

Michael Arnold

Fragmententfernung mit einer modifizierten Schlingentechnik

**Michael Arnold**

Dipl. Stom.
Praxis für Endodontie und
Zahnerhaltung
Königstraße 9
01097 Dresden
E-Mail: info@rootcanal.de

INDIZES *Fragmententfernung, Loop-Technik, „FragRemover“, Silberstifte, Guttaperchaträger*

Frakturierte NiTi-Instrumente sind vor allem aus gekrümmten Wurzelkanälen trotz guter Sichtbarkeit und Zugänglichkeit schwer zu entfernen, da sie sich aufgrund ihrer Spannung an die Außenkurvatur der Kanalwand drücken. Eine Aktivierung mit Ultraschall erhöht das Risiko einer wiederholten Fraktur und sollte bei einem solchen Fragment vermieden werden. Wie anhand mehrerer Fälle dargestellt, ermöglicht ein neues Hilfsmittel zur Fragmententfernung, der auf einer Schlingentechnik basierende „FragRemover“, bei minimalinvasiver Freilegung eine Entfernung von Fragmenten und anderen soliden Fremdkörpern (Silberstifte, Guttaperchaträger) aus dem Wurzelkanal.

■ Einleitung

Im Verlauf einer Wurzelkanalbehandlung können Hilfsmittel zur chemomechanischen Aufbereitung als Folge einer mechanischen Überlastung oder Ermüdung der Legierung innerhalb des Wurzelkanalsystems frakturieren. Dies betrifft sowohl Stahlinstrumente als auch NiTi-Instrumente, aber auch andere solide Fremdkörper wie beispielsweise Silberstifte oder Kunststoff-Carrier für Guttapercha können den Wurzelkanal blockieren und müssen im Falle einer Schmerz- oder Revisionsbehandlung entfernt werden¹.

Die Inzidenz einer Instrumentenfraktur liegt zwischen 1 und 7 % bei Generalisten und kann bis zu 20 % bei Spezialisten für Endodontie betragen¹⁻⁴. Die Erfahrung des Operateurs wird als entscheidender Faktor für die Häufigkeit von Frakturen angenommen⁵. Begünstigende Faktoren für das Auftreten einer Instrumentenfraktur sind stark kalzifizierte Wurzelkanalsysteme, ausgeprägte Wurzelkanalkrümmungen mit engen Radien, die Notwendigkeit der Entfernung von Wurzelfüllmaterialien oder die wiederholte Anwendung von Präparationsinstrumenten. Individuelle Faktoren können eine Überbe-

lastung von Wurzelkanalinstrumenten begünstigen. So kann eine unzureichende Mundöffnung den geradlinigen Einsatz der Instrumente in das zu präparierende Wurzelkanalsystem erschweren. Abrupte Bewegungen des Patienten oder ein atypischer druckbetonter Einsatz der Instrumente durch den Zahnarzt können Frakturen provozieren⁶⁻⁹.

Nach der Prüfung der medizinischen Notwendigkeit stehen verschiedene Hilfsmittel und Methoden zur Entfernung von Fragmenten zur Verfügung. Um Fragmente zu entfernen, werden die Braiding-Technik, die Tube-Technik, die Ultraschalltechnik und die Loop-Technik genutzt¹⁰. Ziel ist die minimalinvasive vollständige Entfernung intrakanalärer Fremdkörper unter Erhalt des natürlichen Wurzelkanalverlaufs¹.

Der Erfolg der Entfernung von Fragmenten variiert in Abhängigkeit von den verwendeten Hilfsmitteln und Verfahren. Ohne Nutzung optischer Hilfsmittel konnten zwischen 50 und 75 % der Fragmente erfolgreich entfernt werden. Mit zunehmender Erfahrung erhöht sich der Erfolg¹¹. Die Nutzung von Dentalmikroskopen trägt bei Anwendung der Ultraschalltechnik zu einer Verbesserung der Fragmententfernung auf 87 bis 95 % bei^{12,13}.

Manuskript

Eingang: 13.11.2015
Annahme: 09.12.2015



Abb. 1 Der „FragRemover“ erleichtert die Anwendung der Loop-Technik. Durch eine dünne, flexible Kanüle ist bereits ein feiner Draht geführt, der eine Schlaufe zur Fassung des Fragmentkopfs bildet. Durch Zusammenziehen der Schlaufe und koronalen Zug des gesamten Systems können Fragmente entfernt werden.

Extensive orthograde Entfernungsversuche können aber zu lateralen oder apikalen Perforationen führen oder das Dentin so stark schwächen, dass ein erhöhtes Risiko einer Vertikalfraktur besteht^{12–15}.

