

Aus der Abteilung
Präventive Zahnmedizin, Parodontologie und Kariologie
(Komm. Direktor: Prof. Dr. med. dent. M. Hülsmann)
im Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

**Vergleichende Untersuchung der Effektivität vier
verschiedener Spültechniken zur Entfernung eines
Wurzelkanalsealers**

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
für Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Jasmin Grischke (geb. Haddadin)

aus
Nienburg/Weser

Göttingen 2011

Dekan: Prof. Dr. med. C. Frömmel

I. Berichterstatter: Prof. Dr. med. dent. M. Hülsmann

**II. Berichterstatter/in: Priv.-Doz. Dr. med. dent.
Sennhenn-Kirchner**

III. Berichterstatter/in: Prof. Dr. med., Dr. rer. Nat. Crozier

Tag der mündlichen Prüfung: 05.10.2011

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	7
2. LITERATURÜBERSICHT	9
2.1 DIE REVISION ENDODONTISCHER MISSERFOLGE	9
2.2. DAS CHEMISCHE DEBRIDEMENT	11
2.2.1 Natriumhypochlorit.....	11
2.3 SPÜLSYSTEME	13
2.3.1 Handspülung	13
2.3.2 RinsEndo.....	14
2.3.3 CanalBrush.....	16
2.3.4 EndoActivator	17
2.3.5 Ultraschallspülung	20
2.4 DER WURZELKANALSEALER AH PLUS	22
3. ZIELE DER ARBEIT	23
4. MATERIAL UND METHODEN.....	24
4.1 AUSWAHL UND VORBEREITUNG DER ZÄHNE	24
4.2 APPLIKATION UND AUSHÄRTUNG DES SEALERS	30
4.3 SPÜLTECHNIKEN.....	31
4.4 BEWERTUNG DER REINIGUNGSWIRKUNG	33
5. ERGEBNISSE.....	35
5.1 REINIGUNG DER WURZELKANALWÄNDE	35
5.2 REINIGUNG DER LATERALEN GRUBEN	43
5.3 STATISTISCHE AUSWERTUNG	44
6. DISKUSSION.....	469
6.1 METHODIK.....	49
6.2 MATERIAL	52
6.3 ERGEBNISSE	52
7. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	58
8. ZUSAMMENFASSUNG	59

9. LITERATURVERZEICHNIS	60
10. ANHANG	70
10.1 MATERIALLISTE	70
10.2 TABELLEN AUS DEN ROHDATEN	71

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABB. 1 DAS RINSEENDO-SYSTEM	16
ABB. 2 DIE CANALBRUSH	17
ABB. 3 DER ENDOACTIVATOR	19
ABB. 4 DER PIEZON-MASTER 400	22
ABB. 5 ZAHNPROBE IN SILAPLAST	25
ABB. 6 MODIFIZIERTER FINGERSREADER.....	26
ABB. 7 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER GRUBEN	27
ABB. 8 LEERE GRUBE	28
ABB. 9 ZAHNPROBE IM SILIKONSCHLÜSSEL.....	29
ABB. 10 MIKROSKOPISCHE AUFNAHME DER SEALERBEDECKTEN GRUBE ...	30
ABB. 11 KREISDIAGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER REINIGUNGSEFFIZIENZ DER KONTROLLGRUPPE.....	35
ABB. 12 GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER REINIGUNGSEFFIZIENZ DER KONTROLLGRUPPE	36
ABB. 13 KREISDIAGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER REINIGUNGSEFFIZIENZ DER CANALBRUSH.....	37
ABB. 14 GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER REINIGUNGSEFFIZIENZ DER CANALBRUSH.	378
ABB. 15 KREISDIAGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER REINIGUNGSEFFIZIENZ DES ENDOACTIVATORS	39
ABB. 16 GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER REINIGUNGSEFFIZIENZ DES ENDOACTIVATORS	40
ABB. 17 KREISDIAGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER REINIGUNGSEFFIZIENZ DES ULTRASCHALLVERFAHRENS.....	41

ABB. 18 GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER REINIGUNGSEFFIZIENZ DES ULTRASCHALLVERFAHRENS	41
ABB. 19 KREISDIAGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER REINIGUNGSEFFIZIENZ DES RINSE-DO-SYSTEMS	42
ABB. 20 GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER REINIGUNGSEFFIZIENZ DES RINSE-DO-SYSTEMS	43
ABB. 21 REINIGUNGSERGEBNIS NACH ULTRASCHALLAKTIVIERTER IRRIGATION AUF DER WURZELKANALWAND UND IN DER KÜNSTLICH ANGELEGTE GRUBE.	44
ABB. 22 INSTRUMENTENFRAKTUR DER CANALBRUSH	57

TABELLENVERZEICHNIS

TAB. 1 MITTELWERTE UND VARIANZEN	35
TAB. 2 INTERINDIVIDUELLE ABWEICHUNGEN	45
TAB. 3 SIGNIFIKANZEN DER VERSUCHSERGEBNISSE ZWISCHEN DEN VERSUCHSGRUPPEN UND DER KONTROLLGRUPPE	46
TAB. 4 SIGNIFIKANZEN INNERHALB DER KONTROLLGRUPPE	47
TAB. 5 SIGNIFIKANZEN INNERHALB DER CANALBRUSH-GRUPPE	47
TAB. 6 SIGNIFIKANZEN INNERHALB DER ENDOACTIVATOR-GRUPPE	47
TAB. 7 SIGNIFIKANZEN INNERHALB DER ULTRASCHALL-GRUPPE	48
TAB. 8 SIGNIFIKANZEN INNERHALB DER RINSE-DO-GRUPPE	48
TAB. 9 ERGEBNISSE DER KONTROLLGRUPPE	71
TAB. 10 ERGEBNISSE DER CANALBRUSH	71
TAB. 11 ERGEBNISSE DES ENDOACTIVATORS	72
TAB. 12 ERGEBNISSE DER ULTRASCHALLGRUPPE	73
TAB. 13 ERGEBNISSE DES RINSE-DO-SYSTEMS	74

Verwendete Abkürzungen

Abb.= Abbildung

AL = Arbeitslänge

d.h. = das heißt

EDTA = Ethylendiamintetraessigsäure

et al. = et alii

etc. = et cetera

GHz = Gigahertz

Hz = Hertz, Einheit für Frequenz

ISO = International Organization of Standardization

kHz = Kilohertz

L= large

M= medium

mm = Millimeter

NaOCl = Natriumhypochlorit

OG = Obergrenze

PUI = passive ultrasonic irrigation

S= small

Tab = Tabelle

$U \text{ min}^{-1}$ = Umdrehungen pro Minute

UG= Untergrenze

US = Ultraschall

μm = Mikrometer

$^{\circ}\text{C}$ = Grad Celsius

% = Prozent

1 Einleitung

Im Inneren eines Zahnes befindet sich die aus Blutgefäßen, Nerven und Bindegewebe bestehende Pulpa. Eine bakterielle Infektion, verursacht durch eine pulpanahe Karies oder ein Trauma, führt zur Entzündung der Pulpa. Ein so infizierter Zahn verursacht in der Regel Schmerzen und bedarf einer Behandlung. Um den Zahn erhalten zu können, ist in diesen Fällen eine Wurzelkanalbehandlung notwendig, die bei sachgemäßer Durchführung eine Erfolgsrate von 80-90% zeigt.

Trotz einer lege artis durchgeführten Behandlung kann es aber bei einer Wurzelkanalbehandlung zu einem Misserfolg kommen.

In diesem Fall sind eine Entfernung des Füllmaterials und die Revision der Wurzelkanalbehandlung angezeigt, um die Fehler und Defizite der Erstbehandlung zu korrigieren. Bei solchen Revisionsbehandlungen sind Erfahrung und Geschick des Behandlers, aber auch die sorgfältige Auswahl des Instrumentariums für den Erfolg mitentscheidend. Eine wichtige Rolle spielen vor allem die Reinigung des Wurzelkanalsystems von allen Füllungsmaterialien und Geweberesten und die folgende Desinfektion.

Die Entfernung einer insuffizienten Wurzelkanalfüllung erfolgt mit Hilfe von starren Instrumenten oder Nickel-Titan-Feilen, mit denen der größte Teil der alten Füllung entfernt werden kann. Bei einer Revision ist das primäre Ziel die Entfernung aller alten Materialrückstände (Guttapercha und Sealer), denn je mehr Füllmaterial verbleibt, desto höher ist das Risiko eines erneuten Misserfolges. Bei der mechanischen Revision bleiben jedoch große Teile ovaler Kanäle, laterale Buchten und Nischen, Isthmen und Anastomosen zwischen den Wurzelkanälen oder feine Seitenkanäle uninstrumentiert. Folglich verbleibt unter Umständen Sealer im Wurzelkanal und birgt somit ein unkalkulierbares Risiko verbleibender Mikroorganismen und ausbleibender Heilung. Umso wichtiger erscheint die Auswahl der optimalen Spültechnik, die auch die möglichst vollständige Entfernung des Sealers von der Wurzelkanalwand gewährleistet. Es bedarf daher einer effizienten Spültechnik, um möglichst alle Materialreste von der Wurzelkanalwand lösen und die darunterliegenden Bereiche erfolgreich desinfizieren zu können. Viele Untersuchungen belegen bereits die

Überlegenheit der Ultraschalltechnik gegenüber der Handspülung bei der Entfernung von „Debris“ und Schmierschicht („smear layer“) aus dem Wurzelkanal. Ergebnisse zur Entfernbarekeit von Sealerresten durch die Wurzelkanalspülung liegen derzeit nicht vor. Die Auswahl an endodontischen Spültechniken ist groß und bislang ist nicht ausreichend geklärt, welche Spültechnik bei der Entfernung von Sealerresten überlegen ist.

Ziel der vorliegenden Studie war der Vergleich unterschiedlicher neuer Spültechniken mit der Ultraschallspülung und der traditionellen Handspülung in der Entfernung von Sealerresten während einer Revisionsbehandlung. Besondere Aufmerksamkeit sollte dabei der Reinigung von instrumentell nicht zugänglichen seitlichen Buchten und Nischen des Wurzelkanals gelten.

2 Literaturübersicht

2.1 Die Revision endodontischer Misserfolge

Eine Revision ist als eine orthograde Reinstrumentierung, Neudesinfektion und erneute Obturation eines erfolglos endodontisch behandelten Zahnes definiert. Die häufigsten Ursachen für einen endodontischen Misserfolg stellen ungenügende Asepsis, insuffiziente Präparations- und Fülltechnik sowie koronales Leakage bei der Initialtherapie dar (ALLEN et al. 1989). Revisionsbehandlungen zeigen abhängig von der Ausgangssituation sehr unterschiedliche Prognosen. So verschlechtert das Vorliegen einer periapikalen Entzündung die Erfolgsrate, wohingegen eine inadäquate Wurzelfüllung ohne periradikuläre pathologische Veränderungen eine deutlich bessere Prognose aufweist (BERGENHOLTZ et al. 1979, DE CHEVIGNY et al. 2008). In einer groß angelegten Studie in den USA konnte gezeigt werden, dass die orthograde Revision eine Erfolgsrate von 85% nach 5 Jahren aufweist. Nur 4% der zunächst konservativ behandelten Zähne wurden chirurgisch therapiert und 11% extrahiert (SALEHRABI UND ROTSTEIN 2010). Trotz dieser hohen Erfolgsraten muss der Zahnarzt während einer Revision vermehrt mit Zwischenfällen rechnen. Diese Komplikationen und Risiken beruhen unter anderem auf der Tatsache, dass sich bereits körperfremdes Material innerhalb des Wurzelkanals befindet. Bei der Entfernung dieses Materials kann es leicht zu Wurzelperforationen oder durch übermäßige Schwächung der Zahnhartsubstanz zu Wurzelfrakturen kommen. Leider kann auch das Überpressen von infektiösem Material in den Periapex nicht immer zuverlässig verhindert werden. Instrumentenfrakturen sowie postoperative Flare-ups stellen weitere Komplikationen dar.

