

Persönliche PDF-Datei für Arnold M, Arnold P.

Mit den besten Grüßen von Thieme

www.thieme.de

**Orthograde Entfernung von
Fragmenten: Ein Unglück
kommt selten allein**

Zahnmedizin up2date

2023

181–201

10.1055/a-2076-5769

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kolleginnen und Kollegen oder zur Verwendung auf der privaten Homepage der Autorin/des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

Copyright & Ownership
© 2023. Thieme. All rights reserved.
Die Zeitschrift *Zahnmedizin up2date* ist Eigentum von Thieme.
Georg Thieme Verlag KG,
Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany
ISSN 1865-0457

Orthograde Entfernung von Fragmenten: Ein Unglück kommt selten allein

*Michael Arnold
Paula Arnold*

DOI: 10.1055/a-2076-5769

Zahnmedizin up2date 2023; 17 (3): 181–201

ISSN 1865-0457

© 2023 Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,

70469 Stuttgart, Germany

Unter dieser Rubrik sind bereits erschienen:

Wurzelkanalbehandlung und Allgemeinmedizin E. Schäfer
Heft 1/2023

Pulpotomie beim bleibenden Zahn – Möglichkeiten und Grenzen F. Eggmann, T. Connert, R. Weiger Heft 3/2022

Maschinelle Nickel-Titan-Systeme – ein Update T. Rödiger
Heft 2/2022

Endodontische Mikrochirurgie – wo stehen wir heute?
T. Schloss Heft 6/2021

Externe zervikale invasive Resorptionen R. Weiger Heft 6/2021

**Offener Apex – endodontische Versorgung von unreifen
Zähnen** R. Steffen Heft 6/2020

Wurzelkanal-Sealer – modern versus bewährt
D. Donnermeyer Heft 6/2020

**Endodontische Spätfolgen nach Zahntrauma – Diagnostik
und Therapiemöglichkeiten** D. Klein Heft 4/2020

**Sports Dentistry – Prävention von Zahnunfällen beim Sport.
Relevanz und Herstellung eines professionellen Zahnschutzes**
A. Zürcher, C. Gessner, A. Filippi Heft 2/2020

Pulpa: Beurteilung von Vitalität und Sensibilität S. Bürklein,
M. Sabandal, T. Dammaschke Heft 4/2019

Aktivierete Wurzelkanalspülung – Nutzen oder Fiktion?
B. Bengs Heft 2/2019

Endodontische Schmerzbehandlung I. Wroblewska,
C. R. Gernhardt Heft 1/2019

Revision von Wurzelkanalfüllungen – Was, wie, womit?
M. Brüsehaber Heft 6/2018

Autotransplantation in der Oralchirurgie I. Mollen, A. Filippi
Heft 4/2018

**Endodontologie beim älteren Patienten – Möglichkeiten
und Grenzen** M. Jung Heft 4/2018

**Reziprok rotierende Wurzelkanalinstrumente – Sinn und
Unsinn** P. Kiefner Heft 3/2018

Vitalerhaltung der Pulpa – Update M. Amato, H. Hecker,
F. Eggmann, R. Weiger Heft 6/2017

Laseranwendungen in der Endodontologie M. Frentzen,
J. Meister Heft 6/2017

Diagnostik in der Endodontie B. Vahedi Heft 4/2017

Die Prognose wurzelkanalbehandelter Zähne R. Krug,
S. Soliman, G. Krastl Heft 2/2017

Die medikamentöse Einlage A. Roth Heft 5/2016

Die digitale Volumetomografie (DVT) in der Endodontologie
K. Dula, F. Kissling-Jeger, K. Neuhaus Heft 4/2016

Wurzelkanalfüllung: Alternativen zur lateralen Kondensation
T. Connert, M. Amato, R. Weiger Heft 3/2016

**Interne Resorptionen – Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik
und Therapie** M. Arnold Heft 6/2015

**Aktuelle Entwicklungen der maschinellen Wurzelkanal-
aufbereitung** M. Roggendorf, J. Ebert, R. Frankenberger
Heft 5/2015

**Die vertikale Wurzelfraktur – eine klinische Herausforderung
und ein pathogenetisches Phänomen** C. Löst Heft 2/2015

Die Revision endodontischer Misserfolge M. Arnold
Heft 4/2014

Möglichkeiten und Grenzen der Pulparegeneration K. Galler
Heft 6/2013

Ultraschall in der Endodontie M. Amato, H. Hecker Heft 5/2013

ALLES ONLINE LESEN



Mit der eRef lesen
Sie Ihre Zeitschrift:
online wie offline,
am PC und mobil,

alle bereits erschienenen Artikel.
Für Abonnenten kostenlos!
<https://eref.thieme.de/zahn-u2d>

IHR ONLINE-SAMMELORDNER



Sie möchten jederzeit
und überall auf Ihr
up2date-Archiv zu-
greifen? Kein Problem!

Ihren immer aktuellen Online-
Sammelordner finden Sie unter:
<https://eref.thieme.de/GWGJG>

JETZT FREISCHALTEN



Sie haben Ihre Zeit-
schrift noch nicht
freigeschaltet?
Ein Klick genügt:

www.thieme.de/eref-registrierung

Orthograde Entfernung von Fragmenten: Ein Unglück kommt selten allein

Michael Arnold, Paula Arnold



„... wer den Wurzelcanal als Speicher für abgebrochene Nervnadeln herrichtet, der wird selbst mit dem stärksten Antisepticum nur schlechte Erfolge zu verzeichnen haben.“ W. D. Miller: 1892 in „Die Mikroorganismen der Mundhöhle“

Einleitung

Das Risiko einer Instrumentenfraktur nimmt mit den morphologischen und technischen Anforderungen im Rahmen einer Wurzelkanalbehandlung zu. Obliterierte, mehrfach gekrümmte oder bereits gefüllte Wurzelkanäle führen zu einer deutlich erhöhten Belastung der für die Erweiterung der Wurzelkanäle genutzten Instrumente [1]. Drehmomentkontrollierte Endodontie-Motoren können die Überbeanspruchung der Instrumente nur zum Teil messen und vermeiden [2]. Das Verhalten des Patienten im Verlauf der Behandlung kann zusätzlich Einfluss auf den Operateur haben. Insbesondere ängstliche und schreckhaft reagierende Patienten können mit abrupten Bewegungen im Einzelfall eine Instrumentenfraktur provozieren. Die Praxisbedingungen und Frequenz von geplanten und ungeplanten Behandlungen können den Stress auf den Operateur erhöhen. Das Missverhältnis von erforderlicher und zur Verfügung stehender Zeit wird dann im Einzelfall kompensiert durch verkürzte Arbeitsprozesse, sodass ein erhöhter Verschleiß und die vorzeitige Ermüdung der Instrumente resultieren können.

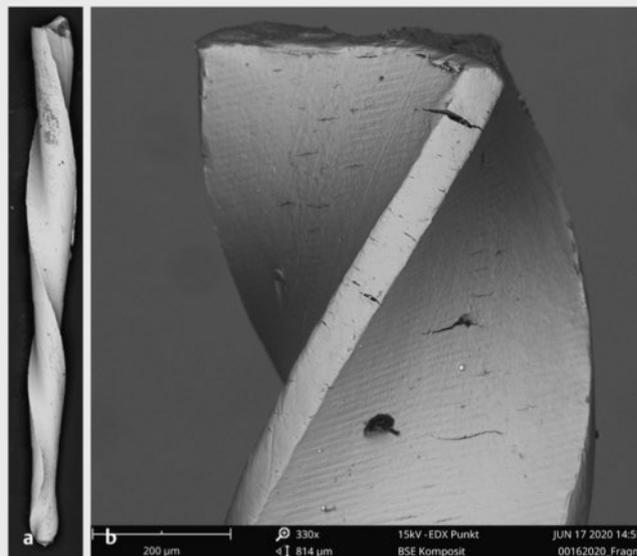
Inzidenz

Manuelle Instrumente aus Edelstahl können häufiger als Folge einer Torsionsüberbelastung frakturieren. Maschinell angetriebene Instrumente aus Nickel-Titan (NiTi) weisen häufiger Ermüdungsfrakturen auf (► **Abb. 1**).

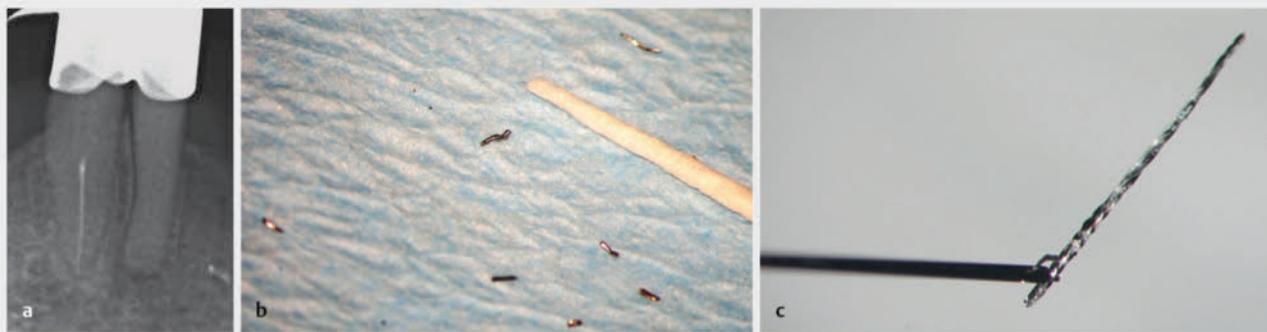
Die Angaben zur Häufigkeit von Fragmenten in Wurzelkanälen unterscheiden sich je nach Untersuchungsmethode. In einer Untersuchung der in einer auf Endodontie spezialisierten Praxis verwendeten NiTi-Feilen wurden an 21% der Feilen Frakturen und an weiteren 28% der untersuchten Feilen plastische Verformungen ermittelt [3]. Im Gegensatz dazu wurde in einer Untersuchung berichtet, dass lediglich knapp 0,9% der untersuchten Feilen im Beobachtungszeitraum frakturierten [4]. In diese Untersuchung wurden jedoch nur Feilen aufgenommen, die

einmal von geübten und erfahrenen Behandlern benutzt wurden.

