

Michael Arnold

Methoden zur orthograden Entfernung frakturierter Wurzelkanalinstrumente

Teil 1



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

INDIZES *Fragmententfernung, Ultraschall, Loop-Technik, Tube-Technik, Braiding-Technik*

Die Entfernung eines Instrumentenfragments hat das Ziel, die Blockade eines präparierten Wurzelkanals zu überwinden, damit das Wurzelkanalsystem vollständig chemomechanisch bearbeitet und im Anschluss bakteriedicht verschlossen werden kann. Zusätzliche iatrogene Schäden während des Versuchs der Entfernung eines Fragments sollen durch die Auswahl einer geeigneten Methode vermieden werden, damit der langfristige Erhalt des Zahns nicht beeinträchtigt wird. Die Entfernung von Fragmenten ist in jedem Fall eine Ermessensfrage, die keine pauschale Therapie nach sich zieht. Je nach vorgefundener Situation muss der Entfernungsversuch abgewogen werden gegen die möglichen Risiken weitergehender Schäden an der Zahnhartsubstanz und angrenzender Gewebe.

Die Nutzung einer systematisierten Abfolge von Arbeitsschritten zur Fragmententfernung kann die Lösung der komplexen Aufgabenstellung erleichtern. Der Therapieablauf kann besser geplant werden, sodass der Zeitumfang und der Kostenrahmen besser bestimmt werden können. Die Integration der zahnärztlichen Assistenz in zeitintensive Ablaufprozesse durch Aufgabendelegation hilft, effektiver zu arbeiten.

■ Einleitung und Problemstellung

Im Verlauf einer Wurzelkanalbehandlung kann in jeder Etappe der chemomechanischen Bearbeitung ein endodontisches Hilfsmittel frakturieren und die Desinfektion und den bakteriendichten Verschluss deutlich erschweren¹. Je nach Länge, Lage und Zeitpunkt der Fraktur und in Abhängigkeit vom Grad der mikrobiellen Besiedelung des Wurzelkanalsystems muss die Notwendigkeit der Entfernung geprüft werden. Die Entfernung kann dabei orthograd oder in sehr seltenen Fällen retrograd erfolgen².

Während der Prüfung der Möglichkeit einer Fragmententfernung spielen vor allem die Wahl der geeigneten technischen Hilfsmittel, das methodische Vorgehen, die individuellen Erfahrungen, das Wissen um anatomische und morphologische Besonderheiten und schließlich auch die Behandlungskosten aufgrund

der zeit- und materialintensiven Entfernungsverfahren eine wichtige Rolle³. Insbesondere kombinierte Problemstellungen, wie z. B. das Vorhandensein



Abb. 1 Zahn 46 mit insuffizienter Wurzelkanalfüllung und mehreren Fragmenten. Eine periradikuläre Aufhellung, eine apikale Obliteration und Stufenpräparation infolge eines Entfernungsversuchs (Pfeil) erschweren den Erhaltungsversuch.

Manuskript
 Eingang: 15.04.2013
 Annahme: 13.05.2013

mehrerer intrakanalärer Fragmente oder kombinierte Problemstellungen mit Obliterationen, Stufen oder Perforationen, erhöhen den Gesamtaufwand zur Erhaltung des jeweiligen Zahns und können die Prognose ungünstig beeinflussen (Abb. 1)⁴.

■ Literaturübersicht

Die Angaben zur Prävalenz frakturierter Instrumente unterscheiden sich je nach Untersuchungsmethode erheblich. Nach einer Untersuchung von Klammt aus dem Jahr 1941 kam es bei 2.346 Wurzelkanälen in 5 % der Fälle zur Fraktur von Wurzelkanalinstrumenten⁵. Sattapan et al. untersuchten die über einen Zeitraum von 6 Monaten benutzten NiTi-Feilen in einer auf Endodontie spezialisierten Praxis. Dabei wiesen 50 % der Feilen Formveränderungen und 21 % Frakturen auf⁶. Im Gegensatz dazu wurde berichtet, dass lediglich knapp 0,9 % der untersuchten Feilen im Beobachtungszeitraum frakturierten⁷. In diese Untersuchung wurden nur Feilen aufgenommen, die einmal verwendet und von geübten und erfahrenen Zahnärzten benutzt worden waren.

Zumeist handelt es sich um retrospektive Untersuchungen. Die Häufigkeit von frakturierten Instrumenten variiert zwischen 1 und 7 % der untersuchten Fälle^{5–14}.

Ob und mit welcher Methode ein Fragment entfernt werden kann, wurde in der Vergangenheit unterschiedlich diskutiert. Noch vor knapp 100 Jahren vertrat Walkhoff die Auffassung, dass das in einem desinfizierten Wurzelkanal liegende Fragment keine

Reize verursache, jedoch das in vitalem Gewebe befindliche Fragment häufig zu akuten Entzündungen führe. Er folgerte daraus, dass in vitalen Behandlungsfällen die Entfernung des Fragments notwendig sei¹⁵. Eine Untersuchung von Klammt aus dem Jahr 1941 wies auf die Abhängigkeit des Therapieerfolgs von der intrakanalären Infektion und die Bedeutung des aseptischen Zugangs hin. So wurde bei nicht entfernbaren Fragmenten nach der Vitalexstirpation eine einzeitige Behandlung empfohlen, um das Infektionsrisiko gering zu halten⁵.

Die Auswirkung auf den Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung scheint von der präoperativen mikrobiellen Infektion einerseits und vom Zeitpunkt der Fraktur des Wurzelkanalinstruments andererseits abzuhängen. In Fällen mit belassenen Fragmenten bei Vorhandensein einer apikalen Parodontitis kam es im Vergleich zu Fällen mit belassenen Fragmenten ohne apikale Parodontitis zu mehr Misserfolgen^{1,5,16–19}. Andere Autoren können wiederum keinen Einfluss von Fragmenten auf den Heilungserfolg nachweisen und empfehlen das Belassen der schwer entfernbaren Fragmente^{20,21}.

