

## **Remoção de instrumento endodôntico fraturado no canal méso-lingual de um segundo molar inferior: relato de caso**

**Removal of a separated endodontic instrument in the mesiolingual canal of a lower second molar: case report**

**Retiro de instrumento endodôntico fraturado em canal mesiolingual de segundo molar inferior: reporte de caso**

Recebido: 23/03/2022 | Revisado: 31/03/2022 | Aceito: 02/04/2022 | Publicado: 09/04/2022

**Marcella Mattos Duarte**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5764-5024>  
Faculdade São Leopoldo Mandic, Brasil  
E-mail: [marcella.dte@gmail.com](mailto:marcella.dte@gmail.com)

**Isabella Figueiredo Assis Macedo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9891-5935>  
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil  
E-mail: [macedo.i@hotmail.com](mailto:macedo.i@hotmail.com)

**Hebertt Gonzaga dos Santos Chaves**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8611-3070>  
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil  
E-mail: [heberttchaves\\_@hotmail.com](mailto:heberttchaves_@hotmail.com)

**Christiane Valente Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7651-8859>  
Faculdade São Leopoldo Mandic, Brasil  
E-mail: [cvaendo@gmail.com](mailto:cvaendo@gmail.com)

### **Resumo**

Durante o tratamento endodôntico, incidentes, como fratura de instrumento no interior dos canais radiculares, podem acontecer. Tais complicações são ocasionadas pela torção ou por fadiga do instrumento. As alternativas terapêuticas incluem o preparo químico-mecânico até o fragmento fraturado; o preparo químico-mecânico ultrapassando o fragmento; ou a remoção do instrumento via canal ou por microcirurgia apical. Este trabalho tem por finalidade relatar o caso de paciente encaminhado para tratamento endodôntico do dente 47, apresentando instrumento endodôntico fraturado em um dos canais. Foi descrito pelo primeiro operador que, durante o preparo químico-mecânico, ocorreu a fratura de instrumento reciprocante no canal méso-lingual. Após exames clínico e radiográfico, optou-se por incluir no planejamento do tratamento a tentativa de remoção do fragmento via canal, com auxílio de microscopia operatória e insertos ultrassônicos. Durante o processo, o instrumento fraturado rompeu-se novamente. Como ainda se mantinha sua visualização, continuou-se a tentativa de remoção. Após o procedimento bem-sucedido, o tratamento endodôntico foi executado e finalizado. Com um período de observação de cinco meses, o paciente permanecia assintomático. A remoção de instrumento endodôntico fraturado via canal é, geralmente, a opção de escolha para tais complicações, já que a modelagem e a desinfecção dos canais são mais eficientes, possibilitando uma alta taxa de sucesso do tratamento. No entanto, o profissional deve atentar-se para evitar novos acidentes, ou erros de procedimento. Concluiu-se que a remoção do fragmento do instrumento endodôntico foi realizada satisfatoriamente, sendo uma tentativa válida para maior previsibilidade do tratamento endodôntico, quando os benefícios do procedimento superam os riscos.

**Palavras-chave:** Endodontia; Tratamento do canal radicular; Preparo de canal radicular.

### **Abstract**

During endodontic treatment, incidents such as instrument fracture inside the root canals can happen. Such complications are caused by torsion or fatigue of the instrument. Therapeutic alternatives include chemical-mechanical preparation up to the fractured fragment; the chemical-mechanical preparation surpassing the fragment; or removal of the instrument via the canal or by apical microsurgery. This paper aims to report the case of a patient referred for endodontic treatment of tooth 47, presenting a fractured endodontic instrument in one of the canals. It was described by the first operator that, during the chemical-mechanical preparation, a reciprocating instrument fractured in the mesiolingual canal. After clinical and radiographic examinations, it was decided to include in the treatment planning the attempt to remove the fragment via the canal, with the aid of operative microscopy and ultrasonic inserts. During the process, the fractured instrument broke again. As its visualization was still maintained, the removal

attempt was continued. After the successful procedure, endodontic treatment was performed and completed. After a five-month observation period, the patient remained asymptomatic. Removal of a fractured endodontic instrument via canal is generally the choice option for such complications, as the shaping and disinfection of the canals are more efficient, enabling a high rate of treatment success. However, the professional must pay attention to avoid further accidents or procedural errors. It was concluded that the removal of the endodontic instrument fragment was performed satisfactorily, being a valid attempt for greater predictability of endodontic treatment, when the benefits of the procedure outweigh the risks.