Insbesondere die Entfernung von Fragmenten im apikalen Wurzel Drittel unterhalb der Wurzelkrümmung ist mit einem hohen Risiko einer iatrogenen Schädigung der Zahnhartsubstanz assoziiert, sodass das Gelingen der Fragmententfernung den Erfolg der Zahnerhaltung kompromittieren kann¹⁶. Die für die Ultraschalltechnik übliche zirkuläre Freilegung langer NiTi-Fragmente und die intensive Aktivierung bergen die Gefahr einer erneuten Fraktur^{17,18}.

In Ermangelung geeigneter Greifinstrumente wurden Verfahren entwickelt, die Hülsen und Drahtligaturen zum Einklemmen und Entfernen der Fragmente nutzen^{19,20}. So wurde die Anwendung einer Loop-Technik mit einer 0,5 mm starken Kanüle mit einem Stahldraht von 0,14 mm empfohlen¹⁹. Die Drahtschlaufe wurde mit einem Nadelhalter eingedreht, sodass das Fragment straff gefasst und entfernt werden konnte. Voraussetzung für diese Methode ist ein geradliniger Zugang zum Fragment, das zirkulär frei beweglich sein musste, damit die Drahtligatur über das Fragment platziert werden konnte. Mit der Weiterentwicklung dieser Technik konnten die Drahtstärken auf 0,12 mm verringert werden, sodass die Technik auch minimalinvasiv zur Anwendung kommen konnte²¹. Aufgrund der techniksensitiven Anwendung ist nicht von einer weiten Verbreitung dieses Verfahrens auszugehen. Ein ab-

gestimmtes Instrumentarium zur Freilegung und Entfernung der Fragmente sollte die Anwendung der Loop-Technik verbessern^{22,23}. Mit dem von Terauchi et al. vorgeschlagenen Hilfsmittel konnte das Einfassen, Einklemmen und Entfernen allein mit der Arbeitshand erfolgen. Die geradlinige und immer noch großzügige Zugangspräparation zum Fragment limitierte jedoch die Anwendung, sodass eine Produktreihe bislang nicht zustande kam.

Aktuell liegt mit einem neuen Hilfsmittel, dem „FragRemover“, eine Weiterentwicklung vor, die nach minimalinvasiver Freilegung des Fragments eine Entfernung ermöglichen soll²⁴. Insbesondere die 0,3 mm starke und biegbare Kanüle und der nur 0,075 bis 0,1 mm starke kaltgezogene Stahldraht sollen die Entfernung der schwierig entfernbaren langen NiTi-Instrumente im mittleren und apikalen Drittel ermöglichen (Abb. 1).

■ Klinische Anwendung

Für die sichere Entfernung von Fragmenten ist eine systematische Abfolge zu empfehlen. Der präendodontische Aufbau des zu behandelnden Zahns und die absolute Trockenlegung ermöglichen die Anwendung und Aufrechterhaltung einer antimikrobiellen Therapie und schützen den Patienten vor Aspiration und Ingestion von gelösten Fragmenten. Die Ausdehnung der endodontischen Zugangskavität wird entsprechend der endodontischen Problemstellungen zur Entfernung der Fragmente und möglichen Korrektur weiterer artifizierender oder anatomischer Aufgabenstellungen individuell modifiziert¹⁰.

Besteht die Notwendigkeit zur Entfernung eines Fragments, erfolgt zunächst die chemomechanische Präparation des betroffenen Wurzelkanals bis zum Fragment. Alle weiteren Wurzelkanaleingänge werden vor Beginn der Fragmententfernung beispielsweise mit Teflonband zum Schutz vor einer Verlagerung eines entfernten Fragments abgedeckt.

Je nach Lokalisation und Topografie erfolgt für die Anwendung der Loop-Technik lediglich eine Freilegung entlang der Oberfläche des Fragments für etwa 1 bis 2 mm, bis es sich mit einer Endo-Sonde luxieren lässt. Ein tiefes zirkuläres Freilegen entfällt. Mit der Prüfung der Beweglichkeit wird die nötige

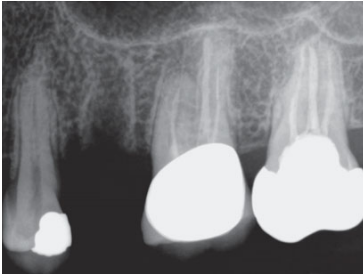


Abb. 2 Zahn 27 mit unvollständiger Wurzelkanalfüllung und apikaler Aufhellung disto-bukkal bei Vorhandensein eines apikalen Fragments.

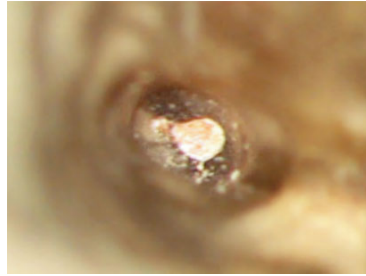


Abb. 3 Vergrößerte Darstellung des disto-bukkalen Wurzelkanals zur Analyse des Wurzelkanalquerschnitts bei 30-facher Vergrößerung. Bukkal ist ein Anteil eines unzureichend gesäuberten Wurzelkanals zu erkennen.