Versuche der Entfernung von Fragmenten reichten von chemischen Experimenten mit Säuren^{5,22}, über das Mikroschweißen²³ oder den Einsatz von Magneten^{22,24}, bis hin zu stark invasiven Eingriffen mit Trepanbohrern²⁵. Aktuell werden überwiegend die Umschlingungstechnik (Braiding-Technik), die Tube-Technik, die Loop-Technik und die Ultraschall-Technik zur orthograden Entfernung angewendet^{26,27}.

■ Braiding-Technik²⁸

Diese Technik ist vor allem für lange Fragmente und Lentulos geeignet. Voraussetzung für die Anwendung dieser Technik ist, dass das Fragment mit einem Handinstrument über einen großen Anteil passiert werden kann. Es werden neben dem Fragment zwei oder mehr Handfeilen mit einer hohen Reibungsfläche platziert. Geeignet sind Hedström-Feilen in den ISO-Größen 15 und 20. Das Verdrillen der Instrumente erhöht die Spannung zum Fragment, sodass es durch Zugkraft entfernt werden kann (Abb. 2).

Werden die zusätzlichen Instrumente zu stark eingedreht, nimmt die Reibung zum Dentin ebenfalls

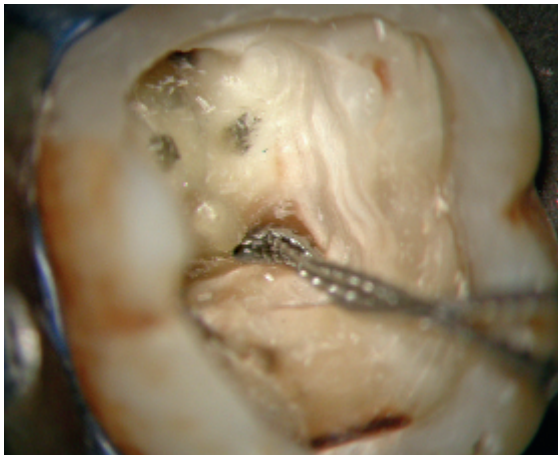


Abb. 2 Braiding-Technik: Im mesiobukkalen Wurzelkanal des Zahns 36 frakturierte ein etwa 8 mm langer Lentulo. Zentral der Wicklung wird eine erste Hedström-Feile eingedreht. Zwei weitere Hedström-Feilen werden zusätzlich passiv neben dem Fragment eingedreht und im Anschluss miteinander verdrillt.

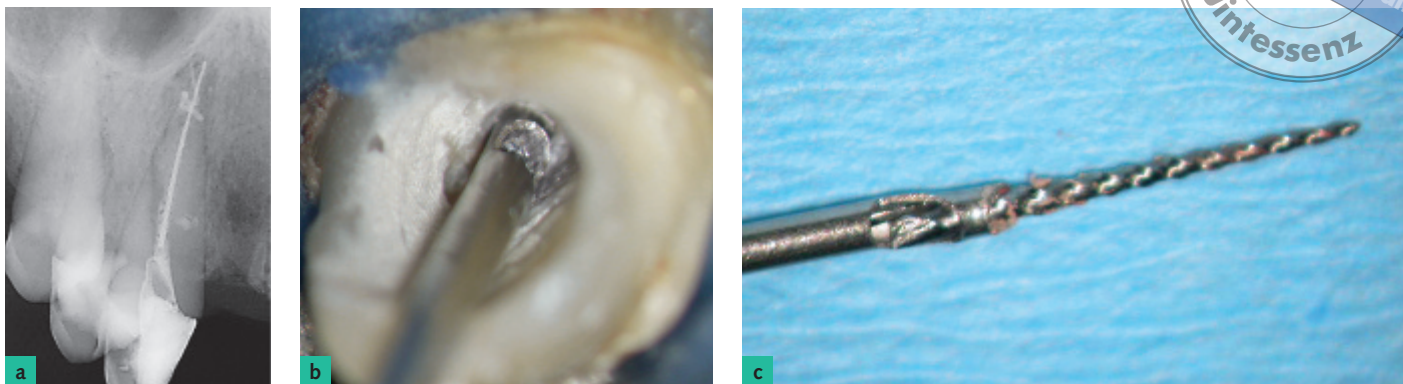


Abb. 3 Tube-Technik mit dem Instrument Removal System (IRS): a) Röntgenausgangsaufnahme nach Revisionsversuch am Zahn 13 mit apikaler Aufhellung, einer frakturierten NiTi-Feile und extrudiertem Wurzelfüllungsmaterial. b) Das frakturierte Instrument wurde in einer Hülse mit einem Dorn eingeklemmt und konnte c) vollständig entgegen dem Uhrzeigersinn herausgedreht werden.

zu und eine Entfernung gelingt nur unter großen Kräften und es besteht die Gefahr einer zusätzlichen Fraktur der Hilfsinstrumente. Zur Entfernung frakturierter Hedström-Feilen, die als Folge einer zu starken Torsionsbelastung nicht standhielten, sind die Tube-Technik oder die Ultraschall-Technik besser geeignet.

■ Tube-Technik

Das Prinzip der Entfernung basiert auf einer zirkulären Freilegung des Fragments auf mindestens 2 bis 3 mm und einer mechanischen Verankerung in einer passenden Hülse. Der Zugang zum freigelegten Fragment muss geradlinig sein. Die Technik ist für lange Fragmente geeignet. Zu den Tube-Systemen gehören u. a. das Masseran-Kit²⁵ (Micro-Mega, Oberursel), die Klebetechnik mit Pastenkanülen^{28,29} und das Instrument Removal System (IRS)³⁰ (Jadent, Aalen) (Abb. 3).

