



Michael Arnold

Systematik einer orthograden Fragmententfernung

Teil 2



INDIZES *Fragmententfernung, Revision, Diagnostik, Dentalmikroskop*

Um die für eine erfolgreiche Fragmententfernung notwendige Gelassenheit, innere Ruhe und Zuversicht für das auf engstem Raum stattfindende Verfahren über einen langen Zeitraum aufrecht erhalten zu können, kann eine systematische Herangehensweise hilfreich sein. Die Einhaltung der vorgestellten systematischen Herangehensweise kann ebenso in einer Verkürzung der Arbeitszeit zur Fragmententfernung resultieren. Mit dem vorgestellten Step-by-Step-Vorgehen gelingt es, auf voreilige Entfernungsversuche zu verzichten, Zahnhartsubstanz zu schonen und Fehler zu vermeiden.

Michael Arnold

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

■ Einleitung und Problemstellung

Während im ersten Teil des Artikels die Indikationen und die erforderlichen Hilfsmittel der einzelnen Entfernungsmethoden vorgestellt wurden¹, soll im zweiten Teil die genaue Abfolge der Fragmententfernung beschrieben werden.

Alle Methoden zur Fragmententfernung beinhalten grundsätzlich eine systematische Abfolge einzelner Arbeitsschritte. Die eigentliche Entfernung ist lediglich ein Teil des gesamten Verfahrens. Wird ein Teilschritt übersprungen oder nur unvollständig ausgeführt, so kann der Erfolg der Fragmententfernung beeinträchtigt werden. Ein zusätzlicher Verlust an Zahnhartsubstanz, Perforationen oder Stufenpräparationen können die Folgen sein²⁻⁴.

In fünf aufeinander abgestimmten Teilschritten wird eine systematische Vorgehensweise vorgestellt.

■ 1. Geradliniger Zugang und Auswahl der Methode

Die Voraussetzung für eine Fragmententfernung ist die Darstellung der Bruchfläche des Fragments. Oft können hierdurch bei unzureichenden Ausgangsinformationen die Art des Fragments und die Lage im Wurzelkanal besser ermittelt werden, sodass die geeignete Entfernungsmethode bestimmt werden kann. Unter Berücksichtigung der unterhalb des Fragments zu korrigierenden Probleme, wie z. B. Obliterationen, Stufen oder Perforationen, sollte die endodontische Zugangskavität immer in Richtung Außenkurvatur des Wurzelkanals unter Einbeziehung der zum Wurzelkanal zugehörigen Höckerspitze großzügig eröffnet werden (Abb. 1). Zielstellung ist das Aufrichten des Wurzelkanals für einen bis zum mittleren Wurzeldrittel deckungsgleich zur Wurzelachse geradlinigen Zugang zum Fragment. Der Substanzabtrag erfolgt deshalb im koronalen Wurzeldrittel immer in Richtung Außenkurvatur. Sekundärdentinüberhänge und Reizdentin werden vollständig entfernt. Isthmen werden mit Langschaftrosenbohrern in absteigender Größe von 012 über 008 bis 005 grazil erweitert, sodass eine verbesserte Übersicht

Manuskript

Eingang: 15.07.2013
Annahme: 05.08.2013

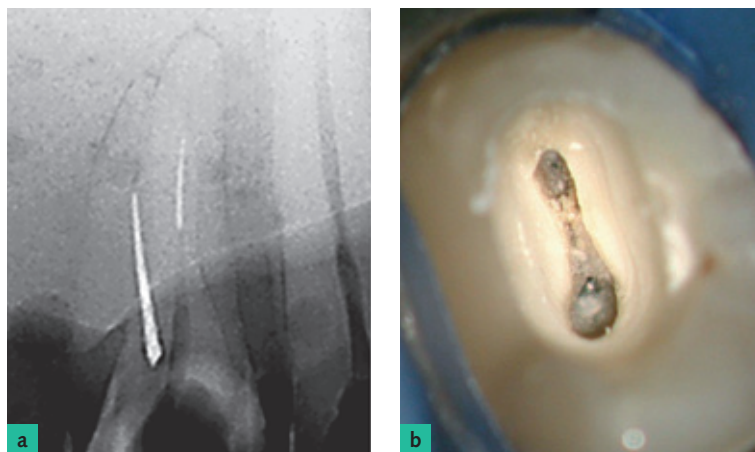


Abb. 1 a) Auf der Röntgenaufnahme in Zahn 14 sind zwei Fragmente zu erkennen. b) Die endodontische Zugangskavität wird für einen geradlinigen Zugang zum mittleren Wurzel Drittel unter Einbeziehung der Höckerspitze nach bukkal erweitert.



Abb. 2 a) Mithilfe graziler Langschaffrosenbohrer werden die Wurzelkanäleingänge vertiefend dargestellt und Isthmen reduziert. b) Nach einer ultraschallaktivierten Reinigung wird die Übersicht über die innere Anatomie des Zahns und über die genaue Lage der Fragmente verbessert.