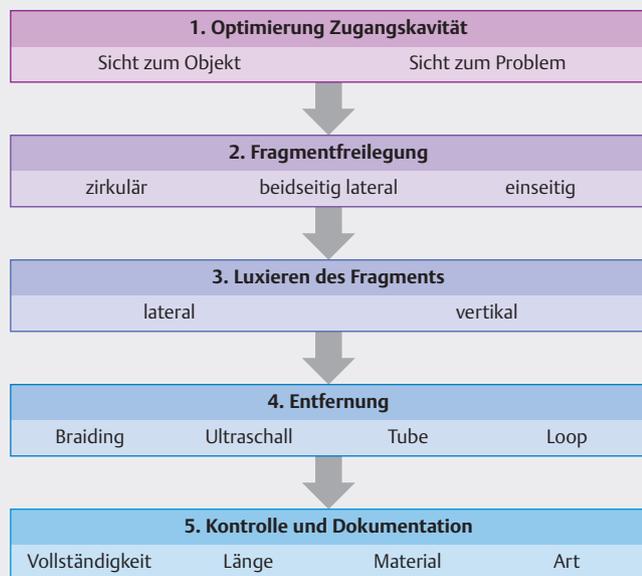
Zumeist handelt es sich um retrospektive Untersuchungen. Die Häufigkeit von frakturierten Instrumenten variiert zwischen 1 und 7% der untersuchten Fälle [5, 6, 7]. Retrospektive Untersuchungen erfolgen zumeist auf der Grundlage von Röntgenbildern. Fragmente können mit dieser Methode jedoch nicht sicher identifiziert werden, sodass von einer deutlich höheren Inzidenz ausgegangen werden muss (► **Abb. 2**).



► **Abb. 1** a Das Aufwinden der Legierung deutet auf eine zu starke axiale Belastung. Die Feile hatte sich in das Dentin eingeschraubt und frakturierte als Folge einer Torsionsüberbelastung. REM-Aufnahme. b Das Fragment aus einer NiTi-Legierung weist zahlreiche mikroskopische Risse im Spanraum und entlang der Schneidekante als Folge einer Ermüdung der Legierung auf. Die Folge ist eine Spontanfraktur, die von Endo-Motoren mit Drehmomentkontrolle nicht verhindert werden kann. REM-Aufnahme, 330 ×.



► **Abb. 2** a Röntgenaufnahme von Zahn 43 und 42 mit apikaler Aufhellung. Im Wurzelkanal am Zahn 43 besteht der Verdacht auf eine unvollständige Wurzelkanalfüllung. b Nach der intrakoronaren Befundaufnahme konnten 8 einzelne metallische Fragmente entfernt werden, die den radiologischen Eindruck einer Wurzelkanalfüllung vermittelten. c Das längste Fragment wurde mit einem Loop-System entfernt.



► **Abb. 3** Prozessabfolge einer systematischen Fragmententfernung.

Die Notwendigkeit und Indikation einer Fragmententfernung leitet sich von mehreren Faktoren ab (► **Abb. 3**). Die alleinige Existenz eines Fragments im Wurzelkanal ohne Vorliegen eines pathologischen Befundes rechtfertigt nur selten eine invasive Entfernung [8]. Eine Instrumentenfraktur im Verlauf einer Vitalexstirpation kann unter aseptischen Bedingungen bei schwieriger Lage meist belassen werden. Liegt eine mikrobielle Infektion vor, kommt es auf den Zeitpunkt der Instrumentenfraktur an. Eine Fraktur zu Beginn der Therapie im infizierten Wurzelkanal ermöglicht keine hinreichende Desinfektion, sodass eine Entfernung erforderlich wird. Tritt die Fraktur erst nach einer vollständigen Erweiterung und Desinfektion auf,

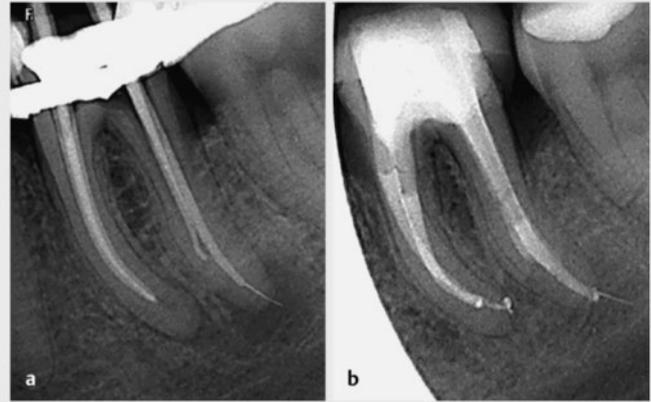
kann das Risiko einer fortbestehenden mikrobiellen Infektion als gering beurteilt und das Fragment belassen werden (► **Abb. 4**) [6]. Die Abwägung von Nutzen und Risiko für den Patienten sollte deshalb mit einem zeitlichen Abstand zum Ereigniseintritt der Fraktur erfolgen. Nicht selten führt das Auftreten einer Instrumentenfraktur zu überstürzten Reaktionen des Operators. Eine Unterbrechung der Therapie und die Anfertigung einer Röntgenaufnahme zur genauen Analyse der Lage des Fragments können helfen, ein für den Patienten optimales und zahn-erhaltendes Therapieverfahren zu bestimmen. Der Patient sollte über den aktuellen Stand der Therapie mit der Instrumentenfraktur und über die Möglichkeiten der weiteren Therapie aufgeklärt werden. Eine Dokumentation über die Information des Patienten in der Patientenakte ist aus forensischen Gründen erforderlich. Es empfiehlt sich, vor einem Entfernungsversuch, den für die meisten Praxen seltenen Behandlungsfall mit einer auf Endodontie spezialisierten Praxis zu erörtern.

Ziel der Fragmententfernung ist die vollständige, rückstandsfreie und zugleich substanzschonende Entfernung der intrakanalären Obstruktion, damit eine effektive Reinigung, Desinfektion und ein bakteriendichter Verschluss des Wurzelkanalsystems ermöglicht werden können. Der erforderliche Abtrag am Dentin soll auf das nötigste begrenzt werden, um die Gefahr einer frühzeitigen Ermüdung des Kollagens im Dentin und die Ausbildung einer Vertikalfraktur zu vermeiden. Die Schädigung des Dentins kann auch dann begünstigt werden, wenn unterstützende Chemikalien zur Dekalzifizierung wie z. B. EDTA eingesetzt werden oder Natriumhypochlorit (NaOCl) in 5% zum Einsatz kommt [9]. Aufgrund der zumeist mehr als 15 Minuten andauernden Fragmententfernung empfiehlt sich deshalb die Spülung und Reinigung mit NaOCl 1%.

Voraussetzungen

Die Fragmententfernung erfordert keine unverzügliche Notfalltherapie. Sie sollte mit der erforderlichen Zeit geplant werden. Behandlungszeiten von mehr als 2 Stunden sollten grundsätzlich vermieden werden, da die Konzentration abnimmt und die Komplikationsrate bereits nach 1 Stunde zunimmt [10]. Für die Entfernung eines Fragments sollte ein aseptischer Zugang mit einer dichten Aufbaufüllung und das Anlegen eines Kofferdams gewährleistet werden.

Die Nutzung von Hilfsmitteln zur optischen Vergrößerung ist essenziell, um eine minimalinvasive und erfolgreiche Entfernung eines Fragments gewährleisten zu können [11]. Fragmente mit einer Zugänglichkeit am Wurzelkanaleingang können im Einzelfall unter Nutzung einer Lupe entfernt werden. Die Entfernung von Fragmenten in tieferer Lage innerhalb des Wurzelkanals sollten aktuell unter Sicht mit einem Dentalmikroskop erfolgen [12]. Dabei empfiehlt sich ein abgestütztes Arbeiten unter Nutzung eines Armlehnenstuhls. Für differenzierte Entscheidungen über die exakte substanzschonende Freilegung von Fragmenten innerhalb des Wurzelkanals ist die Nutzung einer optimalen Lichtzufuhr entscheidend. Mikroskope mit Halogenbeleuchtung sind deshalb weniger geeignet als aktuelle Mikroskope mit LED- oder Xenon-Beleuchtung. Minimalinvasive Präparationen gelingen unter Einsatz von Ultraschall mit IrriK-Feilen (VDW, München) in den Größen ISO 15–25. Sie können leicht vorgebogen werden, sodass die Schwingungsrichtung und damit ihre Abrasion besser kontrolliert werden können.



► **Abb. 4** **a** Röntgenmessaufnahme am Zahn 36 mit apikaler Aufhellung. Das apikal liegende Fragment im distalen Wurzelkanal lässt sich nicht entfernen. **b** Sechs Monate nach Abschluss der Wurzelkanalbehandlung mit dem belassenen Instrumentenfragment ist die apikale Aufhellung vollständig zurückgebildet.

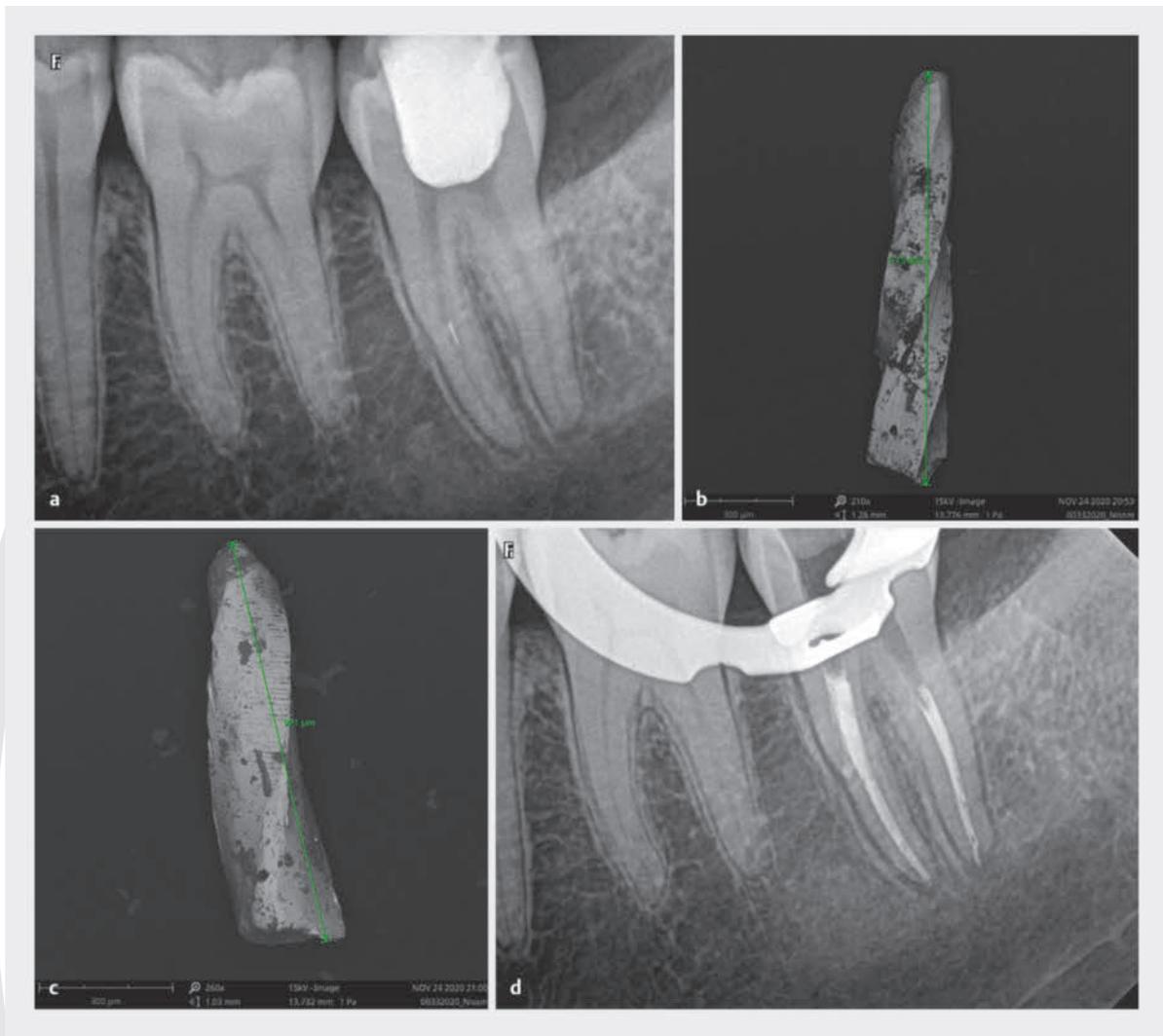
Abschätzung der Entfernungsmethode

Fragmente unterscheiden sich in der Länge, der Konizität, der Oberflächenstruktur, der Eindrehrichtung und der Position innerhalb des Wurzelkanalsystems und erfordern für ein erfolgreiches und substanzschonendes Entfernen ein differenziertes Vorgehen.