Bei der Klebetechnik mit Cyanakrylat unter Nutzung einer Pastenkanüle ist die Auswahl des geeigneten Durchmessers der Kanüle entscheidend für den Erfolg. Optimal ist eine mechanische Klemmpassung der Kanüle zum Fragment (Abb. 4). Zu viel Platz zwischen Fragment und Hohlraum der Kanüle lässt den Kleber nicht optimal abbinden. Das sekundenschnelle Abbinden von Cyanakrylat ist an das Vorhandensein von Feuchtigkeit gebunden. Polare Gruppen, wie z. B. OH-Ionen, initiieren eine sehr schnell ablaufende Polymerisation. Zur sicheren Aufnahme des Sekundenklebers kann dieser mit einer Spritze in die Kanüle leicht aspiriert werden. Nach

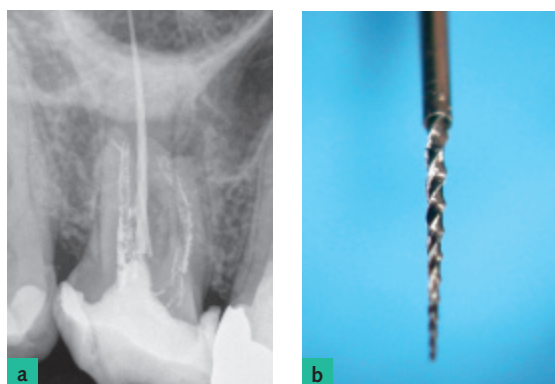


Abb. 4 Tube-Technik mit Pastenkanüle: a) Im Zahn 16 soll das palatinal überinstrumentierte Fragment entfernt werden. b) Nach zirkulärer Freilegung konnte das Fragment mit einer Pastenkanüle entgegen dem Uhrzeigersinn herausgedreht werden. Aufgrund der optimalen Friktion konnte auf die Verwendung eines Klebers verzichtet werden.

einer Reinigung der überschüssigen Anteile wird die Kanüle auf das feuchte Fragment aufgesetzt. Zur Sicherheit kann im Anschluss der Wurzelkanal beispielsweise mit 70%igem Ethanol aufgefüllt werden. Nach etwa 30 Sekunden wird das eingeklebte Fragment mit Ultraschall aktiviert und im Anschluss entgegen der Eindrehrichtung entfernt.

Alternativ können für das Einkleben auch chemisch oder dualhärtende, fließfähige Kunststoffe genutzt werden. Die Abbindezeit ist mit 5 bis 10 min deutlich länger und muss vor einem Entfernungsversuch abgewartet werden. Zu große Zugkräfte bei fehlender Beweglichkeit führen zu Abrissen³¹. Nachteilig sind der Platzbedarf und die fehlende Kontrolle auf den geeigneten Sitz der Kanüle. Im Einzelfall kann es zu einer Dislokation des Fragments nach apikal kommen (Abb. 5).

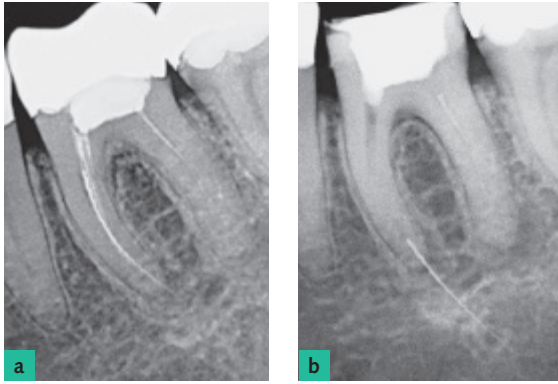


Abb. 5 Komplikation während der Tube-Technik: a) Ausgangsaufnahme mit langem Fragment in der mesialen Wurzel des Zahns 36. b) Nach einem Versuch der Entfernung mit einer Pastenkanüle kam es zur apikalen Verlagerung des Fragments.



Abb. 6 Ultraschalltechnik: a) In der mesiobukkalen Wurzel des Zahns 16 kam es nach einer Überinstrumentierung zu einer Fraktur einer NiTi-Feile. b) Nach der Freilegung des stark konischen Fragments gelang die Entfernung durch die Berührung mit einer Ultraschallfeile ET 40. c) Nach der Entfernung konnten die beiden konfluierenden mesiobukkalen Wurzelkanäle vollständig thermoplastisch gefüllt werden.

■ Ultraschall-Technik

Die Ultraschalltechnik erlaubt minimalinvasive Eingriffe am Dentin³² und ist universell zur Entfernung verschiedener Arten von Fragmenten in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden geeignet^{26,30,33}. Nach einer adäquaten Freilegung des Fragments kann das Objekt durch Berührung mit einer Ultraschallfeile, die in unterschiedlichen Dimensionen und mit unterschiedlichen Beschichtungen vorliegen, in Schwingung versetzt und so aus seiner eingeklemmten Position gelockert und entfernt werden (Abb. 6). In Abhängigkeit von Dimension und Art des Fragments muss die jeweils effektiv wirkende Ultraschallfeile bestimmt werden. Die Bewegung der Ultraschallfeile am Fragment soll entgegen dem Uhrzeigersinn ausgeführt werden, um das Fragment aus dem Dentin zu lösen³⁰. Seit dem Jahr 2011 werden einzelne NiTi-Instrumente mit einer dem Uhrzeigersinn entgegengesetzten Arbeitsrichtung vertrieben, sodass die Arbeitsrichtung zur Entfernung von Fragmenten gegenläufig, wieder im Uhrzeigersinn, ausgeführt werden sollte. Das Umkreisen der Fragmenten-

te erfolgt lediglich bei zirkulär freigelegten Instrumenten im koronalen Wurzel Drittel. Im mittleren und apikalen Wurzel Drittel genügt häufig eine lateral von apikal nach koronal auf das Fragment ausgerichtete Berührung im feuchten Milieu.

Der Einsatz von Ultraschallfeilen vom Kerr-Typ aus Edelstahl ermöglicht sowohl das Arbeiten mit der Instrumentenspitze als auch nach lateral. Diese Instrumente können dem Wurzelkanalverlauf durch Vorbiegen angepasst werden. Das Vorbiegen minimiert gleichzeitig das Risiko einer vom Wurzelkanal abweichenden Stufen-Präparation. Die Amplitude der Feile wird verringert und kann zielgerichtet unter Sicht mit dem Dentalmikroskop auch im Bereich der Wurzelkanalkrümmungen angewendet werden³⁴.