Abb. 3 Zur Darstellung des palatinalen Fragments im mittleren Wurzel Drittel erfolgt zuerst eine Präparation mit Gates-Glidden-Bohrern in absteigender Größe.

zum Fragment erreicht wird (Abb. 2). Die konische Erweiterung des Wurzelkanals erfolgt bis zum Fragment mit Gates-Glidden-Bohrern in absteigender Größe (Abb. 3). Bei Fragmenten im mittleren und apikalen Wurzel Drittel schließt sich eine maschinelle oder manuelle Erweiterung des Wurzelkanals bis zu einer Größe von etwa ISO 45 bis zum Fragment an.

Nach einer ultraschallaktivierten Reinigung und Desinfektion wird der geradlinige Zugang zum Fragment kontrolliert. Es können der Umfang und die genaue Begrenzung der anschließenden Freilegung bestimmt werden.

■ 2. Freilegung

Zur Freilegung des Fragments ist ein zusätzlicher Substanzabtrag neben dem Fragment notwendig, wobei so viel Zahnhartsubstanz wie nötig, aber so wenig wie möglich geopfert werden soll, um ein Fragment lockern und entfernen zu können. Erst

nachdem das Fragment über eine Länge von mindestens 2 bis 3 mm freigelegt wurde, lässt es sich sicher entfernen.

Der Umfang der Freilegung richtet sich nach der Lokalisation. Während im koronalen Wurzel Drittel das Fragment zirkulär freigelegt werden kann (Abb. 4), reduziert sich der Umfang im mittleren Drittel auf 90° (Abb. 5) und im apikalen Drittel nur noch auf die Breite des Fragments. Ab dem mittleren Wurzel Drittel erfolgt in gekrümmten Wurzelkanälen die minimal-invasive Freilegung der Fragmente entlang der inneren Krümmung. Mit dieser gleichzeitigen geringen Begrädigung wird in schwierigen Situationen die Grundlage dafür geschaffen, dass sich das Fragment von der Außenkrümmung abhebt, aufrichtet und schließlich die aus der Krümmung resultierende Spannung verkleinert. Zur besseren Beurteilung des freigelegten Anteils zum Restfragment kann eine der Orientierung dienende Messaufnahme angefertigt werden (Abb. 6).

Bewährt hat sich die Präparation am Dentin mit IRRi-K-Feilen (VDW, München) in den Größen 25 und für grazile Präparationen im apikalen Wurzel-



Abb. 4 Freilegung im koronalen Wurzel Drittel: a) Für eine Entfernung mit einem Tube-System soll eine zirkuläre Freilegung erfolgen. b) Das Fragment ist auf eine Länge von 2 mm zirkulär freigelegt.

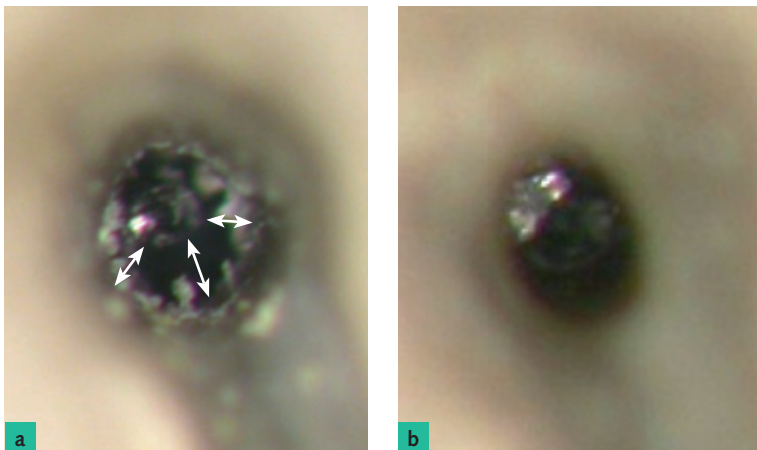
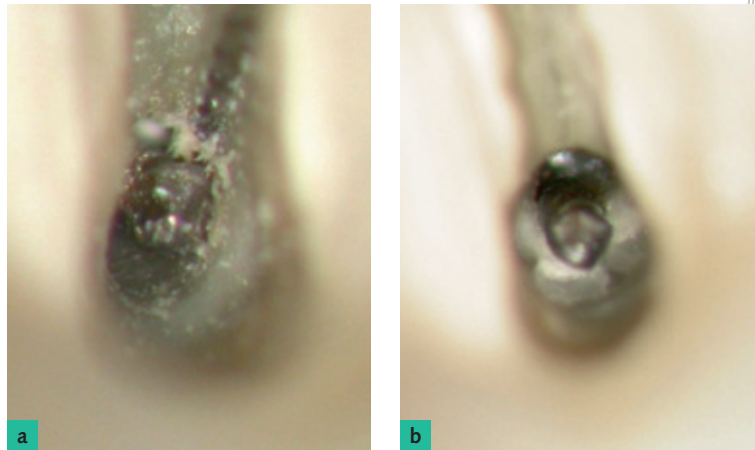


Abb. 5 Freilegung im mittleren Wurzel Drittel: a) Zur Verringerung der Eigen- spannung des Fragments erfolgt eine minimale Präparation entlang der inneren Kanalwand (Pfeile) mit einer maximalen Ausdehnung von 90°. b) Das Fragment wurde über 2 bis 3 mm freigelegt. Noch immer liegt das Fragment an der Außenwand an.

