

Aufbereitungstechniken

Die Möglichkeiten der maschinellen Wurzelkanalaufbereitung

Die mechanische Aufbereitung des komplexen Wurzelkanalsystems stellt neben der chemischen Desinfektion den wichtigsten Arbeitsschritt der Wurzelkanalbehandlung dar. Zum einen soll eine umfassende Keimreduzierung stattfinden und zum anderen soll die ebenso schwierige Aufgabe der Formgebung der Wurzelkanäle erfüllt werden, die später eine dichte, wandständige Wurzelkanalfüllung erlaubt.

Folgende Forderungen an die Wurzelkanalaufbereitung sind seit langem bekannt und allgemein akzeptiert:

- gleichmäßiger, zirkumferenter Abtrag des ggf. infizierten Wanddentins
- keine Über- oder Unterpräparation
- konische Präparationsform
- eindeutiger apikaler Stopp
- Vermeidung jeglicher Präparation oder Extrusion von Debris über das Foramen apicale hinaus
- gleichmäßige Reinigung und Glättung der Kanalwand
- Entfernung des pulpalen Weichgewebes und nekrotischen Debris, möglichst geringe Schmier-schicht auf der Kanalwand
- keine Stufenbildung, keine Verluste an Arbeitslänge
- keine Begradigung gekrümmter Kanäle, keine Verlagerung des Foramen physiologicum („transportation“)

- keine Verbolzung und Verblockung der Kanäle mit Dentinspänen
- Vermeidung irregulärer Apikalpräparationen („elbow“, „zip“, „teardrop“)

Um diesen Forderungen gerecht zu werden, wurde bis heute eine Vielzahl unterschiedlicher Präparationsinstrumente und Aufbereitungstechniken entwickelt, untersucht und vorgestellt. Die Entwicklung maschineller Hilfsmittel zur Wurzelkanalaufbereitung begann vor bereits mehr als 100 Jahren. Bei der maschinellen Aufbereitung werden heute voll rotierende Systeme mit Nickel-Titan-Instrumenten anstelle von konventionellen Stahlfeilen verwendet. Die Instrumente werden v. a. in der Crown-down- und neuerdings auch in einer so genannten Single-length-Technik eingesetzt.

Nickel-Titan. In der Zahnheilkunde wurden Nickel-Titan-Legie-

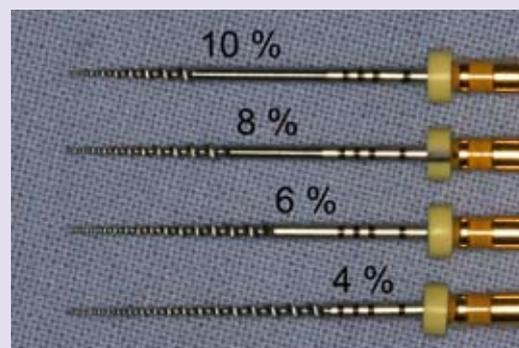
rungen zuerst in den 70er Jahren in der Kieferorthopädie eingesetzt, bevor Walia et al. 1988 das erste Wurzelkanalaufbereitungsinstrument aus Nickel-Titan vorstellten. Die Legierung der Instrumente besteht aus 55 Gewichtsprozent Nickel und 45 Gewichtsprozent Titan, was die Flexibilität der Instrumente im Vergleich zu konventionellen Stahlinstrumenten um das Dreifache erhöht. Ein gebogenes Instrument richtet sich wieder vollständig gerade aus („memory effect“), sobald es nicht mehr unter Spannung steht. Es kommt nicht zu permanenten plastischen Deformationen („superelasticity“).

Instrumentenspitzen. Alle heute gängigen Nickel-Titan-Instrumente haben eine nichtschneidende, also abgerundete Instrumentenspitze (Batt-Spitze). Sie ermöglicht, dass die Instrumente besser im Kanal zentriert bleiben und die Häufigkeit und das Ausmaß von Kanalbegradigungen sowie das Risiko von Stufenbildungen und Perforationen reduziert werden.