Die Abschätzung der Ursache einer Instrumentenfraktur ermöglicht bereits in der Planungsphase eine erste Einordnung und Vorauswahl der Entfernungsmethode (► **Tab. 1**).

► **Tab. 1** Übersicht über Entfernungsmethoden.

Methode	Braiding	Tube	Ultraschall	Loop
Wirkungsprinzip	Reibung und Zugkraft	Dreh- und Zugkraft	Schwingung Vibration	Zugkraft
Hilfsmittel	2–3 Hedström-Feilen	IRS BIR-Kit EndoRemoval System	IrriK-Feile	BTRpen FragRemover EndoCowboy Yoshi Loop
Länge Fragment	lang	lang	kurz	lang, kurz
Lage im Wurzelkanal	koronales, mittleres Drittel	koronales Drittel	koronales, mittleres, apikales Drittel	koronales, mittleres Drittel
Lage Bruchfläche zur Krümmung	oberhalb	oberhalb	oberhalb, innerhalb, unterhalb	oberhalb, innerhalb
bevorzugte Fragmentart	Lentulo	S-Form (z. B. Hedström-Feile, Reciproc), Lentulo	Edelstahl und NiTi-Instrumente	Lentulo NiTi-Instrumente
optimale Voraussetzung	Passage des Fragments auf gesamter Länge	2 mm zirkuläre Freilegung	einseitige Freilegung 1–3 mm	1–2 mm zirkuläre Freilegung

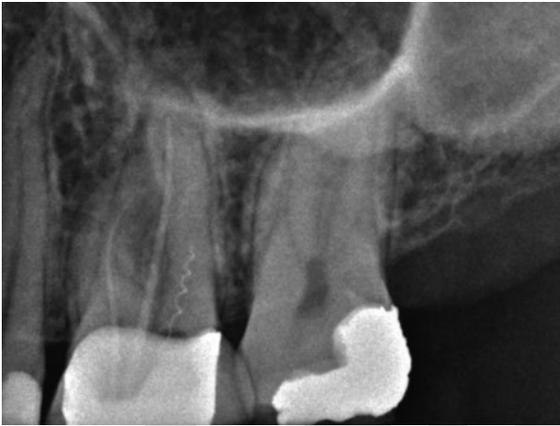


► **Abb. 5** a Auf der Röntgenaufnahme am Zahn 37 besteht der Verdacht auf ein Instrumentenfragment im mittleren Wurzel Drittel der mesialen Wurzel. Zur Entfernung empfiehlt sich die Ultraschallmethode. b Im Verlauf der Therapie konnte ein Fragment aus Edelstahl, REM-Aufnahme, 210 × und c ein weiteres aus einer NiTi-Legierung entfernt werden. REM-Aufnahme, 260 ×. Beide Fragmente hatten eine Länge von knapp 1 mm. d Die Entfernung ermöglichte eine vollständige Wurzelkanalbehandlung ohne erhöhten Substanzabtrag.

So können kurze Fragmente bevorzugt mit einer Ultraschalltechnik entfernt werden (► **Abb. 5**) [11]. Ein spiralförmiges Fragment kann auf ein Lentulo deuten, das meist am apikalen Ende eingeklemmt ist und am besten durch Zugkraft entspannt und entfernt werden kann (► **Abb. 6**) [13]. Auf Röntgenbildern abgebildete lange Fragmente mit einem stärkeren Durchmesser können auf maschinell angetriebene NiTi-Instrumente hinweisen (► **Abb. 7**). Die Ermüdung der Legierung erstreckt sich meist über weite Anteile der Feile. Zahlreiche mikroskopische Risse können im Fall einer Ultraschallaktivierung zu einer erneuten Fraktur des Instruments führen und die Schwierigkeit der Entfernung erhöhen [12]. Es empfiehlt sich deshalb die Entfernung mit einer Tube- oder Loop-Technik.

Strategische Planung

In der Vorbereitung einer Fragmententfernung empfiehlt es sich, die begleitenden Schwierigkeiten bereits in der Therapieplanung zu berücksichtigen. Bereits zum Zeitpunkt der Instrumentenfraktur lagen zumeist innerhalb des Wurzelkanals erschwerende Faktoren vor. Eine abrupte Änderung der Wurzelkanalkrümmung, eine erneute Aufteilung der Wurzelkanäle oder ein Isthmus können eine Überbelastung auch erstmalig verwendeter Instrumente verursachen. Forciertes druckbetontes Arbeiten führt nicht selten zur Präparation einer Via falsa mit und ohne Perforation, bevor ein Instrument bricht. In komplizierten Fällen empfiehlt sich deshalb zusätzlich zu einer aktuellen intraoralen Röntgenaufnahme die Anfertigung einer hochauflösenden DVT-Aufnahme (DVT: digitale Volumentomografie) (► **Abb. 8**) [14, 15].



► **Abb. 6** Auf der Röntgenaufnahme ist am Zahn 26 im distobukkalen Wurzelkanal ein spiralförmiges, metallisches Objekt abgebildet mit einer Länge von etwa 8 mm. Es besteht der Verdacht auf ein Lentulo-Fragment.



► **Abb. 7** Auf der vom Patienten mitgeführten Röntgenaufnahme lässt sich in der mesialen Wurzel des Zahnes 46 ein etwa 7 mm langes metallisches und konisch geformtes Objekt erkennen. Es besteht der Verdacht auf ein Fragment aus einer NiTi-Legierung.



► **Abb. 8** **a** Auf der Röntgenausgangsaufnahme ist am Zahn 26 ein Fragment in der mesiobukkalen Wurzel erkennbar. Die Wurzelform lässt eine schwierige Anatomie mit mehrfachen Wurzelkanalkrümmungen vermuten. **b** In der sagittalen Bildebene des DVT lässt sich die genaue Lage der Bruchkante zur Wurzelkrümmung ermitteln und die Länge des Fragments ausmessen. **c** In der koronalen Bildebene wird erkennbar, dass ein Entfernungsversuch bereits zu einer nach bukkal gerichteten Via falsa geführt hat (Pfeil).

Im Verlauf der Therapie während der Freilegung und Entfernung eines Fragments können ebenso intrakanaläre Stufen, Perforationen oder auch erneute Instrumentenfrakturen auftreten.

Die Gestaltung der endodontischen Zugangskavität sollte deshalb bereits auf die mögliche Problemstellung kaudal des Fragments ausgerichtet werden, sodass ein geradliniger Zugang zum Fragment und der Einblick tiefer in den Wurzelkanal möglich werden [16].

Im Fall einer Instrumentenfraktur sollte die Aufmerksamkeit für das gesamte behandlungsbedürftige Wurzelkanalsystem nicht verloren gehen. Vor allem im mehrkanaligen infizierten Wurzelkanalsystem empfiehlt es sich, alle Wurzelkanäle zuerst vollständig zu erweitern, damit die Desinfektion wirksam werden kann. Im Verlauf der sich dann anschließenden Fragmententfernung werden die mit Desinfektionslösung aufgefüllten Wurzelkanäle mit Teflonband abgedeckt. So kann gleichzeitig eine Verlagerung des gelösten Fragments vermieden werden. Ist das zeitliche Limit der Behandlung erreicht, kann die Therapie pro-

blemlos unterbrochen werden. Die Applikation einer intrakanalären frisch angemischtem Kalziumhydroxid-Einlage garantiert eine fortdauernde Desinfektion. Zur Vermeidung einer Re-Infektion empfiehlt sich ein Verschluss

aus Cavit und einer adhäsiven Deckfüllung mit Komposit. Die Wurzelkanäleingänge können dabei mit einer dünnen Schicht Teflonband gegen ein Eindringen von Cavit geschützt werden.

FALLBEISPIEL 1

Zahn 26 mit Fragmenten in apikaler Lage

Die 36-jährige Patientin wurde überwiesen mit der Information, dass die Wurzelkanäle am Zahn 26 nicht vollständig erschließbar sind. Die übermittelte Röntgenmessaufnahme ließ mindestens 3 erweiterte Wurzelkanäle erwarten. Das Messinstrument in der mesiobukkalen Wurzel erschien in der Arbeitslänge zu kurz in Beziehung zur Gesamtlänge, sodass der Verdacht auf eine apikale Blockade oder Stufenpräparation vorlag (► **Abb. 9a**). Weitergehende Informationen lagen keine vor. Die Patientin war beschwerdefrei und der Zahn klinisch unauffällig. Zur Prüfung der Wurzelkanalanatomie zur Diagnostik einer apikalen Aufhellung wurde eine DVT-Aufnahme (Veraviewpox 3D, Morita Co., Kyoto, Japan) mit einem FOV 4 × 4 cm mit 80 kV, 7 mA und einer Voxelgröße von 125 µm angefertigt. In der sagittalen Ebene wurde ein metallichter Fremdkörper innerhalb des Wurzelkanals sichtbar.

Es bestand nach der äußeren Form der Verdacht auf ein Lentulo-Fragment (► **Abb. 9b**).

In der koronalen Ebene erschien die Bruchkante am Fragment verdickt (► **Abb. 9c**). Gleichzeitig ließ sich ein unbehandelter und selbstständig verlaufender MB2 erkennen. Eine apikale Aufhellung als Hinweis auf eine mikrobielle Infektion konnte nicht nachgewiesen werden, sodass eine Entfernung des Fragments als nicht zwingend notwendig eingeschätzt wurde.