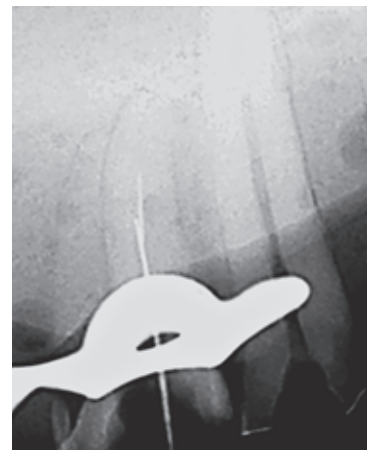


Abb. 6 Zur besseren Orientierung wurde eine Messaufnahme angefertigt. Eine geringe Achsenkorrektur zum Fragment wird für die weitergehende Präparation möglich, sodass die Gefahr einer Perforation reduziert werden kann.

drittel ISO 15. Selbst in gekrümmten Wurzelkanälen wird durch das Vorbiegen der Ultraschallfeilen eine gezielte Präparation möglich, die unter direkter Sichtkontrolle mit einem Dentalmikroskop ohne Wasserzufuhr erfolgt. Zur Optimierung der Sicht und gleichzeitigen Entfernung der feinen Dentinspäne ist eine regelmäßige ultraschallaktivierte Spülung nötig. Dazu kann die bereits in Verwendung befindliche Ultraschallfeile genutzt werden. Damit Stufenpräparationen vermieden werden, sollte die Ultraschallfeile dem Wurzelkanalverlauf durch Vorbiegen bereits vor Erreichen der Wurzelkanalkrümmung angepasst werden. Für ein rasches Trocknen der Wurzelkanäle hat sich der Einsatz einer Mikroabsaugung bewährt. Als einfache Variante kann auf dem Speichelzieheransatz ein Spritzenzylinder 1,5 ml mit Luer-Lock-Anschluss mit einer langen Pastenkanüle in der je-

weils gewünschten Dimension kombiniert werden.

Während der Verwendung eines Ultraschallgeräts sollten die Ultraschallfeilen mit einer Intensität zwischen 20 und 30 % der Leistung des Ultraschallgeräts genutzt werden. Erst wenn die Leistung erkennbar nicht ausreicht, kann die Intensität schrittweise gesteigert werden. Verfärbt sich das Dentin gelbbraunlich, so wurde die Intensität deutlich zu hoch eingestellt. Aufgrund der Ermüdung der Ultraschallfeilen während der Präparation und Spülung ist mit zusätzlichen Frakturen der Ultraschallfeilen zu rechnen. Aus diesem Grund empfiehlt sich eine Einmalverwendung.

Zum Schutz gegen die Verlagerung gelöster Fragmente sollten alle anderen Wurzelkanäle mit einem Schaumstoffpellet oder mit Teflonband abgedeckt werden.

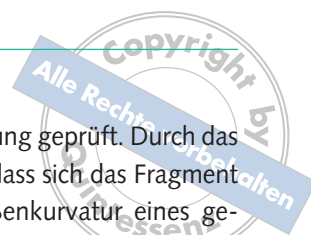
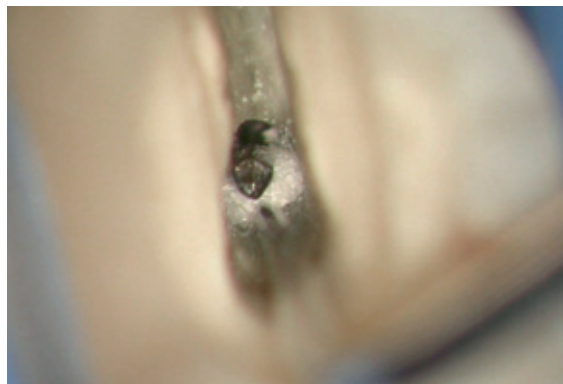


Abb. 7 Als „Fragmentkissen“ werden feuchte Wattefasern unter das Fragment gepresst, damit die Rückstellung zur Außenwand des Wurzelkanals vermieden wird.



einer weitergehenden Freilegung geprüft. Durch das Luxieren wird u. U. erreicht, dass sich das Fragment aufrichtet oder von der Außenkurvatur eines gekrümmten Wurzelkanals lösen lässt. Die Rückstellung kann durch das Einlagern eines sogenannten „Fragmentkissens“ vermieden werden (Abb. 7). Das Abhalten des Fragments gelingt entweder mit einer Endo-Sonde oder einer Injektionskanüle. Als Distanzhalter können feuchte Wattefäden eines Wattlepells oder Teflonband genutzt werden, die mit einem stumpfen, teilfrakturierten MicroOpener unter das Fragment gestopft werden.

Für eine zahnhartsubstanzschonende Freilegung werden die anatomischen Bedingungen des Wurzelkanalsystems genutzt. So können beispielsweise in distalen ovalen Wurzelkanälen unterer Molaren Fragmente sehr sicher über eine bukkale und linguale Erweiterung freigelegt werden. Die Entfernung von Dentinbrücken konfluierender Wurzelkanäle kann im schwierigen Einzelfall die Entfernung erleichtern. Isthmen bieten einerseits eine gute Orientierung für den weiteren Wurzelkanalverlauf und können andererseits ebenfalls für eine Freilegung von angrenzenden Fragmenten genutzt werden.