**Keywords:** Endodontics; Root canal treatment; Root canal preparation.

### Resumen

Durante el tratamiento endodóntico, pueden ocurrir incidentes como la fractura del instrumento dentro de los conductos radiculares. Tales complicaciones son causadas por torsión o fatiga del instrumento. Las alternativas terapéuticas incluyen preparación químico-mecánica hasta el fragmento fracturado; preparación químico-mecánica superando el fragmento; o extracción del instrumento a través del canal o por microcirugía apical. Este trabajo reporta el caso de paciente remitido para tratamiento endodóntico del diente 47, presentando instrumento endodóntico fracturado en uno de los conductos. Fue descrito por el primer operador que, durante la preparación químico-mecánica, se fracturó un instrumento en el canal mesiolingual. Después de los exámenes clínicos y radiográficos, se decidió intentar retirar el fragmento a través del canal, con ayuda de microscopía quirúrgica e insertos ultrasónicos. Durante el proceso, el instrumento fracturado rompió de nuevo. Como aún se mantenía su visualización, se continuó con el intento de extracción. Después del procedimiento exitoso, se realizó y completó el tratamiento endodóntico. Con un período de observación de cinco meses, el paciente permaneció asintomático. La extracción de un instrumento endodóntico fracturado a través del canal es generalmente la opción de elección para tales complicaciones, ya que la conformación y desinfección de los canales son más eficientes, lo que permite alta tasa de éxito del tratamiento. El profesional debe prestar atención para evitar más errores de procedimiento. Se concluyó que la extracción del fragmento del instrumento endodóntico se realizó satisfactoriamente, siendo un intento válido para mayor previsibilidad del tratamiento endodóntico, cuando los beneficios del procedimiento superan los riesgos.

**Palabras clave:** Endodoncia; Tratamiento del conducto radicular; Preparación del conducto radicular.

## 1. Introdução

O tratamento endodôntico consiste, basicamente, na execução de etapas de modelagem, desinfecção e obturação dos canais radiculares, visando, dessa forma, a higidez dos tecidos perirradiculares. Para se obter sucesso no tratamento, essas etapas devem ser executadas de forma criteriosa, respeitando-se os princípios técnicos e biológicos. Durante a execução dessas etapas alguns acidentes podem ocorrer, como perfuração radicular, desvio do trajeto do canal e a fratura do instrumento endodôntico (Oliveira, 2003; Poy et al., 2018).

Até o final dos anos de 1980, os instrumentos endodônticos eram fabricados em aço inoxidável, substituindo aqueles feitos de aço carbono. Em 1988, Walia et al. sugeriram a introdução de uma liga de níquel-titânio (NiTi) na fabricação de instrumentos endodônticos, aproximadamente três vezes mais flexíveis, e mais resistentes à torção que o aço inoxidável (Walia et al., 1988). No entanto, a fratura de instrumentos mecanizados de NiTi permanecia um incidente inadvertido durante o uso clínico (Solomonov et al., 2015). A fim de se melhorar ainda mais as propriedades mecânicas das ligas NiTi, e produzir instrumentos com maior resistência à fratura e maior flexibilidade, os fabricantes introduziram vários procedimentos na fabricação dos instrumentos, incluindo tratamentos térmicos, mecânicos, e de superfície (Gavini et al., 2018; Zupanc et al., 2018, Martins et al., 2022).