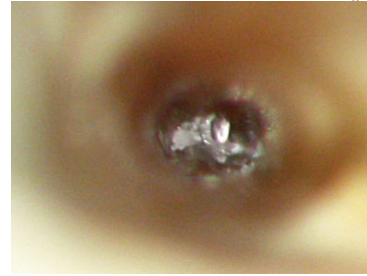


Abb. 4 Nach Freilegung des Fragments in bucco-palatinaler Richtung lässt sich das Fragment bewegen.

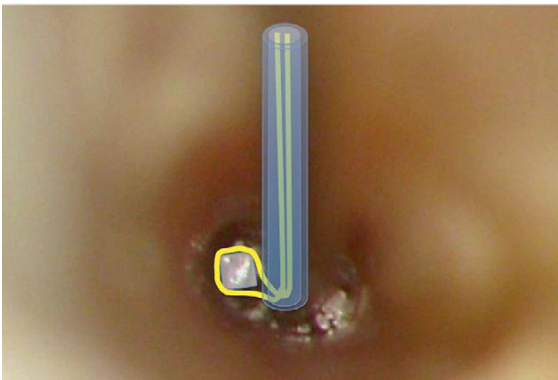


Abb. 5 Schematische Hervorhebung der Positionierung der Drahtschleife am „FragRemover“.

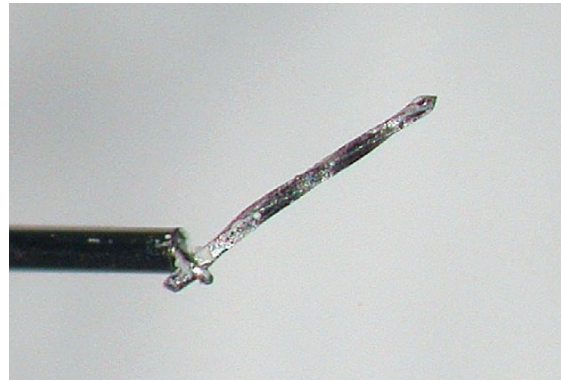


Abb. 6 Das entfernte Fragment von knapp 4 mm Länge wird auf Vollständigkeit geprüft, mit Augenmerk auf die nur 0,5 mm kurze Einfassung des Fragments.

Zugkraft zur Entfernung abgeschätzt und die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Entfernung geprüft. Lässt sich ein Fragment nicht lateral bewegen, so folgt eine weitere Freilegung mit einer Ultraschallfeile (z. B. Irri K 25, VDW, München).

■ Entfernung von Stahlinstrumenten

Die retentive Oberfläche von Fragmenten aus Edelstahl variiert in Abhängigkeit zur Geometrie des Instruments, sodass unterschiedliche Entferungsverfahren zur Anwendung kommen können. Reamer und K-Feilen weisen im Vergleich zu Lentulos oder Hedstöm-Feilen eine weniger retentive Oberfläche auf, sodass sie in der Regel allein durch ultraschallaktivierte Bewegung vollständig aus dem Wurzelkanal gelöst werden können. Voraussetzungen sind die zirkuläre Freilegung des Fragments und hinreichend Platz für ein Umfahren mit einer Ultraschallspitze¹⁷.

■ Fallbeispiel: Entfernung von Stahlinstrumenten

Am Zahn 27 wurde eine Revision der Wurzelkanalbehandlung aufgrund einer fortbestehenden apikalen Aufhellung erforderlich. Die apikale Lokalisation des Fragments in einer grazilen disto-bukkalen Wurzel erforderte einen minimalinvasiven Eingriff, sodass eine Tube-Technik ausgeschlossen wurde (Abb. 2). Eine Braiding-Technik erschien nicht möglich, da neben dem Fragment kein hinreichender Platz für zusätzliche Instrumente zur Verfügung stand (Abb. 3).

Die Freilegung des Instruments erfolgte nur in Richtung des bandförmigen Querschnitts des Wurzelkanals in bucco-palatinaler Richtung parallel zum Fragment um etwa 1,5 mm (Abb. 4). Damit gelang es, die 0,3 mm starke Kanüle mit der 0,075 mm starken Drahtschleife des „FragRemovers“ über dem Fragment zu platzieren, die Schleife unter Sichtkontrolle anzuziehen und das Fragment zu entfernen (Abb. 5 und 6). Nach einer vollständigen Präpa-