Die Indikationen zur orthograden Revision sind klinische und röntgenologische Anzeichen einer Parodontitis apicalis, unzureichende Qualität einer Wurzelkanalfüllung, reine Pastenfüllungen, nicht behandelte Wurzelkanäle sowie eine längere Speichlexposition der Wurzelkanalfüllung durch insuffiziente koronale Versorgung. Die Entscheidungsfindung zur Notwendigkeit einer orthograden Revision kann mit Hilfe einer Flowchart erfolgen (HÜLSMANN UND WEIGER 1994).

Ziele einer erfolgreichen Revision sind die Ausheilung periapikaler pathologischer Zustände und die Prävention weiterer Zerstörung des periapikalen Parodontiums.

Diesem Anspruch kann nur durch die vollständige Entfernung des Wurzelkanalfüllmaterials sowie durch eine ausreichende Neu-Präparation aller Wurzelkanäle bis zum Foramen physiologicum Rechnung getragen werden (FRIEDMAN et al. 1990). Der ausreichende abschließende Durchmesser der Präparation stellt die Voraussetzung für eine optimale Spülung dar, da die Effizienz des Debridements direkt mit der Größe des Aufbereitungsinstrumentes zusammenhängt (USMAN et al. 2004). Genau wie bei der primären endodontischen Behandlung ist es das Ziel einer Revision, das Wurzelkanalsystem zu reinigen und möglichst dreidimensional zu versiegeln.

Die Reinigung und Desinfektion des meist komplexen Kanalsystems wird jedoch im Fall einer Revision durch Sealerreste deutlich erschwert. Ergebnisse zur Entfernbarkeit von Sealern durch die Wurzelkanalspülung liegen derzeit nicht vor. Die Revision der insuffizienten Wurzelkanalfüllung soll die Infektion eliminieren und eine Reinfektion verhindern. Die Entfernung der Wurzelkanalfüllung erfolgt durch eine mechanische Aufbereitung, die bei der Revision zwar in der Lage ist, die Anzahl der Bakterien zu reduzieren und größte Teile des Füllmaterials aus dem komplexen Kanalsystem zu entfernen, jedoch verbleiben Materialreste und somit auch Bakterien (HÜLSMANN et al. 2005). Hieraus folgt, dass das Ziel der Desinfektion und Reinigung nur durch eine Kombination von mechanischer Aufbereitung mit chemischer Desinfektion erreicht werden kann (HÜLSMANN 2006). Diese chemische Reinigung soll nun bei der Revision die mechanisch nicht zugänglichen Wurzelkanalanteile von Sealerresten, Geweberesten und Bakterien gleichermaßen befreien.

Die vollständige Entfernung von Füllmaterial aus dem Wurzelkanal ist rein mechanisch mit Feilen nicht möglich. Studien über die Entfernung von Kalziumhydroxid aus dem Wurzelkanal zeigen, dass Rückstände an Unregelmäßigkeiten und unbearbeiteten Einziehungen der Kanalwand zurückbleiben (VAN DER SLUIS et al. 2007a). Zur besseren Entfernung der Materialreste ist eine zusätzliche Spülung des Kanals mit geeigneten

Spülmedien notwendig. Für die Entfernung von Kalziumhydroxid konnten mehrere Autoren zeigen, dass die Ultraschallspülung (US) der Handspülung mit Spritze und Kanüle überlegen ist (KENEE et al. 2006, VAN DER SLUIS et al. 2007a). Obwohl sich die US-Spülung bei der Entfernung des „smear-layer“ überlegen zeigt, lässt sich Kalziumhydroxid auch mit Hilfe von Ultraschall nicht vollständig aus dem Wurzelkanal entfernen (KENEE et al. 2006).

2.2 Das chemische Debridement

Die chemische Desinfektion des Wurzelkanalsystems mit antibakteriell wirksamen Flüssigkeiten ist wichtigstes Element einer Erfolg versprechenden Revision. Durch die mechanische Präparation des Wurzelkanals entsteht eine 1-5 µm dicke Schicht, die sogenannte Schmierschicht („smear layer“). Diese Schmierschicht besteht überwiegend aus anorganischen Bestandteilen wie Dentinpartikeln, Prädentin und Debris. Organische Bestandteile der Schmierschicht sind Gewebereste und, bei vorliegender Infektion, auch Mikroorganismen (GOLDMAN et al. 1981 und 1982, KOÇKAPAN 1987 und 1995, TORABINEJAD et al. 2003). Ziele der Wurzelkanalspülung sind die Desinfektion des Endodonts, die Auflösung organischer und anorganischer Wurzelkanalinhalte, besonders in mechanisch unzugänglichen Regionen des komplexen endodontischen Systems, die Inaktivierung bakterieller Lipopolysaccharide, der Abtransport von Dentinspänen und Materialresten und die Entfernung des „smear-layer“ (HAAPASALO et al. 2005). Jedoch sollte das Spülmedium der Wahl trotz bakterizider Wirkung auch eine möglichst geringe Toxizität aufweisen. Diesen Ansprüchen an eine optimale Spülflüssigkeit kommt Natriumhypochlorit am nächsten (HÜLSMANN 2006, ZEHNDER 2006).

2.2.1 Natriumhypochlorit (NaOCl)

Schon zu Beginn des letzten Jahrhunderts hielt Natriumhypochlorit Einzug in die Endodontie. Bereits DAKIN (1915) berichtete über dessen antimikrobielle Eigenschaften und empfahl die Anwendung der „Dakin's solution“ (0,5 % NaOCl) zur Wurzelkanalspülung.

Die Herstellung von NaOCl erfolgt durch das Einleiten von Chlor in verdünnte Natronlauge. Das dabei entstehende Natriumhypochlorit ist eine unbeständige Flüssigkeit, welche in wässriger Lösung zu Hypochloritionen (OCl^-) und hypochloriger Säure (HOCl) dissoziiert. Die Dissoziationsprodukte wirken sehr stark oxidierend (ZEHNDER 2006). Die in der Zahnmedizin verwendete ungepufferte Lösung weist einen pH-Wert von 12 auf (ZEHNDER et al. 2002) und besitzt eine hohe Wirksamkeit gegen Bakterien, Pilze, Pilzsporen sowie gegen Viren. Vermutlich beruht die Wirkung des Natriumhypochlorits auf der Chlorierung funktioneller Gruppen und der Zerstörung der Bakterienhülle (DAMMASCHKE 1999), der exakte Wirkungsmechanismus ist jedoch nicht aufgeklärt.

Die desinfizierenden Eigenschaften von NaOCl sind unbestritten, besonders günstig ist seine Wirkung gegen bakterielle Biofilme, *C. albicans* und *E. faecalis* (ZEHNDER et al. 2002, HEPPELER UND HÜLSMANN 2006). Weiterhin macht man sich in der Endodontie die stark gewebeauflösende Kapazität des Natriumhypochlorit zu Nutze, um nekrotisches Gewebe zu entfernen (TÜRKÜN UND CENGİZ 1997). In hohen Konzentrationen treten jedoch vermehrt gewebetoxische Eigenschaften in den Vordergrund, denn eine 5,25%ige NaOCl-Lösung kann auch vitales Gewebe auflösen (DAMMASCHKE 1999, HÜLSMANN UND HAHN 2000, ZEHNDER et al. 2002, HÜLSMANN 2006).

Eine weitere Eigenschaft von NaOCl ist die Fähigkeit zur Neutralisierung bakterieller Endotoxine und Denaturierung von Lipopolysacchariden (DAMMASCHKE 1999, ZEHNDER 2006). Der wichtigste Nachteil von NaOCl ist die Ineffektivität bei der Auflösung der Schmierschicht. Da der größte Anteil der Schmierschicht anorganisch ist (PASHLEY 1984 und 1992), zeigt NaOCl nur eine geringe Wirkung auf die Entfernung derselben (ZEHNDER et al. 2002, TORABINEJAD et al. 2002 und 2003, HÜLSMANN et al. 2003, HÜLSMANN 2006). Viele Studien belegen die gewebeauflösende Wirkung, weisen aber gleichzeitig auch auf die Notwendigkeit einer relativ langen Kontaktzeit hin (TREPANGNIER et al. 1977, ABOU-RASS UND OGLESBY 1981, ANDERSEN et al. 1992). Interessant ist die Tatsache, dass die Wirkung von NaOCl durch physikalische Methoden verstärkt werden kann (VAN DER SLUIS et al.

2006). So erzielt eine NaOCl-Lösung durch Erwärmung von 22°C auf 37°C eine signifikant kürzere Auflösungszeit von pulpaalem Gewebe und eine gesteigerte antibakterielle Wirkung (CUNNINGHAM UND BALEKJIAN 1980, CUNNINGHAM UND JOSEPH 1980).

Abschließend lässt sich festhalten, dass Natriumhypochlorit als Goldstandard in der internationalen endodontischen Literatur für die Wurzelkanalspülung gilt (TREPANGNIER et al. 1977, DAMMASCHKE 1999), jedoch noch weiterhin über die zu empfehlende Konzentration der NaOCl-Lösung diskutiert wird. Konzentrationen zwischen 0,5% und 5,25% wurden in zahlreichen Studien in Hinsicht auf ihre bakterizide und gewebetoxische Wirkung untersucht (SPANGBERG et al. 1973, BAUMGARTNER et al. 1992, YESILSOY et al. 1995, SIQUEIRA et al. 2000) und werden als Spüllösung in der Endodontie verwendet.

2.3 Spülsysteme

Die konventionelle Handspülung bekommt immer mehr Konkurrenz. Zu den Alternativen der Handspülung gehören Systeme, welche mit Druck-Saug-Dynamik, Ultraschall, Schall oder Laserenergie die Spülwirkung steigern sollen.

2.3.1 Handspülung

Die klassische Handspülung wird mit einer konventionellen Einwegspritze und einer dünnen Injektionskanüle durchgeführt. Der Außendurchmesser der Kanüle sollte maximal 28 bis 30 Gauge betragen, um eine ausreichende Eindringtiefe der Spülnadel zu gewährleisten. Verschiedene Modifikationen der Spülkanüle sind im Handel erhältlich, wobei deren klinische Bedeutung noch nicht ausreichend geklärt ist. Nach KAHN et al. (1995) und VINOTHKUMAR et al. (2007) kann die Desinfektionswirkung der Handspülung durch Verwendung einer speziellen Spülkanüle mit seitlicher Austrittsöffnung (Max-i-Probe®, Dentsply Rinn, Elgin, USA) gesteigert werden. Des Weiteren verspricht die NaviTip™ FX-Spülkanüle (Ultradent, München, Deutschland) mit Hilfe eines bürstenförmigen Arbeitsendes eine erhöhte Reinigungswirkung (AL-HADLAQ et al. 2006, ZMENER et al. 2009).

Bei der konventionellen Handspülung dringt die Spülflüssigkeit nur 1-3 mm weiter in das Kanalsystem vor als die Spülnadel selbst (RAM 1977, CHOW 1983, HÜLSMANN 2006). Der Wurzelkanal muss also ausreichend präpariert werden, um die Spülnadel ohne Friktion 1-3 mm vor dem Foramen physiologicum aufnehmen zu können.

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Spülwirkung sind der Durchmesser der Wurzelkanalpräparation (USMAN et al. 2004), die Eindringtiefe der Spülkanüle, das Spülvolumen (ABOU-RASS UND PICCICININO 1982, NGUY UND SEDGLEY 2006) und die Krümmung des Wurzelkanals (SEDGLEY et al. 2005). Von großer klinischer Bedeutung ist das Volumen der verwendeten Spülflüssigkeit (CHOW 1983, PETSCHERT UND DOBLER 1991). Laut VAN DER SLUIS et al. (2006) ist es für das Reinigungsergebnis jedoch unerheblich, ob 5 ml NaOCl kontinuierlich oder 6-12 ml mit Hilfe einer 2-ml-Spritze etappenweise zur Spülung appliziert werden.