■ Loop-Technik

In Ermangelung tiefgreifender Hilfsmittel, die Fragmente innerhalb des Wurzelkanals mechanisch fassen können, wurde die Anwendung von Draht-

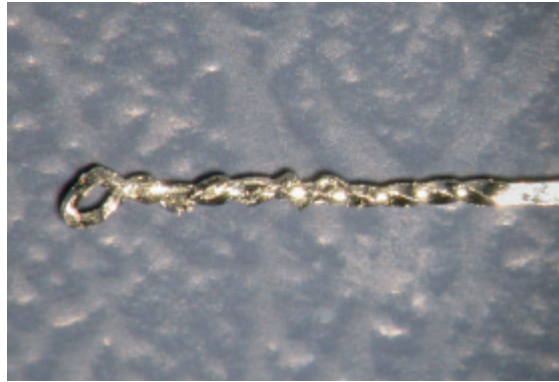


Abb. 7 Loop-Technik: Eine Kerr-Feile mit einer Länge von 31 mm wird am Ende ösenförmig durch das Umbiegen der Instrumentenspitze eingedreht.

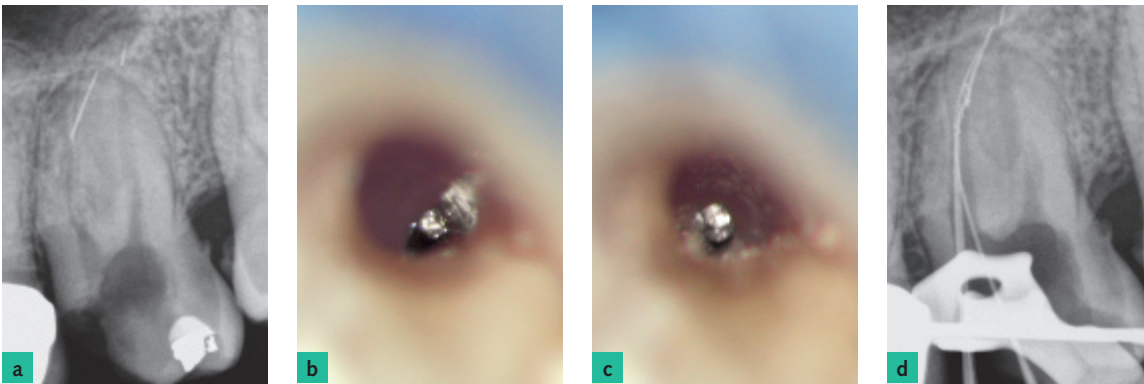
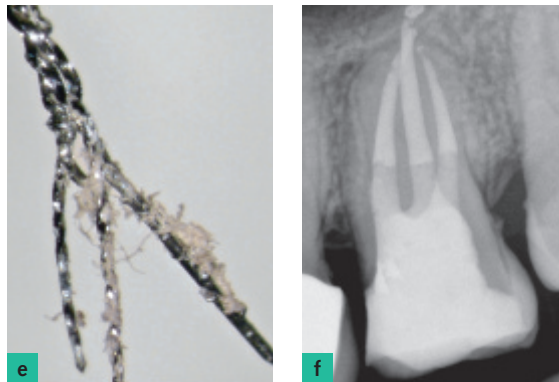


Abb. 8 Loop-Technik: a) Im Zahn 26 besteht der Verdacht auf ein mesiobukkal und palatinales Fragment. Während das palatinale Fragment mit der Ultraschalltechnik entfernt wird, soll das mesiobukcale Fragment mit einem ösenförmigen Hilfsmittel entfernt werden. b) Das Fragment wird im mittleren Wurzel Drittel in Richtung des Isthmus freigelegt. Aufgrund der Eigenspannung liegt das Fragment an der Kanalwand an. c) Das Fragment wird mit einem feuchten Wattefaden unterfüttert, sodass es mit der Öse gefasst werden kann. d) Die exakte Position der Öse unterhalb der Wurzelkanalkrümmung wird mit einer Röntgenaufnahme kontrolliert. e) Das zusätzlich in die Öse eingeführte Wurzelkanalinstrument erhöhte den Reibungswiderstand und ermöglichte die Entfernung durch Zugkraft. f) Nach der Entfernung beider Fragmente konnte das Wurzelkanalsystem vollständig thermoplastisch gefüllt werden.



schlaufen empfohlen. Dazu wird durch eine Kanüle ein 0,14 mm dünner Draht geführt, die Schlaufe über das Fragment dirigiert und der Draht mit einer Gefäßklemme anschließend straff angezogen, sodass das Fragment zwischen Kanülenende und Draht eingeklemmt wird und entfernt werden kann³⁵. Mit Hilfe eines aufeinander abgestimmten Systems aus Bohrern, Ultraschallinstrumenten und einem Haltegriff für die Drahtschleife aus NiTi-Legierung mit einer Stärke von 0,08 mm sollte die techniksensitive Anwendung erleichtert werden^{36,37}. Eine Marktreife erreichte diese Technik bislang nicht²⁷. Die Anwendung des dünnen Drahts erfordert ein zirkuläres Freilegen des Fragments, da der Draht nicht mehr zum

Manipulieren des Fragments geeignet ist. In beiden Verfahren findet eine Kanüle Anwendung, welche die Sicht im Wurzelkanal beeinträchtigen kann.

Als einfaches Hilfsmittel kann auch eine zu einer Öse gewickelte K-Feile genutzt werden. Das Hilfsinstrument wird aus einer Handfeile der Größe ISO 10 in 31 mm Länge gefertigt, indem das Ende der Feile umgebogen und entsprechend des gewünschten Durchmessers als Öse gewickelt wird. Die rundliche Form der Öse wird im Anschluss mit einer Zange oval und löffelförmig geformt (Abb. 7). Das Hilfsinstrument lässt sich unter Kontrolle mit dem Mikroskop leichter mit der Hand oder einer Pinzette über das Fragment führen. In die Öse werden zusätzliche

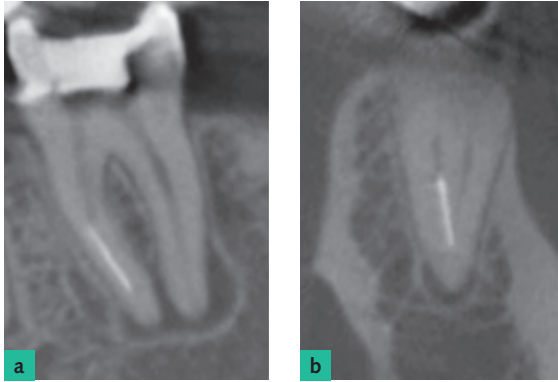


Abb. 9 Ausschnittvergrößerung einer 4 x 4 cm großen DVT-Aufnahme von Zahn 37 mit Fragment: a) In der lateralen Ansicht kann die Position zur Wurzelkanalkrümmung ermittelt werden. b) Erst in der Ansicht von mesial wird erkennbar, dass das Fragment von mesiolingual den Zugang zum apikalen Wurzelkanalsystem auch mesiobukkal blockiert, sodass eine Entfernung notwendig wird.