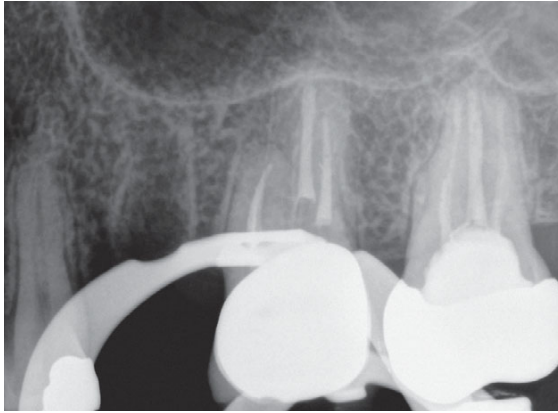


Abb. 7 Auf der Röntgenkontrollaufnahme nach Abschluss der thermoplastischen Wurzelkanalfüllung ist distobukkal kein erhöhter Substanzabtrag als Folge der Fragmententfernung zu erkennen.

ration und Desinfektion aller Wurzelkanäle wurde das Wurzelkanalsystem thermoplastisch mit Gutta-percha und Sealer verschlossen (Abb. 7).

■ Fallbeispiel: Entfernung von NiTi-Instrumenten

Die in den Zähnen 16 und 17 jeweils in der mesio-bukkalen Wurzel frakturierten NiTi-Fragmente wiesen Längen zwischen 4 und 5 mm auf (Abb. 8). Die Lage innerhalb des mittleren Wurzeldrittels ließ eine erhöhte Eigenspannung und Retention innerhalb des Wurzelkanals als Folge der Wurzelkanalkrümmung vermuten. Apikal ließ sich kein weiterer Wurzelkanalverlauf röntgenografisch darstellen, sodass eine apikale Blockade, Obliteration oder Stufenpräparation angenommen werden konnte. Eine Passage der Fragmente mit einem Handinstrument war nicht möglich. Die tiefe Position der Instrumente ermöglichte keinen Einsatz graziler oder modifizierter Zangen. Die Anwendung der Tube-Technik wurde verworfen, da ein geradliniger Zugang zum Fragment über eine Strecke von 2 mm oder mehr starken Substanzverlust und die Gefahr einer Stripperforation provoziert hätte. Als Therapieverfahren standen die Ultraschalltechnik und Loop-Technik zur Auswahl. Da eine Ermüdungsfraktur der Legierung vorlag und bei alleiniger Aktivierung des Fragments eine erneute Fraktur des Instruments provoziert werden kann, wurde die Loop-Technik mit einem „FragRemover“ angewendet. Die Fragmente wurden etwa 2 mm mit einer Ultraschallfeile ISO 25 auf der Seite des Isthmus freigelegt, bis sie sich mit einer Endo-Sonde bewegen ließen (Abb. 9).

In den hier aufgeführten Fällen wurde ein Draht mit der Stärke 0,075 mm genutzt. Für eine optimale Sicht wurde die Drahtschleife in einem Winkel von etwa 45° unter Sicht mit einem Dentalmikroskop für die optimale Positionierung innerhalb des Wurzelkanals vorgebogen. Die Kanüle mit der Drahtschleife wies einen Außendurchmesser von 0,3 mm auf und wurde unter indirekter Beobachtung über den Spiegel unmittelbar neben dem Fragment positioniert. Die kurze Schlaufenform ermöglichte trotz des geringen Durchmessers eine hinreichende Steifigkeit, um das Fragment so zu verdrängen, dass es sich von der Außenwand abheben und einfassen ließ. Durch das Anziehen der Stellschraube am „FragRemover“ wurde der Durchmesser der Drahtschleife reduziert und das Fragment eingeklemmt. Die Entfernung des Fragments erfolgte durch langsam zunehmenden Zug am Luer-Ansatz der Kanüle mit Daumen und Zeigefinger, abgestützt mit dem Mittelfinger auf der Zahnreihe.

Nach Überwindung der apikalen Blockaden wurden die Wurzelkanäle nach Reinigung und Desinfektion thermoplastisch verschlossen (Abb. 10).

■ Entfernung von Plastikträgern

Die Entfernung von Kunststoffträgern im Verlauf der Revision einer thermoplastischen Wurzelkanalfüllung kann dann deutlich erschwert sein, wenn der Kunststoffträger im Wurzelkanal eingeklemmt wurde. Bei den in der Literatur empfohlenen Entfernungsvorgängen kann es zu wiederholten Abrissen des Kunststoffträgers kommen²⁵.

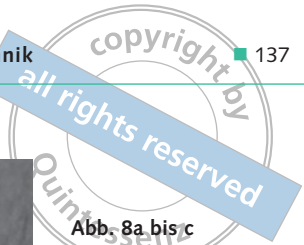


Abb. 8a bis c
Röntgenausgangsaufnahmen mit etwa 4 mm langen NiTi-Fragmenten jeweils im mittleren Wurzel Drittel der mesiobukkalen Wurzel oberer Molaren. a) Zahn 16 (Fall Dr. Leineweber, Pulsnitz), b) Zahn 17 (Fall Dr. Schulze, Dresden) und c) Zahn 16 (Fall Dr. Gäbler, Dresden).

