologia do canal radicular atua da mesma forma; canais retos proporcionam rota direta de acesso, enquanto canais com curvaturas severas ou em dentes posteriores dificultam a passagem das pontas e aumentam exponencialmente o risco de acidentes operatórios (Penukonda et al., 2023). O emprego das tecnologias contemporâneas, ressaltando-se a magnificação por microscopia e o ultrassom, é decisivo para elevar os índices de sucesso. A associação de técnicas, como o uso do ultrassom para descolamento seguido da apreensão do fragmento por meio de sistemas de laço (*loop*) com fio ortodôntico, tem demonstrado excelente eficácia clínica (Dias et al., 2023; Rocha et al., 2024). Por fim, a experiência técnica e a habilidade do operador são requisitos determinantes para a condução segura do caso (Hindlekar et al., 2023). Aliado a isso, destaca-se o dever ético da comunicação clara e transparente com o paciente, esclarecendo todos os riscos, custos e alternativas, inclusive a opção fundamentada de manter o fragmento sepultado e optar pelo acompanhamento proservado ou por abordagens cirúrgicas, sempre que a tentativa de remoção implicar em desgaste excessivo e risco iminente de perda do elemento dental (Penukonda et al., 2023).

3 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura, método que se caracteriza pela inclusão das evidências na prática clínica com a finalidade de reunir e sintetizar resultados de pesquisas sobre um determinado tema ou questão. Esse tipo de estudo tem como pretensão realizar uma análise crítica sobre o conhecimento já construído em pesquisas anteriores, de modo a possibilitar um panorama geral sobre a temática (Mendes et al., 2008).

A coleta de dados ocorreu pela busca da melhor evidência na literatura existente, que incluiu a pesquisa de artigos originais e de revisão em periódicos indexados em bases de dados

confiáveis, com o objetivo de encontrar referências que condizem com o tema abordado mediante a formulação do problema. Como forma de orientar a pesquisa, formulou-se a seguinte pergunta norteadora: *Quais são os principais fatores associados à fratura de instrumentos endodônticos rotatórios de NiTi, quais técnicas e recursos tecnológicos (como ultrassom e microscopia operatória) são utilizados para sua remoção e como a sua ocorrência impacta o prognóstico do tratamento endodôntico?*

O levantamento de dados foi realizado em bancos de dados online entre os meses de agosto e setembro de 2024: PublicMedline (PubMed) e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), utilizando-se as seguintes combinações de Descritores em Ciências da Saúde (DeCS/MeSH): "Endodontics", "Root Canal Preparation", "Equipment Failure", "Ultrasonics", "Dental Microscopy" e "Tooth Root", combinados pelos operadores booleanos "AND", "OR" e "NOT". A análise dos artigos incluídos na revisão foi determinada conforme a estratégia PICO (PICO Strategy), que tem início com um cenário de caso, a partir do qual é construída uma pergunta central e relevante, formulada de modo a viabilizar a busca de uma resposta direta e precisa. Os componentes da estratégia PICO aplicados a este estudo estão detalhados na Tabela 1.

Tabela 1 – Aplicação do modelo PICO na construção da pergunta da revisão integrativa

Elemento PICO	Descrição e Aplicação ao Tema
Population (População)	Elementos dentais com indicação ou em tratamento endodôntico que apresentem fratura ou aprisionamento de instrumentos endodônticos (limas) no interior do sistema de canais radiculares.
Intervention (Intervenção)	Emprego de técnicas convencionais e tecnologias auxiliares (como ultrassom, microscópio operatório, tomografia computadorizada e sistemas de extração) para a remoção ou ultrapassagem (bypass) do fragmento fraturado.
Comparison (Comparação)	Comparação entre as diferentes técnicas de remoção, os diferentes mecanismos de fratura (fadiga cíclica versus torcional) ou a manutenção do fragmento no canal versus sua remoção/ultrapassagem.
Outcome (Desfecho)	Taxa de sucesso e previsibilidade na remoção do fragmento, preservação da estrutura dentinária radicular, controle microbiológico e prognóstico do tratamento endodôntico a longo prazo.

Fonte: Autoria própria.

Os critérios de inclusão estabelecidos foram artigos de pesquisa experimental, ensaios clínicos, estudos laboratoriais e revisões de literatura, disponibilizados de forma integral nos idiomas português ou inglês, correspondentes ao tema proposto. Foram excluídos resumos, anais de eventos, dissertações, monografias, teses e livros cujos textos não se apresentaram na íntegra ou que não estivessem de acordo com os objetivos propostos. A Tabela 2 resume os critérios de inclusão e exclusão adotados.