Vorteile der konventionellen Spültechnik sind der minimale materialtechnische Aufwand und die einfache, auch für den Anfänger geeignete Handhabung, außerdem können zur Handspülung alle Arten von Spülflüssigkeiten verwendet werden.

2.3.2 RinsEndo

Das automatisch-dynamische Spülen im Wurzelkanal wurde bereits 1947 beschrieben. Der Saugmechanismus der damaligen Spülsysteme führte allerdings zu periapikalen Schäden (PRADER 1947). Das neuartige Wurzelkanalspülsystem RinsEndo (Dürr Dental Bietigheim-Bissingen, Deutschland) stellt ein hydrodynamisches System zur Reinigung des Wurzelkanals dar. Es besteht aus einem Handstück, einer Einmalkanüle und einer konventionellen Einmalspritze (Abb. 1). Das Handstück kann an die Turbinenkupplung einer zahnärztlichen Behandlungseinheit angeschlossen werden. Ein Wechsel von Druck und Unterdruck generiert eine makroskopische und mikroskopische Blasenbildung in der Spülflüssigkeit. Somit kommt es zu starken Turbulenzen und zur Aktivierung der Spülflüssigkeit. Durch einen Taktgeber werden 65 Mikroliter oszillierend mit einer Frequenz von 1,6 Hz aus einer aufgesteckten Spritze angesaugt

und über die RinsEndo-Kanüle in den Wurzelkanal befördert. Mit einem Speichelzieher wird die verbrauchte Flüssigkeit abgesaugt.

Die Position der Spülnadel ist auch bei dieser Spülmethode ausschlaggebend für die Reinigungseffizienz (McGILL et al. 2008). Die Spülnadel soll auf Arbeitslänge minus 4 mm in den Wurzelkanal eingebracht werden, um die beste Reinigungseffizienz zu erreichen (McGILL et al. 2008). Die tiefe Penetration der RinsEndo-Spülkanüle führt zu einer verstärkten apikalen Extrusion der Spüllösung (HAUSER et al. 2007). Auch DESAI UND HIMEL (2009) zeigten, dass die Spülung mit RinsEndo zu apikaler Extrusion führt, die jedoch nicht stärker ausfällt als bei der konventionellen Handspülung.

Die Penetration einer Fuchsinlösung in das Dentin ist nach Applikation mit RinsEndo tiefer als bei konventioneller Spülung und lässt somit auch eine bessere Reinigungseffizienz erwarten (HAUSER et al. 2007). In verschiedenen Studien zeigte sich, dass die hydrodynamische Spülung in allen drei Wurzelabschnitten die Spülwirkung der konventionellen Handspülung erreicht oder sogar übertrifft (LUSSI et al. 1993, CARON et al. 2010, MUSELMANI et al. 2006). BRAUN et al. (2005) konnten nachweisen, dass eine Natriumhypochlorit-Spülung mit RinsEndo eine signifikant bessere Entfernung von pulpaalem Gewebe erzielte als eine konventionelle Handspülung.

Jedoch fällt die Bewertung von RinsEndo in der Literatur kontrovers aus. Eine andere Studie belegt, dass dieses automatisch-dynamische Gerät weniger effektiv arbeitet als die manuell-dynamische Spülung (McGILL et al. 2008). In einer neuen Studie (RÖDIG et al. 2010a) konnte gezeigt werden, dass RinsEndo Debris aus künstlich angelegten Seitenkanälen effektiver entfernt als die konventionelle Handspülung, jedoch weniger effektiv als die passive ultraschallgestützte Spülung.



Abb. 1 Das automatisch-dynamische Wurzelkanalspülsystem RinsEndo mit aufgesetzter Einmalkanüle.

2.3.3 CanalBrush

Die CanalBrush™ (roeko, Langenau, Deutschland) ist eine Mikrobürste aus Polypropylen, die laut Hersteller Dentin, Plaque und andere Verunreinigungen von den Wurzelkanalwänden entfernt. Es handelt sich um ein hochflexibles, helixartiges Kunststoffbürstchen (Abb. 2), welches bei 134°C autoklavierbar ist. Der zentrale Stift der CanalBrush besteht aus Polypropylen und ist mit zwei Bürstenpaaren auf jedem Millimeter versehen. Der apikale Millimeter ist nicht mit Bürsten besetzt. Die CanalBrush ist in den Größen S (ISO 25), M (ISO 30) sowie L (ISO 35) erhältlich. Laut Hersteller soll die CanalBrush helfen, die für Aufbereitungsinstrumente nicht zugänglichen Kanalanteile zu säubern. Der Hersteller empfiehlt die Anwendung mit einem Winkelstück und einer maximalen Umdrehungszahl von 600 Umin^{-1} , schließt jedoch auch die manuelle Anwendung nicht aus.

Die Spülflüssigkeit wird manuell in den Wurzelkanal eingebracht und der Spülvorgang wird zusammen mit der CanalBrush durchgeführt. Ein ähnliches Prinzip verfolgt die NaviTip™ FX-Spülkanüle. In einer von GARIP et al. (2010) durchgeführten Studie konnte keine signifikante Überlegenheit der Effektivität der CanalBrush gegenüber der konventionellen Handspülung festgestellt werden. Demgegenüber steht eine Studie, in der die CanalBrush mit Sonicare kombiniert wurde (SALMAN et al. 2010). Die Applikation der CanalBrush bei der Abschlusspülung (EDTA 17%ig) führte hier in allen drei Wurzelkanalabschnitten zu einem höheren Reinigungseffekt im Vergleich zu den Kontrollgruppen. Die Kontrollgruppen der Studie von SALMAN et al.

wurden mit destilliertem Wasser, NaOCl (2,5%ig) sowie NaOCl (2,5%ig) in Kombination mit EDTA (17%ig) manuell gespült. Im apikalen Drittel übertraf die CanalBrush den Reinigungseffekt der Kontrollgruppen am stärksten. WEISE et al. (2007) untersuchten den Reinigungseffekt der CanalBrush in künstlich angelegten lateralen Buchten und verglichen die Ergebnisse mit anderen Spültechniken. Die CanalBrush, die ultraschallaktivierte Spülung und die schallaktivierte Spülung waren der Handspülung in der Entfernung von Debris aus lateralen Buchten überlegen. Weitere Studien zur Effektivität der CanalBrush stehen zurzeit noch aus.

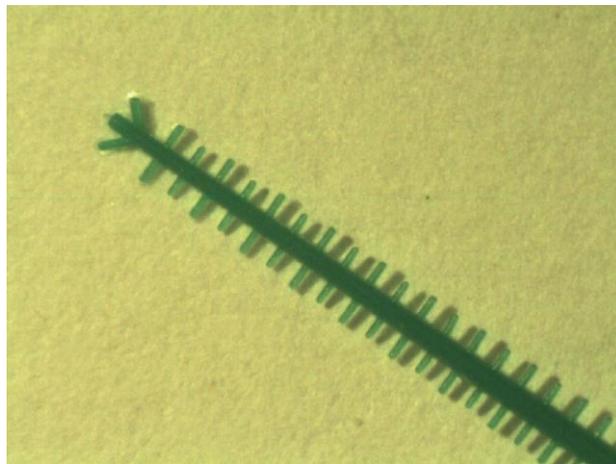


Abb. 2 Bürstenförmiges Arbeitsende der CanalBrush (vergrößert dargestellt).

2.3.4 EndoActivator

Das EndoActivator® System (Advanced Endodontics, Santa Barbara, USA) wurde entwickelt, um die in den Wurzelkanal applizierte Spülflüssigkeit durch Schall zu aktivieren. Laut Hersteller verbessert das EndoActivator-System die desinfizierenden und reinigenden Eigenschaften der Spüllösung, indem es den „smear layer“ zerstört (CARON et al. 2010). Das Prinzip beruht auf der Entstehung von Luftblasen, die implodieren und damit zu hydrodynamischen Effekten führen. Das System besteht aus einem kabellosen, batteriebetriebenen Handstück und einer flexiblen, nicht-schneidenden Polymerspitze (Abb. 3). Das Handstück ist über die Kante gebogen und ergonomisch geformt. Die Bedienung ist einfach und schnell zu erlernen. Lediglich ein An-Aus-Schalter und ein Schalter für drei Geschwindigkeitsstufen müssen unterschieden werden. Die Aufsätze haben

ein „snap-on, snap-off“ Design. Die Spitzen sind nach ihrer Größe (S, M, L) farbcodiert. Die gelbe Spitze entspricht der Größe 15/02, die rote Spitze der Größe 25/04 und die blaue Spitze der Größe 35/04. Der jeweils erste Wert ist der Spitzenquerschnitt am Messpunkt D1 (1 mm vor der Instrumentenspitze), der zweite Wert bezeichnet die Konizität des Instrumentes (2/4 %). Die Polymerspitzen haben eine Gesamtlänge von 22 mm. Zur Orientierung befinden sich Längenmarkierungen bei 18, 19 und 20mm. Die Spitzen können mit Zangen vorgebogen und so dem Kanalverlauf angepasst werden. Die oszillierenden Polymeransätze sollen die Spülflüssigkeit in verstärkte Strömung versetzen und dadurch die Reinigungseffizienz steigern. Bei Anwendung des EndoActivators wird zunächst die Spüllösung manuell eingebracht. Die Spitze des Gerätes sollte ohne zu klemmen auf 2mm vor der Arbeitslänge eingebracht werden und erst in geeigneter Position aktiviert werden. Laut Hersteller sollen 2-3mm vertikale Bewegung während der Aktivierung durchgeführt werden, um die hydrodynamischen Effekte zu unterstützen. Die Aktivierung soll für 30-60 Sekunden erfolgen, dabei überträgt der Motor mithilfe der Polymerspitze Schallwellen auf die Spülflüssigkeit. Das Gerät kann bei 200, 6000 oder 10000 U min⁻¹ betrieben werden, wobei die Reinigungswirkung, laut Hersteller, bei 10000 U min⁻¹ am größten sein soll. Im Anschluss an den Spülvorgang soll mit einem intrakanalären Sauger abgespültes Material aus dem Wurzelkanal entfernt werden. Die Polymerspitzen und die Schutzhüllen für das Handstück sind nur für den Einmalgebrauch gedacht, außerdem ist das Handstück weder autoklavierbar noch sollte es in Wasser gelegt werden.

In einer vergleichenden Studie konnte gezeigt werden, dass die apikale Extrusion von Spüllösung bei Anwendung des EndoActivators geringer ausfällt als bei Handspülung, ultraschallaktivierter Spülung oder bei Anwendung eines RinsEndo-Gerätes (DESAI UND HIMEL 2009). Laut TOWNSEND UND MAKI (2009) ist der EndoActivator effektiver als eine Handspülung. In ihrer Studie stellen sie einen nicht signifikanten Unterschied zwischen Ultraschallaktivierung und EndoActivator bei der Entfernung von Bakterien (*E. faecalis*) aus einem simulierten Wurzelkanal fest. Auch KLYN et al. (2010) fanden in ihrer vergleichenden Studie keinen

signifikanten Unterschied in der Reinigungseffizienz von ultraschallaktivierter Spülung und schallaktivierter Spülung mit dem EndoActivator. Eine andere Studie belegt die Überlegenheit des EndoActivators gegenüber der konventionellen Handspülung bezüglich der Eindringtiefe von NaOCl in artifizell angelegte Seitenkanäle (DE GREGORIO et al. 2009). Des Weiteren zeigte eine Versuchsreihe die Überlegenheit des EndoActivators in der Entfernung der Schmierschicht gegenüber nicht-aktivierter Spülung in gekrümmten Wurzelkanälen (CARON et al. 2010). PASQUALINI et al. (2010) verglichen die bakterielle Besiedelung im Wurzelkanal nach Spülung mit NaOCl (5%ig) und nach Spülung mit NaOCl (5%ig) und anschließender Applikation des EndoActivators. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass bei Anwendung des EndoActivators die bakterielle Belastung im Wurzelkanal stärker abnimmt als in den Vergleichsgruppen.



