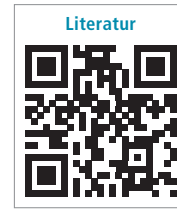


Die innere Anatomie menschlicher Zähne besteht oft aus einem komplexen Netzwerk multiplanar gekrümmter Kanäle und Anastomosen. Bei stark gekrümmten Kanälen stellt die naturgetreue Gestaltung des Kanalverlaufs eine besondere Herausforderung dar. Im ersten Teil dieses Beitrags in der vorliegenden Ausgabe wird erläutert, wie der Einsatz einer neuartigen NiTi-Feilensequenz Abhilfe schaffen kann.



Maximale Kontrolle in der Kurve

Teil 1: Einsatz einer neuartigen NiTi-Feilensequenz

Dr. Antonis Chaniotis

Oberstes Ziel der Endodontie ist die Prävention periradikulärer Erkrankungen bzw. deren Heilung. Grundlage dafür sind die mechanische Instrumentierung und chemische Reinigung des Kanals¹, wobei erstere maßgeblich die Wirksamkeit aller nachfolgenden Schritte bestimmt.² Für Füllungen auf Guttapercha-Basis sollte die Formgebung des Kanals folgende Kriterien erfüllen:

- Der Hauptkanal ähnelt einem sich kontinuierlich zum Apex hin verjüngenden Trichter.
- Der Durchmesser der Hauptkanäle verengt sich zunehmend nach apikal.
- Die Aufbereitung folgt der ursprünglichen Form.

- Die apikale Konstriktion sollte nicht verlagert oder erweitert werden.^{1,3}

Ziele der Instrumentierung aus biologischer Sicht sind:

- Beschränkung der Instrumentierung auf die natürlichen Grenzen der Wurzel,
- kein Überpressen nekrotischer Debris ins periradikuläre Gewebe,
- komplette Entfernung organischen Gewebes aus den Haupt- und Seitenkanälen,
- Schaffung ausreichenden Raums zur Spülung und Medikation bei bestmöglichem Erhalt des umliegenden Dentins zur Gewährleistung der Funktionalität des Zahns.³

In geraden Kanälen gestaltet sich die Umsetzung jener Prinzipien unkompliziert, größere Probleme entstehen erst bei stark gekrümmten Kanälen, Verästelungen oder Anastomosen (Abb. 1). In solchen Fällen kann es schwierig sein, die grundlegenden Endo-Techniken und Behandlungsprotokolle einzuhalten. Zur sicheren, zuverlässigen Instrumentierung kann nun eine neuartige NiTi-Feilensequenz in der sogenannten TCA-Technik angewendet werden.

Management gekrümmter Kanäle

Basierend auf ihrer Krümmung klassifizieren Nagy et al. Wurzelkanäle in vier Kategorien⁴:

- gerade I-Form (28 Prozent aller Wurzelkanäle)
- apikal gekrümmt oder J-Form (23 Prozent)
- bogenförmig gekrümmt oder C-Form (33 Prozent)
- mehrfach gekrümmt oder S-Form (16 Prozent)

In Untersuchungen von Schäfer et al. waren 84 Prozent der Wurzelkanäle gekrümmt, 17,5 Prozent davon wurden aufgrund einer Doppelkurve als s-förmig eingestuft.⁵ Bei den gekrümmten Kanälen besaßen 75 Prozent einen



Abb. 1a–c: Komplexe Wurzelkanalanatomien. Fotos: © Dr. Antonis Chaniotis

Dentalinstrument zur Entfernung frakturierter Teile im Wurzelkanal

Ergreife das Unerreichbare!

- + Ein Instrument für jeden Wurzelkanaltyp
- + präziser Grip des frakturierten Instruments
- + schmalster Aufsatz auf dem Markt
- ab 0,2 mm
- + Griff aus chirurgischem Stahl gefertigt
- + lebenslange Garantie

Einzigartig auf dem Markt!

Das Tool kombiniert neue Technologien, Qualität und effektive Arbeit. Dank des BTR Pens wird die Entfernung von frakturierten Dentalinstrumenten zu einem absehbaren, universellen und leicht zu wiederholenden Verfahren. Die Verwendung des ultradünnen und hoch-elastischen Aufsatzes mit der ultimativ belastbaren Nitinol-Schlinge macht die Entfernung von Bruchstücken aus dem Wurzelkanal zur Leichtigkeit. Das Instrument ermöglicht einen bestimmten Grip und die sichere Entfernung von frakturierten Instrumenten, unabhängig von deren Position im Wurzelkanal.