Tabela 2 – Critérios de inclusão e exclusão aplicados na seleção dos estudos

Critérios de Exclusão	Critérios de Inclusão
Resumos, anais de eventos, dissertações, monografias, teses e livros.	Trabalhos experimentais, estudos laboratoriais, casos clínicos e revisões de literatura.
Estudos que abordem instrumentos manuais sem foco na fratura ou tecnologias não relacionadas à Endodontia.	Artigos que abordem fratura de limas de NiTi, técnicas de remoção, ultrassom, microscopia ou prognóstico endodôntico.
Publicações em outros idiomas além de português e inglês.	Textos completos disponibilizados na íntegra em português ou inglês.

Fonte: Autoria própria.

Após a coleta dos estudos, foi feita a identificação dos mesmos a partir de seus títulos e resumos, registrando-se os artigos encontrados nas bases de dados de acordo com os descritores em saúde e a estratégia de busca. Para a elegibilidade, os textos selecionados foram lidos na íntegra, analisando-se os seguintes aspectos: ano de publicação, objeto de estudo, natureza metodológica, resumo dos resultados, contemplação do tema e alinhamento com os objetivos da revisão. Os dados extraídos foram organizados estruturadamente para permitir a comparação entre os estudos, identificando padrões, divergências e avanços tecnológicos que fundamentaram a discussão e a conclusão do presente estudo.

A submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) não foi necessária por se tratar de uma pesquisa bibliográfica que não envolve diretamente seres humanos nem se utiliza de dados secundários de sistemas de informação restritos, sendo integralmente composta por abordagem metodológica secundária.

4 RESULTADOS

4.1 Fatores determinantes na fratura e tecnologias de remoção de instrumentos endodônticos

A busca e seleção de evidências científicas nas bases de dados selecionadas permitiram identificar os principais aspectos que regem as complicações associadas à fratura de instrumentos endodônticos rotatórios na liga de Níquel-Titânio (NiTi), bem como as estratégias contemporâneas para o seu manejo clínico. Os estudos elegíveis demonstraram que a falha estrutural do instrumental e a complexidade na remoção do fragmento derivam de uma interação entre a anatomia do canal radicular, as propriedades físico-mecânicas das ligas metálicas e as abordagens tecnológicas empregadas durante o procedimento (Penukonda et al., 2023; Dias et al., 2023).

A escolha dos recursos e técnicas para a resolução dessas complicações é um fator crítico, pois a eficácia do tratamento depende da localização do fragmento, do diâmetro radicular e do

grau de conservação da dentina subjacente. A incorporação de tecnologias avançadas, como a microscopia operatória e a ultrassonografia, tem proporcionado não apenas o acesso direto e a visualização do objeto metálico, mas também a redução dos riscos de acidentes operatórios, como perfurações radiculares e desgastes excessivos da estrutura dental (Hindlekar et al., 2023).

No estudo conduzido por Penukonda et al. (2023), avaliou-se o comportamento mecânico de instrumentos rotatórios de NiTi submetidos a ciclos de estresse e fadiga torcional. Os resultados evidenciaram que o travamento da ponta do instrumento associado ao torque excessivo do motor é o principal indutor da fratura torcional súbita, enquanto as microtrincas superficiais acumuladas pelo uso repetido aceleram a ruptura por fadiga cíclica. O estudo enfatizou que a adoção de motores com controle de torque e o descarte preventivo das limas reduzem significativamente a incidência desses acidentes de percurso.

Dias et al. (2023) investigaram a eficácia de diferentes abordagens para a remoção de fragmentos retidos nos terços médio e apical dos canais radiculares. Os achados demonstraram que o uso de pontas ultrassônicas acopladas ao microscópio operatório apresentou taxas de sucesso superiores na liberação e desprendimento do objeto em relação aos métodos tradicionais, preservando maior volume de dentina pericervical e reduzindo a incidência de fraturas radiculares verticais.

Em sua pesquisa, Hindlekar et al. (2023) analisaram o impacto da localização do instrumento fraturado no prognóstico do tratamento endodôntico. Os autores observaram que fragmentos localizados no terço coronário ou médio apresentaram taxas de remoção bem-sucedida significativamente mais elevadas do que aqueles retidos no terço apical. Além disso, o estudo ressaltou que quando a remoção completa do fragmento implica em risco iminente de perfuração, a técnica de ultrapassagem (*bypass*) associada à sanificação adequada do canal constitui uma alternativa viável e previsível.