A fratura de um instrumento pode ser consequência de fadiga flexural ou torcional. A fadiga flexural ocorre quando o instrumento gira livremente em canais curvos e a fratura ocorre no seu ponto de flexão máximo. Cada vez que o instrumento é submetido a situações de tensão, são formadas microtrincas em sua estrutura, que quando se encontraram geram a separação dos fragmentos (Pruett et al., 1997). Esse tipo de fratura está associado ao uso excessivo do instrumento. Daí, a importância do controle do número de usos dos instrumentos e do descarte consciente.

Já a fratura torcional, ocorre quando uma porção do instrumento se prende no interior do canal radicular, enquanto a sua haste continua rotacionando. De modo geral, esse tipo de fratura está relacionado a uma força apical excessiva durante a instrumentação (Ribeiro Camargo et al., 2020; Bhandi et al., 2021). Além do controle da força apical ao manejar o

instrumento, uma maneira adicional de se prevenir esse tipo de fratura, é o preparo inicial dos terços médio e cervical do canal radicular, eliminando interferências dessas regiões antes de se avançar ao preparo do terço apical (McGuigan et al., 2013).

Dentre inúmeras técnicas descritas na literatura para remoção de instrumentos fraturados (Ruddle, 2004, McGuigan et al., 2013), no método em que se utiliza o aparelho de tecnologia ultrassônica piezoelétrica e insertos específicos, realiza-se um acesso coronal e radicular para se alcançar o instrumento fraturado de forma mais retilínea possível, alargando o canal, para que o inserto do aparelho ultrassônico tenha acesso lateral ao segmento do instrumento fraturado (Ruddle, 2004; Terauchi et al., 2021). O inserto ultrassônico é movido ao redor do fragmento, no sentido contrário ao corte do instrumento fraturado. Com este movimento, o fragmento tende a se soltar (Ruddle, 2004).

Este trabalho tem por objetivo descrever a técnica de remoção de um instrumento fraturado, que foi realizada em paciente, submetido ao tratamento endodôntico do dente 47, na clínica da Especialização em Endodontia da Faculdade São Leopoldo Mandic, unidade Belo Horizonte, MG.

## **2. Metodologia e Relato de caso**

Este trabalho trata de um estudo descritivo do tipo relato de caso.

Prezando pelos aspectos éticos e legais, o participante do estudo assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), concordando com o uso de imagens relacionadas ao caso para fins acadêmicos. Este relato tem a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic, sob parecer de número: 5.055.830.

Para a remoção do segmento fraturado, recorreu-se ao aparelho de ultrassom e à microscopia operatória, baseando-se na descrição técnica de Ruddle (2004), conforme se expõe a seguir.

Paciente A.L.S, leucoderma, sexo masculino, 30 anos de idade foi referido à clínica da Especialização em Endodontia da Faculdade São Leopoldo Mandic – Unidade Belo Horizonte, para dar continuidade ao tratamento endodôntico do dente 47. Foi descrito pelo primeiro operador do caso que, ao instrumentar o canal méso-lingual (ML), ocorreu a fratura de um instrumento recíprocante X1-Blue File (#20/.06) (Mk Life, Porto Alegre, Brasil) no terço médio/cervical, em região de curvatura de raiz.

Com a radiografia periapical, foi possível identificar o fragmento do instrumento endodôntico fraturado na raiz mesial, e no canal distal, uma imagem sugerindo o preenchimento por medicação intracanal (Figura 1).

**Figura 1** – Radiografia inicial do elemento 47, podendo-se observar imagem radiopaca sugerindo um fragmento de instrumento endodôntico fraturado na raiz mesial.



Fonte: Autoria própria.

O planejamento do tratamento consistiu na sua realização em múltiplas sessões: inicialmente com a remoção do fragmento fraturado, e posteriormente com a limpeza, formatação dos canais radiculares com ampliação foraminal, e a obturação do sistema de canais radiculares pela técnica do cone único.