■ 3. Luxieren und Prüfung der Beweglichkeit

Während des Luxierens mit einer Endo-Sonde DG 167 (Hu-Friedy, Tuttlingen) wird das im Dentin fest eingeklemmte Fragment in Richtung des präparierten Hohlraums mobilisiert und die Notwendigkeit

■ 4. Aktivieren und Entfernen

In Abhängigkeit von der Lage und Länge des luxierten und beweglichen Fragments erfolgt die Auswahl der Entfernungsmethode (vgl. Teil 1, Tab. 1)¹. Insbesondere während der Phase der aktiven Entfernung von Fragmenten müssen alle anderen Wurzelkanäle gegen das versehentliche Verlagern abgedeckt bzw. verschlossen sein.

■ Koronales Wurzel Drittel

Kurze Fragmente von 1 bis 4 mm (Kategorie Ia und b) können im koronalen und mittleren Wurzel Drittel leicht durch das Umkreisen entgegen der Eindrehrichtung mit einer Ultraschallfeile gelöst werden. Dabei sollte der Wurzelkanal immer feucht gehalten werden.

Tab. 1 Vereinfachte Hilfestellung zur Beurteilung des Schwierigkeitsgrades und der zu empfehlenden Entfernungstechnik¹.

Grad	Lokalisation (Kanaldrittel)	Entfernungsmethode	Optische Vergrößerung
I	a) koronal	US	Galilei'sche Lupe, Keplersche Lupe
	b) koronales bis mittleres Kanaldrittel	US, Braiding	
	c) koronales bis apikales Drittel	Tube, Braiding	
	d) koronales Drittel bis periapikal	Tube, Braiding	
II	a) mittleres Kanaldrittel	US	Mikroskop mit Halogen-, LED- oder Xenonlicht
	b) mittleres bis apikales Drittel	Loop, Tube	
	c) mittleres Drittel bis periapikal	Loop, Tube	
III	a) apikal	US	Mikroskop mit Xenonlicht
	b) apikal bis periapikal	bei Sicht: US oder Loop	



Abb. 8 Entfernung mit dem Instrument Removal System™ (IRS): a) Nach Auswahl der geeigneten Größe kann der korrekte Sitz über die seitliche Öffnung kontrolliert werden. b) Während des Einschraubens des Dorns empfiehlt es sich, den Griff mit einer Pinzette zu fixieren.

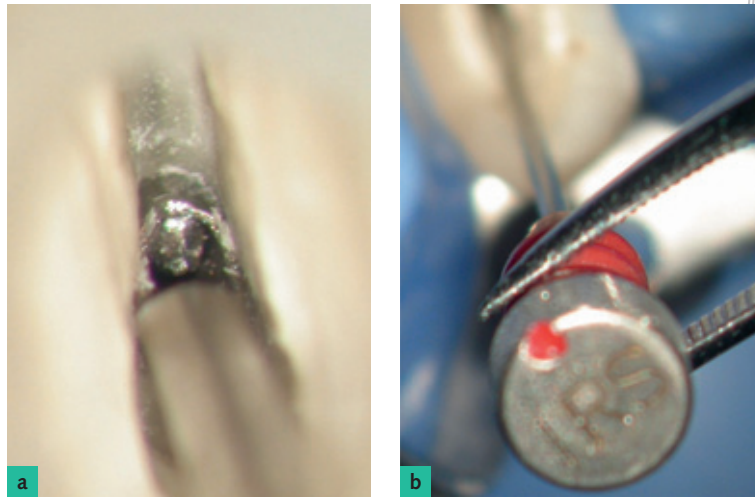
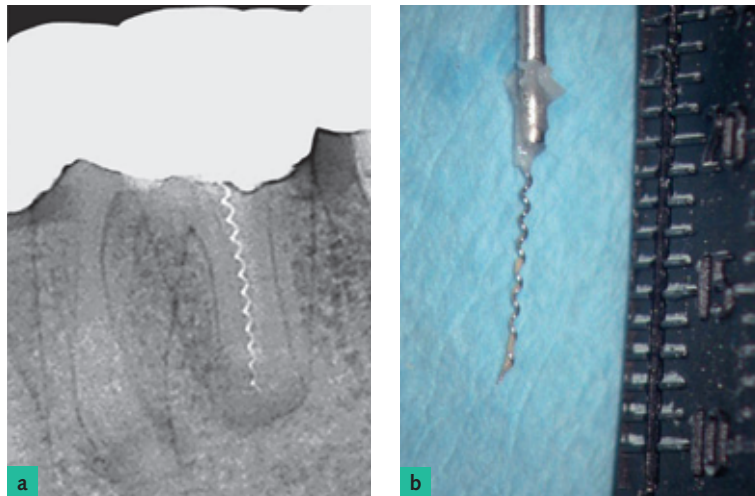


Abb. 9 Entfernung eines Lentulos am Zahn 36 mithilfe der Tube-Klebe-Technik: a) Auf der Röntgenausgangsaufnahme ist im distalen Wurzelkanal ein vermutlich apikal eingeklemmter Lentulo zu erkennen. b) Nach einer koronalen Freilegung gelingt es, den Lentulo in eine Kanüle mit Cyanacrylat einzukleben und zu entfernen.