BTR Pen:

- ergonomischer und komfortabler Griff für den sicheren Halt
- aus qualitativem chirurgischem Edelstahl
- Universalgröße
- zum Mehrfachgebrauch geeignet
- autoklavierbar

austauschbarer Aufsatz mit Nitinol-Schlinge:

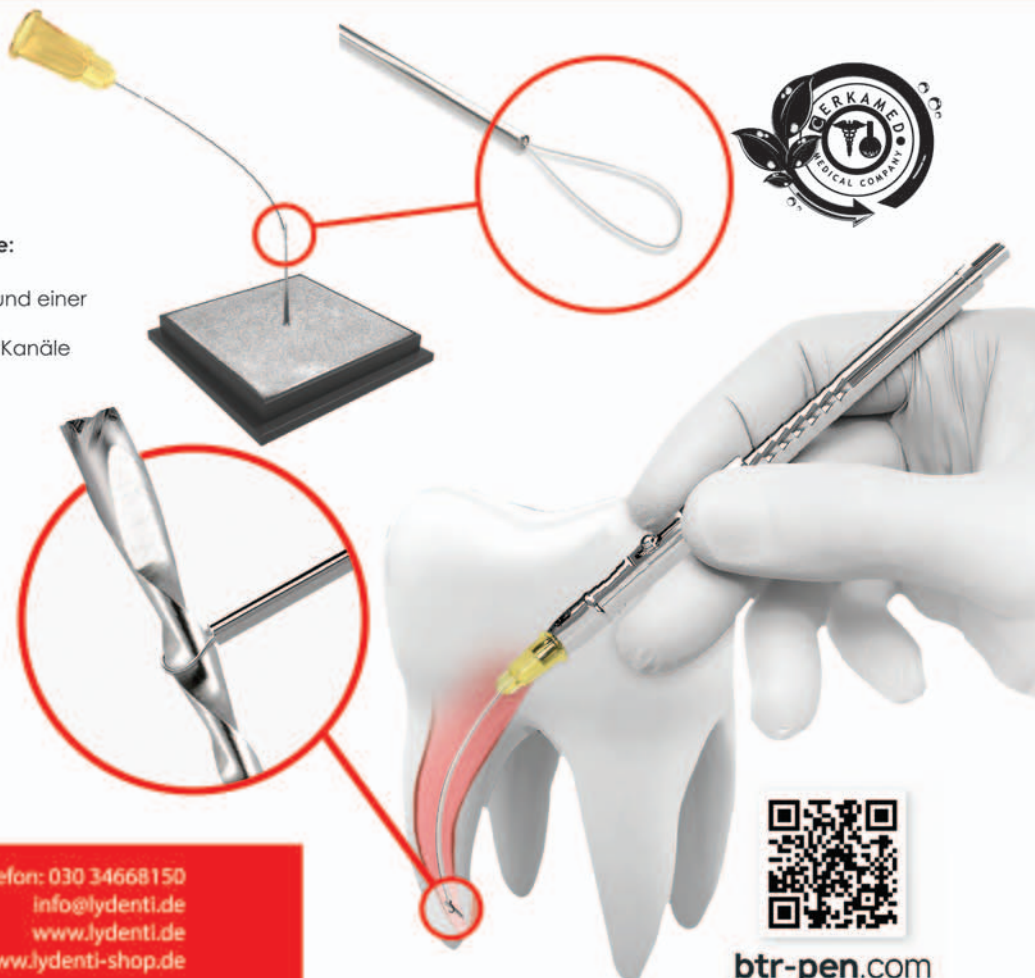
- Kombination einer dünnen, elastischen Nadel (Durchmesser 0,2/0,3/0,4/0,5 mm) und einer Nitinol-Schlinge
- leicht einzuführen in schmale, gekrümmte Kanäle
- Formgedächtnis-Material
- maximale Auslastung bei Stretching
- biokompatibel, korrosionsbeständig

Feder:

- volle Kontrolle der Spannkraft und Größe der Schlinge
- optimierte Elastizitätsparameter
- leichte und makellose Bewegungen einstellbare Federstärke

Kalibrator:

- schnelle und einfache Gestaltung der Spitze in die gewünschte Form
- aus Edelstahl gefertigt
- zur Mehrfachverwendung bestimmt



Krümmungswinkel von unter 27 Grad, 10 Prozent einen Winkel von 27 bis 35 Grad und 15 Prozent eine starke Krümmung von über 35 Grad.