Foi realizada a anestesia do nervo alveolar inferior, com Alphacaine 100 (lidocaína 2% + epinefrina 1:100.000) (Nova DFL, Rio de Janeiro, Brasil) e complementação com infiltração vestibular de Articaine 100 (articaína 4% + epinefrina 1:100.000) (Nova DFL, Rio de Janeiro, Brasil). Removeu-se o selamento coronário, e realizou-se o isolamento absoluto com grampo 206 (Golgan, São Paulo, Brasil), amarra com fio dental e colocação de barreira gengival TopDam (FGM, Santa Catarina, Brasil) para melhor vedamento do campo operatório. Após localizar-se os canais, foi realizada a limpeza e desinfecção da câmara pulpar com gel de clorexidina 2% (LenzaFarm, Belo Horizonte, Brasil).

Com auxílio da microscopia operatória (Alliance, São Carlos, Brasil), foi possível visualizar o fragmento fraturado no canal ML. Na intenção de melhorar o acesso ao fragmento e tentar removê-lo, foi necessário ampliar o diâmetro do canal radicular até o comprimento em que se encontrava a extremidade cervical do instrumento fraturado. Para isto, foram utilizadas as brocas Gates-Glidden #2 e #3 (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) modificadas. Tal modificação foi feita com o auxílio de um disco carburudum (Dentorium, Nova York, Estados Unidos), cortando-se a ponta guia da broca, na finalidade de tornar sua extremidade aplanada (Figura 2).

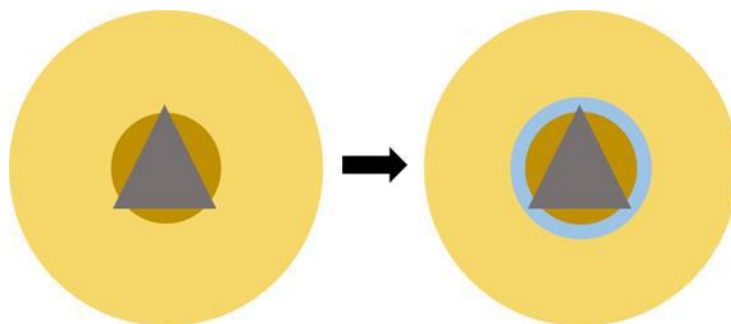
**Figura 2** – Gates Modificada. Observe que a ponta guia foi desgastada intencionalmente. Esta modificação permite ampliar o diâmetro do canal, criando uma plataforma que facilita a introdução do inserto ultrassônico na etapa seguinte.



Fonte: Autoria própria.

Após a ampliação do canal, foi realizado desgaste na dentina intrarradicular ao redor do fragmento, com o auxílio de insertos ultrassônicos TRA 11, TRA 12, TRA 13 (Dental Trinks Industria e Comercio, São Paulo, Brasil) e E5 (Helse Ultrasonic, São Paulo, Brasil), sem refrigeração, em baixa potência, utilizando o aparelho de ultrassom, Woodpecker UDS-K LED (Woodpecker, Guanzi, China), no intuito de criar um espaço entre o instrumento e a parede dentinária, na sua porção mais cervical (Figura 3).

**Figura 3** – Ilustração representando um corte axial da raiz que contém o fragmento fraturado retido, e a criação de um espaço entre o fragmento e a dentina. Do lado esquerdo, observa-se o fragmento (em cinza) preso na parede de dentina (em bege) que circunda a luz do canal (em bege escuro). À direita, o espaço (em azul) criado pelos insertos ultrassônicos, desprendendo o fragmento.



Fonte: Autoria própria.

Na tentativa de desgaste da dentina intrarradicular que circunda o instrumento fraturado, acidentalmente, este foi partido em mais um segmento, e sua porção mais cervical, solta, foi removida. Nesse momento, foi realizada uma nova tomada radiográfica (Figura 4).