Abb. 3 Der EndoActivator mit farbcodierten Polymerspitzen.

CARON (2006a) untersuchte im ersten Teil seiner Masterthese die Reinigungseffizienz des EndoActivators gegenüber Kontrollgruppen und dem RinsEndo-System. Im zweiten Teil der Masterthese bewertete CARON (2006b) die Reinigungswirkung des EndoActivators und der Kontrollgruppen im apikalen Kanaldrittel. In beiden Teilen seiner Arbeit konnte er jeweils die Überlegenheit des EndoActivators bei der Entfernung des „smear layer“ feststellen.

2.3.5 Ultraschallspülung

Es gibt in der Zahnheilkunde zwei bedeutende Methoden der Ultraschallerzeugung. Die ältere Methode funktioniert nach dem Modell der Magnetostriktion, wobei ein Metallstreifen, in einem sich hochfrequent ändernden magnetischen Wechselfeld, in Schwingung versetzt wird. Die dabei entstehenden Schwingungen sind irregulär und elliptisch. Das neuere Prinzip, welches auf Strukturänderungen von Piezo-Kristallen beruht, schwingt hingegen gleichmäßig. Durch das Anlegen von elektrischer Wechselfeldspannung kommt es zu einer dreidimensionalen Formänderung der Piezo-Kristalle, wodurch sich Schwingungen in Form einer Acht über die gesamte Länge des Instrumentes ausbreiten. Dabei handelt es sich um eine Schwingung (Oszillation) in Form einer statischen Welle mit festen Schallknoten und Schallbäuchen. Der Kristall führt diese Deformationsschwingungen in der Frequenz der angelegten Wechselfeldspannung aus und gibt diese an das umgebende Medium ab. Erst mit Einführung dieser sogenannten piezoelektrischen Geräte etablierte die Ultraschalltechnik sich in der Endodontie. Untersuchungen von AHMAD et al. (1992 und 1993) bestätigten die Überlegenheit des neuen piezoelektrischen Verfahrens gegenüber dem magnetostriktiven Verfahren. Bei dem Einsatz von Ultraschall in der Endodontie muss zwischen passiver und aktiver Anwendung unterschieden werden. Bei der aktiven Anwendung führt der direkte Kontakt des aktivierten Instruments zu einem gesteuerten Abtrag von Zahnhartsubstanz oder durch Übertragung von Energie auf einen Festkörper (im Kanal frakturiertes Instrument, Wurzelstift, etc.) zu einer Lockerung des Festkörpers. Der passive Einsatz von Ultraschall (PUI = passive ultrasonic irrigation) wird zur Aktivierung von Spülflüssigkeiten im Wurzelkanalsystem verwendet (WELLER et al. 1980). Bei der PUI kommt es durch die freie Schwingung der Ultraschallspitze im Wurzelkanal zum Phänomen des „acoustic streaming“. Der Begriff des „acoustic streaming“ bezeichnet die Aktivierung von Spüllösungen durch Ultraschall und gehört zu einem der bedeutendsten Phänomene in der klinischen Anwendung von Ultraschall (AHMAD et al. 1987b, STOCK 1991, LUMLEY et al. 1991). Durch diese Strömungsphänomene kommt es zu einem sehr hohen Flüssigkeitsumsatz und somit zu einem effektiven Transport der Spülflüssigkeit in die apikale Region (KAHN et al. 1995). Bei der PUI wird

ein Instrument der kleinstmöglichen ISO-Größe als Ultraschallspitze empfohlen. Als Instrumente können flexible und nichtschneidende Feilen oder ein glatter Draht verwendet werden. Die Oszillation erreicht an der Spitze der Feile die höchste Amplitude. Jeglicher Kontakt der Feile mit der Kavitätenwand sollte vermieden werden (AHMAD et al. 1987a), da es zu einer rapiden Abnahme der Schwingungsenergie und zu unerwünschten Kanalveränderungen kommen kann. Außerdem verbessert eine frei oszillierende Feile die Reinigungswirkung von NaOCl signifikant (VELVART 1987, VAN DER SLUIS et al. 2007c), denn die Spülflüssigkeit fließt um den schwingenden Festkörper und wird dadurch in ihren desinfizierenden und reinigenden Eigenschaften verstärkt.

Physikalisch wird Ultraschall als Schwingung mit einer Frequenz von 25 kHz bis 1GHz definiert. Überwiegend arbeiten endodontische Geräte bei einer Frequenz um 30kHz. Die Intensität der Oszillation kann an den Ultraschallgeräten zumeist kontinuierlich geregelt werden (Abb. 4). Die Regelung erfolgt über die Regulation des Erregerstroms. Überwiegend ist die Wahl einer geringen Intensität zu empfehlen, da übermäßige Aktivierung Instrumentenfrakturen, iatrogene Schäden oder gar Perforationen begünstigt. Der genaue Einfluss der Spüldauer auf die PUI ist noch unklar, die Studie von CAMERON (1983) zeigt, dass der „smear layer“ nach 5 Minuten effektiver reduziert wird, als nach 3 Minuten. In der Studie von SABINS et al. (2003) konnte kein signifikanter Unterschied zwischen einer 30 und 60 Sekunden langen ultraschallaktivierten Spülung festgestellt werden.

Die passive ultraschallgestützte Spülung hat in einer Reihe mikrobiologischer und rasterelektronenmikroskopischer Untersuchungen bereits ihre Überlegenheit gegenüber der konventionellen Handspülung bewiesen (AHMAD et al. 1990, LEE et al. 2004, SABINS et al. 2003). Die PUI entfernt mehr organisches Gewebe, Bakterien und Debris aus dem Wurzelkanal als eine konventionelle Handspülung (VAN DER SLUIS et al. 2007c). LEE et al. (2004) kamen in ihrer vergleichenden Studie zu dem Schluss, dass die PUI der Handspülung in der Entfernung von Debris aus artifiziell angelegten Seitenkanälen überlegen ist. In einer neuen Studie von DE GREGORIO et al. (2010) konnte gezeigt werden, dass die passive

ultraschallgestützte Spülung gute Resultate bei der Penetration von künstlich angelegten Seitenkanälen zeigt.



Abb. 4 Piezon-Master 400 (EMS , Nyon, Schweiz) mit stufenlos-regulierbarer Flüssigkeitszufuhr und Intensität der Oszillation

2.4 Der Wurzelkanalsealer AH Plus

Erhärtende Wurzelkanalfüllpasten haben klinisch die Aufgabe, Inkongruenzen zwischen Wurzelkanalwand und Kernmaterial auszufüllen. In geringer Menge verwendet, helfen sie, eine Versiegelung des Wurzelkanalsystems zu bewirken und damit ein "Leakage" zu verhindern. Bei AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Deutschland) handelt es sich um ein Zweipasten-Füllmaterial auf Epoxid-Amin-Polymerbasis, welches sich in vielen wissenschaftlichen Untersuchungen als Referenzprodukt bewährt hat, da es ein sehr gutes Abdichtungsverhalten und eine geringe Löslichkeit zeigt (SCHÄFER UND ZANDBIGLARI 2003). Im Gegensatz zu seinem Vorgänger AH 26 gibt AH Plus durch seine Additionsreaktion nahezu kein Formaldehyd mehr frei und weist demnach hinsichtlich seiner Biokompatibilität bessere Resultate auf (LEONARDO et al. 1999a, LEYHAUSEN et al. 1999). AH Plus hat keine zytotoxischen oder genotoxischen Eigenschaften und zeigt sehr gute klinische Eigenschaften (LEONARDO et al. 1999b).

3 Ziele der Arbeit

Ziel dieser Untersuchung war es, die Effektivität verschiedener Spültechniken in der Entfernung des Sealers während einer Revisionsbehandlung zu vergleichen. Verglichen wurden die Handspülung (Kontrollgruppe), das RinsEndo-System, der EndoActivator, die ultraschallaktivierte Spülung und die CanalBrush.

Das Ergebnis der Arbeit sollte Aufschluss darüber geben, welches der Spülsysteme bei der Revision von vollständig ausgehärtetem Sealer zu empfehlen ist. Folgende Parameter wurden untersucht:

- Effektivität der Spültechniken im koronalen, mittleren und apikalen Wurzelkanaldrittel
- Effektivität der Spültechniken in zwei mechanisch nicht zu bearbeitenden Einziehungen des Wurzelkanals (künstlich angelegte laterale Gruben)
- Auftreten von Zwischenfällen (Instrumentenruptur oder -fraktur).

4 Material und Methoden

4.1 Auswahl und Vorbereitung der Zähne

Dreiundfünfzig extrahierte, menschliche Zähne wurden von nicht in die Studie involvierten Zahnärzten zur Verfügung gestellt. Die Proben wurden nach der Extraktion umgehend in Wasser gelagert. Bei der Auswahl der Zähne wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- Es wurden nur einwurzelige Zähne verwendet, die lediglich einen Wurzelkanal aufwiesen.
- Die Zähne sollten einen möglichst runden Wurzelquerschnitt und einen intakten Apex aufweisen.
- Zähne, deren Wurzelkanal eine initiale Instrumentierung mit einer Feile der ISO-Größe 30 oder größer erlaubten, wurden verworfen.
- Die Mindestlänge der Zähne betrug 19mm.
- Zähne mit obliterierten oder bereits endodontisch vorbehandelten Wurzelkanälen wurden verworfen.
- Die Zähne durften keine sichtbare apikale Krümmung aufweisen.

Diese Auswahlkriterien begrenzte die verwendeten Zähne auf die Gruppe der Oberkieferfrontzähne und zweiten Oberkieferprämolaren, sowie der Unterkiefereckzähne und -prämolaren. Um eine standardisierte Formgebung der Wurzelkanäle zu erreichen, wurden diese nach Präparation der Zugangskavität mit Hilfe des FlexMaster®-NiTi-Systems (VDW Vereinigte Dentalwerke, München, Deutschland) und des Endo IT professional -Motors (VDW Vereinigte Dentalwerke, München, Deutschland) in der Crown-down-Technik bis zur Größe 40/02 erweitert. Nach jedem Präparationsinstrument wurde mit 2ml 3%igem NaOCl konventionell per Hand gespült. Das Spülprotokoll war für alle Proben identisch. Nach der Präparation wurden die Zähne von apikal ausgehend auf einer Länge von 19mm markiert und koronal gekürzt. Mit einer diamantierten Trennscheibe (Horico, Berlin, Deutschland) wurden Querrillen an der Wurzelaußenseite angelegt, die eine spätere Fixierung der Wurzeln

in einer Haltevorrichtung ermöglichen sollten. Die Proben wurden mit Silaplast® (Dentax GmbH & Co. KG, Ettlingen, Deutschland) in einem Eppendorf-Zentrifugegefäß (Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland) eingebettet (Abb. 5). Die Einbettung in Silaplast versiegelte den Apex und erleichterte gleichzeitig das erneute Zusammenfügen der Zahnhälften.