Lange Fragmente von mehr als 5 mm (Kategorie Ic und d) können am einfachsten mit dem in vier Größen verfügbaren Instrument Removal System (IRS) (Jadent, Aalen) entfernt werden (Abb. 8). Für die korrekte Anwendung ist es nötig, das Fragment bis zur seitlichen Öffnung der Hülse zu fassen. In die Hülse wird ein Dorn eingeschraubt, der dann das Fragment in Richtung der seitlichen Öffnung verdrängt und gleichzeitig mechanisch einklemmt. Entgegen der Eindrehrichtung kann dann das eingeklemmte Fragment aus dem Wurzelkanal herausgeschraubt werden.

Die häufigste Ursache für Fehlversuche stellt die nicht ausreichende Freilegung des Fragments dar. Ein weiterer Anwendungsfehler tritt dann auf, wenn während des Einschraubens des Dorns die Hülse nicht unter apikalem Druck mit einer Pinzette fixiert wird. In diesem Fall rutscht der Dorn nicht am Fragment vorbei, sondern drückt auf das Fragment und

schiebt beim Eindrehen des Dorns lediglich das IRS aus dem Wurzelkanal, ohne das Fragment einzuklemmen.

Lentulos lassen sich am besten mit der Braiding-Technik entfernen. Mit einer ersten Hedström-Feile wird der Lentulo möglichst innerhalb der Wicklung so weit wie möglich erfasst. Eine zweite und ggf. dritte Hedström-Feile wird seitlich passiv eingedreht. Ein Eindrehen gegen Widerstand sollte vermieden werden, um keine zusätzliche Fraktur zu provozieren. Die zwei oder auch drei Hedström-Feilen werden wechselseitig miteinander verdreht, sodass die Spannung und der Widerstand zum Fragment erhöht werden. Zum Entfernen wird die Zugspannung auf die Instrumente langsam erhöht. Die Arbeitshand sollte zur kontrollierten Entfernung abgestützt sein, um die Zugspannung überprüfen zu können. Alternativ können auch die Tube- oder Loop-Technik angewendet werden (Abb. 9).

■ Mittleres Wurzel Drittel

Kurze Fragmente (Kategorie IIa) im mittleren Wurzel Drittel lassen sich nach Freilegung am einfachsten mit Ultraschall lösen und entfernen. Zur Entnahme kann

eine feuchte Papierspitze mit 4 % Konizität genutzt werden (Abb. 10). Für lockere bzw. bewegliche Fragmente ist die IRRI-K-Ultraschallfeile in der Größe 25 geeignet. Stark konische oder fest eingeschraubte Fragmente lassen sich besser mit einer Feile vom Typ

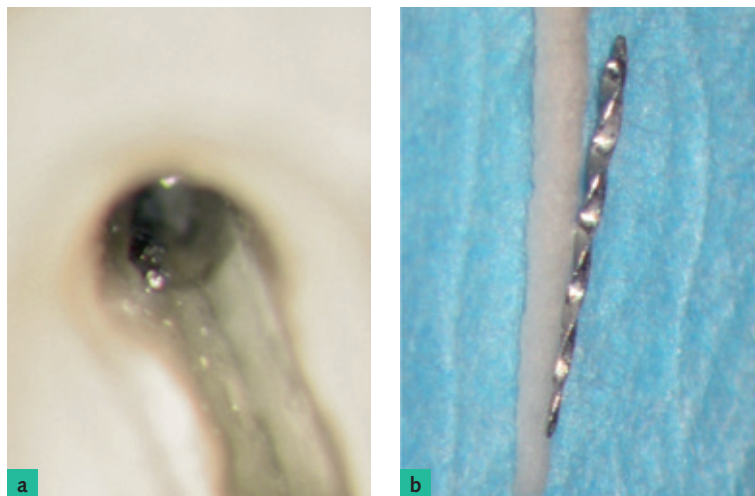


Abb. 10 a) Locker im Wurzelkanal liegende Fragmente lassen sich mit einer feuchten Papierspitze mit 4 % Konizität entfernen und b) anschließend auf Vollständigkeit überprüfen.