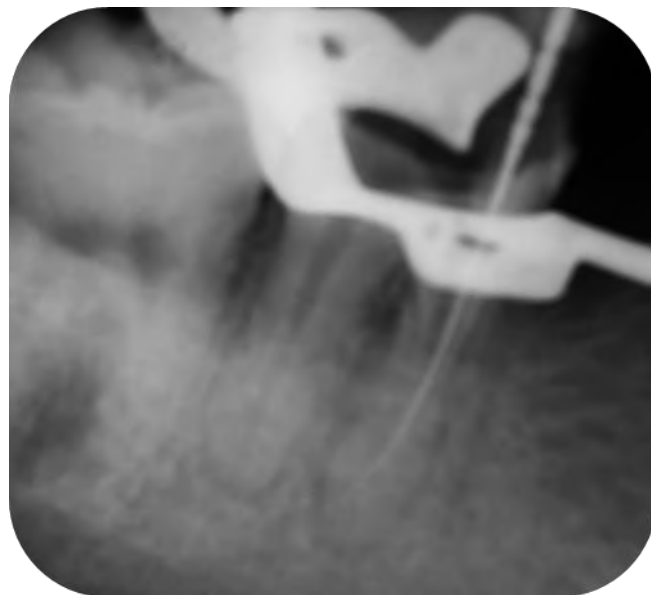
**Figura 4** – Imagens radiográficas inicial, evidenciando o instrumento endodôntico fraturado (A), e após a segunda fratura do mesmo instrumento (B). Perceba como acidentes secundários podem trazer maior complexidade para a resolução do caso.



Fonte: Autoria própria.

Como ainda era possível a visualização, sob microscopia operatória, do fragmento, com o auxílio do inserto ultrassônico E5 (Helse Ultrasonic, São Paulo, Brasil), sem refrigeração e em potência baixa, girando no sentido contrário ao de corte do fragmento retido, a fim de desenroscar o instrumento do conduto radicular, foi possível remover a porção remanescente (Figura 5).

**Figura 5** – Radiografia do dente 47 após a remoção de todo o fragmento fraturado. Na imagem é possível observar um instrumento endodôntico alcançando o comprimento de patência.



Fonte: Autoria própria.

Após a remoção do instrumento, foi realizada medicação intracanal com pasta de hidróxido de cálcio P.A. (Biodinâmica Química e Farmacêutica, Ibitiporã, Brasil) + gel de clorexidina 2% (LenzaFarm, Belo Horizonte, Brasil). O



selamento coronário foi realizado com cimento de ionômero de vidro restaurador Riva Self Cure (SDI, Bayswater, Austrália).

Na sessão seguinte, procedeu-se o tratamento endodôntico, realizando-se ampliação foraminal. Foi adotado o comprimento de trabalho de 1mm além do forame maior. Para isto, o comprimento do canal foi determinado eletronicamente com localizador foraminal E-Pex Pro (Mk-Life, Porto Alegre, Brasil).

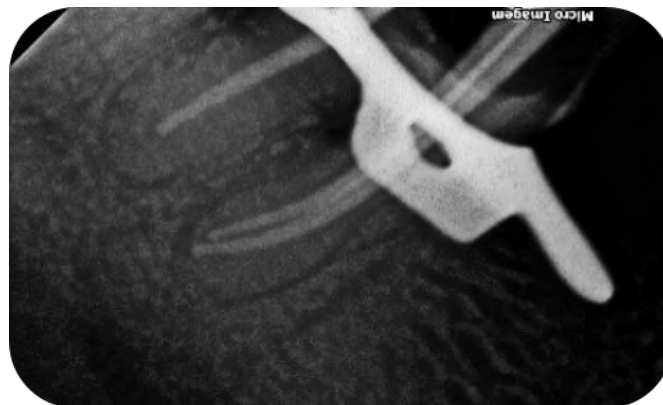
Para o preparo mecânico, foram utilizados instrumentos C-pilot #10 e #15 (VDW, Munich, Germany) e o instrumento recíprocante WaveOne Gold Primary (#25/.07) (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça) nos três canais radiculares.

