

Katharina Eichelsdörfer, Katharina Büttner, Ulrich Lohbauer, Anselm Petschelt, Zvi Metzger, Johannes Ebert

# Aufbereitung und Füllung kleiner ovaler Wurzelkanäle: Einfluss des Feilensystems und des Sealers

**Indizes:** GentleFile, GuttaFlow Bioseal, kleiner ovaler Wurzelkanal, Morphometrie, Self-Adjusting File, TotalFill BC Sealer, XP Endo Finisher

**Ziel:** Ziel der vorliegenden Studie war eine morphometrische Analyse kleiner ovaler Wurzelkanäle nach Aufbereitung mit unterschiedlichen Instrumenten (Teil 1) und Füllung unter Verwendung verschiedener Sealer (Teil 2). **Material und Methode:** Insgesamt 90 extrahierte Unterkiefererschneidezähne mit kleinen ovalen Wurzelkanälen wurden mit den Systemen Self-Adjusting File ( $n = 45$ ), XP-endo Finisher ( $n = 15$ ), GentleFile ( $n = 15$ ) und Reciproc ( $n = 15$ ) instrumentiert. Alle Gruppen aus Teil 1 wurden mit AH Plus gefüllt (jeweils  $n = 15$ ). Für Teil 2 der Untersuchung (der auch die Gruppe Self-Adjusting File/AH Plus einschloss) wurden die mit der Self-Adjusting File aufbereiteten, noch ungefüllten Zähne unter Verwendung der Sealer GuttaFlow Bioseal ( $n = 15$ ) und TotalFill BC Sealer ( $n = 15$ ) gefüllt. Alle Sealer wurden mit einem Lentulo eingebracht, und die Füllung erfolgte mit einem Masterpoint sowie zusätzlichen Spitzen. Anschließend wurden Seitenschnitte der Zähne in Abständen von 1 mm, beginnend von der Wurzelspitze bis 10 mm von der Wurzelspitze entfernt angefertigt. Für jeden Schnitt wurden die Gesamtquerschnittsfläche des Wurzelkanals, der Anteil der mit Guttapercha gefüllten Fläche (AGGF), Sealer, Fehlstellen und Debris mit einer interaktiven Bildanalyse-Software ermittelt. **Ergebnisse:** Die Aufbereitung mit Reciproc führte zu signifikant größeren Kanallumina als diejenige mit der Self-Adjusting File, der GentleFile oder dem XP-endo Finisher, aber auch zum größten AGGF und zum geringsten Anteil von Sealer ( $p \leq 0,05$ ). Nach Aufbereitung mit XP-endo Finisher fand sich 1 mm vom Apex der mit signifikantem Abstand größte Prozentsatz von Debris (30 %,  $p \leq 0,05$ ). Beim Vergleich der verschiedenen Sealer waren nur geringfügige Unterschiede zu beobachten (GuttaFlow Bioseal: geringerer Sealeranteil 2 und 3 mm koronal der Wurzelspitze,  $p \leq 0,05$ ). **Schlussfolgerung:** Im Rahmen dieser Studie verursachte Reciproc den größten Substanzverlust, ging jedoch auch mit einem günstigeren AGGF einher. Die apikale Akkumulation von Debris nach Aufbereitung mit dem XP-endo Finisher sollte weiter untersucht werden. Die drei getesteten Sealer lieferten vergleichbar gute Ergebnisse.

## EINLEITUNG

Ein Ziel der klassischen Wurzelkanalaufbereitung besteht darin, das apikale Ende des Wurzelkanals in eine runde Form zu bringen. Dies geschieht mit der Absicht, vorhandene Bakterien zu beseitigen und eine dichte Wurzelkanalfüllung durch einen (runden) Masterpoint zu erreichen, der möglichst exakt passt<sup>7,16</sup>. Normalerweise ist dazu eine relativ großzügige Erweiterung des apikalen Kanaldurchmessers erforderlich<sup>5,14,34</sup>. In Fällen mit einem betont ovalen Kanalquerschnitt lässt sich jedoch das Ziel der Reinigung, Formung, Desinfektion und

Füllung des Kanals mit klassischen rotierenden oder reziproken Instrumenten nicht ohne Weiteres erreichen<sup>21</sup>. Um das Problem zu lösen, wurden mehrere endodontische Instrumentensysteme für eine sanfte, formtreue Präparation ovaler Wurzelkanäle entwickelt. Das erste dieser Systeme war die Self-Adjusting File (SAF, Fa. ReDent Nova, Berlin, Deutschland), die auch in der vorliegenden Studie zum Einsatz kam<sup>21</sup>.

Eine zweite Option zur Aufbereitung ovaler Wurzelkanäle ist der XP-endo Finisher (XP, Fa. FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Schweiz), ein nicht konisches Instrument in der ISO-Größe 25<sup>2</sup>. Seine spezielle Nickel-Titan-Legierung zeichnet sich dadurch aus, dass zwischen Raum- und Körpertemperatur ein Übergang von der martensitischen zur austenitischen Phase stattfindet. Das bei Raumtemperatur gerade Instrument nimmt bei 35 °C in den apikalen 10 mm eine Löffelform an<sup>2</sup>.

Deutsche Version des englischen Originalbeitrags: Eichelsdörfer K, Büttner K, Lohbauer U, Petschelt A, Metzger Z, Ebert J: Preparation and filling of small oval root canals: influence of file system and sealer. Quintessence Int 2022; 53: 656–665, doi: 10.3290/j.qi.b3094955

Beim Einsatz mit rotierenden Bewegungen soll es die Kanaloberfläche, einschließlich ovaler Kanalanteile abschaben und reinigen<sup>2</sup>.

Ein weiteres Instrumentensystem für die ovale Kanalaufbereitung, die GentleFile (GF, MedicNRC, Kibbuz Afikim, Israel), umfasst eine Reihe von Stahlinstrumenten unterschiedlicher Durchmesser<sup>22</sup>. Diese Instrumente bestehen nicht aus einem soliden Metallkörper, sondern aus verdrehten Edelstahl-Einzeldrähten. Die Oberfläche ist mit einem abrasiven Medium beschichtet. Die GF ist gut biegsam und übt nur wenig Kraft auf die Kanalwände aus. Die Bildung von Wurzelrissen ist also unwahrscheinlich<sup>22</sup>. Da das Instrument bewusst nicht perfekt zentriert ist und der Motor sehr schnell dreht (6.500 U/min), schwingt die Spitze zentrifugal zur Seite aus, bis sie auf ein Hindernis, in diesem Fall die Wurzelkanalwand, trifft. Damit wird auch die Präparation ovaler Wurzelkanalabschnitte möglich.

In einer früheren Studie wurde der Einfluss unterschiedlicher Sealerapplikations- und Füllungstechniken auf die Morphometrie der Wurzelkanalfüllung in kleinen ovalen Wurzelkanälen bereits für einen silikonbasierten Sealer (GuttaFlow 2, Coltène/Whaledent, Altstätten, Schweiz) getestet<sup>13</sup>. Für die Füllung kleiner ovaler Wurzelkanäle mit anderen Sealern nach Aufbereitung mit der SAF sind diese Eigenschaften (Anteil von guttaperchagefüllter Fläche [AGGF], Sealer, Fehlstellen und Debris) jedoch noch nicht untersucht worden. Außerdem gibt es keine Daten zur Füllung von Wurzelkanälen, die mit den übrigen oben genannten Instrumentensystemen aufbereitet wurden, und es liegen nur wenig Daten zur Größe kleiner ovaler Wurzelkanäle nach Aufbereitung mit diesen Systemen vor. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, die oben erwähnten morphometrischen Parameter sowie die Wurzelkanalquerschnittsfläche nach der Aufbereitung und Füllung unter Verwendung verschiedener Instrumentensysteme (Teil 1) und Sealer (Teil 2) zu untersuchen. Die getestete Nullhypothese lautete, dass weder das verwendete Instrumentensystem noch der applizierte Sealer Einfluss auf die Ergebnisse haben.