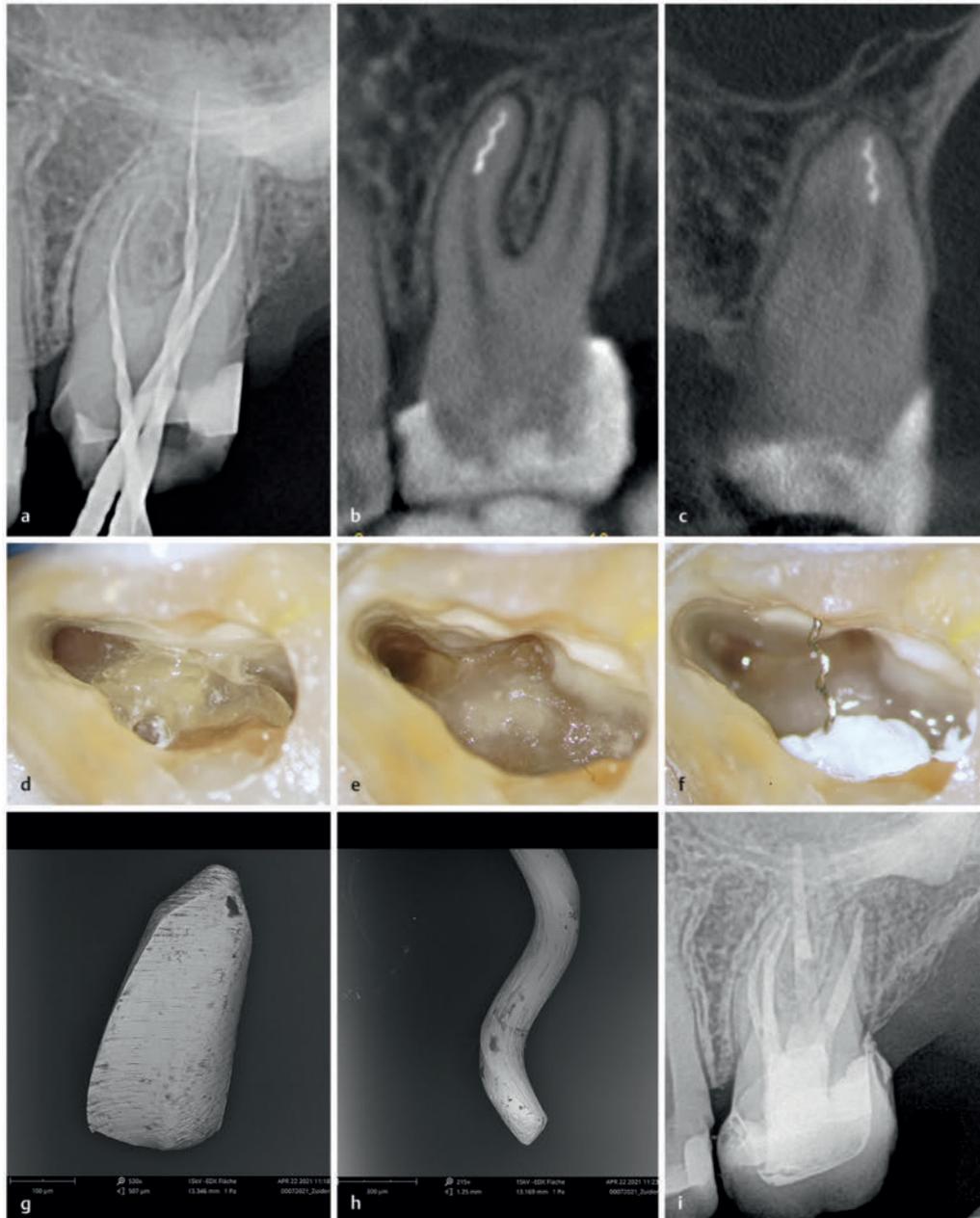
Intrakoronale Befundaufnahme (IKD) und Gestaltung der Zugangskavität

Der bereits für eine Kronenversorgung präparierte Zahn 26 wies eine zentral ausgerichtete Zugangskavität auf. Ein geradliniger Zugang zu den mesiobukkalen Wurzelkanälen lag noch nicht vor und erforderte eine Korrektur. Am Boden des Pulpa-

kammerbodens lagen Reste eines massiven Pulpa-Steins fest anhaftend vor (► **Abb. 9d**). Erst nach der Entfernung des mineralisierten Gewebes gelang die Freilegung des MB2. Der Zugang zum MB1 wurde so aufgerichtet, dass eine tiefere Sicht in den Wurzelkanal möglich wurde (► **Abb. 9e**).

Nach einer Oberflächendesinfektion von Kofferdam und isoliertem Zahn mit NaOCl 1% (lege artis, Dettenhausen) erfolgte die Entfernung der intrakanalären medikamentösen Einlage mithilfe einer ultraschallaktivierten Spülung und 10%igen Zitronensäure. Die durch die Vorbehandlung erweiterten Wurzelkanäle wurden endometrisch vermessen (EndoPilot, Schlumbohm, Brokstedt) und eine erste Arbeitslänge ermittelt. Die Erweiterung und Ausformung der Wurzelkanäle erfolgte maschinell mit ProFile 04-Instrumenten (Maillefer, Ballaigues, Schweiz) unter kontinuierlicher Spülung mit NaOCl 1%. Dabei wurde auch der Wurzelkanal MB2 bis auf Höhe der Blockade bis auf eine Größe von ISO 45 erweitert. Die vollständig erweiterten Wurzelkanäle MB1, DB und P wurden nach erneuter endometrischer Kontrolle der exakten Arbeitslänge gegen ein Verlagern von Fragmenten mit Teflonband geschützt. Im weiteren Verlauf der Präparation und Spülung mit der in Richtung Isthmus vorgebogenen Ultraschallfeile IrriK ISO 25 (VDW, München) gelang es nach wenigen Minuten, 2 Fragmente zu lösen (► **Abb. 9f**). Während es sich bei dem ersten Fragment um eine Spitze eines NiTi-Instruments handelte, bestätigte sich der Verdacht bei dem zweiten Fragment auf ein Lentulo mit einer Länge von 3,5 mm (► **Abb. 9g** und ► **Abb. 9h**). Nach der Entfernung der Fragmente gelangen eine vollständige Erweiterung des Wurzelkanals und die vollständige Wurzelkanalfüllung (► **Abb. 9i**).

FALLBEISPIEL 1 – FORTSETZUNG



► **Abb. 9** a Auf der vom Zahnarzt übermittelten Röntgenmessaufnahme scheint die Feile im mesiobukkalen Wurzelkanal des Zahnes 26 die erforderliche Arbeitslänge nicht zu erreichen. Ein Fragment ist nicht erkennbar. b Auf der DVT-Aufnahme ist in der mesiobukkalen Wurzel ein spiralförmiges Fragment in apikaler Lage erkennbar. Der Desmodontalspalt ist im Vergleich zum Zahn 15 erweitert. c In der koronalen Ebene der mesiobukkalen Wurzel lässt sich ein unbehandelter Wurzelkanal MB2 erkennen. Das Fragment befindet sich in apikaler Lage im Wurzelkanal MB1. Es besteht der Verdacht auf eine Stufenpräparation nach bukkal (Pfeil). d Zugangskavität Zahn 26 mit Resten eines Dentikels am Pulpakammerboden. e Nach Entfernung des Dentikels wurde die Zugangskavität nach mesial erweitert, sodass ein geradliniger Zugang zum MB1 und 2 vorlag. f Nach ultraschallaktivierter Spülung lösten sich zwei Fragmente aus dem MB1. Gegen ein Verlagern waren die anderen Wurzelkanäle mit Teflonband gesichert. g Vollständige Instrumentenspitze des zuerst entfernten Fragments aus NiTi mit einer Torsionsfraktur. REM-Aufnahme, 530 ×. h Vollständige Instrumentenspitze des zweiten Fragments aus Edelstahl, Lentulo, REM-Aufnahme, 215 ×. i Die Stufe im MB1 konnte überwunden werden, sodass eine vollständige Erweiterung und der thermoplastische Verschluss der Wurzelkanäle gelangen.

Systematik der Fragmententfernung

Die Fragmententfernung ist ein Prozess von 5 aufeinander abfolgenden Arbeitsschritten (► **Abb. 3**).

1. Optimierung Zugangskavität

Mit der Gestaltung der endodontischen Zugangskavität und Präparation des Wurzelkanals bis zum Fragment wird die Sicht zum Objekt gewährleistet. Nach der vertiefenden Präparation der Wurzelkanaleingänge mit Langschauftrosenbohrern in den Größen 012–005 (Endo Access Burs, Hager & Meisinger, Neuss) kann bei frakturierten Instrumenten bis zum Beginn des mittleren Kanaldrittels meist ein geradliniger Zugang zum Fragment mit Gates-Glidden-Bohrern in absteigender Größe präpariert werden. Die Entfernung der Pilotspitze ermöglicht das Vordringen der Instrumente bis zur Bruchfläche. Die Nutzung von Gates-Glidden-Bohrern (VDW, München) ist auf einen geradlinigen Wurzelkanalverlauf begrenzt. Liegt das Fragment in oder unterhalb einer Wurzelkanalkrümmung, empfiehlt sich eine Erweiterung des Wurzelkanals mit NiTi-Feilen bis zur Größe 30 bis 45.04 in Abhängigkeit zum Krümmungsradius.

Unter vergrößerter Sicht erfolgt die Überprüfung der abgeschätzten Entfernungsmethode auf die konkreten anatomischen Bedingungen. Handelt es sich um ein bislang unbekanntes Fragment aus einer Fremd- oder Überweisungspraxis, so kann mitunter an der Bruchfläche die Art und das Material des Fragments besser verifiziert werden.

2. Freilegung des Fragments

Die Ermittlung der Wurzelkanalanatomie in Beziehung zum Fragment kann für die minimalinvasive Freilegung genutzt werden. Isthmen, ovale oder schlitzförmige Wurzelkanäle bieten dann die Möglichkeit für eine laterale Passage des Fragments. Zirkulär fest im Dentin impaktierte Fragmente erfordern dagegen eine Freilegung auf der Oberfläche des Instruments.

Zu beachten ist, dass vor allem NiTi-Instrumente im gekrümmten Wurzelkanal durch die Pseudoelastizität eine Eigenspannung aufweisen und an der Außenwand des Wurzelkanals fest anliegen. Mit der Freilegung auf der inneren Seite kann die Spannung reduziert werden, sodass sich das Fragment besser abheben lässt.

In Abhängigkeit zur ausgewählten Entfernungsmethode wird das Fragment mit Ultraschallansätzen freigelegt. Zur Auswahl stehen eine Vielzahl an Ansätzen, die jedoch zu meist in der Dimension und im Abrasionsverhalten zu stark sind. Bewährt haben sich zur minimalinvasiven Freilegung IrriK-Feilen mit einem Ultraschallgerät (VDW.UL-TRA, München). Im koronalen bis zum mittleren Wurzel-drittel kann die Größe ISO 25 und im mittleren zum apikalen Wurzel-drittel die ISO 20 oder 15 genutzt werden.

