

Konizitäten – Feilensequenzen – Kanalmorphologie

Die rotierende Wurzelkanalaufbereitung

Die Wurzelkanalaufbereitung verfolgt das Ziel, das Kanalsystem innerhalb aller Abschnitte von Pulpagewebsresten, Bakterien und nekrotischen Gewebsresten sowie weiteren antigenen und entzündungsauslösenden Substanzen zu säubern und dem Kanal eine Form zu verleihen, die eine Füllung des gesamten Kanals mit einem biologisch inerten Material erlaubt. Erfolg und Misserfolg in der Endodontie hängen auch von einem bakteriendichten Verschluss des Wurzelkanalsystems ab. Werden diese Prinzipien der Wurzelkanalbehandlung befolgt, kann eine Wurzelkanalfüllung das Endodont versiegeln und den Zahn über Jahre und Jahrzehnte hinweg als vollständig funktionsfähige Kaueinheit erhalten.

Autoren: Prof. Dr. Liviu Steier, Mayen, und Prof. Dr. Rudolf Beer, Witten/Herdecke

■ **Die Wurzelkanalaufbereitung** mit Handinstrumenten ist sehr zeitaufwändig. Deshalb wurde immer wieder versucht, Erleichterung und Zeitgewinn durch maschinell getriebene Instrumentensysteme zu erreichen. Die zuerst aus Edelstahl hergestellten maschinellen Instrumente stießen jedoch insbesondere bei ihrer Anwendung in gekrümmten Kanälen an ihre Grenzen. Hohe Frakturnraten, unerwünschte Formveränderungen, reduzierte Taktilität und ein Verlust an Arbeitslänge konnten höchstens einen adjuvanten Einsatz zur hauptsächlich manuellen Wurzelkanalaufbereitung darstellen. In der Literatur zur maschinellen Wurzelkanalaufbereitung finden sich deshalb überwiegend skeptische bis ablehnende Meinungen wieder (Hülsmann 1993).

Mit der Einführung von Nickel-Titan-Legierungen in die Endodontie durch Walia (1988) war eine neue Ära in der Wurzelkanalaufbereitung geboren. Entwickelt Anfang der 60er-Jahre in der amerikanischen Navy-Forschung, stehen derzeit vier Nickel-Titan-Legierungen als zahnmedizinische Werkstoffe zur Verfügung, die jeweils nach ihrer Herkunft benannt werden (Thomson 2000): Nitinol (**N**ickel-**T**itan aus dem **N**aval **O**rdinance **L**aboratory in Silver Spring, Maryland, USA), Chinese NiTi, auch Nitalloy genannt, Japanese NiTi (Furukawa Electric, Japan) und mit Kobalt legiertes Nitinol. In der Endodontie werden Nickel-Titan-Instrumente in der 55-Nitinol-Legierung eingesetzt, was einer Zusammensetzung von 55 Gewichtsprozent Nickel und 45 Gewichtsprozent Titan entspricht (Schäfer 2002a). Handinstrumente werden auch aus 60-Nitinol-Legierung gefertigt (Schäfer 1998). Dem Reintitan ähnlich hat Nickel-Titan zu einem gewissen Anteil die Eigenschaft, sich in korrosiven Medien sehr schnell zu

passivieren, was für die Biokompatibilität eine große Rolle spielt (Lautenschlager & Monaghan 1993).

Ein hohes Elastizitätsmodul ($E \sim 3.500 \text{ N/mm}^2$) verleiht den Instrumenten eine hohe Flexibilität, welche um das Dreifache größer ist als bei konventionellen Stahlinstrumenten (Marxkors & Meiners 1993, Kazemi et al. 2000). Diese, auch als „Superelastizität“ oder „Pseudoelastizität“ bezeichnete Eigenschaft zeigt sich darin, dass sich ein gebogenes Instrument wieder vollständig gerade ausrichtet, sobald es nicht mehr unter Spannung steht, wobei es nicht wie bei einem Chrom-Nickel-Stahl-Instrument zu einer permanenten plastischen Deformation kommt (Kazemi et al. 1996).