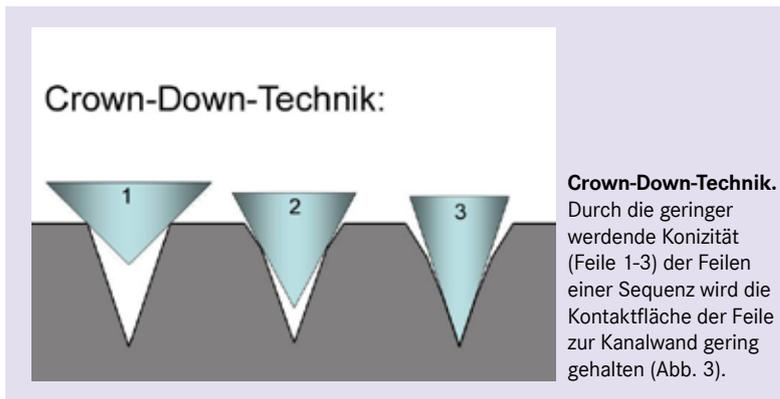
Instrumente. Teilweise verfügen Nickel-Titan-Systeme über breite seitliche Führungsflächen („radial lands“), die eine bessere Zentrierung



Unterschiedliche Instrumentengeometrien verschiedener Hersteller: Gemeinsamkeit ist nur der dreieckige Querschnitt (Abb. 1).



Instrumentensequenz von System GT: Die Instrumente haben alle den gleichen Durchmesser, aber unterschiedliche Konizitäten (Abb. 2).



der Instrumente im Wurzelkanal sichern sollen (z. B. ProFile, System GT, beide Dentsply Maillefer, Ballaigues, Schweiz). Da diese breiten Führungsflächen nichtschneidend sind, werden diese Instrumente auch als passiv bezeichnet. Die neueren Systeme verwenden meist aktive Instrumente, d. h. scharfe Schneidekanten mit einer höheren Abtragsleistung (z. B. FlexMaster, VDW, München; ProTaper, Dentsply Maillefer; RaCe, FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Schweiz). Ein passives, also mit seitlichen Führungsflächen versehenes Instrument soll weniger schnell in der Lage sein, im gekrümmten Wurzelkanal eine Begradigung zu erzeugen als ein aktives Instrument mit seinen aggressiveren Schneidekanten. Jedoch haben passive Instrumente durch die seitlichen Führungsflächen eine größere Kontaktfläche zum Dentin der Kanalwand. Durch die erhöhte Friktion und das damit verbundene erhöhte Drehmoment steigt die Frakturgefahr dieser Instrumente, die zudem noch einen geringeren Kerndurchmesser aufweisen als Instrumente mit scharfen Schneidekanten. Die aktuelle Literatur zeigt, dass aktive Instrumente auch in gekrümmten Wurzelkanälen eine gute Zentrierung des Instruments im Kanal ermöglichen und damit nicht zu nennenswerten Begradigungen führen.

Einschraubender Effekt. Trotzdem muss betont werden, dass bestimmte aktive Instrumente die Tendenz zeigen, sich gefährlich in die Kanäle einzuschrauben. Dies gilt besonders für Instrumente mit einer konstanten Konizität, Ganghöhe und Schneidekantenwinkel.

In der Praxis zeigt sich, dass sich diese Instrumente bei Friktion „in den Kanal hineinziehen“. Es wurde angenommen, dass eine kontinuierliche Änderung der Ganghöhe und des Schneidekantenwinkels über die Länge der Schneidekante diesen einschraubenden Effekt verringern könnte. Eine Möglichkeit, diesen Effekt zu reduzieren, wurde bei den RaCe-Instrumenten gewählt, bei denen jedes Instrument eine konstante Konizität hat, aber sich gewundene Anteile der Schneidekanten mit geraden Anteilen abwechseln (Abb. 1). Diese alternierenden Schneidekanten geben den Instrumenten auch ihren Namen (RaCe=“reamer with alternating cutting edges“). Die Firma Dentsply Maillefer hat bei ihren ProTaper Shaping Files die Gefahr des Einschraubens reduziert, indem jedes Instrument mit einer variablen Konizität ausgestattet wurde, die von der Instrumentenspitze in Richtung Schaft zunimmt. Beide Ansätze reduzieren die Gefahr des Einschraubens, indem sie auch die Kontaktfläche des Instruments zum Dentin verringern.