Die Braiding-Methode findet zumeist nur an langen Fragmenten in großvolumigen Wurzelkanälen Anwendung. Die Freilegung kann hier im koronalen Wurzel-drittel entlang der größten Ausdehnung des Wurzelkanalquerschnitts jeweils lateral des Fragments erfolgen.

Die Ultraschallmethode erfordert lediglich die einseitige Freilegung des Instruments in Richtung des Isthmus bei mehrkanaligen Wurzeln bzw. der inneren Krümmung bei einkanaligen Wurzeln. Es wird damit das Fragment entlastet von der Eigenspannung, sodass es sich aufrichtet. Ein Substanzabtrag an der Außenkurvatur des Wurzelkanals sollte vermieden werden. Es besteht damit die Gefahr, dass sich das Fragmentende mit der scharfen Bruchkante weiter in die äußere Wurzelkanalwand vertiefend anlagert und eine Entfernung deutlich erschwert wird.

Für die Entfernung mit einem Tube-System muss das Fragment zirkulär auf eine Länge von mindestens 2 mm zugänglich sein, damit das Fragment in eine Kanüle eingeführt und eingeklemmt werden kann. Auf den Einsatz von Trepanbohrern sollte verzichtet werden, um nicht unnötig viel Dentin abzutragen. Die Freilegung erfolgt auch hier mit Ultraschall zuerst auf der Innenseite der Krümmung. Erst wenn es sich aufrichten oder bewegen lässt, wird um das Fragment der Raum präpariert, der für das jeweilig passende Hülsensystem erforderlich ist. Mit dem eingeklemmten oder eingeklebten Fragment werden mit der Tube-Methode dann auch drehende Bewegungen möglich, sodass auch stark konische Instrumente mit starker Friktion am Dentin entfernbar werden.

Loop-Systeme erfordern je nach Drahtstärke nur ein 0,5–1 mm freiliegendes Fragmentende, damit es in die Drahtschleife eingeklemmt werden kann. Silberstifte, Reamer oder auch K-Feilen in kleinen Größen können dann sicher eingefasst und durch eine abgestützte Zugbewegung entfernt werden. Stärker getaperte Instrumente oder Fragmente mit großer Retention im Dentin erfordern meist eine tiefere Freilegung, um die je nach verwendeter Drahtstärke begrenzte Zugkraft wirksam einsetzen zu können.

Lässt sich das Fragment nicht von der Außenwand abheben, wird eine tiefere Freilegung erforderlich, weil der in der Kanüle geführte dünne Draht keine hinreichende Kraftübertragung zulässt, um das Fragment von der Kanalwand abzuheben.

3. Lockerung

Die Prüfung der Lockerung oder Bewegbarkeit eines Fragments ist ein wichtiger Zwischenschritt zur Prüfung der Wahrscheinlichkeit einer Entfernbarkeit vor allem langer und konischer Fragmente mit großer Eigenspannung oder Retention im Wurzelkanal. Die Prüfung hilft, erfolglose Entfernungversuche zu reduzieren. Das wiederholte Ansetzen eines Loop-Systems führt durch die Belastung der

Drahtschleife zu Mikrorissen, sodass die Zugkraft als Folge der Ermüdung stetig abnimmt [17].

Das Lösen eines Fragments aus einer Dentinverband kann bei graziilen Instrumenten mit einem MicroOpener 15.04 (Maillefer, Ballaigues, Schweiz) oder bei stärkeren Objekten mit einer Endo-Sonde erfolgen. Je starrer das Fragment während der Prüfung ist, desto tiefer sollte es mit Ultraschall entlang dem Wurzelkanal freigelegt werden. In seltenen Fällen kann dies auf eine Länge von zwei Dritteln der Fragmentlänge erforderlich werden.

4. Entfernung

Zur orthograden Entfernung von Fragmenten werden aktuell die Braiding-Technik [18], die Tube-Technik [19], die Ultraschalltechnik [18] und die Loop-Technik empfohlen [20, 21]. Die Anwendung der Ultraschallpräparation erfolgt häufig in Vorbereitung auf weiterführende Entfernungstechniken. Lange Pinzetten oder grazile Zangen (Laschal PCF-75SPL/M, Jadent, Aalen) mit größerer Spannkraft können lediglich für Fragmente mit einem direkten Zugang am Wurzelkanaleingang Anwendung finden.

Die Braiding-Technik gelingt durch das Verdrillen von zusätzlich neben dem Fragment eingedrehten Instrumenten. Dabei sollte das Fragment zu etwa zwei Drittel der Instrumentenlänge erschlossen sein. Um zusätzliche Frakturen zu vermeiden, sollte eine Hedström-Feile passiv und eine Kerr-Feile aktiv zum Fragment in den Wurzelkanal eingedreht werden. Die durch das Verdrillen erzielte Reibung zum Fragment ermöglicht die Entfernung durch Zugkraft.

Mit der Ultraschalltechnik kommt es bereits im Verlauf der Freilegung häufig zur Lockerung und Entfernung. Damit das Fragment in Schwingung versetzen werden kann, wird die Ultraschallfeile lateral des Fragments von apikal bis zur Bruchkante in Kontakt gehalten. Debris kann so durch die Vibration des Fragments in Lösung gehen. Das Fragment wird im weiteren Verlauf der ultraschallaktivierten Spülung aus der Verblockung im Dentin gelöst und in die endodontische Zugangskavität gespült. Mit einer feuchten Papierspitze kann das Fragment für die weitergehende Kontrolle und Dokumentation sicher aufgenommen werden.

In schwierigen Fällen kann das Fragment bereits lose im Wurzelkanal beweglich sein, jedoch scheitert die Entfernbarkeit an der Eigenspannung langer Instrumente, die das Fragment gegen die Außenwand drückt. In diesen Fällen kann das Fragment mit Guttapercha unterfüllt werden. Zum Abhalten des Fragments kann eine Endo-Sonde oder eine aufgeschliffene Kanüle als Hebel genutzt werden (► **Abb. 10**).



► **Abb. 10** Individuell angefertigtes Hilfsmittel zum Abheben eines an der Kanalwand anliegenden Fragments. Aufgeschliffene Pastenkanüle.

Loop-Systeme

Der Broken Tool Remover (BTR, PPH CERKAMED, Stalowa Wola, Polen), der FragRemover (FR, HanChaDent, Groitzsch, Deutschland), der EndoCowboy (EC, Köhrer Medical Engineering, Neuss, Deutschland) sowie der Yoshi-Loop (YL, Dental Engineering Laboratories, Santa Barbara, USA) des Terauchi File Retrieval Kits (TFRK) können aktuell als Loop-Systeme genutzt werden.

Je nach Dimension und Lage des Fragments stehen unterschiedliche Kanülen- und Drahtdurchmesser zur Verfügung. Mit der zunehmenden Größe des Drahtes wird der Kanüldurchmesser größer und der Platzbedarf im Wurzelkanal nimmt zu. So kommen Drahtstärken von 0,075–0,15 mm zur Anwendung. Die Kanülen mit einem Durchmesser von 0,3–0,5 mm definieren den erforderlichen Platz zusätzlich zum Durchmesser des Fragments [17]. Das zirkulär freigelegte Fragment wird von der Drahtschleife eingefasst. Die Zugspannung wird am jeweiligen Handstück erhöht, sodass das Fragment fest eingebunden und entfernt werden kann. Die Anwendung des Systems ist techniksensitiv und kann dann zu Misserfolgen führen, wenn die jeweils erforderliche Zugspannung zu gering oder zu stark gewählt wurde. Der Riss einer Drahtschleife führt dann zu einem erhöhten Zeitbedarf, da das System erneuert werden muss.

Für die Tube-Technik können Pastenkanülen unterschiedlicher Dimensionen individuell ausgewählt oder industriell vorgefertigte Systeme genutzt werden. Das zirkulär freiliegende Fragment wird mechanisch eingeklemmt. Dazu können Klebstoffe wie z.B. Cyanacrylate, Dualzemente oder ein eingeschraubter Dorn Anwendung finden. In Abhängigkeit zum Durchmesser des Fragments steht somit das Instrumental Removal System (Jadent, Aalen) in den Größen ISO 60, 80 oder 100 zur Verfügung.

5. Kontrolle und Dokumentation

Das entfernte Fragment sollte unter Vergrößerung auf Vollständigkeit überprüft werden. Fehlt die Instrumentenspitze, empfiehlt sich eine Röntgenkontrollaufnahme zur Vermeidung einer erneuten Komplikation. Sofern die technischen Voraussetzungen vorliegen, sollte das Fragment vermessen und fotografisch dokumentiert werden. Dies kann im Einzelfall aus forensischen oder abrechnungstechnischen Gründen indiziert sein.

Mit der Dokumentation der Dimension eines Fragments und der verwendeten Entfernungsmethode kann retrospektiv eine genauere Therapie- und Erfolgskontrolle erfolgen. Insbesondere die Beurteilung eines möglichen kausalen Zusammenhangs mit einer späteren Vertikalfraktur kann besser beurteilt werden.

FALLBEISPIEL 2

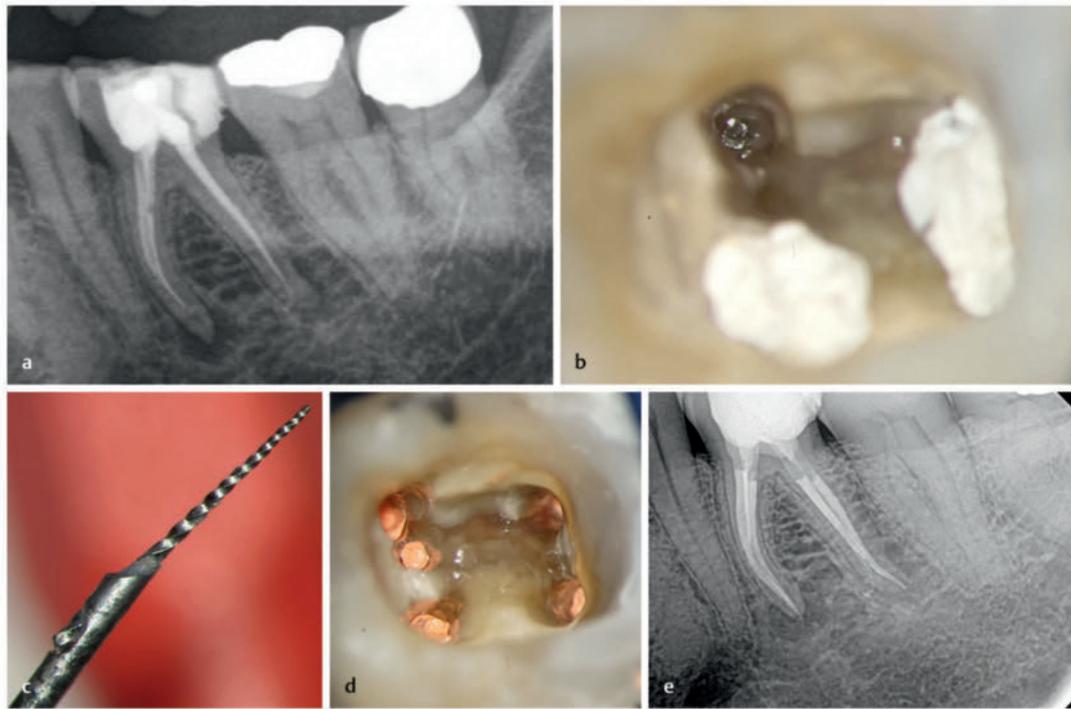
Tube-Technik

Der zur Revision einer Wurzelkanalbehandlung am Zahn 36 überwiesene 39-jährige männliche Patient gab an, dass die erstmalige Wurzelkanalbehandlung vor etwa 10 Jahren erfolgte. Seitdem verspürte er zeitweise reizungebundene Schmerzen, die nach wiederholter Einnahme eines Antibiotikums abklangen. Der Zahn war versorgt mit einer kombinierten Füllung aus Glasionomerezement und Komposit. Die Sulkussondierungswerte und der Perkussionstest waren unauffällig.