Durante todo o processo de desinfecção e formatação dos canais radiculares foi utilizada água destilada como solução irrigadora, com pressão positiva, e gel de clorexidina 2%, como substância química auxiliar, a cada troca de instrumento.

Ao final do preparo, realizou-se irrigação com ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA-T) 17% (LenzaFarm, Belo Horizonte, Brasil), agitando-se com instrumentos plásticos Easy Clean (Easy Equipamentos Odontológicos, Belo Horizonte, Brasil), em rotação contínua em três ciclos de 20 segundos na velocidade de 900 rpm. Após este procedimento, realizou-se irrigação final dos canais radiculares com água destilada.

Cones de guta-percha Fine Medium Extralongos (Odous De Deus, Belo Horizonte, Brasil) foram imersos em gel de clorexidina 2% para desinfecção, e calibrados de modo que o travamento apical correspondesse ao comprimento de 1mm aquém do forame. Com os cones de guta-percha posicionados e travados no interior dos canais radiculares, realizou-se uma tomada radiográfica periapical. (Figura 6).

**Figura 6** – Radiografia periapical da etapa de prova do cone. O comprimento dos cones foi conferido de acordo com o comprimento dos respectivos canais radiculares, determinado pelo localizador apical, subtraindo-se 1mm.



Fonte: Autoria própria.

Os canais foram aspirados com Capillary Tips (Ultradent do Brasil, São Paulo, Brasil) e secos com cones de papel absorvente estéreis e calibrados (Allprime, Paraná, Brasil). A obturação foi realizada por meio da técnica do cone único, por compressão hidráulica, com o cimento endodôntico resinoso Sealer Plus (Mk- Life, Porto Alegre, Brasil). Foi realizado, então, um backfill, nos 2mm cervicais até os orifícios de entrada dos canais, com material à base de óxido de zinco Coltosol (Coltene/Whaledent, Altstätten, Suíça). O selamento coronário foi realizado com cimento de ionômero de vidro Riva Self Cure (SDI, Bayswater, Australia) (Figura 7).

O paciente foi encaminhado para a clínica de Dentística da Faculdade São Leopoldo Mandic – Belo Horizonte, para reconstrução coronária definitiva.

**Figura 7** – Radiografia periapical final do tratamento endodôntico do elemento 47.



Fonte: A autoria própria.

Após cinco meses, o paciente encontrava-se assintomático e uma radiografia periapical de acompanhamento foi solicitada. (Figura 8).

**Figura 8** – Radiografia periapical de acompanhamento, após cinco meses.



Fonte: A autoria própria.

### 3. Discussão

Ao se deparar com um caso de instrumento endodôntico fraturado no interior de um canal radicular, o profissional dispõe de opções cirúrgicas e não cirúrgicas para o manejo da situação clínica (Simon et al., 2008, Madarati et al., 2013). Como opção não cirúrgica, a remoção do fragmento via canal é, em geral, a melhor opção, já que a modelagem e a desinfecção do sistema de canais radiculares podem ser realizadas de modo mais eficaz (Madarati et al., 2013). No entanto, para esta opção,



são requeridos treinamento e destreza do profissional, e nem sempre o procedimento de remoção de um instrumento fraturado retido no canal radicular é bem-sucedido (Madarati et al., 2013, Vantapour et al., 2022). Quando este procedimento falha, ou quando os riscos de se remover um instrumento fraturado superam os benefícios, o operador deve considerar a estratégia denominada bypass, que consiste na ultrapassagem do fragmento fraturado, com um instrumento de diâmetro mais fino, através de um caminho entre a parede dentinária e o fragmento, possibilitando a limpeza e desinfecção do terço apical e forame (Madarati et al., 2013, Solomonov et al., 2015).

Nos casos em que o bypass não foi viável, deve-se preparar e obturar o canal radicular até o comprimento em que se encontra o fragmento fraturado, e realizar acompanhamentos radiográficos periodicamente (Parashos & Messer, 2006). O instrumento endodôntico é fabricado em material biocompatível e está estéril ao ser utilizado, sendo assim, sua permanência no interior do canal, por si só, não traz prejuízo ao paciente. O que pode levar ao insucesso do tratamento é a possibilidade de o instrumento fraturado interferir na limpeza adequada do sistema de canais radiculares (Simon et al., 2008; Vantapour et al., 2022).