Konizität. Die maschinellen Instrumente unterscheiden sich von den konventionellen Handfeilen nicht nur dadurch, dass sie aus Nickel-Titan gefertigt werden, sondern auch dadurch, dass sie auch in größeren Konizitäten angeboten werden. Während eine Konizität („taper“) von 2 Prozent für Handinstrumente Standard war, weisen die aktuellen Instrumente Konizitäten von 2 Prozent, 4 Prozent, 6 Prozent bis zu 19 Prozent auf. Solch starke Konizitäten sind aber nur bei reduzierter Länge des Arbeitsteils zu realisieren, da die Feilendurchmes-

ser sonst koronal zu groß würden. Die meisten Systeme umfassen Feilen mit zwei bis drei unterschiedlichen Konizitäten, wobei die Konizität innerhalb des Arbeitsteils nicht variiert. Eine Ausnahme bildet das ProTaper-System mit unterschiedlichen Konizitäten innerhalb eines Instruments.

Wechselnde Konizitäten waren auch der Schlüssel zu der Crown-Down-Technik beispielsweise mit dem System GT Files. Hierbei wird der Kanal von koronal nach apikal unter der Verwendung von in ihrer Konizität abnehmenden Instrumenten (erst 12 Prozent Konizität, dann 10 Prozent, 8 Prozent, 6 Prozent und 4 Prozent) erschlossen (Abb. 2). Durch die kleiner werdende Konizität wird die Kontaktfläche zwischen Instrument und Kanalwand sehr gering gehalten, was das Drehmoment und damit die Frakturgefahr reduziert und die Aufbereitung erleichtert (Abb. 3).

Da Instrumente mit großen Konizitäten schon relativ nahe an der Instrumentenspitze große Durchmesser erreichen, ist die Flexibilität dieser Instrumente eingeschränkt. Somit führt eine Reduktion der Konizität zu einer Erhöhung der Flexibilität. Deswegen sollten Instrumente der Konizität von 6 Prozent und mehr in stark gekrümmten Kanälen nicht jenseits der Krümmung eingesetzt werden, um Instrumentenfrakturen und Kanalverlagerungen zu vermeiden. Eine Konizität von 2 Prozent verleiht den Instrumenten eine optimale Flexibilität. Dies ist auch ein Grund, warum manche maschinellen Systeme (z. B. FlexMaster, RaCe) Instrumente dieser Konizität für die apikale Erweiterung vorsehen. Die ProTaper Finishing Files F2 und F3 haben an der Instrumentenspitze Konizitäten von 8 Prozent bzw. 9 Prozent (Abb. 1). Aus dieser sehr großen Konizität resultieren wiederum große Durchmesser und eine sehr eingeschränkte Flexibilität. In Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass bei der Aufbereitung gekrümmter Kanäle häufig Abweichungen vom originären Kanalverlauf auftraten (z. B. Begradigungen). Deswegen sollten die ProTaper Finishing Files F2 und F3 bei der Aufbereitung stark gekrümmter

Kanäle nicht zum Einsatz kommen.