Traditionell wurde der Krümmungsgrad auch mithilfe der Winkelmessmethode nach Schneider⁶ beschrieben: Wurzelkanäle mit einem Winkel von fünf Grad oder weniger können als gerade klassifiziert werden, Kanäle mit einem Winkel von 10 bis 20 Grad als mäßig und Kanäle mit einer Krümmung von über 25 Grad als stark gekrümmt. Jahrzehnte später wiesen Pruett et al. darauf hin, dass in zwei Wurzelkanälen mit identischem Winkel nach Weine-Klassifikation Kurven völlig unterschiedlich abrupt verlaufen können.⁷ Zur Definition der Abruptheit der Krümmung führten sie den Radius einer Krümmung ein: den eines Kreises, der an den gekrümmten Abschnitt angelegt wird. Bei rotierenden Instrumenten nimmt die Anzahl störungsfreier Zyklen bis zum Ausfall mit abnehmendem Krümmungsradius und zunehmendem Krümmungswinkel deutlich ab.

Weitere Versuche, Krümmungen in zweidimensionalen Röntgenaufnahmen mathematisch zu beschreiben, führten zur Einführung von Parametern wie der Länge des gekrümmten Abschnitts⁵ und der durch Krümmungshöhe und -abstand definierten Lage.⁸ Estrela et al. haben ein Verfahren zur Bestimmung des Radius von Wurzelkanalkrümmungen unter Verwendung von CBCT-Bildern beschrieben⁹, die per Software analysiert werden. Alle Versuche, Krümmungen adäquat zu beschreiben, hatten ein Ziel: die präoperative Beurteilung des Risikos für Kanalverlagerung oder Instrumentenbruch.

Overflaring

Dem Glossar endodontischer Begriffe (AAE 2012) folgend,¹⁰ ist eine Kanalverlagerung die Entfernung von Kanalwandstruktur auf der Außenseite der Krümmung in der apikalen Hälfte aufgrund der Tendenz der Feile, ihre ursprünglich lineare Form anzunehmen. Bei Handfeilen aus Edelstahl und herkömmlichen hand- oder motorbetriebenen NiTi-Feilen hängt die Rückstellkraft direkt von

Feilengröße und Taper ab. Je größer Taper oder Länge, desto stärker der Rückstellereffekt aufgrund der erhöhten Masse an Metall. Wären Kanäle genau nach den Abmessungen der Instrumente geformt, wären Verlagerungen kein Thema: Die Instrumente würden durch den vorgegebenen Verlauf optimal gelenkt. Leider können sie nie exakt auf die Kanaldimension zugeschnitten sein. Aufgrund des Rückstellereffekts folgt deshalb jede Feile ihrer eigenen Bahn innerhalb des gekrümmten Kanals und verlagert ihn so.¹¹

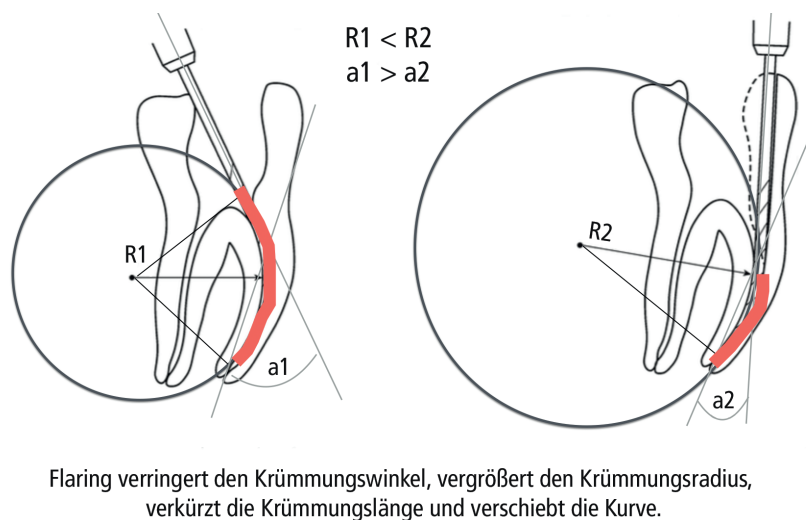
Wird eine starke Vergrößerung des apikalen Zugangs angestrebt, erhöht sich der Dentinabtrag zur äußeren apikalen Krümmung normalerweise exzessiv.¹² Die Verbreiterung der inneren Krümmung kann auch exzessiv werden. Zur Vermeidung solcher Komplikationen neigen Zahnärzte in gekrümmten Kanälen zu verstärktem Flaring unter Reduzierung der apikalen Instrumentiergröße.¹³ Dies führt wiederum oft zur Verringerung des Krümmungswinkels, Verkürzung der Länge, Vergrößerung des Radius und Verschiebung der Krümmung apikal (Abb. 2). In stark gekrümmten Kanälen ist eine kleinere apikale Aufbereitung aus zwei Gründen zu präferieren:

– Erstens: Präparationen mit kleinerem Durchmesser ziehen weniger Abtrag an der Kanalwand nach sich, weniger Friktion und damit eine geringere Wahrscheinlichkeit unerwünschter Effekte.