No caso clínico relatado, a opção de tratamento oferecida ao paciente incluiu a tentativa de remoção do instrumento fraturado via canal. Por se tratar de um caso em que não se conhecia ao certo a condição pulpar inicial, -já que o tratamento endodôntico foi previamente iniciado por outro profissional-, e se desconhecia em que etapa do preparo químico-mecânico houve a fratura, pressupôs-se a existência de contaminação microbiana no canal radicular, o que poderia reduzir o prognóstico do tratamento, caso se decidisse pela permanência do segmento fraturado.

Em um estudo *in vitro* que avaliou a técnica ultrassônica na remoção de instrumentos fraturados nos canais radiculares, os autores observaram uma taxa de sucesso da técnica em 80% dos casos. Quando o fragmento se encontra em região anterior a uma curvatura, as chances de sucesso são maiores em relação aos fragmentos mais apicais a ela (Shahabinejad et al., 2013). Dessa forma, no presente caso, após análise radiográfica, observou-se que o fragmento do instrumento endodôntico fraturado, encontrava-se nos terços cervical e médio, em região de discreta curvatura, quase retilínea. Após a remoção do selamento coronário, sob magnificação do campo operatório, foi possível a visualização da porção mais cervical do instrumento. Optou-se, portanto, por se tentar a remoção do fragmento via canal, lançando-se mão de insertos ultrassônicos.

Uma alta taxa de sucesso no resultado do tratamento endodôntico (86%) é alcançada quando se consegue a remoção de um instrumento fraturado no canal radicular utilizando-se a técnica ultrassônica (Fu et al., 2011). No entanto, o profissional deve se atentar para evitar novos acidentes, ou erros de procedimento, como por exemplo, um alargamento excessivo da dentina intraradicular, - que poderia levar à ocorrência de perfurações, e ao enfraquecimento da estrutura radicular -; desvios e transporte do trajeto original do canal; e a fratura secundária do fragmento retido (Souter et al., 2005; Fu et al., 2011; Shahabinejad et al., 2013; Arslan et al., 2020). No presente relato, houve uma segunda fratura do mesmo instrumento, o que, definitivamente, demandou mais tempo para resolução do caso e gerou maior stress ao operador. Ainda assim, o procedimento de remoção do fragmento foi realizado com sucesso e o tratamento endodôntico pôde ser concluído de forma convencional.

#### **4. Conclusão**

Após avaliação do resultado, com o paciente assintomático após um período de cinco meses, concluiu-se que a remoção de fragmento de instrumento endodôntico fraturado, utilizando-se insertos ultrassônicos, sob microscopia operatória, é uma tentativa válida quando se deseja maior previsibilidade do tratamento endodôntico, principalmente em casos em que se supõe a contaminação microbiana do canal radicular. No entanto, é preciso avaliar cuidadosamente o caso, considerando-se o tamanho e posição do fragmento, relacionando-se riscos e benefícios do procedimento de remoção.