Gleitpfad. Bei der Präparation des so genannten Gleitpfades wird der Wurzelkanal vor der Erweiterung mit maschinellen Systemen mit konventionellen Handfeilen aus Edelstahl oder auch aus Nickel-Titan (Konizität von 2 Prozent) z. B. der ISO-Größe 10 bis 20 präpariert. Der Gleitpfad bringt den initialen Durchmesser des Wurzelkanals für die maschinelle Aufbereitung somit auf eine einheitliche Größe. Er reduziert damit den mechanischen Stress der maschinellen Nickel-Titan-Instrumente und verbessert die Vorhersagbarkeit der maschinellen Aufbereitung. Die Präparation eines Gleitpfades ist vor allem nötig, wenn die Form und die Konizität der Instrumente einen hohen mechanischen Stress bedingen. So ist es z. B. vor der Aufbereitung mit den ProTaper Shaping Files oder Mtwo (VDW, München) dringend empfohlen, einen Gleitpfad zu präparieren, da andernfalls die dünnen Instrumentenspitzen im Kanal blockieren und dadurch abbrechen können.

Crown-down-technique. Bei der Crown-down-Technik wird erst der koronale Anteil des Wurzelkanals bearbeitet, bevor die apikale Region instrumentiert wird (Abb. 3). Bis auf wenige Ausnahmen (z. B. LightSpeed, LightSpeed Technology, San Antonio, TX, USA; Mtwo, VDW) werden alle Nickel-Titan-Systeme in Kombination mit der Crown-down-Technik angewendet. Für viele endodontisch erfahrene Behandler ist die Crown-down-Technik heute selbstverständlich geworden und ein unumstößlicher Bestandteil der rotierenden Aufbereitung. Für Anfänger bezüglich der maschinellen Aufbereitung stellt die Vorgehensweise von koronal nach apikal jedoch möglicherweise ein Hemmnis dar, da unklar ist, wie tief die Instrumente jeweils in den Wurzelkanal eingebracht werden sollen.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine Feilensequenz aufzubauen, um sich von koronal nach apikal arbeiten zu können. Einerseits kann dies durch eine Veränderung des Spitzendurchmessers der Feilen (von großen ISO-Größen zu



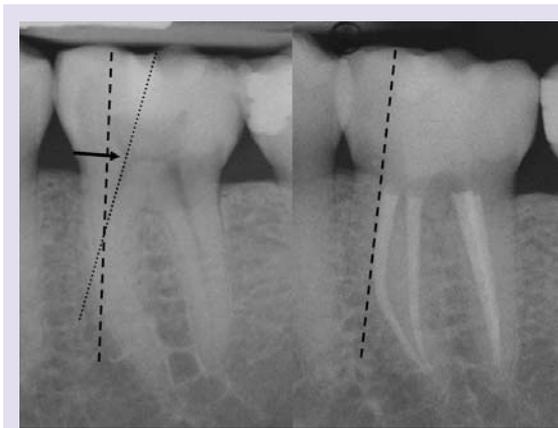
Bürstende Bewegung wie sie z. B. für ProTaper Shaping Files und Mtwo empfohlen wird. Beim Herausziehen des Instrumentes wird Richtung Außenkurvatur „gebürstet“ (Abb. 4).

kleineren) erfolgen, andererseits durch eine Veränderung der Konizität (z. B. 6 Prozent, dann 4 Prozent und letztlich 2 Prozent; Abb. 3). Selbstverständlich kann man auch sowohl Spitzendurchmesser als auch Konizität ändern. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, mit ein und demselben Instrument eine Crown-down-Technik durchzuführen. Hierfür muss allerdings die Arbeitsweise geändert werden. Die Instrumente werden dann nicht nur wie ein Reamer verwendet, der sich einfach Richtung apikal vorarbeitet, sondern auch wie eine Hedströmfeile mit ziehenden (von manchen Autoren auch beschrieben mit „bürstenden“) Bewegungen („brushing action“; z. B. ProTaper Shaping Files; Abb. 4). Dies hat zum einen den Vorteil, dass der mechanische Stress für die Feile gering ist und die Instrumentenspitze nicht blockieren kann, und zum anderen, dass die verstärkte koronale Erweiterung die Arbeit der folgenden Feile einfacher und sicherer macht.