Die Superelastizität des Werkstoffes birgt aber auch einen Nachteil. Weil bei der Herstellung eine plastische Deformation durch Verdrillung eines Rohlings zu einer Spirale nicht zu erreichen ist, da eine extensive Verdrehung zur Fraktur führen würde, können Nickel-Titan-Instrumente maschinell nur durch Fräsung hergestellt werden. Durch diesen Herstellungsprozess bedingt entstehen Defekte und Unregelmäßigkeiten an den Schneiden. Eine im Vergleich zu Edelstahlfeilen 40 % geringere Schneideeffizienz ist die Folge (Tepel & Schäfer 1996).

Mit den von der Industrie auf den Markt gebrachten Nickel-Titan-Handinstrumenten in einer 2%igen Konizität konnte trotz enormer Flexibilität keine grundlegende Verbesserung gegenüber konventioneller Edelstahlinstrumente erreicht werden (Schäfer et al. 1994, Schäfer 1995). Als Weiterentwicklung können daher maschinell anzuwendende Nickel-Titan-Instrumente mit unterschiedlichen Konizitäten angesehen werden. Zurzeit befinden sich mehrere Nickel-Titan-Systeme zahlreicher Hersteller auf dem Markt. Die Instru-

mentendesigns variieren stark. Als Besonderheiten weisen sie unterschiedliche Schneidenwinkel in Bezug zur Rotationsachse oder auch verschiedene Instrumentenquerschnitte mit teilweise verbreiterten Schneidekanten (sog. radial lands) auf. Als eines der wichtigsten neueren Konstruktionsmerkmale sind die variierenden Konizitäten zu sehen.

Als Aufbereitungstechnik hat sich bei der Mehrzahl der Systeme die Crown-down-Technik durchgesetzt. Diese Methode vereint mehrere Vorteile miteinander: neben einer verbesserten Spülwirkung – die Spülkanüle kann bereits zu Beginn der Instrumentation ausreichend tief in den Wurzelkanal eingeführt werden – verhindert ein frühes Entfernen der bakteriell infizierten nekrotischen Gewebereiche ein iatrogenes Verschleppen von Bakterien nach apikal mit auftretender postoperativer Schmerzempfindung (Goreva & Petrikus 2004). Die Veränderung der Arbeitslänge während der Aufbereitung fällt geringer aus und durch die frühe koronale Erweiterung wird von einer weitaus besseren Sensibilität für den apikalen Wurzelkanal und einer erleichterten apikalen Aufbereitung berichtet. Contreras et al. (2001) zeigten in ihrer Studie, dass die Größe der Feile, die als erste apikal klemmt, in fast 60 Prozent der Fälle größer als ISO #25 ist. In nur vier Prozent bzw. acht Prozent der Fälle blieb die Feilengröße nach der koronalen Erweiterung gleich. Werden die Irregularitäten und Krümmungen in den koronalen Dritteln, welche die Feile zur vorzeitigen Friktion (taperlock) bringen könnten, bereits frühzeitig beseitigt, so kann die Kanalgröße am Apex besser ertastet werden. Wie schon 1984 von Morgan & Montgomery beschrieben, kommen auch heute noch für die koronale Erweiterung die zu der Gruppe der Peeso-Bohrer gehörenden Gates-Glidden-Bohrer zum Einsatz.

Ausformung des Wurzelkanals

Ein Wurzelkanalinstrument sollte danach beurteilt werden, inwiefern es in der Lage ist, die Krümmung eines Wurzelkanals besonders im apikalen Bereich zu erhalten. Oder ob seine Anwendung zur Ausbildung der von Weine et al. (1989) beschriebenen „elbow-“ und „zip-“Formationen, zur Kanalbegradigung, Stufenbildung oder zu einer apikalen Transportation mit Perforation führt. Letztere sind besonders bei der Aufbereitung mit Stahlfeilen zu beobachten. Außerdem wird eine „fließende“ Konizität gefordert, die einen ausreichenden Spüleffekt auch im apikalen Bereich erlaubt und eine dichte dreidimensionale Füllung des Kanalsystems ermöglicht (Schilder 1974).