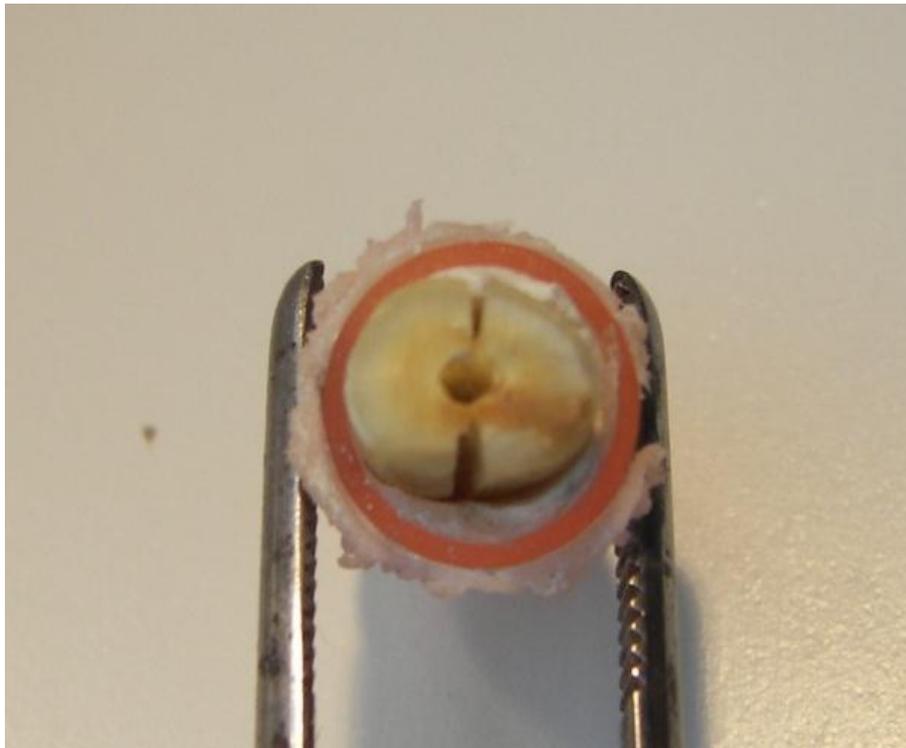


Abb. 5 Die longitudinal gespaltene Zahnprobe ist mit Hilfe von Silaplast in einem Eppendorfgefäß wieder zusammengefügt. Der Wurzelkanal ist nicht perforiert und die Zahnhälften passen spaltfrei aneinander.

Nach Aushärtung des Silaplast wurden die Zähne aus diesem wieder entfernt. Mit Hilfe der Querrillen konnten die Proben später korrekt repositioniert werden. Mit einer Trennscheibe (Horico, Berlin, Deutschland) wurden Sollbruchstellen in Längsrichtung präpariert, wobei das Kanallumen nicht eröffnet wurde. Der so longitudinal eingekerbte Zahn konnte dann mit einem kleinen Wachsmesser (Aesculap, Tuttlingen, Deutschland) gespalten werden. Eine Lupenbrille mit 2,5x Vergrößerung diente der Überprüfung der spaltfreien Passung der Bruchstücke. Wurde das Wurzelkanallumen bei Anlage der Längsrille perforiert oder konnten die Wurzelhälften nicht spaltfrei zusammengefügt werden, wurden die Proben verworfen und durch zufällig gewählte, fehlerfreie Proben ersetzt. Ein Spreader der Größe M wurde an seiner Spitze mit einem diamantierten torpedoförmigen Schleifer

auf einer Länge von 0,5 mm und eine Breite von 0,2mm geschliffen (Abb. 6). Des Weiteren wurde die Basis des Spreaders so eingeschliffen, dass er in das Handstück eines Ultraschallspülgerätes (Piezon Master- 400, EMS Nyon, Schweiz) eingesetzt werden konnte.

In die Wurzelkanalwand wurden in Anlehnung an das Versuchsdesign von LEE et al. (2004) zwei Kavitäten präpariert.

Die Ausmaße der Kavitäten betragen:

Breite: 0,2 mm
Tiefe: 0,5 mm
Länge: 4 mm.

Die Präparationen erfolgten unter 20-facher Vergrößerung mit Hilfe eines Auflichtmikroskops (MOTIC Ergonomic Trinokular Zoom Stereo Mikroskop, MoticDeutschland GmbH, Wetzlar, Deutschland). Die Ausmaße der Kavitäten wurden durch eine in Form geschliffene Parodontalsonde (Hufriedy, Chicago, USA) überprüft.

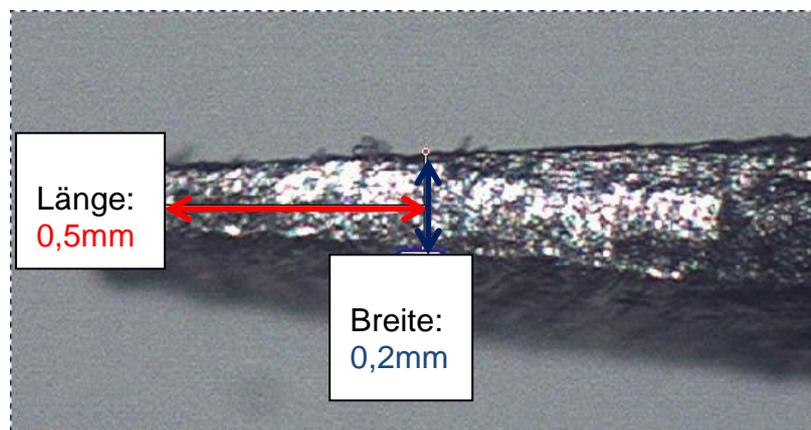


Abb. 6 Die Spitze des Fingerspreaders, welcher zur Präparation der Gruben verwendet wurde. Mit Hilfe eines diamantierten Schleifgerätes wurde die Spitze auf einer Länge von 0,5 mm auf 0,2 mm verschmälert.

In jeweils eine Zahnhälfte wurde die Kavität in einem Abstand von 10-14 mm zum Apex präpariert. In der gegenüberliegenden Zahnhälfte wurde die Kavität in einem Abstand von 2-6 mm vom Apex angelegt. Somit verfügte jeder Zahn über eine koronal und eine apikal liegende 4mm lange Kavität (Abb. 7).

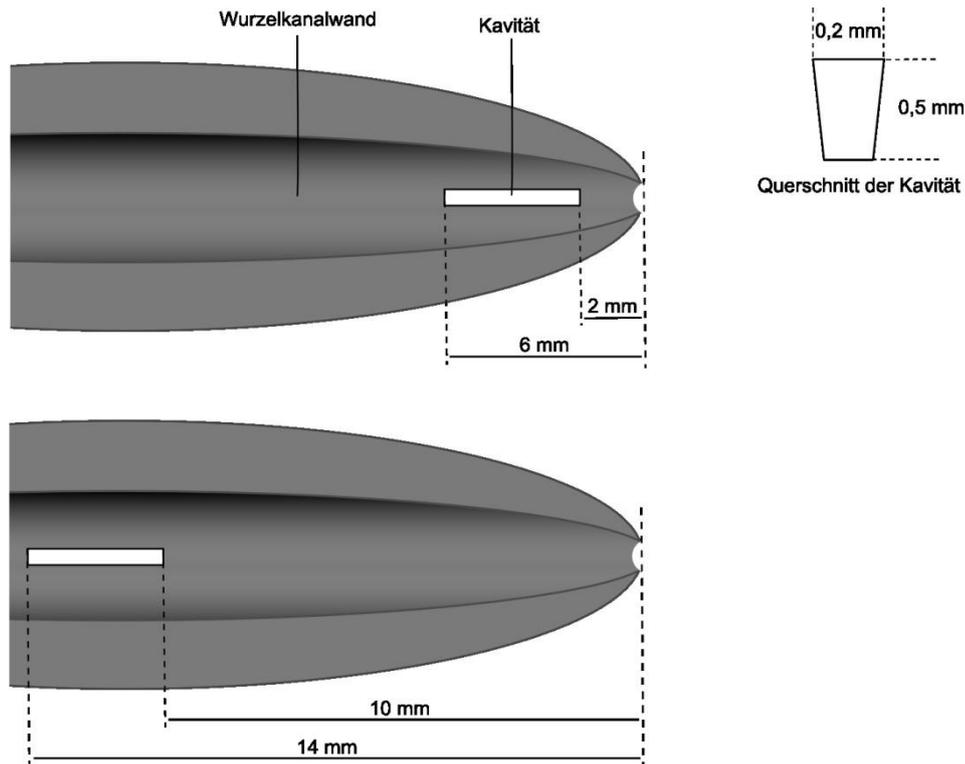


Abb. 7 Schematische Darstellung der präparierten Gruben. In jede Zahnhälfte wird jeweils eine Grube präpariert. Die Gruben sind 4mm lang, 0,2mm breit und 0,5mm tief. Jeder Zahn erhält somit zwei Gruben, eine im koronalen und eine im apikalen Wurzelkanaldrittel.

Grobe Verunreinigungen auf der Wurzelkanaloberfläche und in der Kavität wurden mit Hilfe von 3%igem Natriumhypochlorit und Druckluft entfernt. Anschließend wurden die Kavitäten mit dem Auflichtmikroskop (MOTIC Ergonomic Trinokular Zoom Stereo Mikroskop, MoticDeutschland GmbH, Wetzlar, Deutschland) bei 30x-facher Vergrößerung untersucht. Die Bilderfassung erfolgte mittels einer Digitalkamera (Moticam 1300, Motic Deutschland GmbH, Wetzlar, Deutschland) mit einer Bildauflösung von 1,3 Megapixel. Die erste Bildreihe erfasste den Zustand der sauberen Kavitäten (Abb. 8). Alle Kavitäten waren leer und entsprachen demnach dem späteren Score 0. Zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit wurden für die Zahnhälften Schlüssel aus Abformmasse auf Silikonbasis (Coltène® PRESIDENT putty soft, Coltène/Whaledent AG, Altstätten, Switzerland) angefertigt. Diese Silikon Schlüssel ermöglichten einen reproduzierbaren Blickwinkel in die Kavität. Die Ausrichtung der Proben in dem Schlüssel erfolgte während der Aushärtung des Materials unter dem Mikroskop. So konnte eine optimale Einsicht auf möglichst alle Bereiche der Kavität sichergestellt werden (Abb. 9).

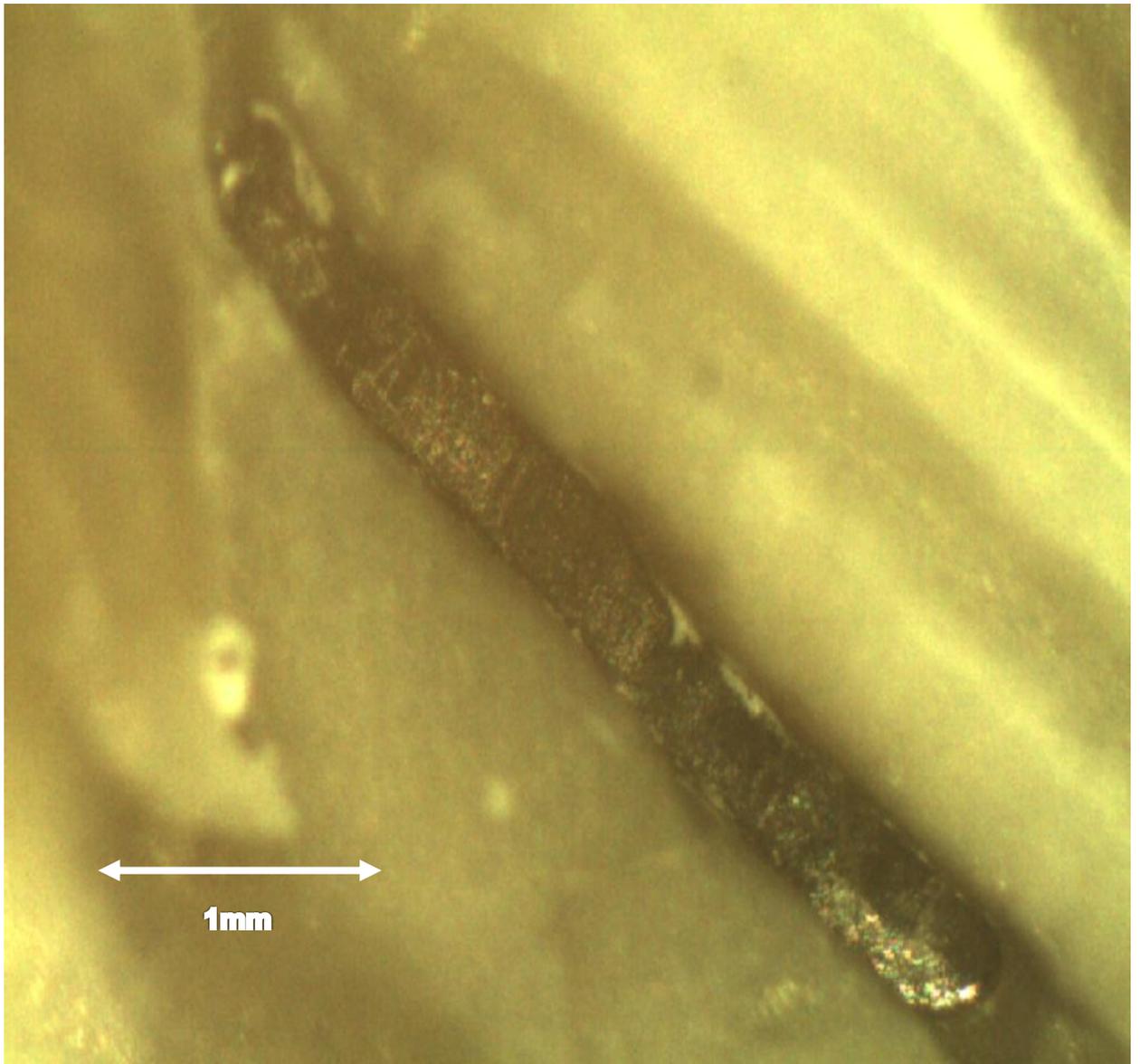


Abb. 8: Künstlich angelegte, leere Grube vor Einbringung des Sealers AH Plus. Die Grube ist etwa 4 mm lang und 0,2 mm breit.