Auf der Röntgenausgangsaufnahme lag am Zahn 36 eine apikale Aufhellung und eine unvollständige Wurzelkanalfüllung vor. In der mesialen Wurzel bestand der Verdacht auf ein langes Instrumentenfragment (► **Abb. 11 a**). Eine Entfernung des Fragments erschien aufgrund der mikrobiellen Infektion als zwingend notwendig. Nach Rückfrage beim Patienten und überweisenden Zahnarzt lagen keine Informationen vor, die Rückschlüsse auf ein Fragment zuließen. Nach Erneuerung der distalen Aufbaufüllung bestätigte sich im Verlauf der IKD eine mikrobielle Infektion von drei teilweise mit einer Einstifttechnik gefüllten Wurzelkanälen. Es lag ein fötider Geruch vor. Der distolinguale und mesiozentrale Wurzelkanal waren unbehandelt. Nach der Entfernung der Wurzelkanal-

füllung und der maschinellen Erweiterung der Wurzelkanäle unter endometrischer Kontrolle wurden die Wurzelkanäle mit NaOCl 1 % aufgefüllt und mit Teflonband abgedeckt. Das Fragment im mesiolingualen Wurzelkanal ließ sich mit Langschaftrosenbohrern im Verlauf einer vertiefenden Präparation mit Langschaftrosenbohrern in absteigender Größe von 012 bis 005 im koronalen Wurzel Drittel darstellen (► **Abb. 11 b**). Der geradlinige Zugang und das konische Instrument ermöglichten den Einsatz eines Instrumental Removal System (IRS). Die Freilegung des Fragments wurde nur in Richtung des Isthmus notwendig auf eine Tiefe von weiteren 3 mm. Mit dem IRS gelang es, das Fragment von der Außenwand zu verdrängen und in der Hülse mit einem eingeschraubten Dorn einzuklemmen sowie vollständig zu entfernen (► **Abb. 11 c**). Die Erweiterung der Wurzelkanäle wurde nach Entfernung des Teflonbandes unter endometrischer Kontrolle abgeschlossen, sodass die fünf Wurzelkanäle in derselben Sitzung thermoplastisch mit Guttapercha und einem epoxidhaltigen Sealer verschlossen werden konnten (► **Abb. 11 d**). Die abschließende Röntgenkontrolle zeigt eine vollständige und wandständige Wurzelkanalfüllung (► **Abb. 11 e**).

FALLBEISPIEL 2 – FORTSETZUNG



► **Abb. 11** a Zahn 36 mit apikaler Aufhellung und unvollständiger Wurzelkanalfüllung. Mesial besteht der Verdacht auf eine Instrumentenfraktur. b Freigelegtes Instrumentenfragment im mesiolingualen Wurzelkanal für die Entfernung mit dem IRS 0.8. c Kontrolle des entfernten Fragments auf Vollständigkeit. d Ansicht der fünf thermoplastisch verschlossenen Wurzelkanäle. e Röntgenabschlusskontrolle Zahn 36 mit vollständiger Wurzelkanalfüllung.

FALLBEISPIEL 3

Loop-Technik

Der 54-jährige Patient wurde überwiesen zur Wurzelkanalbehandlung am Zahn 14. Der Patient gab an, dass nach der Entfernung einer Karies der Sensibilitätstest negativ ausfiel und der Eindruck bestand, dass die Pulpa nekrotisch sei und deshalb eine Wurzelkanalbehandlung erforderlich sei. Während der Behandlung sei es zu einer Instrumentenfraktur gekommen. Der Zahn war symptomlos und wurde provisorisch verschlossen. Klinisch war der Zahn 14 unauffällig. Bukkal fiel beim Sondieren eine Wurzeleinziehung auf, die für eine anatomische Besonderheit einer Wurzelauftteilung typisch ist. Auf der Röntgenaufnahme waren die Wurzelkanäle nicht erkennbar. Im mittleren Wurzel Drittel ließ sich ein Fragment von einer Länge von etwa 4 mm vermuten (► **Abb. 12 a**).

Nach einer dentinadhäsiven Aufbaufüllung mit Komposit und der Anlage des Kofferdams wurde der provisorische Verschluss entfernt und der intrakoronale Befund ermittelt. Es lagen zwei teilweise erweiterte Wurzelkanäle vor. Innerhalb des palatinalen Wurzelkanals lag eine medikamentöse Einlage, der apikale Anteil war noch nicht erschlossen. Die bukkale Bohrung war umgeben von einem mineralisiertem Pulpagewebe (► **Abb. 12 b**). Erst nach dem Entfernen des Hartgewebes mit Langschaftrosenbohrern in den Größen 012–005 gelang es, eine tiefe Aufteilung der Wurzelkanäle zu erkennen. Mesiobukkal ließ sich etwa 3 mm unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze das Fragment erkennen (► **Abb. 12 c**).

FALLBEISPIEL 3 – FORTSETZUNG

Mit einer geringen lateralen Freilegung mit einer Ultraschallfeile ISO 25 gelang es, ausreichend Platz für die Anwendung eines Loop-Systems zu schaffen. Die 0,075 mm dünne Drahtschleife und die 0,3-mm-Kanüle des FragRemoveur ließen sich unter Sicht mit dem Dentalmikroskop sicher am Fragment platzieren. Trotz des geringen Platzangebots gelang es das Fragment mit 0,5 mm freigelegter Länge aus der Dentinverblockung herauszulösen (► **Abb. 12 d**).

Das grazile Instrument aus NiTi-Legierung hatte sich auf die gesamte Länge in das Dentin eingeschraubt und brach als Folge einer Torsionsüberbelastung (► **Abb. 12 e**). Nach der Entfernung wurden die drei Wurzelkanäle vollständig erweitert unter endometrischer Kontrolle und thermoplastisch verschlossen (► **Abb. 12 f**). Die grazile Freilegung des Fragments ermöglichte eine zahnsubstanzschonende minimalinvasive Präparation.



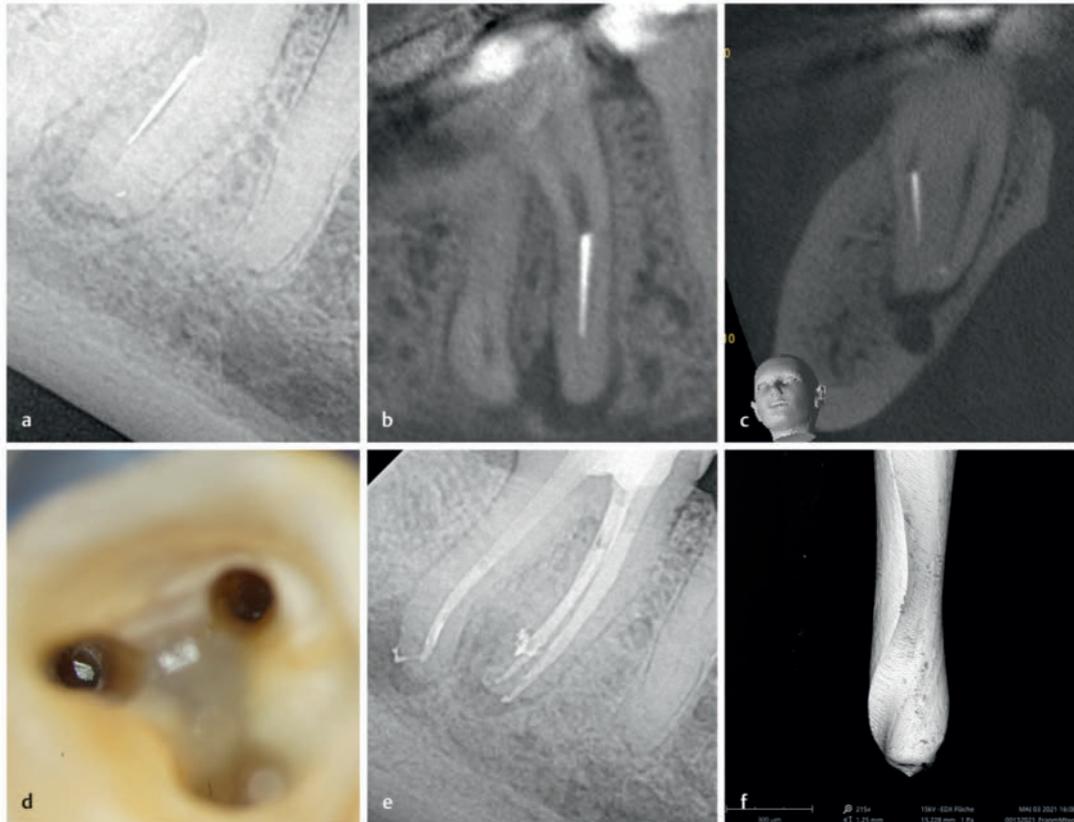
► **Abb. 12 a** Im mittleren Wurzeldrittel am Zahn 14 ist ein graziles metall dichtes Objekt von einer Länge von etwa 5 mm erkennbar. Die Anzahl und Form der Wurzeln lassen sich nicht zweifelsfrei ermitteln. **b** IKD-Befund: Der Boden der Pulpakammer verdeckt von mineralisiertem Pulpagewebe. Bukkale Wurzelkanäle sind noch nicht freigelegt. **c** Nach der Gewebeerntfernung ließen sich bukkal zwei Wurzelkanäle darstellen. Im mesiobukkalen Kanal wurde ein Fragment für die Loop-Technik freigelegt. **d** Entferntes Fragment mit einem Loop-System. **e** Fragmentuntersuchung mit dem REM. Eine Torsionsfraktur wird als Ursache ermittelt. **f** Abschlusskontrolle mit vollständiger Wurzelkanalfüllung nach minimalinvasiver Fragmententfernung am Zahn 14.