## MATERIAL UND METHODE

Aus den extrahierten Zähnen privater Zahnarztpraxen wurden insgesamt 180 Unterkieferschneidezähne ausgewählt, die andernfalls entsorgt worden wären. Alle Zähne waren aufgrund einer zahnmedizinischen Indikation, in keinem Fall zum Zweck der vorliegenden Untersuchung extrahiert worden. In Einklang mit der Stellungnahme der Zentralen Ethikkommission (ZEKO) zur „(Weiter-)Verwendung von menschlichen Körpermaterialien für Zwecke medizinischer Forschung“<sup>36</sup> war eine ethische Bewilligung nicht zwingend erforderlich, und es wurde die uneingeschränkte Erlaubnis zur Verwendung dieser anonymen Zähne zu Forschungs- und Publikationszwecken erteilt<sup>19</sup>. Die ausgewählten Zähne wurden bis zur Verwendung in 1%iger Chloramin-T-Lösung (Apotheke des Uniklinikums Erlangen) gelagert.

Alle Zähne wurden im vestibulo-oralen und mesio-distalen Strahlengang geröntgt, um zu bestätigen, dass ein einzelner Wurzelkanal mit ovalem Querschnitt (Verhältnis vestibulo-oraler zu mesio-distaler Durchmesser 5 mm koronal des Apex mindestens 2,5 : 1) vorlag<sup>10</sup>. Für die Hauptversuche kamen 90 Zähne zum Einsatz. Die übrigen Zähne dienten zu Trainingszwecken oder Vorversuchen, fungierten als Ersatz für verloren gegangene Zähne im Hauptversuch oder wurden wegen ungeeigneter Kanalformen (bspw. zwei Wurzelkanäle) vom Hauptversuch ausgeschlossen.

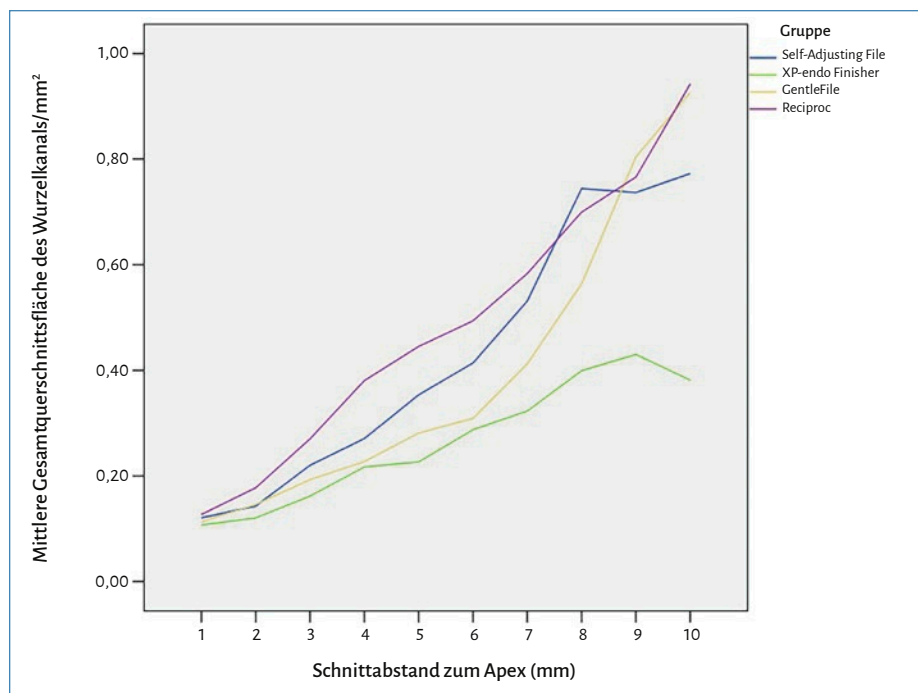
In früheren Studien hatte sich eine Stichprobengröße von  $n=10$  je Gruppe als ausreichend erwiesen, um signifikante Differenzen zu erkennen<sup>13,15</sup>. Die Kalkulation mit einem Onlinetool zur Berechnung von Stichprobengrößen (<https://clincalc.com/stats/samplesize.aspx>, Alphafehler: 0,05, Teststärke: 95 %) ergab jedoch eine erforderliche Gruppengröße von  $n=15$ . Während des gesamten Versuchs bis zur Einbettung für die Herstellung der Serienschnitte wurden die Zähne vor Austrocknung geschützt. An allen Zähnen wurde eine Zugangskavität präpariert und die Länge des Wurzelkanals bestimmt, wozu ein Instrument der ISO-Größe 10/Taper .02 (K-Feile, Fa. Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, USA) bis zum anatomischen Apex vorgeschoben und 1 mm von der gemessenen Länge subtrahiert wurde. In Fällen, in denen ein ISO-25/.02-Instrument (K-Reamer, Fa. Dentsply Maillefer) ohne Aufbereitung bis zu dieser Länge eingeführt werden konnte, wurde der Zahn ausgeschlossen und ersetzt. Dieses Vorgehen sollte sicherstellen, dass ein kleiner Kanal vorlag<sup>35</sup>. Die Zähne wurden per Randomisierung vier Gruppen für verschiedene Instrumente und zwei zusätzlichen Gruppen für die Verwendung anderer Sealer nach Aufbereitung mit der SAF zugeordnet. Dabei wurde für eine gleichmäßige Verteilung der Kanalformen (gemäß Röntgenbild) und der Kanallängen gesorgt. Alle Zähne erhielten eine eingravierte Nummer, um während der Versuchsabläufe eindeutig identifiziert werden zu können.

Alle Wurzelkanäle wurden zunächst manuell (C- und NiTiFlex-Feilen, Fa. Dentsply Maillefer) bis ISO 25/.02 aufbereitet. Diese Gleitweggröße, die einen Schritt über derjenigen der Vorgängerstudie<sup>13</sup> lag, war nötig, um die vom Hersteller des XP geforderten Voraussetzungen zu erfüllen, und wurde für die anderen Instrumentensysteme übernommen, um für alle untersuchten Instrumente vergleichbare Voraussetzungen zu schaffen.

### Teil 1: Instrumentensysteme

Die Anwendung der Instrumente folgte jeweils den Herstellerempfehlungen:

In Gruppe 1 wurden alle Wurzelkanäle mit einer SAF (Variante 1,5 mm/25 mm, Fa. ReDent Nova) in einem 1 : 1 übersetzten Winkelstück (Fa. KaVo, Biberach, Deutschland) mit RDT3-Kopf (Fa. ReDent Nova), der mit 5.000 Oszillationen/min läuft, vier Minuten lang bis zur



**Abb. 1** Darstellung der durchschnittlichen Gesamtquerschnittsflächen des Wurzelkanals bezüglich der untersuchten Instrumentengruppen und Schnittebenen im Liniendiagramm

Arbeitslänge aufbereitet. Dieser Arbeitsschritt erfolgte unter begleitender Spülung mit 3%igem NaOCl (Fa. Hedinger, Stuttgart, Deutschland) bei einer Fließrate von 4 ml/min, die von einer VATEA-Pumpe (Fa. ReDent Nova) geliefert wurde.

In Gruppe 2 wurde ein XP mit CO<sub>2</sub>-Schnee abgekühlt. Der aufzubereitende Zahn wurde mit 3%igem NaOCl gespült und auf Körpertemperatur (37 °C) erwärmt. Anschließend wurde der XP ohne Rotation in den Kanal eingeführt. Die Bearbeitung erfolgte dann mit 800 U/min für eine Minute auf folgende Weise: Das Instrument wurde langsam und sanft 7 bis 8 mm in Längsrichtung bewegt, um die gesamte Kanallänge mit der Spitze des XP abzufahren, wobei Druck auf die Kanalwand ausgeübt wurde. Währenddessen wurde das Instrument nicht aus dem Wurzelkanal entfernt.