Abb. 9 Aufsicht auf eine Zahnhälfte, welche in einem Silikonschlüssel eingebettet wurde. Dieser Silikonschlüssel half, bei der Beurteilung der Sauberkeit, unter dem Mikroskop einen festen Blickwinkel zu fixieren.

4.2 Applikation und Aushärtung des Sealers

Die leere Kavität wurde nun mit AH Plus® Sealer (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Deutschland) gefüllt. In der vorliegenden Arbeit wurden die AH-Plus-Tuben zum manuellen Anmischen verwendet. Paste A und B wurden im Verhältnis 1:1 auf einem Anmischblock mit einem Metallspatel vermischt und homogen gemischt. Der folgende Schritt erfolgte unter 20-facher Vergrößerung. In die Kavitäten wurde nach Herstellerangaben frisch angerührter Sealer mit Hilfe eines Fingerspreaders der Größe „small“ (Vereinigte Dentalwerke, München, Deutschland) blasenfrei eingebracht, so dass die Kavitäten vollständig gefüllt waren. Auch die Wurzelkanalwand wurde mit Hilfe eines Guttaperchapoints der Größe ISO 40 (Vereinigte Dentalwerke, München, Deutschland) dünn und lückenlos mit AH Plus bestrichen. Nach Kontrolle der sealerbedeckten Wurzelkanaloberfläche unter dem Mikroskop zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Proben (Abb. 10).

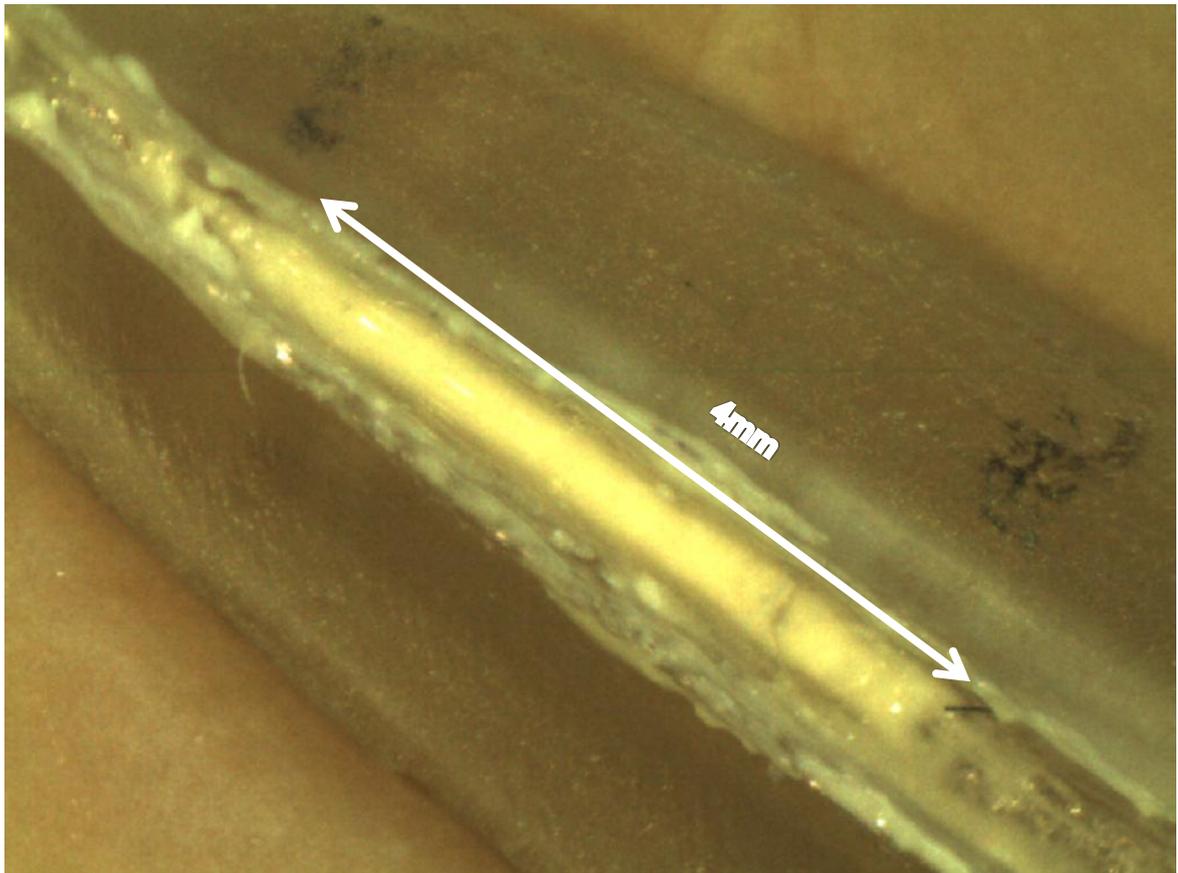


Abb. 10: Mikroskopische Aufnahme mit dem MOTIC Ergonomic Trinokular Zoom Stereo Mikroskop (MoticDeutschland GmbH, Wetzlar, Deutschland). Kavität und Kanaloberfläche sind homogen mit Sealer bedeckt.

Die Zahnhälften wurden anschließend wieder zusammengefügt. Das spaltfreie Zusammenfügen wurde erneut überprüft und die Zahnhälften wurden mit Hilfe von Klebewachs stabilisiert. Der Apex wurde ebenfalls mit Klebewachs verschlossen und die Probe in die aus Silaplast vorgefertigten Hohlformen eingesetzt. Durch eine unbeteiligte Person wurden diese zufällig in vier Gruppen à 12 Proben unterteilt, weitere fünf Proben wurden als Kontrollgruppe verwendet. Um die Versuchsbedingungen möglichst kliniknah zu gestalten, wurden die Zähne bis zur Aushärtung des Sealers mit Cavit[®] (3M ESPE, Neuss, Deutschland) verschlossen. Laut BODRUMLU et al. (2008) benötigt ein Sealer sieben Tage zur vollständigen Aushärtung. Auch laut ERDEMIR et al. (2003) ist innerhalb einer Woche bei 37° Grad eine komplette Aushärtung des Sealers anzunehmen. Hingegen gibt der Hersteller (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Deutschland) acht Stunden als Aushärtezeit an. Laut WILCOX et al. (1987) nimmt der Schwierigkeitsgrad einer Revision mit dem Aushärtungsgrad des Sealers zu. In Anlehnung an die Versuchsdurchführung von HÜLSMANN UND BLUHM (2004) und um von einer ausreichenden Erhärtung des Sealers ausgehen zu können, wurden die Proben bei 37°C und 100% Luftfeuchtigkeit im Hygrophor für zwei Monate gelagert.

4.3 Spültechniken

Die Studie umfasste 4 Gruppen und eine Kontrollgruppe.

Kontrollgruppe: Handspülung

Diese Gruppe umfasste 5 Proben, bei denen eine manuelle Spülung zur Entfernung des Sealers zur Anwendung kam. Hierzu wurden eine 2 ml-Einmalspritze (B. Braun Melsungen AG, Melsungen, Deutschland) und eine NaviTip[™] Spülkanüle (Ultradent, München, Deutschland) verwendet. Die NaviTip[™]-Spülnadeln besitzen einen Durchmesser von 0,33 mm, was 29 Gauge entspricht. Die Eindringtiefe der Spülnadel in den Wurzelkanal betrug, wie von HÜLSMANN (2006) empfohlen, Arbeitslänge minus 1 mm, d.h. 17 mm. Als Spüllösung wurde 3%iges NaOCl verwendet. Es wurde

jeweils zwölfmal mit 2 ml gespült, so dass die Gesamtmenge der Spüllösung 24 ml betrug.

Gruppe 1: CanalBrush

Diese Gruppe wurde mit der Roeko CanalBrush bearbeitet. 2 ml NaOCl 3%ig wurden per Spritze in den Wurzelkanal eingebracht. Anschließend wurde die Roeko CanalBrush mit 600 Umin^{-1} für 30 Sekunden bis 2 mm vor der AL im Kanal aktiviert. Während der Aktivierung wurden vertikale Bewegungen durchgeführt. Dieser Vorgang wurde zwölfmal wiederholt, so dass ebenfalls eine Gesamtmenge von 24 ml Spüllösung resultierte.

Gruppe 2: EndoAktivator

Wie in Gruppe 1 wurden auch hier jeweils 2 ml NaOCl 3%ig per Handspülung eingebracht. Der EndoActivator wurde in zwölf Durchgängen jeweils 30 Sekunden bis 2 mm vor AL aktiviert. Auch hier resultierte eine Gesamtmenge von 24 ml Spüllösung.

Gruppe 3: Ultraschall

In dieser Gruppe wurde mit NaOCl (1%ig) mit einem Ultraschallspülgerät (Piezon Master-400) und einer „stainless-steel“ K-Feile mit der ISO-Größe 15 (Endosonore, Maillefer, Bellaigues, Schweiz) dreimal jeweils 30 Sekunden gespült (VAN DER SLUIS et al. 2006). Die Spülnadel wurde auf Arbeitslänge minus 2 mm gebracht. Die Gesamtmenge der Spüllösung betrug 24 ml. Das Ultraschallgerät wurde bei $\frac{1}{4}$ der maximalen Wechselstromspannung (Intensität) und $\frac{3}{4}$ des maximalen Spülvolumens betrieben.

Gruppe 4: RinsEndo

In dieser Gruppe wurde das hydrodynamische System RinsEndo verwendet. Pro Minute wurden hier 6,2 ml Spülflüssigkeit ausgestoßen. Die Spülnadel wurde auf Arbeitslänge minus 4 mm in den Kanal eingebracht, demnach betrug die Eindringtiefe der Nadel 14 mm. Um eine mit den anderen Versuchsgruppen vergleichbare Flüssigkeitsmenge zu erreichen, wurde zwölfmal 20 Sekunden lang gespült.

Nachdem alle Proben gespült worden waren, wurden sie kodiert, so dass die Behandler bei der Auswertung der Proben die Spültechnik nicht identifizieren konnten. Die Proben wurden aus dem Silaplastschlüssel

entnommen und unter dem Mikroskop unter 30facher Vergrößerung bewertet. Die Aufnahmen erfolgten erneut mit der Digitalkamera (Moticam 1300). Mit Hilfe der Silikonschlüssel konnte derselbe Blickwinkel wie in der ersten Fotoserie reproduziert werden. Es wurde jeweils die Sauberkeit der präparierten Kavitäten als auch die Sauberkeit der Kanalwände beurteilt. Nach der Bewertung und Erstellung der Fotoserie wurden die Proben dekodiert.