Handinstrumente zum Einklemmen des Fragments eingeführt und im Anschluss leicht verdrillt (Abb. 8).

Vorteil dieses Verfahrens ist die bessere optische Kontrolle bei tief frakturierten und langen Fragmenten. Der dünne Draht mit einer 2%igen Konizität ermöglicht ein leichtes Vorbiegen und ist somit auch für die Anwendung in gekrümmten Wurzelkanalteilen geeignet³⁸.

■ Diagnostik und Auswahl der Methode

Die Anfertigung einer zweidimensionalen Röntgenaufnahme bietet eine optimale Übersicht zur Beurteilung des Zahns sowie der angrenzenden Strukturen und ermöglicht eine erste Abschätzung der Lage und Größe des Fragments. Exzentrische Röntgenaufnahmen können zur Lagebeurteilung des Fragments hilfreich sein. Anhaltspunkte für die tatsächliche Dimension der Wurzel und die Beurteilung der exak-

ten Lage des Fragments zum Wurzelkanalverlauf können aber nicht immer mit hinreichender Sicherheit ermittelt werden. Exzentrische Röntgenaufnahmen sind dann verzichtbar, wenn die Anfertigung einer dreidimensionalen Dentalen Volumentomografie (DVT) indiziert ist³⁷⁻³⁹.

Mithilfe einer DVT-Aufnahme gelingt es besser, die Lage, Länge und Beschaffenheit des Fragments im Wurzelkanal zu bestimmen. Insbesondere die Bestimmung der Wurzelkanalkrümmungen und der Lage des Fragments erlaubt eine bessere Einschätzung, ob und wie das Fragment entfernt werden kann (Abb. 9). Die Wandstärke des Dentins entlang der inneren Kurvatur kann gemessen werden, sodass zusätzliche Komplikationen, wie z. B. Perforationen, vermieden werden können. Weitergehende Problemstellungen, die möglicherweise die Fraktur des endodontischen Hilfsmittels begünstigt haben (z. B. Obliterationen oder Stufenpräparationen), können rechtzeitig in die Therapieplanung einbezogen werden^{34,40,41}.

Einen Überblick über den situationsbezogenen Einsatz der unterschiedlichen Techniken gibt Tabelle 1.

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

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

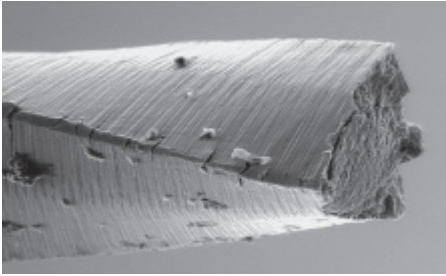


Abb. 10 Ermüdungsfraktur einer NiTi-Feile: Zusätzlich zur Bruchfläche sind mehrere Risse entlang der Schneidekante zu sehen (REM-Aufnahme).

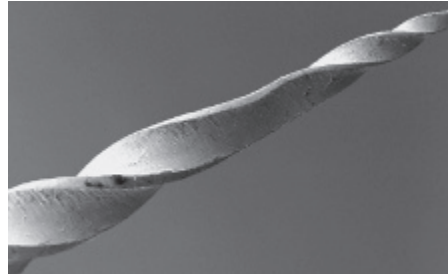


Abb. 11 Plastische Verformung einer NiTi-Feile kurz vor der Fraktur als Folge einer Torsionsüberbelastung (REM-Aufnahme).

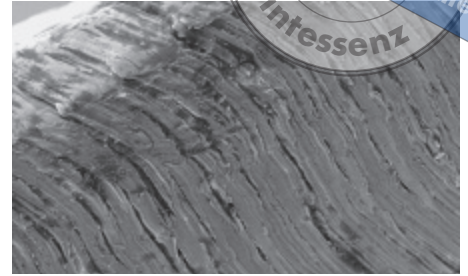


Abb. 12 Zahlreiche Mikrorisse entlang einer NiTi-Feile nach Torsionsüberbelastung. (REM-Aufnahme).

■ Bestimmung des Schwierigkeitsgrads

Mehrere Faktoren können einen Einfluss auf die Entfernbarkeit eines Fragments haben. Dazu gehören die Art des Instruments, Art der Fraktur, Lage und Länge des Fragments, anatomische Besonderheiten, Besonderheiten des Patienten, geeignete technische Hilfsmittel, detailliertes Wissen zur Anatomie des Wurzelkanalsystems und zur Morphologie des Dentins sowie schließlich Training^{4,26}. Erst nach einer Gesamtbeurteilung gelingt die richtige Auswahl der Entfernungsmethode.

■ Art der Frakturen

Grundsätzlich werden Ermüdungsfrakturen von Torsionsfrakturen unterschieden (Abb. 10 und 11)⁴². Die Unterscheidung und Abschätzung der Art einer Fraktur ermöglicht die geeignete Auswahl der Entfernungsmethode.

Die Überbelastung einer Legierung kann bei Stahlinstrumenten mitunter an der Oberflächenbeschaffenheit oder plastischen Verformung abgeschätzt werden. NiTi-Legierungen weisen eine Pseudoelastizität auf. Der Verschleiß der Metallgitterstruktur im Wechsel von der Martensit- zur Austenit-Phase ist ohne Nutzung eines Rasterelektronenmikroskops (REM) nicht zu erkennen (Abb. 12). Die wiederholte Verwendung oder die langanhaltende Belastung, beispielsweise im Verlauf der Präparation eines mehrkanaligen Wurzelkanalsystems, erhöhen das Risiko einer Ermüdungsfraktur. Die Einmalverwendung reduziert das Frakturrisiko, schließt dieses aber im Fall schwieriger anatomischer oder morphologischer Verhältnisse nicht aus.