In gekrümmten Kanälen ist eine Überlegenheit der stärker konischen NiTi-Systeme zu erkennen (Schäfer 2000, Bertrand 2001). In neueren Studien bestätigten Schäfer & Lohmann dies sowohl für das FlexMaster-System (2002a, 2002b) als auch für K3-Instrumente (Schäfer & Florek 2003, Schäfer & Schlingemann 2003), unabhängig davon, ob die Studien an simulierten Wurzelkanälen oder an extrahierten Zähnen

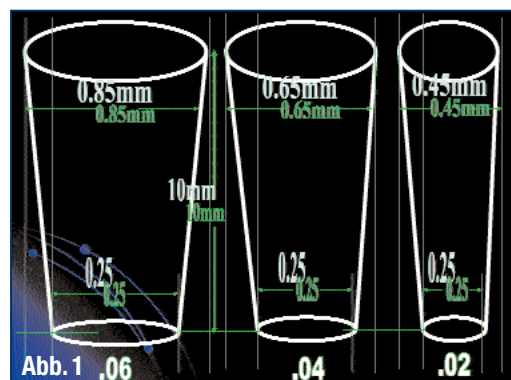
durchgeführt wurden. Auch klinisch werden signifikant bessere Resultate bezüglich der Kanalbegradigung erzielt, wie Schäfer et al. (2004) im Vergleich von FlexMaster und der Handinstrumentation nachweisen konnten. Wei et al. (2002) verglichen Flexofile mit den Nickel-Titan-Systemen LightSpeed, ProFile und Quantec. Flexofile zeigte in den meisten Fällen (87 Prozent) eine Verlagerung des Kanalzentrums im apikalen Drittel. Für LightSpeed und ProFile wurde der Kanal signifikant weniger transportiert.

Arbeitssicherheit/Frakturverhalten

Bei der Anwendung von Nickel-Titan-Instrumenten besteht ein potenzielles Risiko im Wurzelkanal zu frakturieren. Meist handelt es sich um Frakturen im apikalen Drittel (Al-Fouzan 2003). Dieser Umstand erschwert es, die Fragmente zu entfernen, was möglicherweise zu einem Misserfolg der gesamten Wurzelkanalbehandlung führen kann. Während Stahlfeilen ihre Ermüdung und Fraktur tendenz durch Defekte und Deformationen zeigen, sind bei Nickel-Titan-Feilen oftmals keine sichtbaren oder taktilen Warnhinweise zu erkennen (Cohen & Burns 1998). Viele Studien haben sich bereits mit dem Thema des Frakturverhaltens befasst. Einerseits werden Nickel-Titan-Feilen als frakturresistenter eingestuft (Walia 1988). Andererseits sollen Stahlfeilen eine geringere Frakturanfälligkeit besitzen (Canaldasahli et al. 1996, Zulo & Walton 1997). Schäfer & Fritzenschaft (1999) behaupten, dass die Frakturhäufigkeit der ProFile-Instrumente klinisch nicht akzeptabel sei. Die große Differenz der Frakturraten und der daraus resultierenden Meinungen sind auf die unterschiedlichen Versuchsbedingungen und ihrer Einflussfaktoren zurückzuführen.

Das Bruchverhalten wird in den Drehungsbruch, als Bruch infolge eines Steckenbleibens des Instruments im Kanal bei anhaltender Rotation des Schafts (taperlock), und in einen Biegungsbruch unterteilt, der aus einer über das Maß der plastischen Deformation hinausgehenden Biegung resultiert. Während Sattapan et al. (2000) den Drehungsbruch favorisieren, sind viele Autoren der Ansicht, dass der Biegungsbruch der wichtigere Fehlertyp von beiden ist. Je größer der Krümmungswinkel des Wurzelkanals, desto höher

◀ (Abb. 1) Schematische Illustration dreier verschiedener Konizitäten bei unverändertem Spitzendurchmesser – zu beachten ist hierbei die Vergrößerung des Durchmessers auf einer Länge von 10 mm für die Feile der Konizität .02 um 0,2 mm, für die Feile der Konizität .04 um 0,4 mm und für die Feile der Konizität .06 um 0,6 mm.