4.4 Bewertung der Reinigungswirkung

Für die Beurteilung der Reinigungseffizienz wurden zwei verschiedene Bewertungssysteme angewandt.

Für die lateralen Gruben (Kavitäten) wurde ein vierstufiges Scoresystem verwendet, welches bereits von VAN DER SLUIS et al. (2007a) beschrieben wurde. Dieses besteht aus den folgenden Scores:

- 0: die Kavität ist leer**
- 1: weniger als die Hälfte der Kavität ist mit Sealer gefüllt**
- 2: mehr als die Hälfte der Kavität ist mit Sealer gefüllt**
- 3: die Kavität ist vollständig mit Sealer gefüllt.**

Die Bewertung der Kanaloberfläche hingegen fand mit dem von HÜLSMANN UND BLUHM (2004) beschriebenen Bewertungssystem statt.

Dieses siebenstufige Scoresystem besteht aus folgenden Graden:

- 1: keine Sealerreste erkennbar**
- 2: kleinere Sealerreste mit einer Ausdehnung von <2 mm**
- 3: grössere Sealerreste mit einer Ausdehnung >2 mm**
- 4: bis zu 3 kleinere Sealerreste mit einer Ausdehnung <2 mm**
- 5: mehr als drei kleinere Sealerreste mit einer Ausdehnung <2 mm**
- 6: ausgedehnter Sealerrest mit einer Ausdehnung >2 mm**
- 7: Sealerreste mit einer Ausdehnung >4 mm.**

Zwei kalibrierte Zahnärzte („reader“) bewerteten unabhängig voneinander die codierten Proben. Die Kalibrierung der „reader“ erfolgte vor der

eigentlichen Versuchsauswertung durch die Bewertung von 100 Proben. Beide Zahnärzte hatten bereits zuvor 50 Proben bewertet und abweichende Bewertungen ausgiebig diskutiert. Die intraindividuelle und interindividuelle Reproduzierbarkeit der „reader“ lag jeweils über 90% und war damit hinreichend. Für die interindividuelle Übereinstimmung wurde der Quotient aus den von beiden Untersuchern übereinstimmend bewerteten Proben und der Gesamtprobenzahl bestimmt. Das Ergebnis wurde in Prozent angegeben. Je höher die Prozentzahl des Ergebnisses, desto mehr Proben wurden von beiden Untersuchern mit demselben „score“ bewertet. Für die intraindividuelle Reproduzierbarkeit wurde der Quotient aus den von einem Untersucher in einem zweiten Durchgang erneut mit dem gleichen „score“ bewerteten Proben und der Gesamtprobenzahl ermittelt. Das Ergebnis wurde wiederum in Prozent angegeben. Je höher die Prozentzahl, desto mehr Proben wurden vom Untersucher in einem zweiten Durchgang erneut mit demselben „score“ bewertet wie im Durchgang zuvor. Die allgemeine Formel für die Ermittlung der intraindividuellen und interindividuellen Reproduzierbarkeit lautet:

$$\% = \frac{\text{Anzahl übereinstimmender Proben}}{\text{Anzahl aller Proben}} \times 100$$

Keiner der beiden Auswerter wich in dem zweiten Bewertungsdurchgang um mehr als einen „score“ von seiner vorherigen Bewertung ab und beide „reader“ wichen in ihrer Bewertung nie mehr als einen „score“ voneinander ab. Diese Resultate zeigen, dass eine gute Standardisierung in der Bewertung der Proben anzunehmen ist.

5 Ergebnisse

5.1 Reinigung der Wurzelkanalwände

Die Ergebnisse der Bewertung der Reinigungswirkung der untersuchten Spülsysteme an den Wurzelkanalwänden ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

	Mittelwert \pm Varianz		
	koronal	Mitte	apikal
Kontrollgruppe	5,1 \pm 1,5	5,6 \pm 2,3	5,5 \pm 3,8
CanalBrush	6,3 \pm 1,3	6,7 \pm 0,3	6,8 \pm 0,2
Ultraschall	2,5 \pm 2,2	2,9 \pm 3,4	3,9 \pm 4,9
EndoActivator	5,1 \pm 3,1	5,5 \pm 3,0	6,5 \pm 1,1
RinsEndo	6,2 \pm 0,9	6,3 \pm 1,7	6,2 \pm 1,2

Tab. 1: Übersicht der Mittelwerte und Varianzen aller Versuchsreihen anhand der siebenstufigen Gradskala zur Reinigungswirkung an den Wurzelkanalwänden.

Kontrollgruppe

Die Ergebnisse für die Reinigung der Wurzelkanalwand, innerhalb der Kontrollgruppe, sind in Tabelle 9 (siehe Anhang), einem Kreisdiagramm (Abb.11) sowie einer Graphik (Abb. 12) dargestellt.

Kontrollgruppen-Verfahren

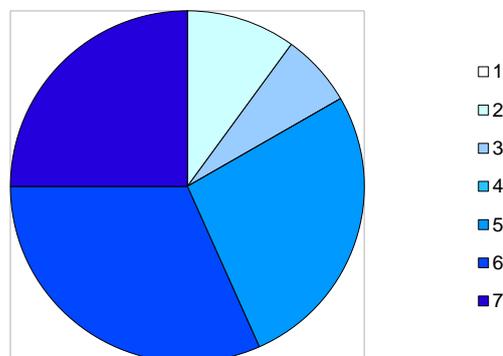


Abb. 11 Kreisdiagramm zur Darstellung der Reinigungseffizienz der Kontrollgruppe. Ausgewertet anhand der siebenstufigen Skala von HÜLSMANN UND BLUHM (2004).

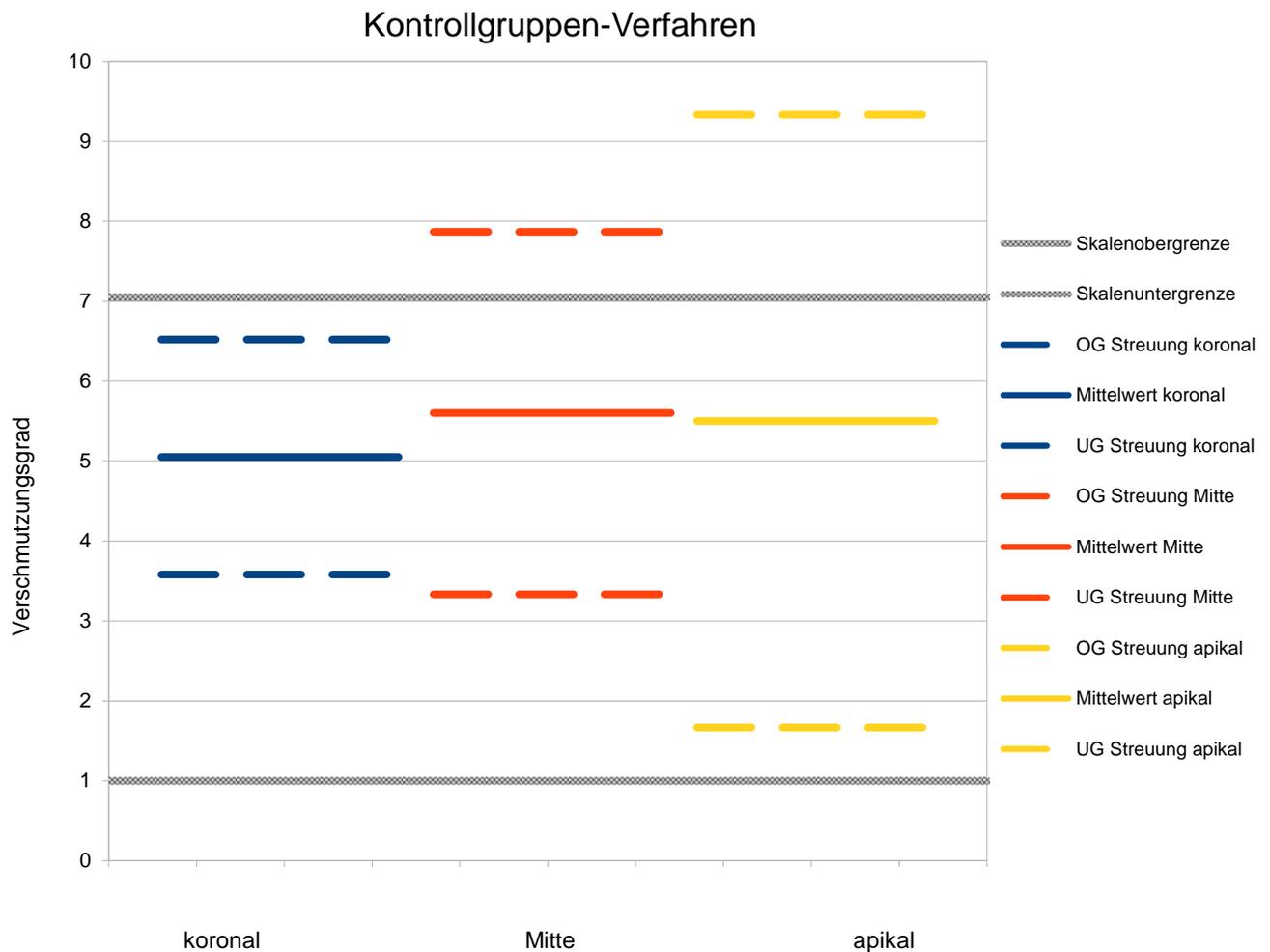


Abb. 12 Graphische Darstellung der Reinigungseffizienz der Kontrollgruppe. Die Skalenober- und untergrenzen sind markiert. Die Abweichung der Messwerte von den Mittelwerten ist teilweise so groß, dass die Streuung über die Grenze der Skala hinausreicht. OG= Obergrenze UG= Untergrenze

Die Entfernung des Sealers in der Kontrollgruppe gelang in koronalen Wurzelkanalabschnitten besser als in mittleren und apikalen Bereichen des Wurzelkanals. Die Abweichung der Messwerte von dem Mittelwert war apikal deutlich stärker als koronal. Der mittlere Verschmutzungsgrad lag in allen drei Wurzelkanalabschnitten zwischen Grad 5 und Grad 6. In dem Kreisdiagramm (Abb. 11) ist zu erkennen, dass mehr als die Hälfte aller Messwerte mit dem Verschmutzungsgrad 6 bewertet wurden.

CanalBrush

Die Ergebnisse aus der Gruppe der CanalBrush sind in Tab. 10 (siehe Anhang), in einem Kreisdiagramm (Abb. 13) und in einer Graphik (Abb.14) dargestellt.

CanalBrush-Verfahren

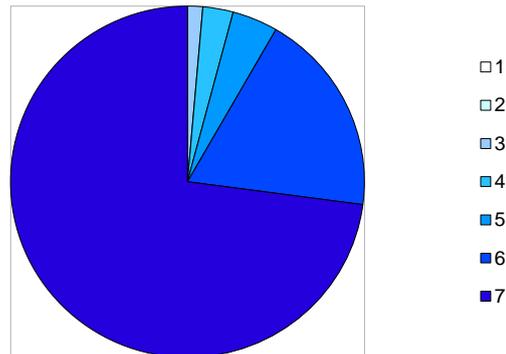


Abb. 13 Kreisdiagramm zur Darstellung der Reinigungseffizienz der CanalBrush, anhand der siebenstufigen Gradskala von HÜLSMANN UND BLUHM (2004).