Torsionsfrakturen treten häufig bei der Präparation von Wurzelkanälen mit Obliterationen des Kanalsystems oder während der Entfernung von Füllungsmaterialien im Verlauf einer Revisionsbehandlung auf. Die Torsionsbelastung der Wurzelkanalinstrumente kann während dieser komplizierten Behandlungen stark ansteigen und in einer Überbelastung enden. Andererseits ist es zeitweise auch nötig, den Arbeitsdruck im Fall von Obliterationen zu erhöhen, um diese durchdringen zu können. Sowohl bei der rotierenden Handpräparation als auch während der maschinellen Erschließung sind in der Folge der Überbelastung plastische Verformungen und Frakturen zu beobachten⁴³.

Lange Fragmente aus einer NiTi-Legierung von 4 bis 5 mm oder größere Instrumente ab einer Stärke von ISO 25 können ein Hinweis auf eine Ermüdungsfraktur sein, während kurze Fragmente von 2 bis 3 mm Länge ihre Ursache in überhöhten Torsionsbelastungen haben können. Als Ursachen für das jeweilige Ermüdungsverhalten werden hohe Konizitäten und große Instrumentenquerschnitte vermutet^{44,45}.

■ Material und Elastizität

Die Form und Beschaffenheit eines Fragments hat Auswirkungen auf die Retention im Wurzelkanal. Je größer die Fläche und die Widerstandsform, desto schwieriger ist die Entfernung. Insofern ist die Entfernung von Reamern und K-Feilen einfacher als die von Hedström-Feilen. Steigt die Konizität der Instrumente an, wie dies beispielsweise für NiTi-Instrumente typisch ist, so nimmt nicht nur die Kontaktfläche zum Dentin zu, sondern auch die Instrumentensteifigkeit und die Rückstellkraft. Die im

gekrümmten Wurzelkanal frakturierten Instrumente haben das Bestreben, sich aufzurichten, sodass die Instrumente zusätzlich unter Spannung in Richtung Außenkrümmung eingeklemmt sind (s. Abb. 8b). Je stärker die Eigenspannung des Instruments ist, desto schwieriger sind die Entfernungsversuche vor allem ab dem mittleren Wurzelkanaldrittel.

Abweichend von diesem Grundsatz verhalten sich eingeklemmte Lentulos. Die am Dentin anliegende Fläche ist vergleichsweise klein und trotzdem kann sich die Entfernung als sehr zeitaufwändig gestalten. Ursache kann einerseits das Einklemmen der Instrumentenspitze in einem Isthmus bei gleichzeitiger plastischer Verformung sein oder die Wahl einer ungeeigneten Entfernungsmethode.

■ Lage

Die exakte Lagebestimmung des Fragments hat mehrere Konsequenzen für die Therapie. Zum einen geht es um die auf die Fragmententfernung ausgerichtete Präparation der endodontischen Zugangskavität und den angestrebten geradlinigen Zugang. Zum anderen sollte die Lagebeziehung des Fragments zu der oder den Wurzelkanalkrümmungen erfasst werden. Ein Zugang zur Bruchfläche oberhalb einer Wurzelkanalkrümmung lässt eine einfachere Entfernung vermuten als ein Zugang innerhalb einer Wurzelkanalkrümmung. Je mehr Wurzelkanalkrümmungen entlang des eingeklemmten Fragments vorliegen, desto größer ist die Gefahr für eine weitergehende Ermüdung der Legierung und zusätzliche Fraktur im Verlauf eines Entfernungsversuchs^{4,27}.

Im Fall von Fragmenten, die unterhalb einer Wurzelkanalkrümmung lokalisiert sind, sollten genau die Notwendigkeit und gefahrlose Möglichkeit einer orthograden Entfernung geprüft und Alternativen abgewogen werden (Abb. 13)^{4,46,47}.

Auf einer DVT-Aufnahme kann anhand der äußeren anatomischen Form der Wurzel auf den Verlauf der Wurzelkanäle innerhalb einer Wurzel geschlossen werden. In der Horizontalebene können die Anzahl, die Querschnittsform und der Verlauf der Wurzelkanäle zueinander ermittelt werden. Im Fall konfluierender Wurzelkanäle besteht die Möglichkeit, das Fragment nach einer vollständigen Präparation des zweiten Wurzelkanals in eine Wurzelkanalfüllung einzuschließen. Blockiert jedoch das Fragment den Zugang zum apikalen Anteil des infizierten Wurzelkanalsystems, besteht die Notwendigkeit der vollständigen Fragmententfernung (s. Abb. 9).

Gleichzeitig kann mit der Lokalisation des Fragments die Lagebeziehung zu Isthmen und akzessorischen Wurzelkanälen ermittelt werden³⁴. Aufgrund der Bewegungsunschärfen beim DVT lassen sich diese Feinstrukturen häufig erst unter Sicht mit dem Dentalmikroskop ermitteln.

■ Länge

Die Bedeutung der Länge von Fragmenten besteht einerseits in der höheren Widerstandsfläche und Retentionskraft und andererseits in dem unterschiedlichen Verhalten, mechanische Schwingungen beim Entfernungsversuch fortzuleiten.