Im Jahr 2003 wurde das von Maignino entwickelte System Mtwo auf den Markt gebracht, das auf eine Modifikation der so genannten „standardisierten (Aufbereitungs-) Technik“ in Form der so genannten „Single-length-Technik“ zurückgreift. Erste Beschreibungen einer apexnahen Aufbereitung gingen als „standardisierte Technik“ zu Beginn der 60er Jahre in die Literatur ein. Wesentliches Merkmal dieser Technik war das sofortige instrumentelle Vordringen bis zur vollständigen Arbeitslänge. Auch bei der „Single-length-Technik“

wird der Wurzelkanal bereits mit dem ersten Instrument in seiner gesamten Arbeitslänge instrumentiert und anschließend auf derselben Länge erweitert. Auf bekannte Aufbereitungssystematiken wie Crown-down oder Step-back wird vollständig verzichtet. Die Instrumentengeometrie der Mtwo-Feilen ähnelt der einer Hedström-Feile bzw. S-Feile. Durch einen ansteigenden Schneidenabstand nach koronal wird der einschraubende Effekt reduziert. Die Geometrie der Instrumente deutet auf die geforderte Arbeitsweise hin: wie bereits oben beschrieben, werden die Feilen mit bürstenden Bewegungen an der Kanalwand eingesetzt. Ein Problem bei der Single-length-Technik könnte die Keimverschleppung von koronal nach apikal und in die periradikulären Gewebe darstellen, wenn bereits initial durch den mit nekrotischem Gewebe gefüllten koronalen Wurzelkanalanteil auf vollständige Arbeitslänge instrumentiert wird. Bei der Crown-down-Technik hingegen wird dieses nekrotische Gewebe zwangsläufig entfernt, bevor apikal instrumentiert wird.

Gleitmittel. Die meisten Hersteller empfehlen, die Anwendung der maschinellen Nickel-Titan-Instrumente mit einem Gleitmittel zu kombinieren (z. B. FileCare, VDW; Glyde, Premier Dental, Philadelphia, USA; RC-Prep, Dentsply DeTrey, Konstanz). Diese sollen die Schmierschicht („smear layer“) entfernen, das Verkleben der Feilen im Kanal verhindern und damit die Frakturgefahr reduzieren, ein



Dentinüberhang. Um einen geradlinigen Zugang zum Kanalsystem zu erhalten, muss der Dentinüberhang am Kanaleingangsbereich (s. Pfeil) in Richtung Außenkurvatur entfernt werden (links: Ausgangssituation; rechts: Situation nach der Behandlung; s. a. Abb. 4) (Abb. 5).

erleichtertes Vordringen der Instrumente im Kanal ermöglichen und antibakteriell wirken, u. a. durch das im Gleitmittel enthaltene EDTA.

Allerdings ist heute bekannt, dass das EDTA des Gleitmittels mit dem bei der Aufbereitung meist als Spüllösung verwendeten Natriumhypochlorit interagieren, was die antibakterielle Wirkung eher reduziert als fördert. Für die Entfernung der Schmierschicht ist das EDTA in wässriger Lösung ohnehin effektiver als im Gleitmittel. Außerdem zeigte eine aktuelle Studie, dass Gleitmittel das Drehmoment von aktiven Instrumenten (ProTaper) zwar reduzieren konnte, während bei Instrumenten mit seitlichen Führungsflächen (ProFile) ein gegenteiliger Effekt beobachtet werden konnte. Die Autoren schlussfolgern, dass Gleitmittel nicht generell, sondern nur selektiv eingesetzt werden sollen. Sie empfehlen Gleitmittel vor allem beim initialen Zugang zum Wurzelkanal und raten davon ab, rotierende Instrumente mit Gleitmitteln anzuwenden.

Nickel-Titan und Frakturen.