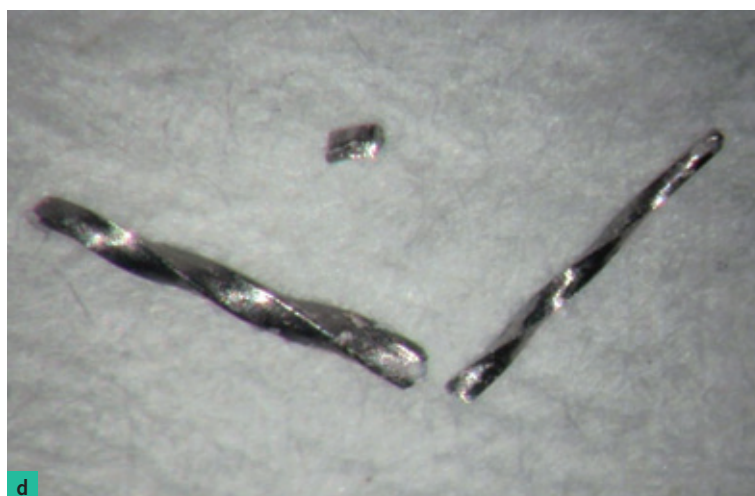
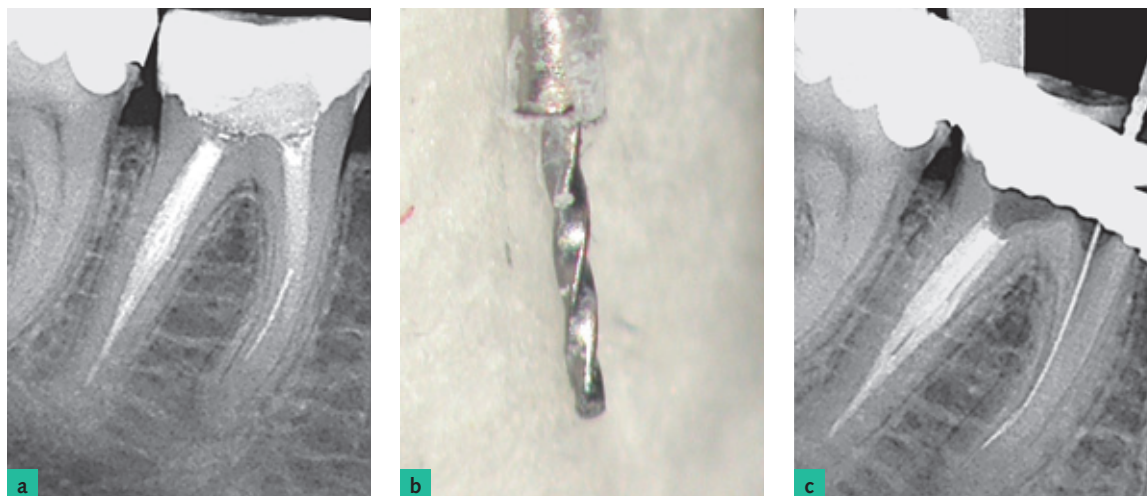


Abb. 11 Komplikation der erneuten Fraktur: a) Am Zahn 46 wurde das lange Fragment alio loco zirkulär freigelegt und mit Ultraschall aktiviert. b) Trotz Tube-Klebe-Technik frakturierte der koronale Anteil infolge Materialermüdung. c und d) Die Entfernung der apikalen Restfragmente gelang erst mit der Ultraschall-Technik.

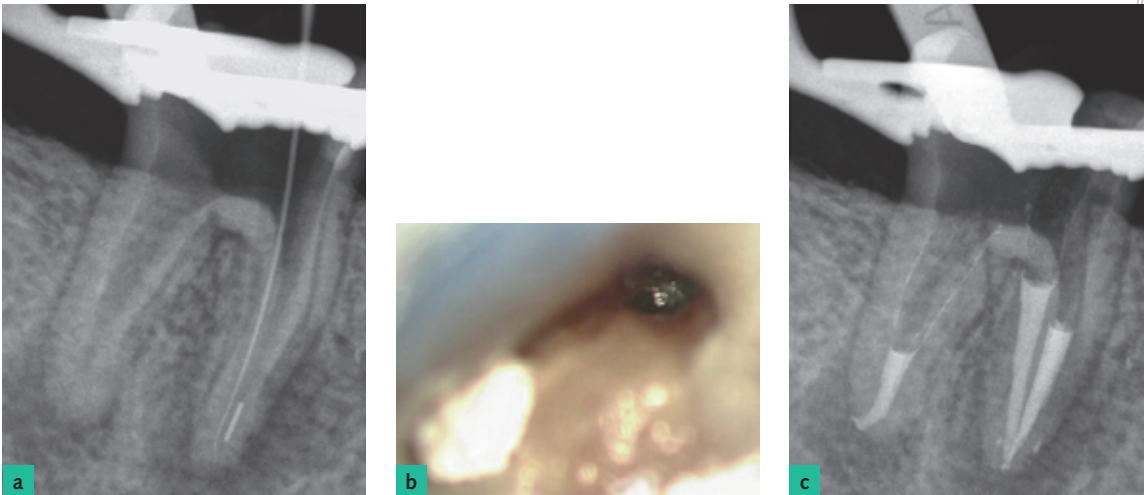


Abb. 12 Ultraschall-Technik: a) Mit der Röntgenmessaufnahme wird die genaue Lage des Fragments am Zahn 47 und die Notwendigkeit zur Entfernung beurteilt. b) Entlang der Fragmentoberfläche erfolgt eine minimalinvasive Freilegung mit einer Ultraschallfeile in der Größe ISO 15. c) Nach der Entfernung und Desinfektion erfolgt der thermoplastische Verschluss des Wurzelkanalsystems.

ET 20 oder 40 entfernen. Die Bewegung der Ultraschallfeile zum Fragment erfolgt nicht mehr zirkulär, sondern nur noch lateral von apikal nach koronal im feuchten Milieu.

Lange Fragmente (Kategorie IIb und c) unterliegen dem Risiko einer erneuten Fraktur bei zu starker Aktivierung mit Ultraschall (Abb. 11). Lediglich in weiten und geradlinig verlaufenden Wurzelkanälen kann eine tiefe Freilegung und Entfernung langer Fragmente mit Ultraschall erfolgen. Liegen die Fragmente in gekrümmten Wurzelkanälen oder apikal eingeklemmt, empfiehlt sich die Anwendung einer Loop- oder Tube-Technik (s. Abb. 4 und 13).