FALLBEISPIEL 4**Ultraschalltechnik**

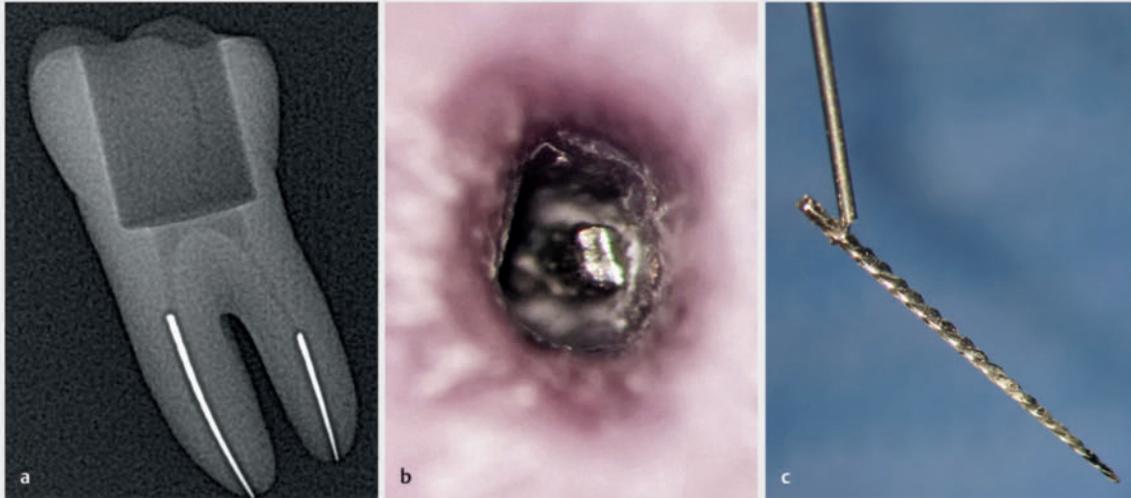
Nach einer initialen Wurzelkanalbehandlung mit einer Reciproc-Feile kam es zur Fraktur im mittleren Wurzel Drittel einer mesialen Wurzel am Zahn 47. Der 61-jährige männliche Patient gab an, dass er starke reizüberdauernde Schmerzen hatte. Nach der not Zahnärztlichen Therapie war der Patient weitgehend schmerzfrei. Eine Wurzelspitzenresektion wurde aufgrund der Nähe zum Mandibularkanal abgelehnt und eine Extraktion erwogen. Intraoral lagen am Zahn 47 keine pathologischen Befunde vor. Auf der zweidimensionalen Röntgenaufnahme bestand der Verdacht auf eine periapikale Aufhellung (► **Abb. 13 a**). Zur Abklärung der medizinischen Notwendigkeit der Entfernung des Fragments und zur Ermittlung der anatomischen Lage der mesialen Wurzelkanäle wurde eine DVT-Aufnahme angefertigt. Der Verdacht auf eine apikale Aufhellung bestätigte sich (► **Abb. 13 b**). Es wurde in der koronalen Projektionsebene erkennbar, dass beide mesialen Wurzelkanäle einen selbstständigen Verlauf aufwiesen. In beiden instrumentierten Kanälen ließen sich metall dichte Objekte nachweisen (► **Abb. 13 c**). Aufgrund der vorliegenden apikalen Parodontitis und des apikal unbehandelten Wurzelkanalsystems wurde eine orthograde Entfernung des mesiobukkalen Fragments erforderlich. Das vermutete Fragment im linguale Wurzelkanal sollte im Verlauf der Therapie auf eine Entfernbarkeit geprüft oder belassen werden. Unter absoluter Trockenlegung mit Kofferdam wurde die vorliegende endodontische Zugangskavität nach mesial und mesiobukkal so erweitert, dass ein geradliniger Zugang zur Bruchkante des Fragments möglich wurde. Die drei bereits erweiterten Wurzelkanäle wurde nach einer ersten Desinfektion endometrisch vermessen bis zu den vorliegenden Blockaden. Dabei wurde gleichzeitig geprüft, ob eine Passage der Fragmente möglich war und ob bereits als Folge erster Entfernungsversuche eine Perforation vorlag. Da keine Perforation vorlag, wurden alle Wurzelkanäle bis zur Blockade mit rotierenden NiTi-Feilen bis zur Größe 40.04 erweitert unter kontinuierlicher Desinfektion mit NaOCl 1%. Auf eine größere Erweiterung mit Gates Glidden Bohrern (GG) wurde mit Kenntnis der grazilen Wurzelanatomie verzichtet, um eine Strip-Perforation zu vermeiden. Es gelang, das mesiolinguale Fragment seitlich mit Handinstrumenten und maschinellen NiTi-Instrumenten zu passieren, sodass es im Wurzelkanal belassen werden konnte.

Das mesiobukkale Fragment ließ sich bei 20-facher Vergrößerung sicher identifizieren als ein Instrument mit S-förmigem Querschnitt (► **Abb. 13 d**). Die Freilegung des Instruments erfolgte mit dem Ziel, es mit einem Loop-System entfernen zu können. Dies scheiterte, aufgrund der starken Retention des Fragments im Wurzel dentin. Die Freilegung erfolgte deshalb weiter in Richtung Isthmus, begrenzt auf die Breite des Fragments. Dabei galt es, die Ultraschallfeile analog zum Verlauf des Wurzelkanals nach distal und linguale leicht vorzubiegen, um eine Stufenpräparation zu vermeiden. Der präparierte Raum neben dem Fragment ermöglichte es, das Fragment mit einer Endo-Sonde von der Außenwand zu lösen. Erst als das Fragment sich sicher lateral bewegen ließ, wurde es aktiv von apikal nach koronal mit der Ultraschallfeile im feuchten Milieu in Schwingung versetzt. Damit gelingt es, dass das vibrierende Fragment Debris löst. Die Desinfektionslösung sollte dabei das gesamte Fragment umfließen können, aber gleichzeitig die Sicht auf das Fragment nicht verhindern. Die Aktivierung des Fragments erfolgte in Sequenzen von 5–10 Sekunden. Im Anschluss wurde der Wurzelkanal mit einer Mikroabsaugung getrocknet, um den Grad der Lockerung und damit den Fortschritt zu prüfen. Erst nach einer Freilegung von 5 mm nach apikal gelang es, das Fragment aus der Verblockung im Dentin zu lösen und zu entfernen. Unter vergrößerter Sicht mit dem Dentalmikroskop erschien das Fragment plastisch verformt, aber in der Länge vollständig. Nach der Überwindung einer apikalen Blockade und endometrischen Bestimmung der Arbeitslänge konnte die Therapie mit einer thermoplastischen Wurzelkanalfüllung und einem dentinadhäsiven Verschluss der Zugangskavität abgeschlossen werden (► **Abb. 13 e**). Erst nach einer Untersuchung mit dem Rasterelektronenmikroskop war erkennbar, dass das Instrument zahlreiche Mikrorisse aufwies und ein Teil der Instrumentenspitze fehlte (► **Abb. 13 f**). Es kann vermutet werden, dass der fehlende Anteil das im mesiolinguale Wurzelkanal verbliebene Fragment ist. Die starke plastische Verformung und der Abriss der Instrumentenspitze deuten in diesem Fall auf einen zu starken nach axial gerichteten Druck auf das Instrument. Trotz der alternierenden Bewegung der Feile konnte die Verblockung des Instruments im Dentin nicht vermieden werden.

FALLBEISPIEL 4 – FORTSETZUNG



► **Abb. 13** **a** Röntgenausgangsaufnahme Zahn 47 Fragment in der mesialen Wurzel und einem Verdacht auf eine apikale Aufhellung. **b** In der sagittalen Projektion bestätigt sich die apikale Aufhellung mesial und distal. Die Bruchkante liegt innerhalb der Wurzelkrümmung. **c** Auf der koronalen Ansicht der mesialen Wurzel wird auch im mesiolingualen Wurzelkanal ein Fragment sichtbar. **d** Ansicht auf die mechanisch erweiterten mesialen Wurzelkanäle. Das mesiobukcale Fragment ist vorbereitet für eine Entfernung mit einem Loop-System. **e** Röntgenkontrolle nach Abschluss der Wurzelkanalbehandlung mit vollständiger Wurzelkanalfüllung. **f** Nachweis einer Torsionsfraktur. Die Instrumentenspitze ist plastisch verformt und ein Teil der Spitze fehlt. REM-Aufnahme, 215 \times .



► **Abb. 14** a Röntgenaufnahme des Modellzahnes mit zwei festsitzenden Fragmenten zur Anwendung einer Loop- und Ultraschallmethode. b Freigelegtes mesiales Fragment zur Entfernung mit dem Loop-System. c Entferntes Fragment mit dem Loop-System.

Outcome und Erfolg

Der Erfolg einer Fragmententfernung kann daran bemessen werden, ob ein Fragment entfernt werden oder passiert werden kann. Unter der Nutzung der notwendigen Hilfsmittel gelang es bei Fragmenten mit einem geradlinigen Zugang sowohl *in vitro* als auch unter klinischen Bedingungen, diese in über 85% der Fälle erfolgreich zu entfernen [11, 22, 23]. Konnte kein Sichtkontakt zum Fragment hergestellt werden, sank die Erfolgchance auf 47,7% [23].

Als weiteres Kriterium für den Erfolg wurde die Frakturneigung der Zähne nach Fragmententfernung untersucht. Der erhöhte Abtrag an Zahnhartsubstanz konnte als ein Risikofaktor für Vertikalfrakturen ermittelt werden [24]. In Abhängigkeit zur jeweils angewendeten Entfernungstechnik und dem Training nahm die Widerstandsfähigkeit der Zähne ab, je weiter apikal die Fragmente zu entfernen waren [25, 26].

Unter klinischen Bedingungen wird der Erfolg zusätzlich zu den technischen und morphologischen Herausforderungen von einer mikrobiellen Infektion beeinflusst [27].

Für den effektiven Einsatz der zur Verfügung stehenden Methoden am Patienten sind Übungen an extrahierten Zähnen und Modellen (trainy-dent, Dresden) zu empfehlen. Mit dem aktuellen Modell eines Unterkiefer-Molaren gelingt es erstmals, unterschiedliche Entfernungsmetho-

den unter standardisierten Bedingungen zu testen und zu trainieren. Der verwendete Kunststoff hat eine dem Dentin vergleichbare Härte, kann mit Ultraschallfeilen bearbeitet und thermoplastisch verschlossen werden (► **Abb. 14 a–c**).