In Gruppe 3 wurde eine Sequenz von GF-Instrumenten in einem mit 6.500 U/min laufenden Winkelstück eingesetzt: Zuerst wurde eine graue codierte GF (Spitzengröße 022, Länge 20 mm) eingeführt, bis das apikale Drittel des Zahns erreicht war. Daran schlossen sich eine rot codierte GF (Spitzengröße 023, Länge 25 mm) und schließlich eine gelb codierte GF (Spitzengröße 021, Länge 25 mm) an. Sofern es nicht gelang, das apikale Drittel mit der grauen GF zu erreichen, wurde zunächst ein Instrument mit größerer Spitze verwendet und anschließend erneut die graue GF, gefolgt von den anderen beschriebenen Instrumenten benutzt. Die einzelnen GF wurden nicht länger als 30 Sekunden pro Zahn eingesetzt.

In der als Referenz dienenden Gruppe 4 kam ein Reciproc-Instrument (REC, Fa. VDW, München, Deutschland) in der Größe R25 zum Einsatz. Dieses wurde in einem Endomotor mit einstellbarem Drehmoment

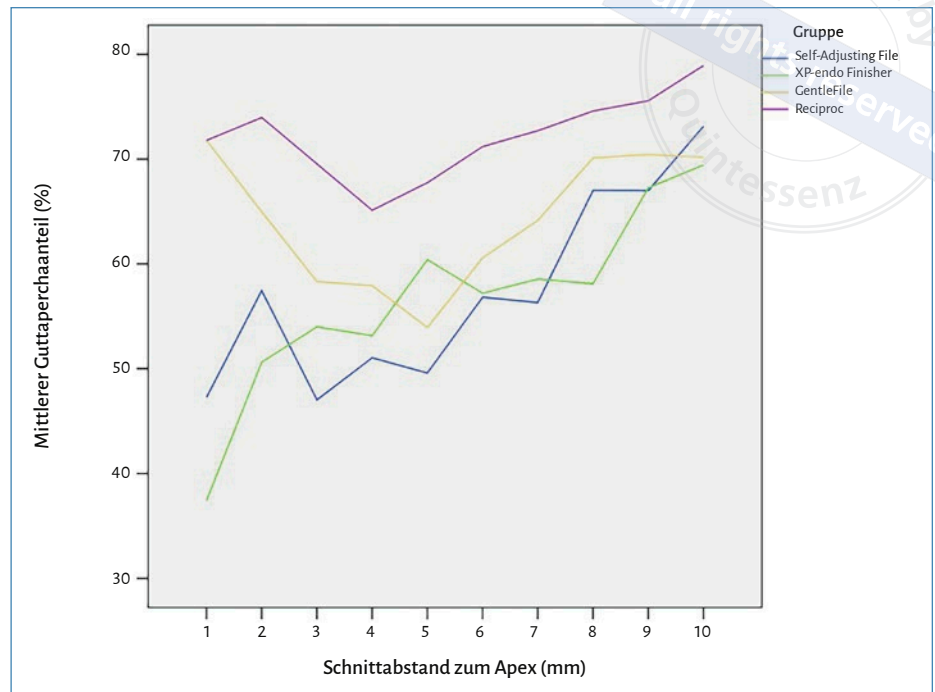
(VDW Silver, Fa. VDW) unter Verwendung des Reciproc-Programms betrieben und so lange verwendet, bis es die Arbeitslänge erreicht hatte.

Alle Instrumente wurden maximal für drei Zähne verwendet, im Fall einer sichtbaren mechanischen Beschädigung jedoch bereits früher ersetzt.

Zur Entfernung der Schmierschicht erfolgte eine Spülung mit 1 ml 40%iger Zitronensäure<sup>26</sup> (Apothek des Uniklinikums Erlangen). Diese wurde mittels einer kleinen CanalBrush (Fa. Coltène/Whaledent) 30 Sekunden schallaktiviert, die in einer Schallzahnbürste (Sonicare HX 7800, Fa. Philips, Amsterdam, Niederlande) montiert war. Diese war mit einer speziell angefertigten Spannvorrichtung für rotierende Instrumente (bereitgestellt von Coltène/Whaledent) ausgerüstet, wie von Salman et al. beschrieben<sup>25</sup>. Anschließend wurde der Schritt mit 1 ml 3%igem NaOCl und dann nochmals mit 1 ml 70%igem Ethanol wiederholt. Schließlich wurden alle Zähne zur Kontrolle der Aufbereitung erneut geröntgt.

Ein Guttapercha-Masterpoint mit Taper .02 (Coltène/Whaledent) und geeigneter Größe (ISO 20 oder 25) wurde auf apikale Klemmpassung (Tug Back) bei Arbeitslänge angepasst. In Gruppe 4 erfolgte dasselbe mit einem R25-Masterpoint (Fa. VDW). Anschließend wurde AH Plus (AHP, Fa. Dentsply De Trey, Konstanz, Deutschland) mit einem Lentulo in der Größe 25 (Fa. Dentsply Maillefer) eingebracht. Die Wurzelkanalfüllung erfolgte durch Einsetzen des Masterpoints und zusätzlicher Spitzen ohne Anwendung einer Kompaktionstechnik, das heißt, es wurden nach Bedarf zusätzliche Guttaperchaspitzen in der Größe B (Fa. Maillefer Dentsply) platziert, ohne dass ein Spreader zum Einsatz kam. Überschüssiges Material wurde mit einem heißen Instrument am

**Abb. 2** Darstellung des durchschnittlichen Anteils mit Guttapercha gefüllter Querschnittsfläche für die untersuchten Instrumentengruppen und Schnittebenen im Liniendiagramm



Kanaleingang abgetrennt. Anschließend wurde die Guttapercha mit einem Plugger (HDC 1 oder HDC 2, Fa. Deppeler, Rolle, Schweiz) vertikal in den Kanal kondensiert.

### Teil 2: Sealer

Die Wurzelkanäle der Gruppen 5 und 6 wurden mit der SAF aufbereitet, wie oben bereits für Gruppe 1 beschrieben, die auch als Vergleichsgruppe für diesen Teil der Untersuchung diente. Auch Spülung, Vorbereitung des Masterpoints, Applikation des Sealers und Überschussentfernung erfolgten wie in Gruppe 1. In der Gruppe 5 kam jedoch GuttaFlow Bioseal (GFB, Fa. Coltène/Whaledent), in Gruppe 6 Total Fill BC sealer (BCS, Fa. FKG Dentaire, Le Crêt-du-Loche, Schweiz) zum Einsatz.

### Röntgenkontrolle

Von jedem Zahn wurde als Kontrollaufnahme (wie bei einem Patienten) ein Röntgenbild im vestibulo-oralen Strahlengang aufgenommen. Wenn die Wurzelkanalfüllung frei von Fehlstellen war und Arbeitslänge erreichte, wurde die Probe in die Auswertung einbezogen, andernfalls ersetzt. Zusätzlich wurden die Zähne auch mesio-distal geröntgt.