Bei der Tube-Technik können das IRS oder die Klebetechnik mit Pastenkanülen verwendet werden. Während das IRS an einen geradlinigen Zugang gebunden ist, kann bei geringen Krümmungen die Pastenkanüle durch Vorbiegen geringfügig an den Verlauf des Wurzelkanals adaptiert werden. Muss das Fragment jedoch bis in die Krümmung gefasst werden, empfiehlt sich die Loop-Technik.

■ Apikales Wurzeldrittel

Sind im apikalen Wurzeldrittel kurze Fragmente (Kategorie IIIa) darstellbar, lassen sich diese mithilfe der Ultraschall-Technik sicher entfernen (Abb. 12). Je weiter apikal ein Fragment liegt, desto kleiner sollte

die verwendete Ultraschallfeile sein. Während für die minimalinvasive Präparation eine IRRI-K-Feile in der Größe ISO 15 ausreicht, genügt diese mitunter aber nicht zur Lockerung und Entfernung, sodass eine IRRI-K-Feile in der Größe ISO 25 bei niedriger Intensität genutzt werden kann.

Bei gut zugänglichen, jedoch apikal überinstrumentierten Fragmenten besteht die Gefahr einer Verlagerung des Fragments in das periapikale Gewebe oder in den Mandibularkanal⁵. Sofern eine chirurgische Entfernungsmethode als Alternative ausscheidet, kann die Loop-Technik genutzt werden. Diese Technik findet bevorzugt an weiten bzw. ovalen Wurzelkanälen Anwendung (Abb. 13 und 14).

■ 5. Prüfung auf Vollständigkeit

Das aus dem Wurzelkanal entfernte Fragment sollte zum Abschluss unter Sicht mit einem Dentalmikroskop auf Vollständigkeit geprüft werden. Dazu wird das Fragment vermessen und auch aus forensischen Gründen fotografisch dokumentiert. Fehlt dem Instrument die zugehörige Spitze, empfiehlt sich vor einer weiteren Präparation des Wurzelkanals eine Röntgenkontrollaufnahme zum Ausschluss eines Restfragments.



Abb. 13 Loop-Technik: a) Am Zahn 24 wurde während eines Entfernungsversuchs die frakturierte Hedström-Feile im Isthmus hakenförmig verbogen. b) Ansicht der tiefen Aufteilung beider Wurzelkanäle im apikalen Wurzel Drittel mit abgknicktem Fragment. c) Ein zur Öse geformtes Handinstrument wird über das Fragment geschoben und mit einem MicroOpener innerhalb der Öse fixiert, sodass es entfernt werden kann.

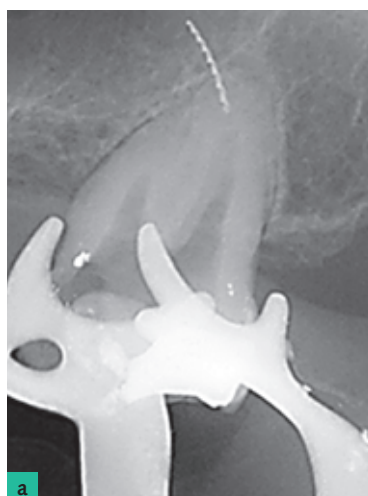
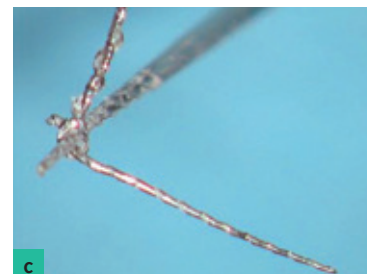
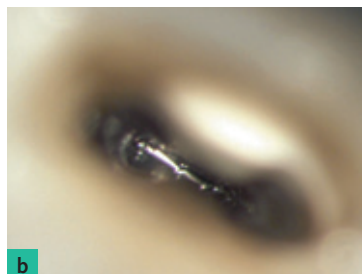


Abb. 14 Loop-Technik: a) Am Zahn 27 wurde palatinal ein Teilfragment entfernt. Für den apikal gelegenen Anteil des Fragments besteht die Gefahr der Verlagerung in die Kieferhöhle. b) Nach einer Freilegung und intentionellen Erweiterung des apikalen Foramens, wird das Fragment mit einer Öse gesichert und nach einem Fixieren mit Komposit vollständig entfernt. c) Das erweiterte Foramen wird nach Abschluss der Desinfektion mit ProRoot MTA verschlossen.

■ Diskussion

Mithilfe optischer Vergrößerungshilfen und der Nutzung moderner Entfernungsmethoden gelingt es sicher, kleinste Fragmente darzustellen und minimalinvasiv mit großer Sicherheit zu entfernen^{6,7}. Abgestütztes, ergonomisches Arbeiten ist für langandauerndes und konzentriertes Vorgehen auf engstem Raum hilfreich. Limitationen ergeben sich häufig dann, wenn das Fragment unterhalb einer Wurzelkanalkrümmung liegt. Das Risiko von Perforationen steigt, sodass in solchen Fällen der orthograde Entfernungsversuch kritisch überprüft werden sollte⁴.