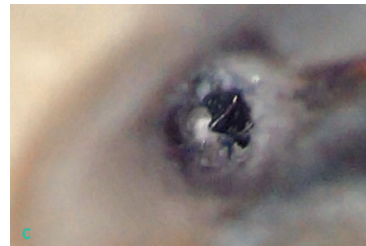
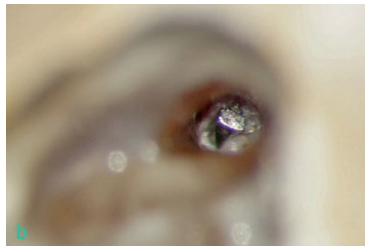
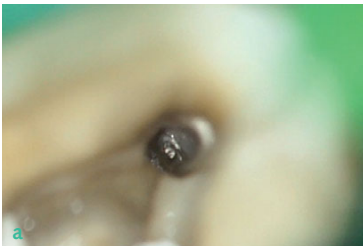


Abb. 9a bis c Freigelegte Fragmente in Vorbereitung auf die Entfernung mit dem „FragRemover“. Die Beweglichkeit der Fragmente ermöglicht die Platzierung der Drahtschleufe.

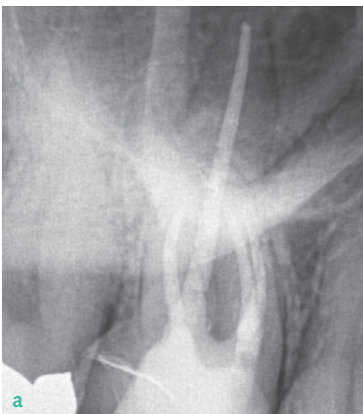


Abb. 10a bis c
Nach Abschluss der Wurzelkanalbehandlung ist kein erhöhter Substanzabtrag als Ergebnis der Fragmententfernung und Überwindung der Obliterationen an allen drei oberen Molaren zu verzeichnen.

■ Fallbeispiel: Entfernung eines Thermanfil-Trägers

Aufgrund rezidivierender Beschwerden am bereits wurzelkanalgefüllten und wurzelspitzenresezierten Zahn 11 wurde die Entfernung einer Thermanfil-Wurzelkanalfüllung erforderlich (Abb. 11). Die Gutta-percha wurde ohne Berührung des Kunststoffträgers mit Ultraschall bis zum Wurzelkanaleingang entfernt. Der nur 1 mm überstehende Kunststoffträger konnte sicher mit einer 0,1 mm starken Drahtschleufe gefasst und entfernt werden (Abb. 12). In einzeitiger Behandlung gelang es, den infizierten Wurzelkanal zu desinfizieren und mit MTA apikal zu verschließen. Ein zusätzlicher erhöhter Substanzabtrag wurde im Verlauf der Therapie nicht erforderlich (Abb. 13).

■ Entfernung von Silberstiften

Der Einsatz von Silberstiften als definitives Wurzelfüllungsmaterial ist nicht geeignet, das Wurzelsystem dicht zu verschließen. Insbesondere eine fortschreitende Korrosion kann Verfärbungen des Dentins hervorrufen. Die Silberstifte sind leicht verformbar. Im Verlauf eines Entfernungsversuches mit Ultraschall verringert sich die Belastbarkeit, sodass auf Zugkraft die Stifte leicht abreißen können^{26,27}. Zur Entfernung von Silberstiften wird eine Braiding-Technik empfohlen⁹. Voraussetzung für die Anwendung dieser Technik ist, dass parallel zum Silberstift akzessorische Instrumente in den Wurzelkanal eingeführt werden können.

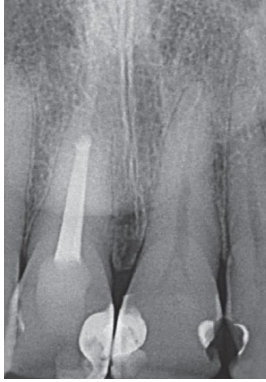


Abb. 11 Am klinisch symptomatischen Zahn 11 mit stark konischer Aufbereitungsform soll möglichst minimalinvasiv eine Revisionsbehandlung durchgeführt werden (Fall Dr. Widera, Leipzig).