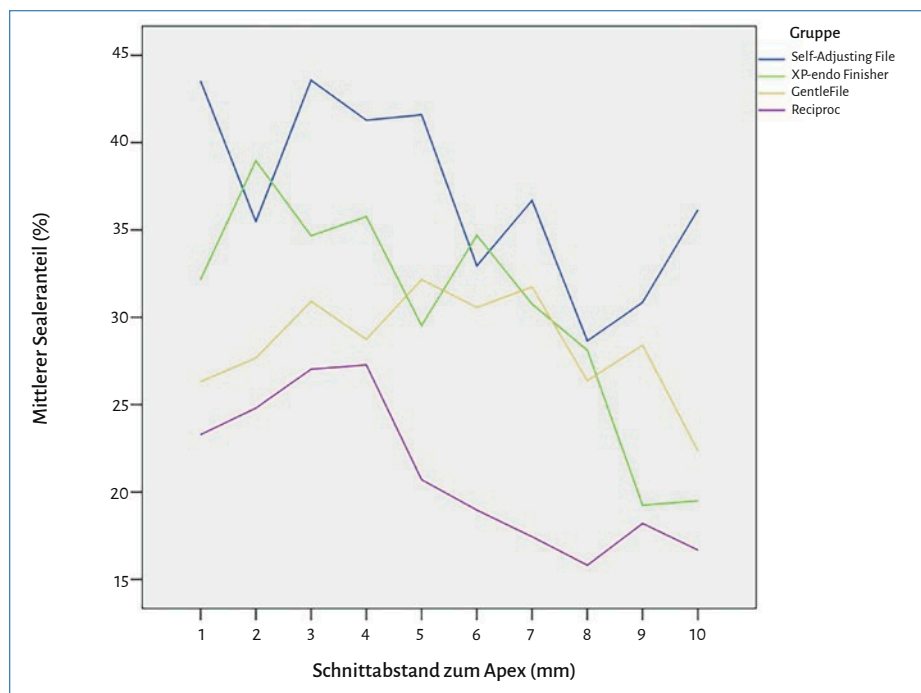
### Herstellung der Schnittserien

Alle Zähne wurden mindestens eine Woche in einem Brutschrank (INE 600, Fa. Memmert, Schwabach, Deutschland) bei 37 °C und 100 %

Luftfeuchtigkeit gelagert, um den Sealer vollständig aushärten zu lassen. Anschließend wurden bis zu fünf Zähne einer Gruppe so in einen Kunststoff (Biresin G27, Fa. Sika, Stuttgart, Deutschland) eingebettet, dass die Zahnnummer lesbar blieb. Dann erfolgte die Herstellung der Schnittserien mittels einer Buehler-Isomet-Säge (Buehler Isomet, Modellnummer 11-1280-250, Fa. Buehler) mit einem 0,3 mm dicken Sägeblatt. Die Serienschnitte erfolgten senkrecht zur Zahnlängsachse in Abständen von 1 mm beginnend bei 1 mm von der Wurzelspitze bis 10 mm koronal der Wurzelspitze<sup>13</sup>.

### Auswertung der Serienschnitte

Die kompletten Schnittserien aller Zähne wurden fotografiert und unter einem Lichtmikroskop (Stemi SV 6, Fa. Zeiss, Oberkochen, Deutschland) bei 40-facher Vergrößerung analysiert. Die Analyse des Wurzelkanalbereichs erfolgte mithilfe einer interaktiven Bildanalysesoftware (Axio Vision 4.8.2.0, Fa. Zeiss). Die Flächeninhalte unterschiedlich aussehender Bereiche innerhalb des Wurzelkanalquerschnitts wurden gemessen und den Kategorien Guttaperchaspitze(n), Sealer, Fehlstelle (leere Fläche) und Debris (weißliches Material) zugeordnet. Die Flächeninhalte wurden in Quadratmillimetern ermittelt und durch die Gesamtquerschnittsfläche des Wurzelkanals, ebenfalls in Quadratmillimetern, geteilt, um den prozentualen Anteil der einzelnen Kategorien zu berechnen<sup>13</sup>.



**Abb. 3** Darstellung des durchschnittlichen Anteils von Sealer für die untersuchten Instrumentengruppen und Schnittebenen im Liniendiagramm

## Statistische Analyse

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte in einer Statistiksoftware (SPSS, Version 21.0, Fa. IBM, Armonk, NY, USA). Das Signifikanzniveau war  $\alpha = 0,05$ . Wenn für fast alle Untergruppen bezüglich der verschiedenen Schnittebenen eine Normalverteilung angenommen werden konnte (Kolmogorow-Smirnow-Test,  $p > 0,05$ ), sollten parametrische Tests durchgeführt werden.

## ERGEBNISSE

### Verluste von Proben und Instrumenten

Aufgrund von anhand vestibulo-oraler Röntgenbilder als insuffizient beurteilter Wurzelkanalfüllungen mussten sieben Proben ersetzt werden. Ein Ausschluss von Zähnen aufgrund eines zu großen Wurzelkanals war nicht nötig. Während der Wurzelkanalaufbereitung und -füllung sowie der Herstellung der Schnittserien gingen keinerlei Proben verloren. Alle Instrumente waren in der Anwendung sicher. Lediglich bei den SAF kam es im Betrieb zu Brüchen einzelner Streben des Titangitters, aber die jeweiligen Wurzelkanäle wurden dabei nicht blockiert. In den SAF-Gruppen 1, 5 und 6 mussten sieben Instrumente vorzeitig (vor der Verwendung für drei Kanäle) ausgetauscht werden, während in den Gruppen 2 bis 4 kein Instrument vorzeitig ersetzt wurde.

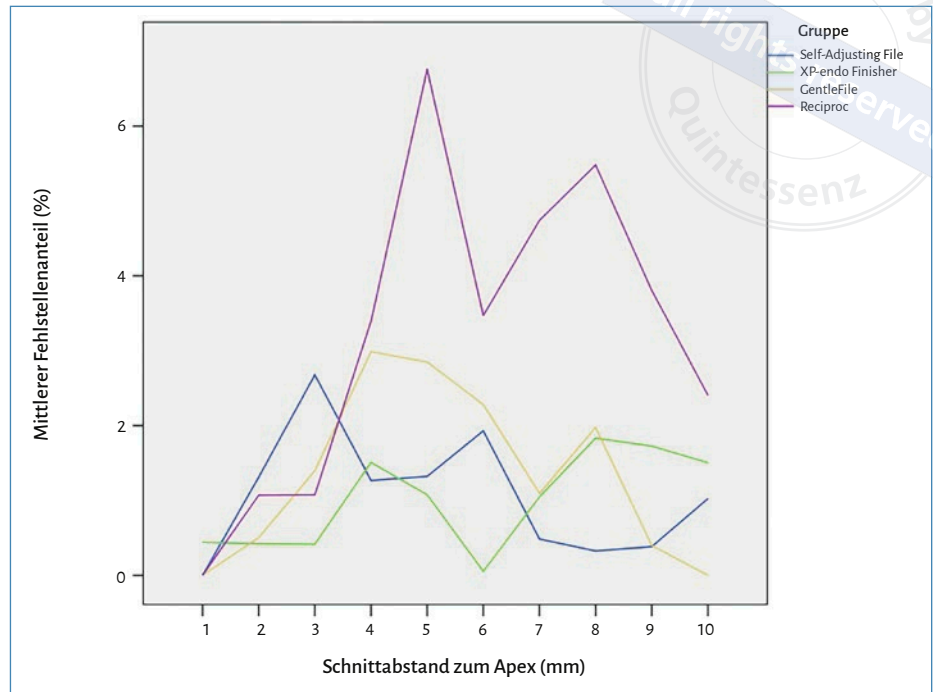
## Statistische Auswertung

In fast allen Untergruppen erwiesen sich die Daten für die Wurzelkanal-Querschnittsfläche, den AGGF und den Sealeranteil als normalverteilt (Kolmogorow-Smirnow-Test,  $p > 0,05$ ), weshalb die Analyse mit parametrischen Tests (Varianzanalyse und Student-Newman-Keuls-Test [SNK] als Post-hoc-Test) erfolgte. Da sich in vielen Untergruppen für den Anteil von Fehlstellen und Debris keine Normalverteilung (Kolmogorow-Smirnow-Test,  $p > 0,05$ ) der Daten fand, wurden für diese Parameter nichtparametrische Tests (Kruskal-Wallis- [KW] und Mann-Whitney-Test [MW]) genutzt.