## Referências

- Arslan, H., Doğanay Yıldız, E., Taş, G., Akbıyık, N., & Topçuoğlu, H. S. (2020). Duration of ultrasonic activation causing secondary fractures during the removal of the separated instruments with different tapers. *Clinical oral investigations*, 24(1), 351–355.
- Bhandi, S., Seracchiani, M., Donfrancesco, O., Reda, R., Mazzoni, A., Nottola, S., Familiari, G., Testarelli, L., & Gambarini, G. (2021). Nickel-Titanium Rotary Instruments: An In Vitro Comparison (Torsional Resistance of Two Heat-treated Reciprocating Files). *The journal of contemporary dental practice*, 22(4), 361–364.
- Fu, M., Zhang, Z., & Hou, B. (2011). Removal of broken files from root canals by using ultrasonic techniques combined with dental microscope: a retrospective analysis of treatment outcome. *Journal of endodontics*, 37(5), 619–622.
- Gavini, G., Santos, M. D., Caldeira, C. L., Machado, M., Freire, L. G., Iglecias, E. F., Peters, O. A., & Candeiro, G. (2018). Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Brazilian oral research*, 32(suppl 1), e67.
- Madarati, A. A., Hunter, M. J., & Dummer, P. M. (2013). Management of intracanal separated instruments. *Journal of endodontics*, 39(5), 569–581.
- Martins, J., Silva, E., Marques, D., Pereira, M. R., Vieira, V., Arantes-Oliveira, S., Martins, R. F., Braz Fernandes, F., & Versiani, M. (2022). Design, Metallurgical Features, and Mechanical Behaviour of NiTi Endodontic Instruments from Five Different Heat-Treated Rotary Systems. *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(3), 1009.
- McGuigan, M. B., Louca, C., & Duncan, H. F. (2013). Endodontic instrument fracture: causes and prevention. *British dental journal*, 214(7), 341–348.
- Oliveira, MDC. (2003). Remoção de instrumento endodôntico fraturado no interior do canal radicular. Caso Clínico. *J. Bras. Endod*, 4(14), 186-190.
- Parashos, P., & Messer, H. H. (2006). Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *Journal of endodontics*, 32(11), 1031–1043.
- Poy, M. E. R., Solda, C., Vanni, J.R. (2018). Prevalência de fraturas de instrumentos endodônticos de NiTi durante o tratamento endodôntico. *Journal of Oral Investigations*, 7(1):3-13.
- Pruett, J. P., Clement, D. J., & Carnes, D. L., Jr (1997). Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of endodontics*, 23(2), 77–85.
- Ribeiro Camargo, C. H., Bittencourt, T. S., Hasna, A. A., Palo, R. M., Talge Carvalho, C. A., & Valera, M. C. (2020). Cyclic fatigue, torsional failure, and flexural resistance of rotary and reciprocating instruments. *Journal of conservative dentistry. JCD*, 23(4), 364–369.
- Ruddle C. J. (2004). Nonsurgical retreatment. *Journal of endodontics*, 30(12), 827–845.
- Shahabinejad, H., Ghassemi, A., Pishbin, L., & Shahravan, A. (2013). Success of ultrasonic technique in removing fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals and its effect on the required force for root fracture. *Journal of endodontics*, 39(6), 824–828.
- Simon, S., Machtou, P., Tomson, P., Adams, N., & Lumley, P. (2008). Influence of fractured instruments on the success rate of endodontic treatment. *Dental update*, 35(3), 172–179.
- Solomonov, M., Webber, M., & Keinan, D. (2015). Fractured Endodontic Instrument: A Clinical Dilemma Retrieve, Bypass or Entomb? *The Journal of the Michigan Dental Association*, 97(9), 44–46.
- Souter, N. J., & Messer, H. H. (2005). Complications associated with fractured file removal using an ultrasonic technique. *Journal of endodontics*, 31(6), 450–452.
- Terauchi, Y., Sexton, C., Bakland, L. K., & Bogen, G. (2021). Factors Affecting the Removal Time of Separated Instruments. *Journal of endodontics*, 47(8), 1245–1252.
- Vatanpour, M., Toursavadvkouhi, S., & Sajjad, S. (2022). Comparison of three irrigation methods: SWEEPS, ultrasonic, and traditional irrigation, in smear layer and debris removal abilities in the root canal, beyond the fractured instrument. *Photodiagnosis and photodynamic therapy*, 37, 102707.
- Walia, H. M., Brantley, W. A., & Gerstein, H. (1988). An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *Journal of endodontics*, 14(7), 346–351.
- Zupanc, J., Vahdat-Pajouh, N., & Schäfer, E. (2018). New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. *International endodontic journal*, 51(10), 1088–1103.