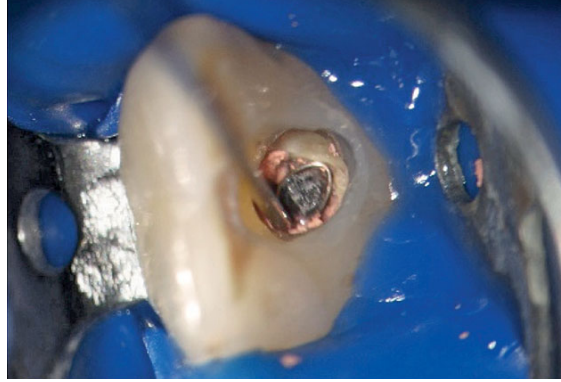


Abb. 12 Klinische Ansicht nach zirkulärer Freilegung des Kunststoffträgers und befestigter Drahtschleife vor der Entfernung des Trägers (Fall Dr. Widera, Leipzig).



Abb. 13 Auf der Röntgenkontrollaufnahme nach Abschluss der Wurzelkanalbehandlung ist ein homogener apikaler Verschluss ohne zusätzlichen Verlust an Wandstärke der Wurzel zu erkennen (Fall Dr. Widera, Leipzig).

■ Fallbeispiel: Entfernung eines Silberstiftes

Im vorliegenden Fall wurden am Zahn 25 intraoperativ mit Normbohrern die Wurzelkanäle erweitert, mit massiven Silberstiften verschlossen und reseziert. Trotz suffizienter koronaler Versorgung persistierte die apikale Aufhellung über etwa acht Jahre und erforderte eine orthograde Revision (Abb. 14). Erst nach der Entfernung eines geschraubten Aufbaustifts gelang es, die massiven Silberstifte freizulegen (Abb. 15). Die Anwendung der Braiding-Technik ließ der bereits vorhandene Substanzverlust nicht zu, sodass die Loop-Technik zum Einsatz kam. Nach der Freilegung und Aktivierung mit Ultraschall gelang es, die gelockerten, aber apikal klemmenden Silberstifte vollständig zu entfernen. Beide Silberstifte wiesen apikal Spuren der Korrosion als Nachweis für eine undichte apikale Versiegelung der Wurzelkanäle auf (Abb. 16). Die drei Wurzelkanäle wurden in einzeitiger Behandlung nach Desinfektion und Reinigung mit MTA apikal verschlossen. Der weitere Aufbau erfolgte im Anschluss dentinadhäsiv mit Komposit (Abb. 17).

■ Diskussion

In den vorgestellten klinischen Fällen konnten die langen Fragmente vollständig mit der Loop-Technik

entfernt werden. Voraussetzung für die Entfernbarkeit war die Freilegung des Fragments mit Ultraschall zwischen 1 und 2 mm. Für die Befestigung der Drahtschleife genügten nur 0,5 bis 1 mm (Abb. 18). Die Nutzung einer optischen Vergrößerung und koaxialer Lichtzufuhr bei abgestützter Arbeitshaltung erleichtert die Anwendung der Loop-Technik. Ein generelles zirkuläres tiefes Freilegen war nicht erforderlich. Das Luxieren des Fragments gibt den notwendigen Platz frei, um die grazile Drahtschleife unter direkter Mitbeobachtung über das Fragment zu platzieren. Die Auswahl der Loop-Technik war in den vorliegenden Fällen auf einen minimalinvasiven Eingriff ausgerichtet^{11,12}. Eine Ruptur der Fragmente oder erneute Fraktur konnten sicher vermieden werden. Das mögliche Verlagern eines gelockerten Fragments nach apikal, wie dies bei Anwendung einer Tube-Technik beschrieben ist, trat nicht auf.

Andere Entferungsverfahren wären möglich gewesen, standen jedoch unter dem Risiko eines erhöhten Substanzverlusts und wurden nach Einzelfallprüfung ausgeschlossen (Abb. 19). Inwieweit die Loop-Technik mit dem neuen Hilfsmittel im Vergleich zur Ultraschalltechnik weniger invasiv ist, erfordert vergleichende In-vitro-Untersuchungen²⁸.

Im Verlauf der Entfernung der massiven Silberstifte am Zahn 25 riss eine Drahtschleife und machte einen wiederholten Entfernungsversuch notwendig. Die Auswahl einer nur 0,075 mm starken Draht-



Abb. 14 Am Zahn 25 sind massive Silberstifte bei resezierter Wurzelspitze und apikaler Aufhellung zu erkennen. Ein dritter Wurzelkanal kann vermutet werden.

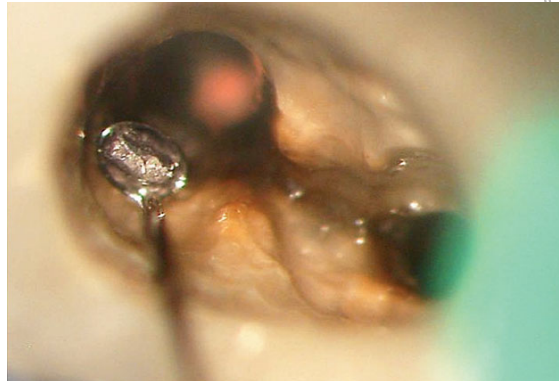


Abb. 15 Nach Entfernung des Schraubenaufbaus gelangen die Freilegung der Silberstifte und die Befestigung der Drahtschleife.