KERNAUSSAGEN

Fragmente sind – im Gegensatz zu anderen endodontischen Problemstellungen wie z. B. mikrobieller Biofilm, Stufen und Verblockungen – radiologisch nachweisbare Hindernisse im Wurzelkanal. Sie behindern eine vollständige Wurzelkanalaufbereitung und Wurzelkanalfüllung. Eine Notwendigkeit zur Entfernung besteht zumeist nur im Fall einer mikrobiellen Infektion. Eine Prüfung der Indikation und der erforderlichen Entfernungsmethode sollte in Zusammenarbeit mit einer spezialisierten Praxis erfolgen, um den langfristigen Erhalt des Zahnes zu gewährleisten. Als Hilfsmittel für eine minimalinvasive und sichere Fragmententfernung ist die Nutzung eines Dentalmikroskops mit einem Armlehnenstuhl für die zumeist zeitlich und apparativ umfangreiche Therapie zu empfehlen. Eine an der Dentaleinheit installierte Mikroabsaugung, die Anwendung von Ultraschall zur Präparation und die Anwendung von Loop- und Tube-Systemen ermöglichen aktuell eine erfolgreiche Fragmententfernung.

Interessenkonflikt

Honorar für Hands-on Kurs für Teilnehmer während der Jahrestagung des VDZE in Wiesbaden 2023.

Autorinnen/Autoren



Dipl.-Stom. Michael Arnold

Jahrgang 1964. 1990 Staatsexamen Universität Leipzig, 1990 – 1994 Landtagsabgeordneter. 1995 – 2003 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Poliklinik für Zahnerhaltung, Universitätsklinikum Dresden. 2003 Gründung einer Privatpraxis in Dresden. Seit 2007 Spezialist in Endodontologie der DGZ und DGET. 2008–2022 Dozent Masterstudiengang der DIU Parodontologie und Implantologie der DGP. Seit 2009 Certified Member of the European Society of Endodontology (ESE). Seit 2013 Mitglied im wissenschaftlichen Beirat der Zeitschrift Endodontie. 2022 Vorstandsmitglied Dresdner Gesellschaft für ZMK, Vorträge und Publikationen zu Themen der Endodontologie. Forschungsschwerpunkt: Anatomie des Wurzelkanalsystems, Erfolgskontrolle Revision.



Paula Arnold

Jahrgang 1994, 2021 Staatsexamen Universität Witten-Herdecke, Mitglied DGZ, DGET, DGZMK, Forschungsschwerpunkt: Fragmententfernung mit Loop-Systemen.

Korrespondenzadresse

Dipl.-Stom. Michael Arnold
Praxis für Endodontie und Zahnerhaltung
Königstraße 9
01097 Dresden
Deutschland
info@rootcanal.de

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen: Dipl.-Stom. Michael Arnold, Dresden

Literatur

- Schwarze T. Das Bruchverhalten von Nickel-Titan-Instrumenten – Eine Literaturübersicht. *Endodontie* 2006; 15: 33–41
- Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low- and high-torque endodontic motors. *J Endod* 2001; 27: 772–774. doi:10.1097/00004770-200112000-00015
- Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE et al. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 2000; 26: 161–165. doi:10.1097/00004770-200003000-00008
- Arens FC, Hoen MM, Steiman HR et al. Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. *J Endod* 2003; 29: 664–666. doi:10.1097/00004770-200310000-00013
- Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *J Endod* 2004; 30: 722–725. doi:10.1097/01.don.0000129963.42882.c9
- Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod* 2005; 31: 845–850. doi:10.1097/01.don.0000164127.62864.7c
- Iqbal MK, Kohli MR, Kim JS. A Retrospective Clinical Study of Incidence of Root Canal Instrument Separation in an Endodontics Graduate Program: A PennEndo Database Study. *J Endod* 2006; 32: 1048–1052. doi:10.1016/j.joen.2006.03.001
- McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. Clinical decision-making after endodontic instrument fracture. *Br Dent J* 2013; 214: 395–400. doi:10.1038/sj.bdj.2013.379
- Mareending M, Paqué F, Fischer J et al. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *J Endod* 2007; 33: 1325–1328. doi:10.1016/j.joen.2007.08.005
- Alomairy KH. Evaluating two techniques on removal of fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals: an in vitro study. *J Endod* 2009; 35: 559–562
- Cujé J, Bargholz C, Hülsmann M. The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *Int Endod J* 2010; 43: 545–554. doi:10.1111/j.1365-2591.2009.01652.x
- Ruddle CJ. Broken instrument removal. The endodontic challenge. *Dent Today* 2002; 21: 70–72
- Arnold M. Grenzfall Zahnerhalt Diagnostik, Entscheidungsfindung und Therapie eines komplexen Falls. *Endodontie* 2011; 20: 325–335
- Arnold M. Minimalinvasive Fragmententfernung mithilfe der dentalen Digitalen Volumetomografie. *Endodontie* 2011; 20: 403–413
- Ramos Brito AC, Verner FS, Junqueira RB et al. Detection of Fractured Endodontic Instruments in Root Canals: Comparison between Different Digital Radiography Systems and Cone-beam Computed Tomography. *J Endod* 2017; 43: 544–549
- Arnold M. Präendodontischer Aufbau und problemorientierte Gestaltung der endodontischen Zugangskavität. *Quintessenz* 2012; 63: 439–448
- Arnold P. Schlaufensysteme zur Fragmententfernung – ein vergleichender Überblick. *Endodontie* 2023; 32: angenommen
- Hülsmann M. Methods for removing metal obstructions from the root canal. *Endod Dent Traumatol* 1993; 9: 223–237. doi:10.1111/j.1600-9657.1993.tb00278.x
- Ruddle CJ. Nonsurgical endodontic retreatment. *J Calif Dent Assoc* 1997; 25: 769–775
- Roig-Greene JL. The retrieval of foreign objects from root canals: a simple aid. *J Endod* 1983; 9: 394–397
- Arnold M. Methoden zur Entfernung frakturierter Wurzelkanalinstrumente. Teil 1. *Endodontie* 2013; 22: 159–169
- Suter B, Lussi A, Sequeira P. Probability of removing fractured instruments from root canals. *Int Endod J* 2005; 38: 112–123. doi:10.1111/j.1365-2591.2004.00916.x
- Nevares G, Cunha RS, Zuolo ML et al. Success rates for removing or bypassing fractured instruments: a prospective clinical study. *J Endod* 2012; 38: 442–444. doi:10.1016/j.joen.2011.12.009

- [24] Madarati AA, Qualtrough AJE, Watts DC. Vertical fracture resistance of roots after ultrasonic removal of fractured instruments. *Int Endod J* 2010; 43: 424–429. doi:10.1111/j.1365-2591.2010.01698.x
- [25] Dulundu M, Helvacioğlu-Yigit D. The Efficiency of the BTR-Pen System in Removing Different Types of Broken Instruments from Root Canals and Its Effect on the Fracture Resistance of Roots. *Materials (Basel)* 2022; 15: 5816. doi:10.3390/ma15175816
- [26] Gerek M, Başer ED, Kayahan MB et al. Comparison of the force required to fracture roots vertically after ultrasonic and Masserann removal of broken instruments. *Int Endod J* 2012; 45: 429–434. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01993.x
- [27] Suter B. [«Separated Root Canal Instruments – An overview of incidence, localisation, treatment strategies and outcome»]. *Swiss Dent J* 2017; 127: 233–237

Bibliografie

Zahnmedizin up2date 2023; 17: 181–201
DOI 10.1055/a-2076-5769
ISSN 1865-0457
© 2023. Thieme. All rights reserved.
Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany



Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist in der Regel 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Unter <https://cme.thieme.de/CXLTDI1> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zur Startseite des Wissenstests und zum Artikel. Sie finden dort auch den genauen Einsendeschluss. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <https://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung.

Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!



Frage 1

Frakturen von Wurzelkanalinstrumenten treten ...

- A sehr selten auf.
- B nie auf.
- C dann häufig auf, wenn die Problemstellungen am Patienten und dem zu behandelnden Zahn zunehmen.
- D extrem häufig auf.
- E dann auf, wenn der Endodontie-Motor fehlerhaft arbeitet.

Frage 2

Die Inzidenz variiert nach aktueller Studienlage zwischen ...

- A 80 und 82 %.
- B 1 und 21 %.
- C 1 und 75 %.
- D 20 und 21 %.
- E 1 und 2 %.

Frage 3

Ermüdungsfrakturen treten besonders häufig auf bei ...

- A Spülkanülen.
- B Lentulos.
- C Hedström-Feilen.
- D manuellen Reamern.
- E langen und stark konischen NiTi-Feilen.

Frage 4

Torsionsfrakturen treten besonders häufig auf bei ...

- A Spülkanülen.
- B Fingerspreadern.
- C axial gerichteter zu großer Krafteinwirkung.
- D Handpluggern.
- E Ultraschallfeilen.

Frage 5

Wann ist eine Fragmententfernung orthograd dringend zu empfehlen?

- A Wenn das kurze Fragment apikal über die Wurzelspitze ragt.
- B Wenn das Fragment unterhalb der Wurzelkanalkrümmung liegt ohne apikal pathologischen Befund.
- C Wenn das Fragment über einen geradlinigen Zugang erreichbar ist und eine apikale Aufhellung oder symptomatische apikale Parodontitis vorliegt.
- D Wenn das Fragment seit mehr als 5 Jahren im Wurzelkanal liegt.
- E Wenn zwei unterschiedliche Materialien an Fragmenten im Wurzelkanal in Kontakt stehen.

Frage 6

Die Aufklärung des Patienten über eine Instrumentenfraktur ist ...

- A nicht erforderlich.
- B zum Folgetermin sinnvoll.
- C erst nach der Erfolgskontrolle nach 6 Monaten empfehlenswert.
- D spätestens nach dem bakterienrichtigen Verschluss des Zahnes am selben Behandlungstag zu empfehlen.
- E vor Behandlungsbeginn völlig ausreichend.

Frage 7

Für die minimalinvasive Fragmententfernung ist für den Erfolg entscheidend, dass ...

- A der Operateur eine Lupenbrille nutzt.
- B der Operateur viel Zeit investiert.
- C der Operateur ein Dentalmikroskop nutzt.
- D der Operateur ein Dentalmikroskop nutzt und die aktuellen Entfernungstechniken trainiert hat.
- E der Operateur vor allem hoch konzentrierte Desinfektionslösungen zum Einsatz bringt.

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite ...

Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung ...

Frage 8

Lange Fragmente aus einer NiTi-Legierung sollten vorrangig entfernt werden mit ...

- A Ultraschallmethode.
- B Tube- oder Loop-Technik.
- C Braiding-Methode.
- D Trepanbohrern.
- E Chemikalien.

Frage 9

Das Training der Fragmententfernung soll vorrangig erfolgen ...

- A durch das Studium der aktuellen Literatur.
- B im Tierversuch.
- C am Patienten.
- D digital am Computer.
- E am Modellzahn oder extrahierten Zahn.

Frage 10

Der Erfolg einer Fragmententfernung bemisst sich vor allem an ...

- A der benötigten Zeit bis zur Entfernung.
- B dem erforderlichen Substanzabtrag am Dentin.
- C der Schmerzfreiheit des Patienten.
- D der Vollständigkeit einer Fragmententfernung.
- E dem langfristigen Erhalt des Zahnes.