### Gesamtquerschnittsfläche des Wurzelkanals

In Teil 1 der Studie fand sich der höchste Wert für die Gesamtquerschnittsfläche des Wurzelkanals in der REC-Gruppe, gefolgt von SAF, GF und XP (Abb. 1). Auf den Schnittebenen von 2 mm bis 10 mm koronal des Apex fanden sich signifikante Differenzen zwischen einzelnen Instrumentensystemen (Varianzanalyse,  $p \leq 0,01$ ): So zeigte die REC-Gruppe auf allen Ebenen von 2 mm bis 10 mm signifikant größere Wurzelkanäle als die anderen Gruppen, während in der SAF-Gruppe 3 mm und 5 mm koronal des Apex signifikant größere Kanäle als für den XP beobachtet wurden (SNK,  $p \leq 0,05$ ). Von 6 mm bis 9 mm waren die Wurzelkanäle in der REC- und der SAF-Gruppe signifikant größer als in der XP-Gruppe (SNK:  $p \leq 0,05$ ). Zudem war in der REC-Gruppe im mittleren Drittel des Wurzelkanals eine Veränderung des Querschnitts in Richtung einer

**Abb. 4** Darstellung des durchschnittlichen Anteils von Fehlstellen für die untersuchten Instrumentengruppen und Schnittebenen im Liniendiagramm



Kreisform zu beobachten, während die mit den anderen Instrumenten aufbereiteten Kanäle mehr oder weniger oval blieben. Zwischen den drei SAF-Gruppen mit unterschiedlichen Sealern (Teil 2 der Studie) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

### Anteil der mit Guttapercha gefüllten Fläche (AGGF)

In Teil 1 fand sich der größte AGGF durchgehend in der REC-Gruppe. In den übrigen Gruppen waren die Werte generell niedriger (Abb. 2). Signifikante Differenzen zwischen den Gruppen waren auf allen Schnitthöhen von 1 mm bis 7 mm koronal des Apex zu beobachten, ausgenommen bei 4 mm (Varianzanalyse,  $p \leq 0,05$ ). Auf der Schnittebene 1 mm oberhalb des Apex zeigten sich in der REC- und der GF-Gruppe signifikant höhere Werte als in der XP- und der SAF-Gruppe (SNK,  $p \leq 0,05$ ). Weiter koronal waren die Differenzen zwischen REC und SAF oder zwischen REC und allen anderen Gruppen signifikant (SNK,  $p \leq 0,05$ ). Von 8 mm bis 10 mm fanden sich zwischen den Teil-1-Gruppen keine signifikanten Unterschiede mehr. Für die Gruppen mit unterschiedlichen Sealern (Teil 2) waren auf keiner Schnitthöhe signifikante Differenzen zu beobachten.

### Sealeranteil

Von den Teil-1-Gruppen zeigte REC den geringsten prozentualen Anteil von Sealer, gefolgt von GF und XP, während er in der SAF-Gruppe insgesamt am höchsten war (Abb. 3). Im apikalen Segment von 1 mm bis 3 mm unterschieden sich die Gruppen nicht signifikant voneinander

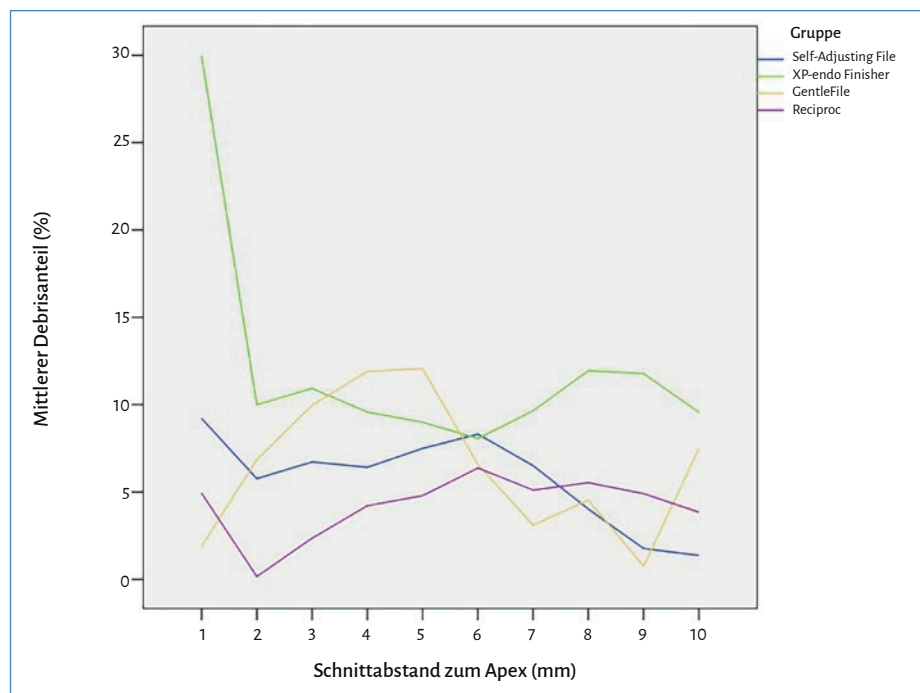
(Varianzanalyse,  $p \leq 0,05$ ). Zwischen 4 mm und 7 mm koronal des Apex fanden sich in der REC-Gruppe signifikant geringere Werte als in der SAF-Gruppe, bei 6 mm auch signifikant geringer als in der XP- und der GF-Gruppe (SNK,  $p \leq 0,05$ ). Die Werte für XP und GF waren zudem 4 mm und 5 mm koronal des Apex signifikant kleiner als die für die SAF (SNK,  $p \leq 0,05$ ). Von 8 mm bis 10 mm fanden sich keine signifikanten Differenzen. Von den Teil-2-Gruppen zeigte GFB auf den Schnitthöhen 2 mm und 3 mm geringere Sealeranteile als BCS (SNK,  $p \leq 0,05$ ) sowie bei 3 mm als AHP (SNK,  $p \leq 0,05$ ).

### Fehlstellenanteil

In der REC-Gruppe traten auch für den Anteil an Fehlstellen die höchsten Werte auf (Abb. 4). Signifikant war die Differenz zu den übrigen Gruppen jedoch nur 8 mm koronal des Wurzelapex (MW,  $p \leq 0,05$ ). Zwischen den verschiedenen Sealergruppen (Teil 2) wurden keine signifikanten Unterschiede beobachtet.

### Debrisanteil

Unter den Teil-1-Gruppen wies XP 1 mm koronal des Apex einen Prozentsatz von 30 % (Standardabweichung [SD]: 38 %) an Debris auf. Die Ergebnisse der XP-Gruppe unterschieden sich sowohl 1 mm als auch 9 mm koronal der Wurzelspitze signifikant von den anderen Gruppen (KW,  $p \leq 0,05$ , und MW,  $p \leq 0,05$ ) (Abb. 5). Zwischen den Sealergruppen (Teil 2) zeigten sich keine Differenzen.



**Abb. 5** Darstellung des durchschnittlichen Anteils von Debris für die untersuchten Instrumentengruppen und Schnittebenen im Liniendiagramm

## DISKUSSION

Die statistische Auswertung ergab für alle Gruppen des ersten Teils der Studie signifikante Differenzen zwischen den untersuchten Parametern. Daher wurde die Nullhypothese abgelehnt. Im zweiten Teil fanden sich lediglich für den Sealeranteil auf einigen wenigen Schnitthöhen signifikante Unterschiede. Abgesehen von diesen Ausnahmen war die Nullhypothese in diesem Teil anzunehmen.