Alle Nickel-Titan-Instrumente scheinen relativ fraktur anfällig zu sein. Ein Verkleben der Instrumente (z. B. im Isthmus zwischen zwei Kanälen), zu starke Friktion, das Überspringen von Größen, das Ändern der Geschwindigkeit, ein falscher Winkel beim Einführen der Feile in den Kanal, zu starker nach apikal gerichteter Druck bei der Präparation und zu häufige Anwendung der Instrumente sind einige der möglichen Ursachen für diese Frakturen. Die Hersteller empfeh-

len daher intensives Training an extrahierten Zähnen vor dem klinischen Einsatz und regelmäßiges Auswechseln gebrauchter Feilen. Eine konsequent durchgeführte Dokumentation der Anwendungshäufigkeit und eine fachgerechte Anwendung der Instrumente, die durch Weiterentwicklungen immer frakturresistenter geworden sind, können das Frakturrisiko fast vollständig ausschalten.

Antriebssysteme. In der Anfangsphase der maschinellen Aufbereitung wurden die Nickel-Titan-Instrumente in herkömmlichen (an die Behandlungseinheit gekoppelten) Winkelstücken eingesetzt, was in einer inakzeptablen Frakturrate resultierte. Viele Hersteller reagierten daraufhin mit der Entwicklung spezieller Antriebssysteme, die auf die metallurgischen Eigenschaften der Instrumente abgestimmt sind. Neben Antrieben mit Drehmomentbegrenzung und einstellbaren Umdrehungszahlen und Drehmomentgrenzen stehen auch Motoren mit integrierter Längenmessung zur Verfügung. Viele Motoren bieten auch eine Funktion, bei der sich festgedrehte Instrumente wieder rückwärts aus dem Kanal hinausdrehen oder sich aus dem Kanal herausrütteln. In einigen Antriebssystemen sind bereits die gängigen Feilensysteme mit ihren Umdrehungszahlen und Drehmomentgrenzen fest programmiert oder lassen sich leicht auf das Antriebssystem aufspielen.

Grundregeln. Um Instrumentenfrakturen und Kanalverlagerungen

zu vermeiden, sollten folgende allgemeine Handhabungsrichtlinien für Nickel-Titan-Systeme beachtet werden:

- Ausreichend große Zugangskavität mit einem geradlinigen Zugang zum Wurzelkanal (Abb. 5).
- Sorgfältige Festlegung der Arbeitslänge und entsprechende Justierung des Stoppers.
- Einhalten der vom Hersteller vorgegebenen Drehzahlen.
- Passive Arbeitsweise.
- Sanfte Auf- und Abbewegung des Instruments im Kanal, ohne es mit Druck nach apikal zu forcieren.
- Die Arbeitszeit eines Instruments sollte 10 Sekunden nicht überschreiten.
- Kein Starten oder Stoppen des Instrumentes im Kanal: Es sollte bereits rotierend in den Kanal eingebracht werden.
- Es soll immer im feuchten Wurzelkanal präpariert und häufig und intensiv (in der Regel mit Natriumhypochlorit) gespült werden.
- Die Anwendungshäufigkeit der Feilen sollte exakt dokumentiert werden.
- Die Instrumente sollten vor und nach jedem Gebrauch optisch (z. B. mit Lupenbrille oder Operationsmikroskop) kontrolliert werden, um deformierte Instrumente rechtzeitig zu verwerfen.

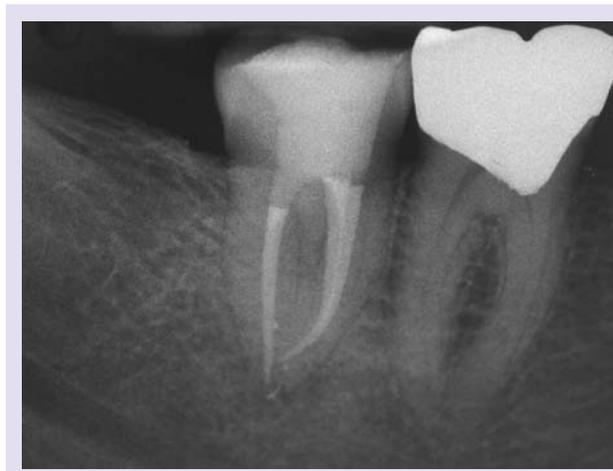
Revision. Rotierende Nickel-Titan-Instrumente werden zunehmend auch für die Revision von Wurzelkanalfüllungen eingesetzt. Einige ältere Publikationen zeigten, dass sich mit Guttapercha gefüllte Wurzelkanäle gut mit ProFile revidieren ließen. In aktuelleren Untersuchungen konnten FlexMaster-, ProTaper- und RaCe-Instrumente in geraden Kanälen gute Ergebnisse erzielen, während für gekrümmte Kanäle insbesondere RaCe geeignet erschien. Im Vergleich zu Handinstrumenten aus Edelstahl kann allerdings auch bei diesen Systemen nicht immer eine Verbesserung der Reinigungswirkung und eine Verkürzung der Arbeitszeit festgestellt werden. Insgesamt traten Instrumentenfrakturen in diesen Untersuchungen sehr selten auf.