– Zweitens: Feilen mit geringerem Durchmesser sind flexibler und bruchsicherer, wodurch das Risiko einer Kanalverlagerung reduziert wird.¹³

Leider führt Flaring für eine leichtere Sondierung des apikalen Drittels zu unnötigem Abtrag unersetzbarer Dentinmasse. Zudem kann eine kleinere apikale Aufbereitung das Vordringen der Spüllösung bis zur entsprechenden Behandlungstiefe erschweren. In stark gekrümmten Kanälen hängt die Fähigkeit der Spüllösung, das kritische apikale Drittel zu erreichen, direkt vom passenden, apikalen Zugang sowie der geeigneten Verabreichungstechnik ab.¹⁴ Eine ausreichend apikale Präparation zur Desinfektion des Kanals ohne Overflaring des koronalen Abschnitts bei stark gekrümmten Kanälen zählt zu den großen endodontischen Herausforderungen – insbesondere angesichts der aktuellen Philosophie maximalen Substanzerhalts und minimalinvasiven Vorgehens.

Zusätzlich stellt die Gefahr des unerwarteten Instrumentenbruchs bei motorbetriebenen NiTi-Feilen ein erhebliches Problem dar. Zwei Faktoren wurden hierbei identifiziert: zyklische Ermüdung und Torsionsbruch. Wird ein motorbetriebenes Instrument in einem gekrümmten Kanal aktiviert, kann eine kontinuierliche Zug- und Druckspannung am Drehpunkt der Krümmung zum Instrumentenbruch aufgrund zyklischer



Flaring verringert den Krümmungswinkel, vergrößert den Krümmungsradius, verkürzt die Krümmungslänge und verschiebt die Krümmung.

Abb. 2: Die Auswirkung von Flaring auf die Parameter der Krümmung. Abbildung: © Dr. Antonis Chaniotis