Abb. 16a und b Beide Silberstifte können nach Lockerung mit Ultraschall aus den Wurzelkanälen entfernt werden. Eine nur 0,5 bis 1 mm kurze Einfassung genügt zur Entfernung. Auf den Stiften sind schwarze Oxidschichten zu erkennen.



Abb. 17 Auf der Röntgenkontrollaufnahme zeigt sich ein vollständiger apikaler Verschluss bei geringer apikaler Extrusion des MTA-Verschlusses. Der zusätzliche Verlust an Wurzelkanalentin konnte gering gehalten werden.

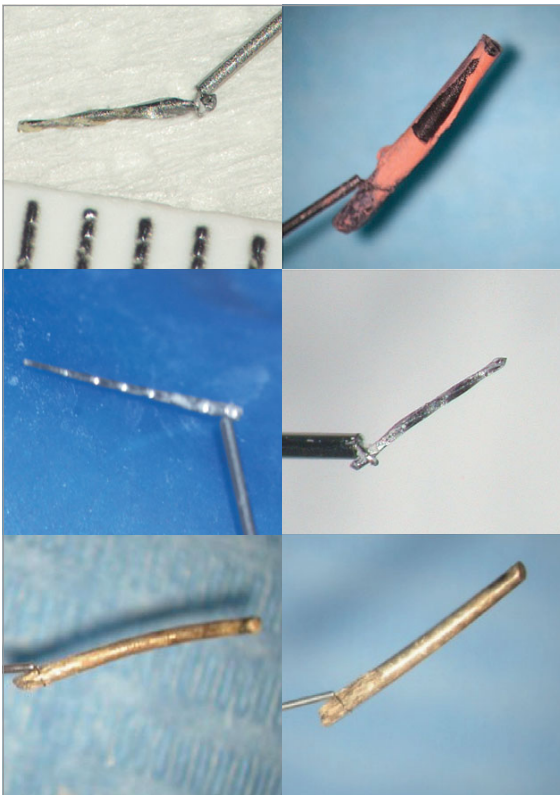


Abb. 18 Die entfernten Fragmente der vorgestellten Fälle in der Übersicht. Alle Fragmente wurden nur mit geringer Retention der Drahtschleife vollständig entfernt.



Abb. 19 Hilfsmittel zur Fragmententfernung in der Gegenüberstellung. „FragRemover“ mit Fragment (s. Abb. 2 bis 7), Instrument Removal System (IRS, Dentsply Maillefer, Ballaigues Schweiz) 100 schwarz, IRS 80 rot (v.l.n.r.).



schlaufe war der Dimension der Stifte und Retention nicht angemessen. In einer ähnlichen Situation sollte der 0,1 mm Draht genutzt werden. Eine genauere Indikationsempfehlung der Drahtstärke kann nach weitergehenden wissenschaftlichen Untersuchungen und klinischen Erfahrungen erfolgen. Bewährt haben sich Zugmessverfahren, um die genauen Belastungsgrenzen zu ermitteln²⁹.

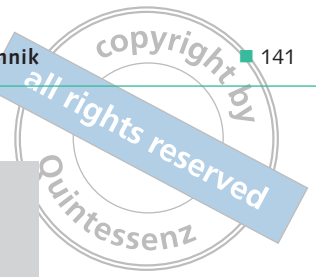
Der Wechsel der Drahtschlaufe und der Kanüle im Verlauf der Therapie gelang ohne größeren Zeitverlust. Im klinischen Einsatz empfiehlt es sich, mehrere Ansätze mit unterschiedlichen Drahtstärken bereitzuhalten, sodass ein schneller Wechsel realisiert werden

kann. Der dünne und dennoch zugfeste Draht benötigt für eine optimale Lagerung und Bereitstellung am Patienten eine separate Verpackung und sollte nur als Einmalverbrauchsmaterial Anwendung finden. Eine validierte Wiederaufbereitung bei nur geringen Materialkosten erscheint nicht notwendig zu sein.

Das neue Hilfsmittel wurde ausschließlich von Zahnärzten mit einem Dentalmikroskop genutzt. Weitere Untersuchungen zur Nutzung des „FragRemovers“ unter Sicht mit Lupenbrillen zur Ermittlung der tatsächlich notwendigen Vergrößerung erscheinen empfehlenswert, um weitergehende Anwendungsempfehlungen aussprechen zu können.