In-vitro-Studien, in denen Zahnschnitte ausgewertet werden, sind eine Möglichkeit, die Qualität von Wurzelkanalfüllungen zu bestimmen<sup>15</sup>. Gegenüber Mikro-CT-Untersuchungen ( $\mu$ CT) hat diese Methode jedoch gewisse Nachteile: Da keine nichtdestruktive Messung der Proben vor der Kanalaufbereitung möglich ist, kann nicht direkt getestet werden, ob die Kanalgeometrien der einzelnen Gruppen vergleichbar sind<sup>24</sup>. Vielmehr muss dies durch eine sorgfältige Verteilung auf der Grundlage äußerer Messungen oder anhand von Röntgenbildern sichergestellt werden. In der vorliegenden Studie zeigten alle drei SAF-Gruppen untereinander vergleichbare Dimensionen der aufbereiteten Wurzelkanäle. Daraus kann geschlossen werden, dass die beobachteten Unterschiede zwischen den untersuchten Instrumentensystemen durch diese Systeme selbst bedingt waren. Ein gewisser Vorteil von Schnittserien gegenüber der  $\mu$ CT-Untersuchung liegt darin, dass Debris relativ gut vom Dentin unterscheidbar sind. In  $\mu$ CT-Studien muss die Bestimmung des Debrisanteils durch Vergleich des Kanalvolumens vor der Aufbereitung mit dem Volumen des aufbereiteten und/oder gefüllten Wurzelkanals erfolgen<sup>24</sup>. In Abschnitten, in denen der Wurzelkanal kleiner geworden ist, kann auf

die Einlagerung von Debris geschlossen werden, deren Röntgendichte ungefähr derjenigen von Dentin entspricht. Größter Vorteil der Schnittserie gegenüber der  $\mu$ CT sind die relativ geringen Kosten, weshalb sie sich als Methode für vorläufige Vorversuche und Screenings eignet. In dieser Studie und einer Vorgängeruntersuchung mit vergleichbarer Methodik<sup>13</sup> konnte gezeigt werden, dass einige Faktoren (Wurzelkanal-Aufbereitungsinstrument und -Füllungstechnik) Einfluss auf die Ergebnisse haben, andere (Sealerapplikationstechnik und Sealmaterial) hingegen nicht. Diese Ergebnisse sollten durch eine  $\mu$ CT-Studie bestätigt werden.

Die Methode musste gegenüber einer früheren Studie<sup>13</sup> in zwei Punkten geändert werden: (1) Der Gleitpfad wurde anstatt bis ISO 20 bis ISO 25 präpariert. Dies war notwendig, weil andernfalls der XP nicht gemäß Herstellerspezifikation hätte verwendet werden können<sup>12</sup>. (2) Das empfohlene Spülvolumen für die SAF war vom Hersteller von 5 ml auf 4 ml geändert worden, was umgesetzt wurde, um die aktuellen Spezifikationen von ReDent Nova zu beachten. Abgesehen davon blieb das Vorgehen unverändert<sup>13</sup>.

Ein Blick auf die verwendeten Endo-Feilsysteme zeigt, dass die Instrumente der Systeme sich bezüglich Material und Konstruktion stark voneinander unterscheiden: hohle, schabende NiTi-Instrumente (SAF), biegbare Edelstahl-Instrumente (GF), NiTi-Instrumente, die neuartige metallurgische Eigenschaften nutzen, um von einer geraden Form in eine Art „breiten Lentulo“ zu transformieren (XP), sowie ein reziprokes R25-Instrument (das kleinste dieses Systems) als Referenz (REC). Dennoch sind die ersten drei Instrumentensysteme in derselben Absicht entwickelt worden: um die mit der Aufbereitung ovaler

Wurzelkanäle verbundenen Probleme zu lösen. Alle bezwecken eine Instrumentierung und/oder Reinigung der ovalen Abschnitte des Wurzelkanalsystems, ohne zu viel Substanz zu entfernen. Verschieden ist nur der technische Ansatz. Da diese Studie die Aufbereitung und Füllung kleiner ovaler Wurzelkanäle zum Thema hatte, wurden alle genannten Systeme eingeschlossen.

Der Vergleich der untersuchten Systeme ergab, dass die mit REC aufbereiteten Wurzelkanäle weiter waren als die mit den übrigen Instrumenten aufbereiteten. Dieser Befund korrespondiert mit den runden Kanalquerschnitten, die in der REC-Gruppe besonders im mittleren Wurzelkanaldrittel zu finden waren und als unnötige Entfernung von Zahnschubstanz zu werten sind. Der nach der Wurzelkanalaufbereitung mittels REC beobachtete größere AGGF ist (wenngleich prinzipiell wünschenswert) für die untersuchten Sealer nicht erforderlich, da diese keiner Schrumpfung unterliegen<sup>20,23,30</sup>. Frühere Studien berichten zudem von durch REC erzeugten Rissen in der Wurzelkanalwand<sup>13,17,33</sup>. Darin ist ein Risikofaktor für vorzeitigen endodontischen Misserfolg zu sehen. Allerdings konnte der Befund von Mikrorissen in  $\mu$ CT-Studien nicht bestätigt werden<sup>6,9,11</sup>. Zudem war die angewendete Aufbereitungsgröße – ISO 25/.08 im Bereich der apikalen 3 mm – relativ gering und kleiner als die Aufbereitung auf ISO 40/.04, die in einer anderen Studie als „guter Kompromiss“ zwischen Substanzerhalt und Spülvolumen im apikalen Drittel bezeichnet wird<sup>37</sup>.

Da der XP-endo-Shaper, ein dem hier verwendeten XP ähnliches Instrument für die Wurzelkanalaufbereitung auf ISO-Größe 30, bei Studienbeginn noch nicht verfügbar war, wurde nach Herstellung eines adäquaten Gleitpfades der XP als alleiniges Instrument verwendet. Die nach der Aufbereitung mit dem XP zu beobachtenden relativ engen Wurzelkanäle haben den Nachteil, dass infiziertes Dentin, falls vorhanden, nicht ausreichend entfernt wird. Andererseits kann diese Form der Wurzelkanalaufbereitung als sehr schonend gelten. Untersuchungen mit dem GentleWave-System, das fast ohne Präparation arbeitet<sup>28</sup>, zeigen, dass die mechanische Instrumentierung kein Schlüsselfaktor für klinischen Erfolg ist<sup>29</sup>.

Nach Aufbereitung mit dem XP wurde ein mittlerer Anteil von 30 % Debris in Apexnähe gefunden. Darin liegt ein Nachteil des Systems, wenn die Debris im Fall eines infizierten Kanals Bakterien enthalten. Allerdings wurde der XP zur adjuvanten Verwendung nach der bereits abgeschlossenen Wurzelkanalaufbereitung entwickelt. Er ist nachweislich in der Lage, Debris, Biofilm und Füllungsreste aus dem Kanal zu entfernen<sup>1,4,8</sup>. Bezüglich des vorliegenden Befundes (größere Debrisanteile im apikalen und koronalen Kanaldrittel) ist zu vermuten, dass das Material aus dem mittleren Kanaldrittel entfernt und in Apexnähe sowie (in etwas geringerem Maße) koronal akkumuliert wurde. Diese Annahme erscheint umso plausibler, als für den XP bereits ein Transport von Debris über den Apex hinaus beobachtet wurde<sup>18</sup>. Trotz der „missbräuchlichen“ Verwendung des XP als Präparationsinstrument in dieser

Studie bleibt der Befund kritisch, da der XP in der zurzeit vom Hersteller empfohlenen Aufbereitungssequenz das letzte Instrument darstellt<sup>12</sup>.

Sealer sind eine wichtiger Komponente von Wurzelkanalfüllungen, da sie für den dichten Verschluss des Kanalsystems verantwortlich sind. Für den Gegenstand dieser Studie, kleine ovale Wurzelkanäle, wurde bereits gezeigt, dass die Füllung mit dem in der betreffenden Studie verwendeten Silikonsealer erfolgreich möglich ist<sup>13</sup>. Es wäre allerdings wichtig zu wissen, ob auch andere Sealer verwendet werden können. AHP wird vielfach als Goldstandard unter den Wurzelkanalsealern betrachtet<sup>31,32</sup>. Da noch keine morphometrischen Daten zur Anwendung von AHP in kleinen ovalen Wurzelkanälen vorlagen, wurde dieser Punkt in der vorliegenden Studie untersucht. Bioaktive Sealer sind eine relativ junge Klasse von Sealern, die unter dem Gesichtspunkt der Biokompatibilität vielversprechende Ergebnisse zeigt<sup>27</sup>. Deshalb wurde auch ein Sealer aus dieser Gruppe in die vorliegende Studie eingeschlossen (BCS). Schließlich wurde auch ein neu entwickelter Silikonsealer mit Zusatz von bioaktivem Glas (GBF) in die Untersuchung einbezogen.