► Fortsetzung auf Seite 19

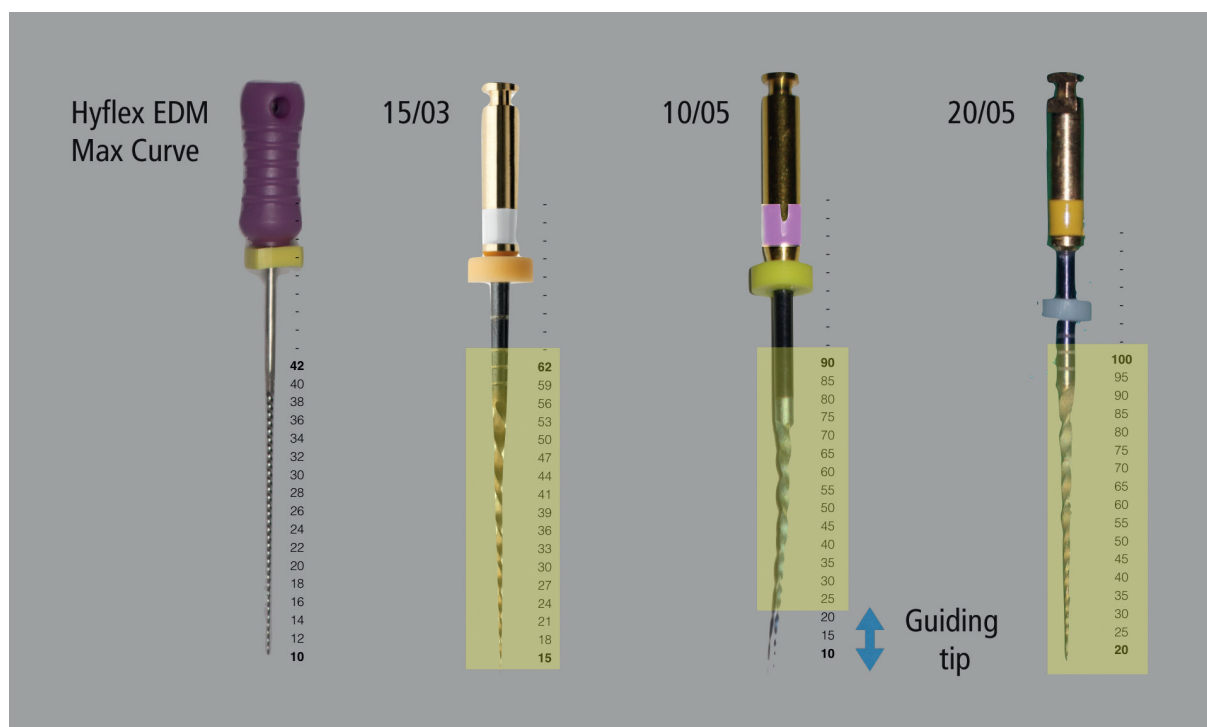


Abb. 3: Übersicht über die HyFlex™ EDM Max Curve Sequenz und die jeweiligen Größen. Abbildung: © COLTENE

Ermüdung führen. Verblockt die Spitze eines motorbetriebenen Instruments im Kanal, während sich der Schaft weiterbewegt, kann das Überschreiten eines gewissen Schermoments zum Torsionsbruch führen. Mit zunehmender Komplexität der Krümmung sinkt dabei die Anzahl störungsfreier Zyklen vor Auftreten des Bruchs.

Einsatz von NiTi-Feilen

Insgesamt sind Nickel-Titan-Legierungen weicher als Edelstahl, besitzen eine geringe Elastizität (etwa ein Viertel bis Fünftel des Edelstahls), dafür aber eine höhere Festigkeit, sind widerstandsfähiger, elastischer und zeigen ein Formgedächtnis und Superelastizität.¹⁵ Die in der Endodontie verwendeten NiTi-Legierungen enthalten etwa 56 Prozent Nickel und 44 Prozent Titan.¹⁶ Sie können in zwei verschiedenen temperaturabhängigen Kristallstrukturen vorliegen, genannt Martensit (Niedertemperaturphase) und Austenit (Hochtemperaturphase). Durch Anpassung von Temperatur oder Druck lässt sich die Gitterstruktur von austenitisch in martensitisch überführen. Während der Transformation in umgekehrter Richtung durchläuft die Legie-

rung eine instabile kristallografische Zwischenphase (R-Phase).

Eine Wurzelkanalbehandlung stresst NiTi-Feilen: Bei herkömmlichen NiTi-Feilen kommt es im Handumdrehen zur spannungsinduzierten martensitischen Umwandlung. Dabei treten Veränderung von Volumen oder Dichte auf. Die Fähigkeit, Belastungen ohne bleibende Deformation standzuhalten, bezeichnet man als Superelastizität. Am stärksten ist diese zu Beginn, wenn eine Erstverformung von bis zu acht Prozent Dehnung vollständig überwunden werden kann. Nach 100 Deformationen liegt die Toleranz bei etwa sechs Prozent und nach 100.000 Verformungen bei rund vier Prozent. In diesem Bereich lässt sich der sogenannte „Memory-Effekt“ beobachten.¹⁵ Im Jahr 2011 führte COLTENE „Controlled Memory“-Feilen ein. Die Feilen werden in einem thermomechanischen Verfahren für einen kontrollierten Rückstelleffekt hergestellt, der die Feilen extrem flexibel und bruchsicher macht (ohne Formgedächtnis und Rückstellkraft herkömmlicher Feilen). Zur effektiven Aufbereitung stark gekrümmter Kanäle empfehlen sich spezielle NiTi-Feilensequenzen wie beispielsweise das HyFlex™ EDM Max Curve Set (Abb. 3).

Zwischenfazit

Gerade bei gekrümmten Kanälen stellen die Vermeidung von Overflaring und Kanalverlagerungen besondere Herausforderungen dar. NiTi-Feilen mit „Controlled Memory“-Effekt sind aufgrund spezieller Materialeigenschaften flexibel und bruchsicher zugleich. Bei anspruchsvollen Anatomien helfen Sequenzen wie das HyFlex™ EDM Max Curve Set Endo-Experten „auf dem richtigen Pfad“ zu bleiben.

Im zweiten Teil dieses Fachartikels, der in der Ausgabe 1/2020 des Endodontie Journals erscheint, wird der effiziente Einsatz in TCA-Technik in der Praxis erläutert.

Kontakt

Dr. Antonis Chaniotis
140 EL. Venizelou Av.
Stoa Karantinou
17676 Kallithea, Athen
Griechenland
antch@otenet.gr