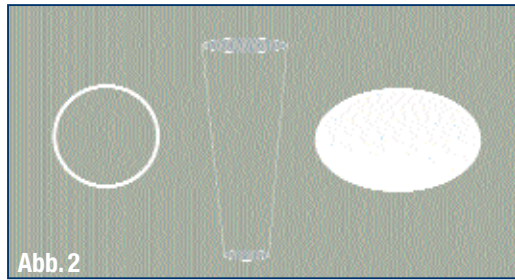


Abb. 2

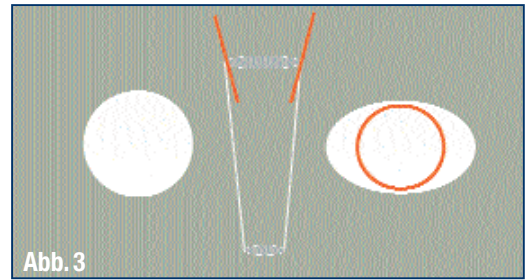


Abb. 3

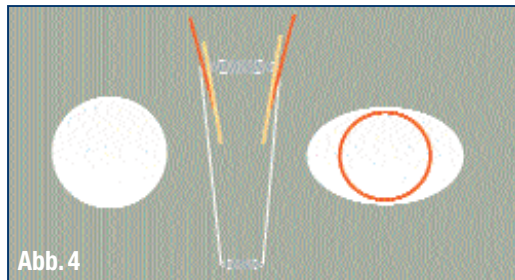


Abb. 4

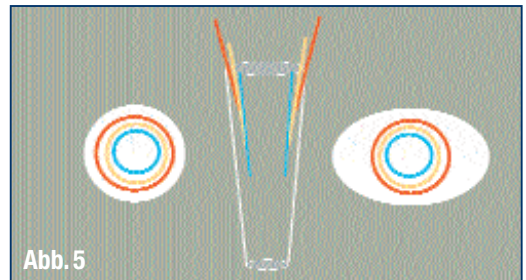


Abb. 5

(Abb. 2 bis 5) ▶

steigt das Risiko einer Instrumentenfraktur (Zelada et al. 2002). In einer jüngeren Studie zeigte Eggerath (2003), dass der Krümmungsradius einen wichtigen Einflussfaktor auf das Frakturverhalten darstellt. Die Frakturanfälligkeit von rotierend eingesetzten Nickel-Titan-Instrumenten nimmt mit stärkerem Krümmungswinkel signifikant zu. Auch die Konizität und die Instrumentengröße spielen eine nicht zu unterschätzende Rolle. Mit größerer Konizität und höherer Instrumentengröße steigt auch das Frakturrisiko in gekrümmten Wurzelkanälen. Ein weiterer Faktor, welcher das Frakturverhalten von rotierenden Feilen beeinflusst, ist die Umdrehungszahl, mit der die Instrumente in Rotation versetzt werden. Dietz et al. (2000) waren der Meinung, dass bei niedrigen Umdrehungen eine Fraktur weniger häufig auftritt als bei höheren. Daugherty et al. (2001) hingegen zogen aus ihrer Studie den Schluss, dass Geschwindigkeiten von 150–350 Umdrehungen pro Minute ein sicheres Aufbereiten ermöglichen. Werden demnach die von den Herstellern angegebenen maximalen Umdrehungszahlen befolgt und werden torsionsbegrenzte Motoren eingesetzt, so kann mit einer minimierten Fraktur- gefahr gerechnet werden.

Klinisch verwertbare Schlussfolgerungen sind aus den Studien allerdings sehr schwierig zu entnehmen.

Die Frage nach dem „wie oft darf oder soll ein Nickel-Titan-Instrument angewendet werden, damit eine hohe Arbeitssicherheit besteht“ kann bisweilen nicht beantwortet werden und liegt im Ermessen des Endodontologen und des Herstellers. Eine regelmäßige Erneuerung oder der einmalige Gebrauch ist zu empfehlen (Arens et al. 2003). Trotz der hohen Anzahl von Spontanfrakturen sollten alle Feilen vor und nach der Aufbereitung auf Defekte oder Deformationen hin untersucht und gegebenenfalls ausgetauscht werden (Sattapan et al. 2000). Je stärker die Wurzelkanäle gekrümmt sind, je größer die Instrumentenkonizität und je höher die Instrumentengröße ist, desto eher ist mit einer Instrumentenfraktur zu rechnen (Eggerath 2003).