In Vorbereitung auf die Entfernung von Fragmenten ist die Anfertigung aktueller Röntgenauf-

nahmen aus diagnostischen Gründen unerlässlich. Ziel der radiologischen Diagnostik ist es, die Lage, Länge und Art des Fragments beurteilen zu können, um die Notwendigkeit, die Erfolgswahrscheinlichkeit und die geeignete Methode zur Entfernung bestimmen zu können⁸.

Liegt eine mikrobielle Infektion des Wurzelkanalsystems vor, so ist der Erfolg der Wurzelkanalbehandlung davon abhängig, inwieweit es gelingt, Bakterien, Viren und Pilze sowie deren Stoffwechselprodukte zu eliminieren. Fragmente und die häufig assoziierten Problemstellungen einer artifiziellen Wurzelkanalverlagerung in Form einer Stufenpräparation, via falsa oder Perforation können die vollständige Reinigung und Desinfektion eines infizierten



Wurzelkanalsystems erschweren. Eine primär chirurgische Intervention zur retrograden Entfernung eines Fragments besteht nur in den seltensten Fällen^{5,9–11}. Die Notwendigkeit zur orthograden Entfernung von Fragmenten ist abhängig vom Zeitpunkt der Fraktur im Verlauf der chemomechanischen Aufbereitung, von anatomischen Fragestellungen sowie pathologischen Befunden und kann am besten mithilfe einer dreidimensionalen Diagnostik beurteilt werden^{8,12,13}. Insbesondere die Entfernung von Fragmenten im mittleren und apikalen Wurzeldrittel kann die Ausbildung von Vertikalfrakturen aufgrund des erhöhten Substanzverlustes begünstigen¹⁴. Auch bei indiziertem Verzicht auf eine Fragmententfernung kann im Einzelfall der Langzeiterhalt des Zahns erreicht werden¹⁵.

Besteht die Indikation zur orthograden Entfernung, sollten die Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Entfernungsverfahren berücksichtigt werden, um Fehler zu vermeiden und das Wurzel-dentin nicht unnötig zu schwächen.

■ Schlussfolgerung

Die Anwendung einer systematisierten Therapieabfolge zur Entfernung eines Fragments ermöglicht ein individuell abgestimmtes Vorgehen und die Auswahl der geeigneten Entfernungsmethode. Es können Schritt für Schritt die optimalen Bedingungen geschaffen werden, damit ein Fragment substanzsparend entfernt werden kann.

Im Verlauf von wiederkehrenden Arbeitsabfolgen gelingt es unter Einbeziehung der Assistenz durch Aufgabendelegation, die Arbeitszeiten zu reduzieren. Durch die Anwendung von Regelkreisläufen wird die Nutzung von Vier- und Sechshandtechniken erleichtert, was das konzentrierte Arbeiten des Operateurs unterstützt.

Die kombinierte Nutzung von DVT und Dentalmikroskop ermöglicht eine differenzierte Diagnostik und Therapie zur Fragmententfernung, sodass die Prognose für den langfristigen Zahnerhalt verbessert werden kann.

■ Literatur

1. Arnold M. Orthograde Entfernung frakturierter Wurzelkanalinstrumente. *Endodontie* 2013;22:159–169.
2. 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;15:252–1258.
3. Shen Y, Peng B, Cheung GS. Factors associated with the removal of fractured NiTi instruments from root canal systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;98:605–610.
4. Souter NJ, Messer HH. Complications associated with fractured file removal using an ultrasonic technique. *J Endod* 2005;31:450–452.
5. Gandhi N, Gandhi S, Bither S. Displacement of endodontic instruments in inferior alveolar canal. *Indian J Dent Res* 2011;22:736.
6. Cujé J, Bargholz C, Hülsmann M. The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *Int Endod J* 2010;43:545–554.
7. Fu M, Zhang Z, Hou B. Removal of broken files from root canals by using ultrasonic techniques combined with dental microscope: a retrospective analysis of treatment outcome. *J Endod* 2011;37:619–622.
8. Arnold M. Minimalinvasive Fragmententfernung mithilfe der dentalen Digitalen Volumentomografie. *Endodontie* 2011;20:403–413.
9. 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.
10. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod* 2006;32:1031–1043.
11. Kunkel M, Hülsmann M et al. Leitlinie Wurzelspitzenresektion (S2). 2008. <http://www.dgzmk.de/zahnaerzte/wissenschaft-forschung/leitlinien/details/document/wurzelspitzenresektion-s2.html>
12. Patel S, Dawood A, Ford TP, Whites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007;40:818–830.
13. Gao Y, Peters OA, Wu H, Zhou X. An application framework of three-dimensional reconstruction and measurement for endodontic research. *J Endod* 2009;35:269–274.
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. Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod* 2005;31:845–850.



A systematic approach for the removal of fractured root canal instruments: Part II

KEYWORDS *removal of separated instruments, retreatment, diagnosis, dental microscope*

For successful removal of separated root canal instruments, a systematic approach can be helpful. The following paper presents a systematic approach that can reduce working time, save dental hard tissue, and prevent procedural incidents.