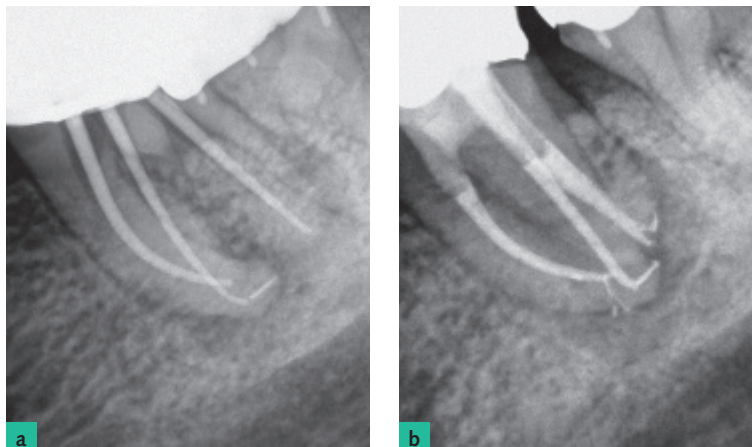


Abb. 13 a) Während der Ausformung einer abrupten Wurzelkanalkrümmung mit kleinem Radius in der mesialen Wurzel des Zahns 37 frakturierte eine NiTi-Feile. b) Nach einer abschließenden Reinigung und Desinfektion wurde das Fragment in die Wurzelkanalfüllung thermoplastisch integriert, da eine orthograde Entfernung nicht Erfolg versprechend erschien.

Je länger beispielsweise ein NiTi-Fragment ist, desto größer ist die Gefahr einer zusätzlichen Ermüdungsfraktur während der Anwendung von Ultraschall. Es sollte aber bedacht werden, dass die Länge eines Fragments keinen direkten Rückschluss auf Kontaktfläche und Retention sowie den Schwierigkeitsgrad der Entfernung zulässt^{4,26}.

■ Patient

Das Risiko einer Fraktur erhöht sich immer dann, wenn Obliterationen des Wurzelkanalsystems oder besonders schwierige anatomische Bedingungen (abrupte Krümmungen, Isthmen, Wurzelkanalkreuzungen) vorliegen oder Wurzelfüllmaterial entfernt werden muss^{27,42,47}. Die gleichen Faktoren erschweren auch die Entfernung von Fragmenten. Zusätzlich muss eine kontinuierliche optimale Mundöffnung bei stabiler und ruhiger Körperlage garantiert sein, um während des Entfernungsversuchs keine zusätzlichen Schäden zu verursachen. Bei instabiler Mundöffnung des Patienten empfiehlt sich zur Entlastung der Muskulatur und des Kiefergelenks die Nutzung eines Aufbisskeils. Die Kopf- und Nackenlagerung in liegender Position sollte entspannt sein, um eine etwa ein- bis zweistündige Behandlungszeit gewährleisten zu können.

■ Operateur und Training

Neben den allgemeinen Kenntnissen zur Anatomie und Morphologie des Dentins wird der Erfolg in der Entfernung von Fragmenten durch Training der unterschiedlichen Methoden am extrahierten Zahn ver-

bessert. Der zeitintensive Arbeitsanteil von intrakanalärer Präparation, Säuberung und Trocknung kann durch eine Aufgabenaufteilung mit der Assistenz verkürzt werden.

Die minimalinvasive Präparation mit Ultraschall von etwa 50 bis 300 µm am Dentin zur Freilegung eines Fragments erfolgt bei einer 16- bis 30-fachen Vergrößerung unter indirekter Sicht. Für die Präzision und die Ausdauer des Operateurs und der Assistenz ist ein Armlehnenstuhl mit individuell kippbaren Armstützen ein wichtiges Hilfsmittel⁴⁸.

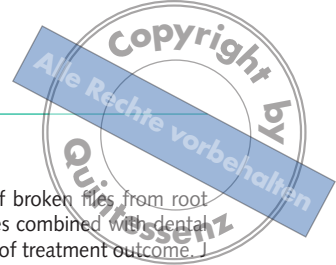
■ Schlussfolgerung

Insbesondere die Kombination von Dentalmikroskop und DVT mit der Nutzung einer minimalinvasiven sonoabrasiven Präparation bietet neue Möglichkeiten zur substanzschonenden Entfernung von Fragmenten. Auf der Grundlage einer dreidimensionalen Diagnostik kann die Möglichkeit der Entfernung eines Fragments besser beurteilt werden.

Die Entfernung von Fragmenten setzt nicht nur eine gute technische Ausrüstung voraus, sondern erfordert einerseits eine gute Kenntnis der Anatomie sowie sogenannter Anomalien des Wurzelkanalsystems und andererseits das Wissen um metallurgische Eigenschaften verwendeter endodontischer Hilfsmittel. Techniksensitive Verfahren, wie das der Ultraschall-, Tube- oder Loop-Technik, erfordern zur optimierten Anwendung Training, sodass die Prozess- und Ergebnisqualität verbessert werden können. Eine langfristige Therapiekontrolle über 5 und 10 Jahre ermöglicht die kritische Überprüfung der Ergebnisse auf den Erfolg und beeinflussende Faktoren.

■ Literatur

1. Grossman LI. Guidelines for the prevention of fracture of root canal instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969;28:746–752.
2. 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.
3. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod* 2006;32:1031–1043.
4. 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.
5. Klammt W. Frakturen an Wurzelkanalinstrumenten ihre Ursache, Verhütung und Beseitigung. Diss Berlin 1941.
6. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 2000; 26:161–165.
7. Arens FC, Hoen MM, Steiman HR, Dietz GC Jr. Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. *J Endod* 2003; 29:664–666.
8. Castagnola L, Alban J. [The breaking of instruments in root canal therapy; causes, prevention and removal]. *Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 1955;65:855–861.