Werden diese Maßnahmen befolgt, kann heutzutage eine klinisch akzeptable Arbeitssicherheit erreicht werden. Bei dennoch akzidentellen Frakturen ist es oftmals möglich, den Großteil der Fragmente zu entfernen (Ramirez-Salomon et al. 1997, Hülsmann & Schinkel 1999, Al-Fouzan 2003).

Die Schneidleistung wird als Dentinabtrag pro Zeiteinheit definiert. Im Allgemeinen haben Nickel-Titan-Feilen eine geringere Schneidfähigkeit als Stahlfeilen, wie vergleichende Studien zeigen konnten (Tepelet al. 1995, Tepe & Schäfer 1996, Schäfer & Lau 1999). Wie schon erwähnt, ist dies nicht zuletzt auf den Herstellungsprozess zurückzuführen (Schäfer 1997). Aber auch andere Faktoren wie die Aufbereitungstechnik, die Form des Querschnittes sowie Zahl, Winkel und Anordnung der Schneidekanten haben Einfluss auf die Schneidleistung von Wurzelkanalinstrumenten. Diese Vielfalt der Einflussfaktoren begründet zum Teil die kontroversen Ergebnisse von Kazemi et al. (1996), welche bessere Schneidleistungen in den Nickel-Titan-Instrumenten sahen. Vergleichende Untersuchungen von verschiedenen Nickel-Titan-Systemen sind bisher nur vereinzelt durchgeführt worden. Stelzner (2003) konnte in seiner Studie zeigen, dass die Sys-

(Abb. 6) ▶
Der Feilenständer wird in drei getrennten Reihen beladen mit K3 Feilen (SybronEndo) einer einzigen Länge (hier 25 mm) in aufsteigender ISO-Größe einer jeweiligen Konizität. Die Auswahl und der Einsatz der Feilensequenz sind somit sichergestellt.

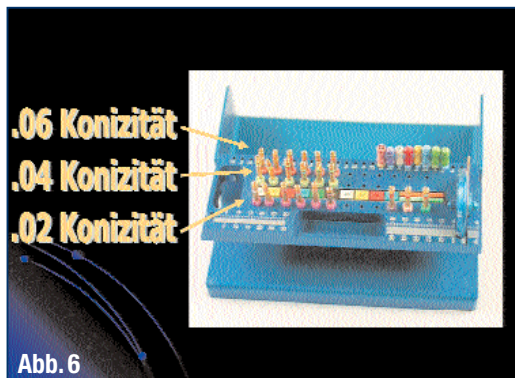


Abb. 6

teme von ProTaper und FlexMaster im Vergleich zu K3, GT-System oder ProFile eine signifikant bessere Schneidleistung besitzen. Seine Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein dreieckiger Instrumentenquerschnitt mit spitzen Schneidekanten und konvexen Schneideflächen, wie sie in ähnlicher Form bei FlexMaster und ProTaper zu finden sind, eine bessere Schneidleistung als ein Instrumentenquerschnitt mit „radial lands“ erzielen. Den U-förmigen Schneidekanten gelingt es nicht, sich in das Dentin einzuschneiden, wie es beim Dreikant der Fall ist.

Eine in den Kanal geführte Feile wird, was leicht nachvollziehbar ist, Kontakt an ihrer weitesten Stelle erfahren. Hier wird sie primär ihre Schneidleistung entfalten. Das „Crown-down“-Verfahren beinhaltet die Verwendung der breiteren Feilen zuerst, gefolgt von immer schmaleren. Zwar ist davon auszugehen, dass Wurzelkanäle einen konischen Verlauf haben, aber nicht eine konstante Verjüngung Richtung apikal. Wird das Protokoll der rotierenden Kanalaufbereitung nicht eingehalten, kann es unter Umständen zum Veranken bzw. zur Blockade im Kontaktbereich der Feile mit dem Dentin kommen. Übertragen wir nun die Schlussfolgerungen von weiter oben auf diese Infor-



(Abb. 7 a bis c) ▶

mation, liegt es nahe, dass eine Feilenfraktur eintreten kann. Die Trennstelle ist die Region der höchsten Beanspruchung (höchster Torque). Klinische Erfahrungen beweisen, dass das apikale Drittel einer Feile meist der Bereich der Trennung ist.