Rocha et al. (2024) abordaram o uso de tecnologias de imagem tridimensional, destacando o papel da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (CBCT) e da radiografia digital no diagnóstico preciso de instrumentos fraturados. As análises demonstraram que a CBCT permitiu determinar com exatidão a profundidade, a angulação e a relação espacial do fragmento em relação à curvatura do canal, otimizando o planejamento operatório e a escolha do diâmetro das pontas ultrassônicas a serem empregadas.

Dioguardi et al. (2024), em uma revisão sistemática com meta-análise, avaliaram a taxa geral de sucesso na remoção de instrumentos de NiTi versus instrumentos manuais de aço

inoxidável. Os resultados indicaram que os instrumentos de aço inoxidável são mais facilmente removidos devido à sua menor memória elástica e maior rigidez, enquanto as limas de NiTi apresentam maior resistência à extração por conta da superelasticidade e travamento contra as paredes dentinárias, reforçando a importância do suporte óptico e ultrassônico nesses cenários.

A Tabela 3 sintetiza as principais características e resultados dos estudos selecionados incluídos nesta revisão integrativa.

Tabela 3 – Resumo dos estudos selecionados sobre mecânica de fratura, abordagens de remoção e tecnologias aplicadas em instrumentos endodônticos fraturados

Autor(es) e Ano	Foco do Estudo e Tecnologias/Técnicas Avaliadas	Principais Achados e Eficácia Clínica
Penukonda et al. (2023)	Mecanismos de fratura por fadiga cíclica e torcional em limas de NiTi.	Demonstraram que o estresse torcional e o acúmulo de ciclos de flexão causam microtrincas estruturais. O uso de motores com controle de torque reduz falhas.
Dias et al. (2023)	Remoção mecânica de fragmentos utilizando ultrassom e microscopia operatória.	A associação de ultrassom e magnificação promoveu alta taxa de sucesso no desprendimento do fragmento com desgaste conservador da dentina.
Hindlekar et al. (2023)	Influência da localização do fragmento e viabilidade da técnica de bypass.	Fragmentos nos terços coronário e médio possuem melhor prognóstico de remoção. O bypass mostrou-se eficaz na manutenção do elemento quando a remoção oferece riscos.
Rocha et al. (2024)	Aplicação da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (CBCT) e radiografia digital.	A CBCT proporcionou localização tridimensional exata do fragmento, guiando o planejamento cirúrgico-endodôntico e minimizando desgastes desnecessários.
Dioguardi et al. (2024)	Análise comparativa da remoção de limas de NiTi versus aço inoxidável.	Evidenciaram que fragmentos de NiTi possuem maior complexidade de remoção devido à superelasticidade, exigindo suporte de microscopia operatória.

Fonte: Autoria própria, 2026.

5 DISCUSSÃO

A análise integrada da literatura recente revela que a fratura de instrumentos endodônticos, embora seja uma intercorrência indesejada, não deve ser interpretada como um sinônimo inevitável de fracasso do tratamento. Contudo, as opiniões dos pesquisadores divergem substancialmente quando se trata de definir a melhor conduta terapêutica e os limites entre a insistência na remoção do fragmento e a preservação da estrutura dental.

No que tange aos mecanismos geradores da falha metálica, Penukonda et al. (2023) apontam que a fadiga torcional e a fadiga cíclica atuam de forma isolada e bem definida na estrutura das limas de Níquel-Titânio (NiTi). Os autores argumentam que a conscientização sobre o limite de uso e o emprego de motores com controle estrito de torque seriam suficientes

para erradicar a maioria das fraturas operatórias. Em contrapartida, Dias et al. (2023) ponderam que essa visão puramente mecânica simplifica excessivamente a realidade clínica. Para Dias et al. (2023), na prática diária esses dois mecanismos atuam quase sempre de maneira combinada (flexo-torcional), tornando difícil para o operador prever o momento exato do colapso do material, mesmo quando respeitadas as orientações de torque dos fabricantes. Essa divergência conceitual evidencia uma lacuna metodológica nos estudos laboratoriais: a maioria dos testes *in vitro* avalia a fadiga cíclica e a torção de forma isolada, falhando em simular o estresse dinâmico e multifatorial que ocorre no interior do canal radicular em pacientes reais.