Grenzen. Die Wurzelkanalauf-

bereitung gerader und weiltumiger Wurzelkanäle ist häufig mit gleichem Aufwand und in gleicher Qualität auch mit konventionellen Handinstrumenten aus Stahl oder Nickel-Titan möglich. Handinstrumente sind hier sogar vorzuziehen, da die Aufbereitung bis zu höheren Größen erfolgen kann.

Speziell distale Wurzeln von unteren Molaren weisen häufig einen schlitzförmigen, ovalen oder nierenförmigen Wurzelkanalquerschnitt auf. Nur die wenigsten Wurzelkanäle sind im Querschnitt rund. Aufgrund ihrer hohen Flexibilität lassen sich Nickel-Titan-Instrumente in die bukkalen und lingualen Ausläufer der Kanäle führen. Deswegen ergeben sich nach der Aufbereitung oft Kanalquerschnitte, die zentral einen runden Querschnitt zeigen, deren bukkale und linguale Ausläufer aber unbearbeitet bleiben. Auch bei der Verbindung zweier Wurzelkanäle durch einen Isthmus ist es mit der maschinellen Aufbereitung häufig unmöglich, diesen Isthmus zu bearbeiten.

Wenn bei der Initialbehandlung versehentlich eine Stufe in die Kanalwand präpariert wurde („ledge“), ist es mit maschinell betriebenen Nickel-Titan-Feilen häufig nicht möglich, diese Stufe erfolgreich zu passieren. In diesen Fällen muss die Stufe zuerst mit vorgebogenen Handinstrumenten nivelliert werden, bevor maschinell betriebene Nickel-Titan-Instrumen-



Maschinell aufbereiteter Zahn 47 mit anschließender warmer vertikaler Wurzelfüllung (Abb. 6).

te angewendet werden können.

Wissenschaftliche Untersuchungen. In einer aktuellen Literaturübersicht über die maschinelle Aufbereitung mit Nickel-Titan-Instrumenten konnte gezeigt werden, dass Nickel-Titan-Instrumente mit seitlichen Führungsflächen mehr Debris und Schmierschicht zurücklassen als Instrumente mit aktiven Schneidekanten. Es konnte zudem geschlossen werden, dass die Nickel-Titan-Aufbereitung im Vergleich zur manuellen Aufbereitung nicht zu einer verbesserten mikroskopisch sichtbaren Reinigung des Wurzelkanals führt. Allerdings konnten zahlreiche Untersuchungen bestätigen, dass maschinell betriebene Nickel-Titan-Instrumente die Aufbereitung insgesamt, vor allem aber die Aufbereitung gekrümmter

Kanäle erleichtern (Abb. 6).

*Dr. med. dent. Jörg F. Schirrmeister,
Abteilung für Zahnerhaltungskunde
und Parodontologie,
Universitätsklinik für Zahn-,
Mund- und Kieferheilkunde der
Albert-Ludwigs-Universität
Freiburg*

Informationen

Das Literaturverzeichnis kann angefordert werden beim

Informationszentrum
Zahngesundheit
Herdweg 59
70174 Stuttgart
Tel. 0711/222966-14
Fax 0711/222966-21
E-Mail: info@zahnaerzteblatt.de

Anzeige