Die Geometrie der Feilen soll nun in direkte Beziehung zu der des natürlichen Wurzelkanals gesetzt werden. Die erste Auffälligkeit ist sicherlich die Unkenntnis der wirklichen mathematisch-anatomischen Gegebenheit. Folgerichtig benötigen wir ein Aufbereitungsprotokoll, welches die fallbezogene höchste Annäherung besitzt. Lassen Sie uns die verschiedenen anatomischen Eigenschaften des Kanals schematisch sichtbar machen.

In bukkalingualer zweidimensionaler Projektion kann der Kanal sowohl einen runden als auch einen ovalen Durchschnitt aufweisen. Das heißt praktisch, die Feile hat auch einen seitlichen Schneidebedarf



(Abb. 8 a und b) ▶

(Abb. 2). Wurzelkanalfeilen besitzen einen runden Durchmesser. Werden sie ausschließlich in koronopikaler Richtung eingesetzt, verbleiben zahlreiche unberührte Dentinflächen. Crown-down-Aufbereitung beginnt mit Feilen breiterer Konizität. Die Feilen erfahren direkten Kontakt mit dem Dentin bereits im koronalen Anteil (Abb. 3).

Die zentral orientierte Aufbereitung ist deutlich zu sehen. Der Umfang der mechanisch nicht aufbereiteten Kanaloberfläche wird sichtbar. Die Bewegung der im rotierenden Modus befindlichen Feile erlaubt ein „lokales“ seitliches „Schneiden“ des Kanals (Abb. 4 und 5). Im ovalen Kanal reicht die vertikale Bewegung der rotierenden Feile nicht aus, um dezentrale Areale zu berühren. Um auch hier eine mechanische Aufbereitung erreichen zu können, muss die Feile während der Rotation entlang des ovalen Kanaldurchmessers geführt werden (Abb. 6 bis 8).

Klinische Fälle unter Anwendung des K3-Feilensystems

1. Pat. A. (WB Rös)

Eine 38-jährige Patientin stellte sich in der Praxis mit akuter Symptomatik vor. Die eingehende Untersuchung hat die Vermutung einer akuten Pulpitis bestätigt. Nach erfolgreicher Anästhesie wurde im „Crown-down“-Modus die Kanalerweiterung ausgeführt. Die chemische Desinfektion erfolgte unter Einhaltung des fortschrittlichsten Spülprotokolls. Zur Anwendung kam das K3-Feilensystem (SybronEndo). Die gewählte Feilensequenz:

Distale Kanäle = Variabler Spitzendurchmesser – unveränderte Konizität, letzte eingesetzte Feile war .06/40.

Mesiobukkal & mesiolingual = Variabler Spitzendurchmesser – variable Konizität, letzte eingesetzte Feile war .06/30. Die Behandlung wurde in einer Sitzung ausgeführt (Abb. 7 a–c).

2. Pat. L. (WB Rös)

Ein 44-jähriger Patient stellte sich in der Praxis mit akuter Symptomatik vor. Der Verdacht einer akuten Pulpitis wurde durch die eingehende Untersuchung erhärtet. Nach erfolgreicher Anästhesie erfolgte die Kanalerweiterung im „Crown-down“-Modus. Die chemische Desinfektion erfolgte unter Einhaltung des fortschrittlichsten Spülprotokolls. Zur Anwendung kam auch in diesem Fall das K3-Feilensystem. Die gewählte Feilensequenz:

Palatinaler Kanal = Variabler Spitzendurchmesser – unveränderte Konizität, letzte eingesetzte Feile war .06/40.

Mesiobukkal 1 & mesiobukkal 2 = Variabler Spitzendurchmesser – variable Konizität, letzte eingesetzte Feile war .06/25.

Distaler Kanal = Variabler Spitzendurchmesser – unveränderte Konizität, letzte eingesetzte Feile war .06/35 (Abb. 8a–b). ◀◀