■ Literatur

1. Barthel C, Flachsenberg S, Georgi M, Hülsmann M, Kockapan C, Neuber T, Petschelt A, Schäfer E, Weiger R. Die Fraktur von Wurzelkanalinstrumenten. Gemeinsame Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung/ DGZ, der Arbeitsgruppe Endodontologie und Traumatologie der DGZ/AGET und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde/DGZMK. *Dtsch Zahnärztl Z* 2007;62:534–535.
2. Klammt W. Frakturen an Wurzelkanalinstrumenten ihre Ursache, Verhütung und Beseitigung. Berlin: Dissertation, 1941.
3. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 2000; 26:161–165.
4. Arens FC, Hoen MM, Steiman HR, Dietz GC Jr. Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. *J Endod* 2003; 29:664–666.
5. Parashos P, Messer HH. Questionnaire survey on the use of rotary nickel-titanium endodontic instruments by Australian dentists. *Int Endod J* 2004;37:249–259.
6. Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *J Endod* 2004;30:722–725.
7. Schwarze T. Das Bruchverhalten von Nickel-Titan-Instrumenten – Eine Literaturübersicht. *Endodontie* 2006;15:33–41.
8. Wu J, Lei G, Yan M, Yu Y, Yu J, Zhang G. Instrument separation analysis of multi-used ProTaper Universal rotary system during root canal therapy. *J Endod* 2011;37:758–763.
9. Arnold M. Methoden zur orthograden Entfernung frakturierter Wurzelkanalinstrumente. Teil 1. *Endodontie* 2013;22:159–169.
10. Arnold M. Systematik einer orthograden Fragmententfernung. Teil 2. *Endodontie* 2013;22:257–266.
11. Hülsmann M, Schinkel I. Influence of several factors on the success or failure of removal of fractured instruments from the root canal. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:252–258.
12. Suter B, Lussi A, Sequeira P. Probability of removing fractured instruments from root canals. *Int Endod J* 2005;38:112–123.
13. Cujé J, Bargholz C, Hülsmann M. The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *Int Endod J* 2010; 43:545–554.
14. Madarati AA, Qualtrough AJ, Watts DC. Vertical fracture resistance of roots after ultrasonic removal of fractured instruments. *Int Endod J* 2010;43:424–429.
15. Romeed SA, Dunne SM, Madarati AA. The impact of fractured endodontic file removal on vertical root fracture resistance: three-dimensional finite element analysis. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2012;20:86–91.
16. Souter NJ, Messer HH. Complications associated with fractured file removal using an ultrasonic technique. *J Endod* 2005;31:450–452.
17. Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. *J Endod* 2004;30: 827–845.
18. Terauchi Y, O’Leary L, Yoshioka T, Suda H. Comparison of the time required to create secondary fracture of separated file fragments by using ultrasonic vibration under various canal conditions. *J Endod* 2013;39:1300–1305.
19. Roig-Greene JL. The retrieval of foreign objects from root canals: a simple aid. *J Endod* 1983;9:394–397.
20. Suter B. A new method for retrieving silver points and separated instruments from root canals. *J Endod* 1998;24: 446–448.
21. M. Arnold: Die Fragmentschlaufe: Ein neue Hilfsmittel zur orthograden Entfernung frakturierter Instrumente. *Dtsch Zahnärztl Z* 2007;62:D13.
22. Terauchi Y, O’Leary L, Suda H. Removal of separated files from root canals with a new file-removal system: Case reports. *J Endod* 2006;32:789–797.
23. Terauchi Y, O’Leary L, Kikuchi I, Asanagi M, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Evaluation of the efficiency of a new file removal system in comparison with two conventional systems. *J Endod* 2007;33:585–588.
24. www.fragremover.de Stand: 22.11.1015
25. Arnold M. Die Entfernung von Thermanfil-Wurzelkanalfüllungen. *Endodontie* 2009;18:133–142.
26. Hülsmann M. Retrieval of silver cones using different techniques. *Int Endod J* 1990;23:298–303.
27. Hülsmann M. Wurzelkanalfüllung mit Silberstiften. *Endodontie* 1995;4:49–58.
28. Wohlgemuth P, Cuocolo D, Vandrangi P, Sigurdsson A. Effectiveness of the GentleWave System in removing separated instruments. *J Endod* 2015;41:1895–1898.
29. Wefelmeier M, Eveslage M, Bürklein S, Ott K, Kaup M. Removing fractured endodontic instruments with a modified tube technique using a light-curing composite. *J Endod* 2015;41:733–736.



Removal of fractured instruments using a modified loop technique

KEYWORDS *fragment removal, fractured endodontic instrument, loop technique, FragRemover, success*

Fractured nickel-titanium (NiTi) instruments are sometimes difficult to remove, especially from curved root canals even if they are visible and accessible. This is mainly due to the pressure of the fragment against the root canal wall. Removing a fragment using ultrasonics has an associated risk of additional fracture of the fragment. As demonstrated in several clinical cases, a new device for fragment removal, the FragRemover (FragRemover), may present a valuable solution for successful retrieval of instrument fragments and other solid objects, such as silver points or gutta-percha, from the root canal.