9. Ketterl W. Instrumentenfraktur im Wurzelkanal. Dtsch Zahnärztekalendar München, Hanser 1975; 71–81.
10. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod* 1979;5:83–90.
11. Al-Fouzan KS. Incidence of rotary ProFile instrument fracture and the potential for bypassing in vivo. *Int Endod J* 2003; 36:864–867.
12. Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *J Endod* 2004;30:722–725.
13. Schwarze T. Das Bruchverhalten von Nickel-Titan-Instrumenten – Eine Literaturübersicht. *Endodontie* 2006;15:33–41.
14. 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.
15. Walkhoff O. Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde, Hermann Meusser Berlin 1921:303–306.
16. Strindberg LZ. The dependence of the results of pulp therapy on certain factors. An analytic study based on radiographic and clinical follow-up examinations. *Acta Odontol Scand* 1956;14:1–175.
17. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod* 1979;5:83–90.
18. Molyvdas I, Lambrianidis T, Zervas P, et al. Clinical study on the prognosis of endodontic treatment of teeth with broken endodontic instruments. In: Lambrianidis I, ed. Risk management of root canal treatment. Thessaloniki, Greece: University Studio Press; 2001:199–247.
19. Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod* 2005; 31:845–850.
20. Crump MC, Natkin E. Relationship of broken root canal instruments to endodontic case prognosis: a clinical investigation. *J Am Dent Assoc* 1970;80:1341–1347.
21. Fox J, Moodnik RM, Greenfield E, Atkinson JS. Filing root canals with files radiographic evaluation of 304 cases. *N Y State Dent J* 1972;38:154–157.
22. Fildermann, J. Die Beseitigung von Bruchstücken von in den Wurzelkanälen abgebrochenen Instrumenten. *Zahnärztl Rdsch* 1935;44:73–75.
23. Fuhrer, G., [Entfernung von Metallfragmenten aus Wurzelkanälen durch elektrisches Mikroschweißen.]. *Schweiz Monatsschr Zahnheilkd*, 1947;57:73–74.
24. Schwartz M. The prevention and management of the broken curet. *Compend Contin Educ Dent* 1998;19:418–420, 422, 424–425.
25. Masserann J. Entfernen metallischer Fragmente aus Wurzelkanälen. *J Br Endod Soc* 1971;5:55–59. (Removal of metal fragments from the root canal).
26. Cujé J, Bargholz C, Hülsmann M. The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *Int Endod J* 2010; 43:545–554.
27. Madarati AA, Hunter MJ, Dummer PM. Management of intracanal separated instruments. *J Endod* 2013;39:569–581.
28. Gilbert BO Jr, Rice RT. Re-treatment in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987;64:333–338.
29. Johnson WB, Beatty RG. Clinical technique for the removal of root canal obstructions. *J Am Dent Assoc* 1988;117:473–476.
30. Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. *J Endod* 2004;30:827–845.
31. Hülsmann M. Retrieval of silver cones using different techniques. *Int Endod J* 1990;23:298–303.
32. Briggs PF, Gulabivala K, Setchell DJ. Dentine-removing characteristics of K-files energized by the Piezon-Endo. *Int Endod J* 1992;25:6–14.
33. 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.
34. Arnold M. Minimalinvasive Fragmententfernung mithilfe der dentalen Digitalen Volumetomografie. *Endodontie* 2011; 20:403–413.
35. Roig-Greene JL. The retrieval of foreign objects from root canals: a simple aid. *J Endod* 1983;9:394–397.
36. 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.
37. 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.
38. M. Arnold: Die Fragmentschlaufe: Ein neue Hilfsmittel zur orthograden Entfernung frakturierter Instrumente. *Dtsch Zahnärztl Z* 2007;62:D13
39. Schulze R, Haßfeld S, Schulze D. Dentale Volumetomographie (S1-Leitlinie). *Dtsch Zahnärztl Z* 2009; 64:490–496.
38. American Association of Endodontists; American Academy of Oral and Maxillofacial Radiography. AAE and AAOMR joint position statement. Use of cone-beam-computed tomography in endodontics. *Pa Dent J (Harrisb)*. 2011;78:37–39.
39. Bürklein S. DVT in der Endodontie. *Endodontie* 2011;20: 381–388.
40. D'Addazio PS, Campos CN, Özcan M, Teixeira HG, Passoni RM, Carvalho AC. A comparative study between cone-beam computed tomography and periapical radiographs in the diagnosis of simulated endodontic complications. *Int Endod J* 2011;44:218–224.
41. Arnold M. Anwendung der dentalen digitalen Volumetomographie in der Endodontie. *Quintessenz* 2013;64:85–96.
42. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 1999;25:434–440.
43. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 2000; 26:161–165.
44. Turpin YL, Chagneau F, Vulcain JM. Impact of two theoretical cross-sections on torsional and bending stresses of nickel-titanium root canal instrument models. *J Endod* 2000;26: 414–417.
45. Xu X, Eng M, Zheng Y, Eng D. Comparative study of torsional and bending properties for six models of nickel-titanium root canal instruments with different cross-sections. *J Endod* 2006; 32:372–375.
46. Ward JR, Parashos P, Messer HH. Evaluation of an ultrasonic technique to remove fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals: an experimental study. *J Endod* 2003;29:756–763.
46. 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.
47. Alapati SB, Brantley WA, Svec TA, Powers JM, Nusstein JM, Daehn GS. Proposed role of embedded dentin chips for the clinical failure of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2004;30:339–341.
48. Reitemeier B, Arnold M, Scheuch K, Pfeifer G: Arbeitshaltung des Zahnarztes. *Zahnmedizinupdate* 2012;2:147–170.
49. Gandhi N, Gandhi S, Bither S. Displacement of endodontic instruments in inferior alveolar canal. *Indian J Dent Res* 2011; 22:736.



The removal of retained fractured instruments

KEYWORDS *Instrument removal, retreatment, clinical diagnosis, NiTi alloy, dental microscope*

Removal of retained fractured instruments from the root canal system may become necessary in order to relieve obstruction of the root canal and thereby enable complete chemical/mechanical preparation of the root canal as well as the formation of a tight bacterial seal. In this process, the selection of a suitable method is key to preventing further iatrogenic damage and can ensure long-term survival of the tooth.

There is no universal solution for the removal of such fragments, and it always requires good clinical judgement. The benefits of removing a fractured instrument need to be weighed against the chance of damaging dental hard tissue and surrounding tissue.

Using a systematic approach can facilitate solving this complex issue by allowing the dentist to estimate the duration of treatment and associated expenditures. Good coordination with the dental assistants and the delegation of tasks is central to mastering such time-consuming processes more efficiently

NEU

Spülen mit System



Endo-Lösungen
jetzt mit integriertem
ESD-Entnahmesystem

Einfach - Sicher - Direkt

lege artis Pharma GmbH + Co. KG
D-72132 Dettenhausen, Tel.: +49 (0) 71 57 / 56 45 - 0
Fax: +49 (0) 71 57 / 56 45 50, E-Mail: info@legeartis.de
www.legeartis.de