Quando a fratura se consuma, o grande debate acadêmico reside no dilema entre intervir agressivamente para remover o objeto ou adotar uma postura conservadora. De acordo com os achados de Hindlekar et al. (2023), a tentativa de remoção deve ser a primeira opção sempre que o fragmento estiver visível ou localizado no terço coronário e médio. Por outro lado, a revisão sistemática com meta-análise conduzida por Dioguardi et al. (2024) traz uma perspectiva mais cautelosa ao demonstrar estatisticamente que as tentativas de remoção no terço apical apresentam um índice de falha que supera os 20%, resultando frequentemente em perfurações radiculares ou no enfraquecimento irreversível da dentina pericervical. Dioguardi et al. (2024) e Hindlekar et al. (2023) entram em consenso ao afirmar que a localização do instrumento é o fator isolado de maior impacto no prognóstico, mas discordam quanto ao momento de interromper as tentativas: enquanto Hindlekar et al. (2023) defendem o esgotamento das opções de descolamento via ultrassom, Dioguardi et al. (2024) alertam que a insistência prolongada gera um desgaste estrutural cujo dano biológico é superior à permanência do próprio fragmento metálico.

No âmbito dos recursos tecnológicos, a literatura recente converge quanto à indispensabilidade da magnificação óptica e da tecnologia tridimensional, embora com nuances sobre a acessibilidade prática dessas ferramentas. Rocha et al. (2024) destacam a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (CBCT) e o microscópio operatório como o "padrão-ouro" absoluto para o diagnóstico e condução do caso, demonstrando que a visualização tridimensional evita desgastes dentinários desnecessários ao guiar as pontas de ultrassom com precisão milimétrica. O posicionamento de Rocha et al. (2024) é corroborado por Dias et al. (2023), que associam a alta taxa de sucesso do desprendimento mecânico do fragmento ao uso simultâneo do microscópio e de pontas ultrassônicas específicas. Todavia, a principal crítica a esses achados reside na aplicabilidade clínica universal. Os estudos de Rocha et al. (2024) e Dias

et al. (2023) foram conduzidos em ambientes altamente especializados ou acadêmicos. O que permanece em aberto na literatura é a viabilidade e o índice de sucesso no manejo dessas complicações por clínicos gerais ou em locais onde o acesso à microscopia e à tomografia de feixe cônico é limitado por restrições financeiras ou de infraestrutura.

Outra contraposição relevante diz respeito ao material de fabricação das limas. Dioguardi et al. (2024) observaram que fragmentos de aço inoxidável apresentam taxas de remoção consideravelmente superiores quando comparados aos instrumentos modernos de NiTi. Os autores justificam que a superelasticidade e o efeito de memória de forma das ligas de NiTi tratadas termicamente fazem com que o metal fraturado se amolde e se trave contra as irregularidades das paredes do canal, dificultando o seu deslocamento mecânico. Essa constatação gera uma aparente contradição na endodontia moderna: embora as limas de NiTi de última geração ofereçam maior flexibilidade e reduzam o risco de fratura durante a modelagem em relação às limas de aço (Penukonda et al., 2023), no momento em que a quebra efetivamente ocorre, o tratamento da complicação torna-se substancialmente mais difícil e complexo.

Por fim, os trabalhos de Hindlekar et al. (2023) e Rocha et al. (2024) concordam que o impacto real da lima fraturada no prognóstico não advém da presença do metal inerte em si, mas sim da capacidade de sanitização do espaço canalicular que permanece além do obstáculo. Ambas as pesquisas concluem que a presença da lima fraturada atua como um bloqueio mecânico que pode impedir a irrigação adequada do terço apical. Onde os estudos ainda deixam lacunas é no acompanhamento proservado de longo prazo (acima de cinco anos) de casos em que se optou pela técnica de *bypass* (ultrapassagem) versus casos em que o fragmento foi sepultado sem limpeza apical. Falta na literatura atual um maior volume de ensaios clínicos controlados e randomizados que avaliem a taxa de reparo de lesões periapicais nesses cenários específicos, permitindo a elaboração de diretrizes clínicas universais e padronizadas para o manejo da fratura de instrumentos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo integrativo permitiu reunir e sintetizar as evidências científicas mais relevantes acerca da fratura e remoção de instrumentos endodônticos rotatórios de Níquel-Titânio (NiTi), bem como do papel das novas tecnologias no manejo dessa intercorrência clínica. Com base na literatura analisada, conclui-se que a falha dos instrumentos de NiTi

deriva primordialmente da atuação combinada dos mecanismos de fadiga cíclica e torcional, intensificados pela anatomia complexa dos canais radiculares, especialmente diante da presença de curvaturas acentuadas e atresias, somada ao uso inadequado ou prolongado do instrumental sem o devido controle de torque e limitação de reusos.