Zwischen den genannten Sealern wurden keine signifikanten Unterschiede bezüglich des AGGF sowie des Prozentsatzes an Fehlstellen und Debris beobachtet. Lediglich für den Sealeranteil fanden sich in der GFB-Gruppe 2 mm und 3 mm koronal des Apex signifikant kleinere Werte als in der AHP- und der BCS-Gruppe. Eine Ursache könnte die (rötliche) Farbe von GFB sein, dank deren sich dieser Sealer besser von Debris unterscheiden lässt als AHP (elfenbeinfarben) und BCS (weiß). Der Wert für Debris war im Gegenzug in der GFB-Gruppe leicht erhöht. Diese relativ geringen Unterschiede dürften allerdings keine klinische Relevanz besitzen, sodass alle drei untersuchten Sealer für die Füllung kleiner ovaler Wurzelkanäle als geeignet zu betrachten sind.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sollten nicht die Grundlage für klinische Empfehlungen bilden, da sie gewissen Einschränkungen unterliegen. Die GentleFile ist ein Instrumentensystem, das erst noch gründlich untersucht werden muss. Die vorliegende Untersuchung konnte für dieses System aber eine sichere Anwendung und eine akzeptable Wurzelkanalaufbereitung bestätigen, aber es gibt noch zu wenig Erkenntnisse zu bestimmten Aspekten wie Sauberkeit und Begrädigung der Wurzelkanäle, die in weiteren Studien untersucht werden müssen. Ferner wurde erst nach Abschluss der Planung dieser Studie mit dem GentleFile Brush ein zusätzliches Instrument für die abschließende Kanalreinigung zum GF-Instrumentensystem hinzugefügt. In künftigen Studien sollte das gesamte System getestet werden. Auch die Nutzung des XP nach Präparation eines Gleitpfades mit einer Größe von lediglich ISO 25/.02 stellt eine Einschränkung dar. Zum Zeitpunkt der Studienplanung war der XP-endo Finisher eben erst als abschließendes Reinigungsinstrument für Wurzelkanäle auf den Markt gekommen, die bereits mindestens auf ISO 25/.02 aufbereitet sind. Die aktuellen Empfehlungen zu diesem Instrumentensystem lauten, dass zunächst der XP-endo Shaper mit einem Gleitpfad von mindestens ISO 15/.02 verwendet werden soll,



bevor der XP-endo Finisher zum Einsatz kommt. Künftige Studien sollten also unter Einschluss des XP-endo Shaper durchgeführt werden. Darüber hinaus sollten Untersuchungen mit 3D-Verfahren wie dem  $\mu$ CT durchgeführt werden, um die Ergebnisse der vorliegenden Studie zu verifizieren.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Innerhalb der Grenzen dieser Studie können folgende Schlüsse zur Aufbereitung kleiner ovaler Wurzelkanäle mit den untersuchten Instrumentensystemen (Teil 1) gezogen werden:

- Die getesteten Instrumente bereiteten kleine ovale Wurzelkanäle zu unterschiedlicher Größe auf; die Aufbereitungsgröße nahm in folgender Reihenfolge ab: REC, SAF, GF, XP. Bei Behandlung nicht infizierter Kanäle ist eine geringere Aufbereitung vorzuziehen.
- Die Aufbereitung mit dem REC-System ging im Vergleich zu der mit den anderen Instrumenten mit einem größeren Anteil von Gut-tapercha in der Wurzelkanalfüllung einher und dürfte deshalb bei Verwendung klassischer Sealer zu bevorzugen sein.
- Die Aufbereitung mit dem XP führte zu einem signifikant höheren Anteil von Debris in der Wurzelkanalfüllung als die bei den übrigen Instrumenten. Darin liegt ein möglicher Nachteil bei der Behandlung infizierter Wurzelkanalsysteme.

Zu den untersuchten Sealern (Teil 2) lässt sich folgende Schlussfolgerung ableiten:

- Alle drei getesteten Sealer lieferten vergleichbare Ergebnisse und sollten daher gleichermaßen gut für kleine ovale Wurzelkanäle geeignet sein.

## INTERESSENKONFLIKT

Zvi Metzger arbeitet als wissenschaftlicher Berater für den Hersteller des SAF-Systems ReDent Nova. Vonseiten der anderen Autoren bestehen keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit dieser Studie. Die hier publizierten Ergebnisse sind zugleich Teil der Doktorarbeiten der an erster und zweiter Stelle genannten Autorinnen. Die verwendeten Materialien wurden in Teilen von den Firmen Coltène/Whaledent, FKG Dentaire, MedicNRG und ReDent Nova zur Verfügung gestellt.

## LITERATUR

1. Aksel H, Küçükaya Eren S, Askerbeyli Örs S, Serper A, Ocak M, Çelik HH: Micro-CT evaluation of the removal of root fillings using the ProTaper Universal Retreatment system supplemented by the XP-Endo Finisher file. *Int Endod J* 2019; 52: 1070–1076
2. Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JC, Silveira SB, Provenzano JC, Siqueira JF Jr.: Removal of root canal fillings in curved canals using either reciprocating single- or rotary multi-instrument systems and a supplementary step with the XP-endo Finisher. *J Endod* 2016; 42: 1114–1119
3. Aydin U, Aksoy F, Karataslioglu E, Yildirim C: Effect of ethylenediamine-tetraacetic acid gel on the incidence of dentinal cracks caused by three novel nickel-titanium systems. *Aust Endod J* 2015; 41: 104–110
4. Bao P, Shen Y, Lin J, Haapasalo M: In vitro efficacy of XP-endo Finisher with 2 different protocols on biofilm removal from apical root canals. *J Endod* 2017; 43: 321–325
5. Bartha T, Kalwitzki M, Löst C, Weiger R: Extended apical enlargement with hand files versus rotary NiTi files. Part II: Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006; 102: 692–697
6. Belladonna FG, Rodrigues LLC, Leal ASM et al.: Is canal overinstrumentation able to produce apical root dentinal microcracks in extracted teeth? *Int Endod J* 2021; 54: 1647–1652
7. Card SJ, Sigurdsson A, Ørstavik D, Trope M: The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod* 2002; 28: 779–783
8. De-Deus G, Belladonna FG, de Siqueira Zuolo A et al.: Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. *Clin Oral Investig* 2019; 23: 3087–3093
9. De-Deus G, César de Azevedo Carvalhal J, Belladonna FG et al.: Dentinal microcrack development after canal preparation: a longitudinal in situ micro-computed tomography study using a cadaver model. *J Endod* 2017; 43: 1553–1558
10. De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S: Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J Endod* 2008; 34: 1401–1405
11. De-Deus G, Silva EJ, Marins J et al.: Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *J Endod* 2014; 40: 1447–1450
12. Endo Shaper, Endo Finisher protocol card: [https://www.fkg.ch/sites/default/files/FKG\\_Finisher\\_Protocol%20card\\_XX\\_WEB\\_202208.pdf](https://www.fkg.ch/sites/default/files/FKG_Finisher_Protocol%20card_XX_WEB_202208.pdf) (10.12.2024)
13. Haverroth Schünemann F, Höpfner Canani S, Lohbauer U, Petschelt A, Metzger Z, Ebert J: Filling of small oval root canals: influence of sealer placement and filling technique. *Quintessence Int* 2021; 52: 8–19
14. Hecker H, Bartha T, Löst C, Weiger R: Determining the apical preparation size in premolars: part III: Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010; 110: 118–124
15. Herbert J, Bruder M, Braunsteiner J, Altenburger MJ, Wrbsa KT: Apical quality and adaptation of Resilon, EndoREZ, and Guttaflow root canal fillings in combination with a noncompaction technique. *J Endod* 2009; 35: 261–264
16. Ingle JI: A standardized endodontic technique using newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1961; 14: 83–91
17. Karataş E, Gündüz HA, Kırıcı DÖ, Arslan H: Incidence of dentinal cracks after root canal preparation with ProTaper Gold, Profile Vortex, F360, Reciproc and ProTaper Universal instruments. *Int Endod J* 2016; 49: 905–910
18. Kfir A, Moza-Levi R, Herteanu M, Weissman A, Wigler R: Apical extrusion of debris during the preparation of oval root canals: a comparative study between a full-sequence SAF system and a rotary file system supplemented by XP-Endo Finisher file. *Clin Oral Investig* 2018; 22: 707–713
19. Kielbassa AM, Leimer MR, Hartmann J, Harm S, Pasztosek M, Ulrich IB: Ex vivo investigation on internal tunnel approach/internal resin infiltration and external nanosilver-modified resin infiltration of proximal caries exceeding into dentin. *PLoS One* 2020; 15: e0228249
20. Lopes FC, Zangirolami C, Mazzi-Chaves JF et al.: Effect of sonic and ultrasonic activation on physicochemical properties of root canal sealers. *J Appl Oral Sci* 2019; 27: e20180556
21. Metzger Z: The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. *J Conserv Dent* 2014; 17: 401–419
22. Moreinos D, Dakar A, Stone NJ, Moshonov J: Evaluation of time to fracture and vertical forces applied by a novel Gentlefile system for root canal preparation in simulated root canals. *J Endod* 2016; 42: 505–508
23. Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE: Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater* 2001; 17: 512–519
24. Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M: Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod* 2009; 35: 1044–1047
25. Salman MI, Baumann MA, Hellmich M, Roggendorf MJ, Termaat S: SEM evaluation of root canal debridement with Sonicare CanalBrush irrigation. *Int Endod J* 2010; 43: 363–369
26. Saunders WP, Saunders EM, Herd D, Stephens E: The use of glass ionomer as a root canal sealer: a pilot study. *Int Endod J* 1992; 25: 238–244

27. Seo DG, Lee D, Kim YM, Song D, Kim SY: Biocompatibility and mineralization activity of three calcium silicate-based root canal sealers compared to conventional resin-based sealer in human dental pulp stem cells. *Materials (Basel)* 2019; 12: 2482
28. Shon WJ: Introducing the GentleWave System. *Restor Dent Endod* 2016; 41: 235
29. Sigurdsson A, Garland RW, Le KT, Rassoulian SA: Healing of periapical lesions after endodontic treatment with the Gentle-Wave procedure: A prospective multicenter clinical study. *J Endod* 2018; 44: 510–517
30. Silva Almeida LH, Moraes RR, Morgental RD, Pappen FG: Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies. *J Endod* 2017; 43: 527–535
31. Silva EJ, Perez R, Valentim RM et al.: Dissolution, dislocation and dimensional changes of endodontic sealers after a solubility challenge: a micro-CT approach. *Int Endod J* 2017; 50: 407–414
32. Silva EJNL, Ferreira CM, Pinto KP, Barbosa AFA, Colaco MV, Sassone LM: Influence of variations in the environmental pH on the solubility and water sorption of a calcium silicate-based root canal sealer. *Int Endod J* 2021; 54: 1394–1402
33. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Akpek F, Topçuoğlu C: Effect of glide path and apical preparation size on the incidence of apical crack during the canal preparation using Reciproc, WaveOne, and ProTaper Next systems in curved root canals: A stereomicroscope study. *Scanning* 2016; 38: 585–590
34. Weiger R, Bartha T, Kalwitzki M, Löst C: A clinical method to determine the optimal apical preparation size. Part I: Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006; 102: 686–691
35. Wilcox LR, Van Surksun R: Endodontic retreatment in large and small straight canals. *J Endod* 1991; 17: 119–121
36. Zentrale Ethikkommission: Die (Weiter-)Verwendung von menschlichen Körpermaterialien für Zwecke medizinischer Forschung (20.02.2003). [https://www.zentrale-ethikkommission.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/pdf-Ordner/Zeko/Koerpermat-1.pdf](https://www.zentrale-ethikkommission.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/Zeko/Koerpermat-1.pdf) (19.03.2020)
37. Zhou X, Jiang S, Wang X, Wang S, Zhu X, Zhang C: Comparison of dentinal and apical crack formation caused by four different nickel-titanium rotary and reciprocating systems in large and small canals. *Dent Mater J* 2015; 34: 903–909

## Preparation and filling of small oval root canals: influence of file system and sealer

**Keywords:** GentleFile, GuttaFlow Bioseal, Self-Adjusting File, small oval root canal, Total Fill BC sealer, XP Endo Finisher

**Objective:** To carry out a morphometric analysis of small oval root canals prepared with different instruments (part 1) and filled with different sealers (part 2). **Method and materials:** 90 extracted mandibular incisors with small oval root canals were instrumented with Self-Adjusting File ( $n = 45$ ), XP-endo Finisher ( $n = 15$ ), GentleFile ( $n = 15$ ), or Reciproc ( $n = 15$ ). All groups of part 1 were filled with AH Plus ( $n = 15$  each). For part 2 (including group Self-Adjusting File/AH Plus) teeth instrumented with Self-Adjusting File were additionally filled with GuttaFlow Bioseal ( $n = 15$ ) or Total Fill BC sealer ( $n = 15$ ). All sealers were placed with a lentulo and filled with master point and additional points. Serial cuts were made at 1-mm intervals up to 10 mm. Total root canal area, percentage of gutta-percha filled area (PGFA), sealer, voids, and debris were evaluated using interactive image analysis software. **Results:** Preparation with Reciproc caused significantly wider canals than with Self-Adjusting File, GentleFile, or XP-endo Finisher, but also resulted in the greatest PGFA and lowest percentage of sealer ( $P \leq .05$ ). Following XP-endo Finisher, the significantly greatest percentage of debris (30 %) was found 1 mm from the apex ( $P \leq .05$ ). Regarding different sealers, only minor differences were found (GuttaFlow Bioseal: less percentage of sealer at 2 and 3 mm levels [ $P \leq .05$ ]). **Conclusion:** Within the limits of this study Reciproc caused the greatest substance loss, but also the most favorable PGFA. The apical debris accumulation with XP-endo Finisher needs further investigation. The sealers under investigation performed equally well.



**Katharina Eichelsdörfer**

**Katharina Eichelsdörfer** Dr. med. dent.\*, private Praxis, Ansbach, Deutschland

**Katharina Büttner** Dr. med. dent.\*, private Praxis, Prien, Deutschland

**Ulrich Lohbauer** Prof. Dr.-Ing., Forschungslabor für dentale Biomaterialien, Zahnklinik 1 – Zahnerhaltung und Parodontologie, Uniklinikum Erlangen, Erlangen, Deutschland

**Anselm Petschelt** Prof. em. Dr. med. dent., Zahnklinik 1 – Zahnerhaltung und Parodontologie, Uniklinikum Erlangen, Erlangen, Deutschland

**Zvi Metzger** DMD, Prof. em., Abteilung für Endodontologie, The Goldschleger School of Dental Medicine, Universität Tel Aviv, Tel Aviv, Israel

**Johannes Ebert** PD Dr. med. dent., Zahnklinik 1 – Zahnerhaltung und Parodontologie, Uniklinikum Erlangen, Erlangen, Deutschland

\* gleichberechtigter Beitrag der beiden Autorinnen

**Kontakt:** PD Dr. Johannes Ebert, Zahnklinik 1 – Zahnerhaltung und Parodontologie, Uniklinikum Erlangen, Glückstr. 11, 91054 Erlangen, Deutschland. E-Mail: johannes.ebert@uk-erlangen.de