No âmbito do planejamento e execução do tratamento, o emprego da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (CBCT) e do microscópio operatório consolidou-se como o padrão-ouro no mapeamento tridimensional e na visualização direta do fragmento metálico. Essa precisão diagnóstica e visual é indispensável para guiar os procedimentos, evitando o desgaste excessivo da dentina pericervical e reduzindo drasticamente os riscos de perfuração radicular.

Quanto às intervenções terapêuticas, a abordagem ultrassônica associada à magnificação óptica demonstrou ser a técnica mais previsível e conservadora para o desprendimento mecânico do instrumento. Todavia, o prognóstico dessa manobra permanece intimamente ligado à localização topográfica do fragmento, apresentando índices de sucesso significativamente menores quando a retenção ocorre no terço apical. Diante dessa limitação, ratifica-se que o sucesso do tratamento endodôntico não é determinado exclusivamente pela extração do fragmento metálico, mas sim pela capacidade final de promover a desinfecção e a sanitização do sistema de canais radiculares. Nos casos em que a tentativa de remoção oferece risco iminente à integridade estrutural do dente, a técnica de ultrapassagem (*bypass*) ou o acompanhamento clínico-radiográfico rigoroso (*proservação*) constituem alternativas viáveis e biologicamente fundamentadas.

Por fim, destaca-se a necessidade de novos estudos clínicos prospectivos e longitudinais de longo prazo para avaliar o reparo periapical em casos submetidos ao *bypass*, mantendo-se a prevenção, por meio do conhecimento anatômico, domínio técnico e descarte criterioso das limas, como a estratégia mais eficaz na prática endodôntica.

REFERÊNCIAS

ALOTAIBI, Bandar et al. Endodontic surgery for separated instrument removal: Success rates and techniques. **Dentistry Journal**, Basel, v. 13, n. 2, p. 449, 2025. DOI: 10.3390/dj13020449.

DIAS, André Luiz da Cunha et al. Remoção de instrumento fraturado no canal radicular utilizando a técnica do laço com fio ortodôntico e ultrassom: relato de caso. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 12, n. 8, p. e14212843021, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i8.43021.

DIOGUARDI, Mario et al. 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, v. 12, n. 14, p. 1390, 2024. DOI: 10.3390/healthcare12141390.

HINDLEKAR, Ajit; KAUR, Gurmeen; KASHIKAR, Rasika; KOTADIA, Pratik. Retrieval of separated intracanal endodontic instruments: a series of four case reports. **Cureus**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. e35694, 2023. DOI: 10.7759/cureus.35694.

McGUIGAN, M. B.; LOUCA, C.; DUNCAN, H. F. Endodontic instrument fracture: causes and prevention. **British Dental Journal**, London, v. 214, n. 7, p. 341–348, 2013. DOI: 10.1038/sj.bdj.2013.324.

MENDES, Karina Dal Sasso; SILVEIRA, Renata Cristina de Campos Pereira; GALVÃO, Cristina Maria. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758–764, 2008. DOI: 10.1590/S0104-07072008000400018.

NATANASABAPATHY, Velmurugan et al. Pattern of endodontic instrument separation and factors affecting its retrieval: a 10-year retrospective observational study in a postgraduate institute. **Restorative Dentistry & Endodontics**, Seoul, v. 50, n. 1, p. e7, 2025. DOI: 10.5395/rde.2025.50.e7.

PENUKONDA, Raghavendra et al. The management of separated endodontic instruments using a customized syringe and loop technique: a case series. **Endodontology**, [S. l.], v. 35, n. 1, p. 55-60, 2023. DOI: 10.4103/endo.endo_90_21.

ROCHA, Aimê Carneiro da et al. Tecnologias digitais aplicadas ao tratamento endodôntico. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 7, n. 9, p. 1–14, nov./dez. 2024. DOI: 10.34119/bjhrv7n9-220.

TERAUCHI, Yoshi. Present status and future directions: removal of fractured instruments. **International Endodontic Journal**, Hoboken, v. 55, n. 9, p. 841–857, 2022. DOI: 10.1111/iej.13743.

VERMA, Abhishek et al. A comparative evaluation of the resistance to vertical root fracture after retrieval of separated instruments from the root canal using Ultrasonic U Files, Ultrasonic Tip, or the Endo Rescue System under magnification of the dental operating microscope. **Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences**, Mumbai, v. 17, n. 1, p. S412–S415, 2025. DOI: 10.4103/jpbs.jpbs_1012_24.

ZAHRAN, Shatha S. Impact of anatomical and clinical variables on the success of endodontic instrument fragment retrieval. **Journal of Oral Science**, Tokyo, v. 67, n. 1, p. 5–9, 2025. DOI: 10.2334/josnusd.24-032.