Das Reinigungsergebnis im CanalBrush-Verfahren wurde zu mehr als 70% mit dem Verschmutzungsgrad 6 oder 7 bewertet (Abb. 13). In allen drei Wurzelkanalabschnitten lag der Mittelwert nah an der Skalenobergrenze. In keinem Wurzelkanaldrittel wurde das Reinigungsergebnis von einem der „reader“ mit Grad 2 oder besser bewertet. Die Entfernung des Sealers gelang im koronalen Drittel minimal besser als im mittleren Drittel. Im apikalen Drittel war der Reinigungseffekt am schwächsten. Apikal und in der Mitte wurde keine der Proben mit einem Verschmutzungsgrad 5 oder besser bewertet. Hier zeigte sich eine sehr geringe Varianz der Messwerte. Die Entfernung von Sealer war in allen drei Wurzelkanalabschnitten weniger effektiv als in der Kontrollgruppe.

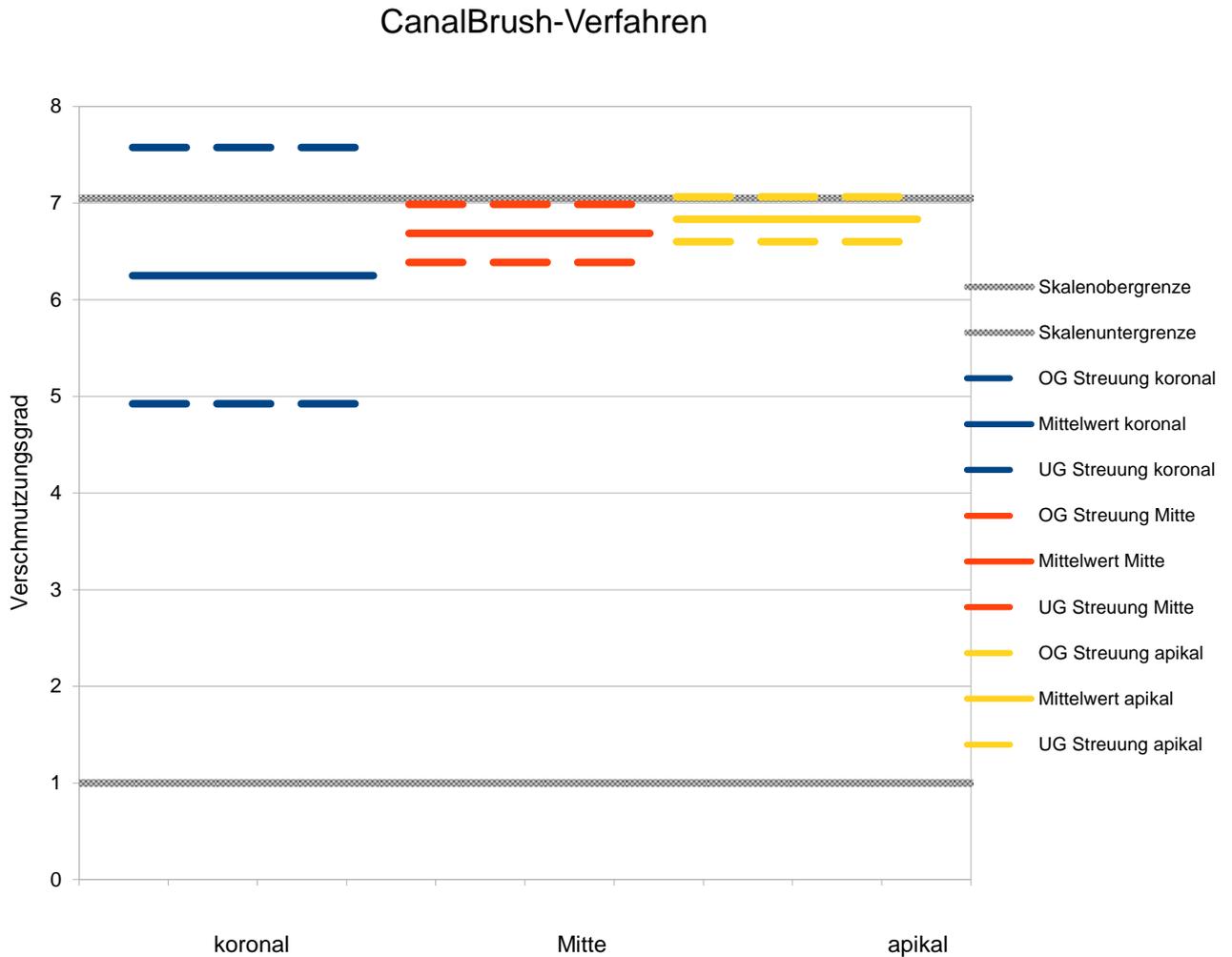


Abb. 14 Graphische Darstellung der Reinigungseffizienz der CanalBrush. Die Streuung besonders in dem mittleren und apikalen Drittel fällt sehr gering aus und verdeutlicht durch die geringe Varianz die Signifikanz der Ergebnisse.

EndoActivator

Die Ergebnisse der Gruppe des Endoactivators sind in Tab. 11 (siehe Anhang) in einem Kreisdiagramm (Abb. 15) und in einer Graphik (Abb. 16) dargestellt.

EndoActivator-Verfahren

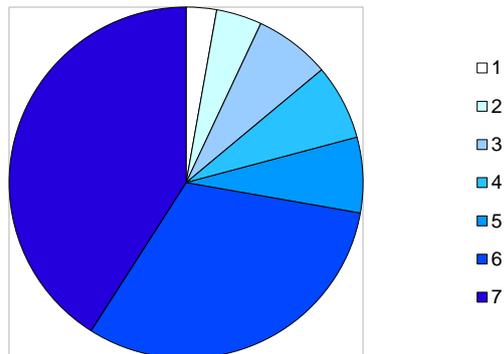


Abb. 15 Kreisdiagramm zur Darstellung der Reinigungseffizienz des EndoActivators, anhand der siebenstufigen Skala von HÜLSMANN UND BLUHM (2004).

Das Reinigungsergebnis des EndoActivators zeigte besonders im koronalen und mittleren Drittel des Wurzelkanals relativ starke Varianzen (Abb. 16). Diese hohen Varianzen traten aber nicht in den Bewertungen zwischen den „readern“ auf. Die interindividuelle Reproduzierbarkeit war auch in dieser Gruppe gleichbleibend gut. Die „reader“ bewerteten einige koronale Proben mit dem Grad 2, jedoch wurden koronal auch Proben mit sehr hohen Verschmutzungsgraden gefunden. Die Mittelwerte spiegeln daher nur bedingt die tatsächlichen Reinigungsergebnisse wider. Im apikalen Drittel war der Reinigungseffekt des EndoActivators am schwächsten und zeigte sich weniger effektiv als die Kontrollgruppe. Koronal und im mittleren Wurzelkanalabschnitt entsprach das Reinigungsergebnis in etwa dem der Kontrollgruppe.

EndoActivator-Verfahren

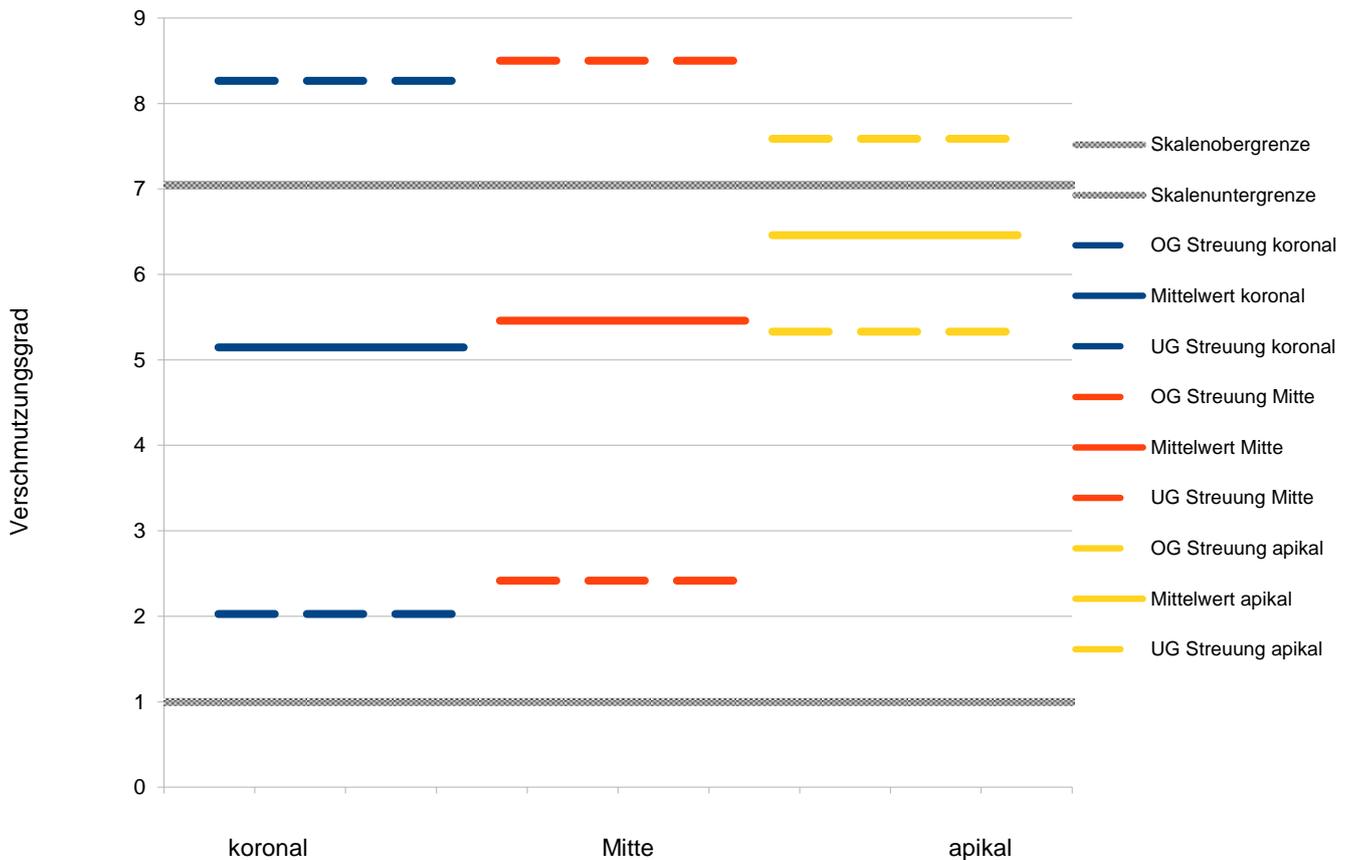


Abb. 16 Graphische Darstellung der Reinigungseffizienz des EndoActivators. Die mittlere Reinigungseffizienz des EndoActivators nimmt nach apikal hin ab. Die mittlere Reinigungseffizienz im koronalen und mittleren Wurzelkanaldrittel entspricht etwa der der Kontrollgruppe.

Ultraschall

Die Ergebnisse aus der Ultraschallgruppe sind in Tab. 12 (siehe Anhang), in einem Kreisdiagramm (Abb. 17) und in einer Graphik (Abb.18) dargestellt.

Ultraschall-Verfahren

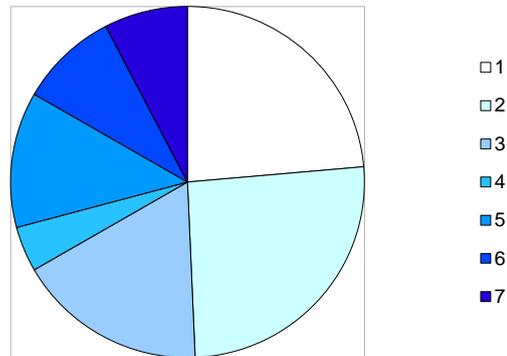


Abb. 17 Kreisdiagramm zur Darstellung der Reinigungseffizienz des Ultraschallverfahrens, anhand der siebenstufigen Skala von HÜLSMANN UND BLUHM (2004).

Ultraschall-Verfahren

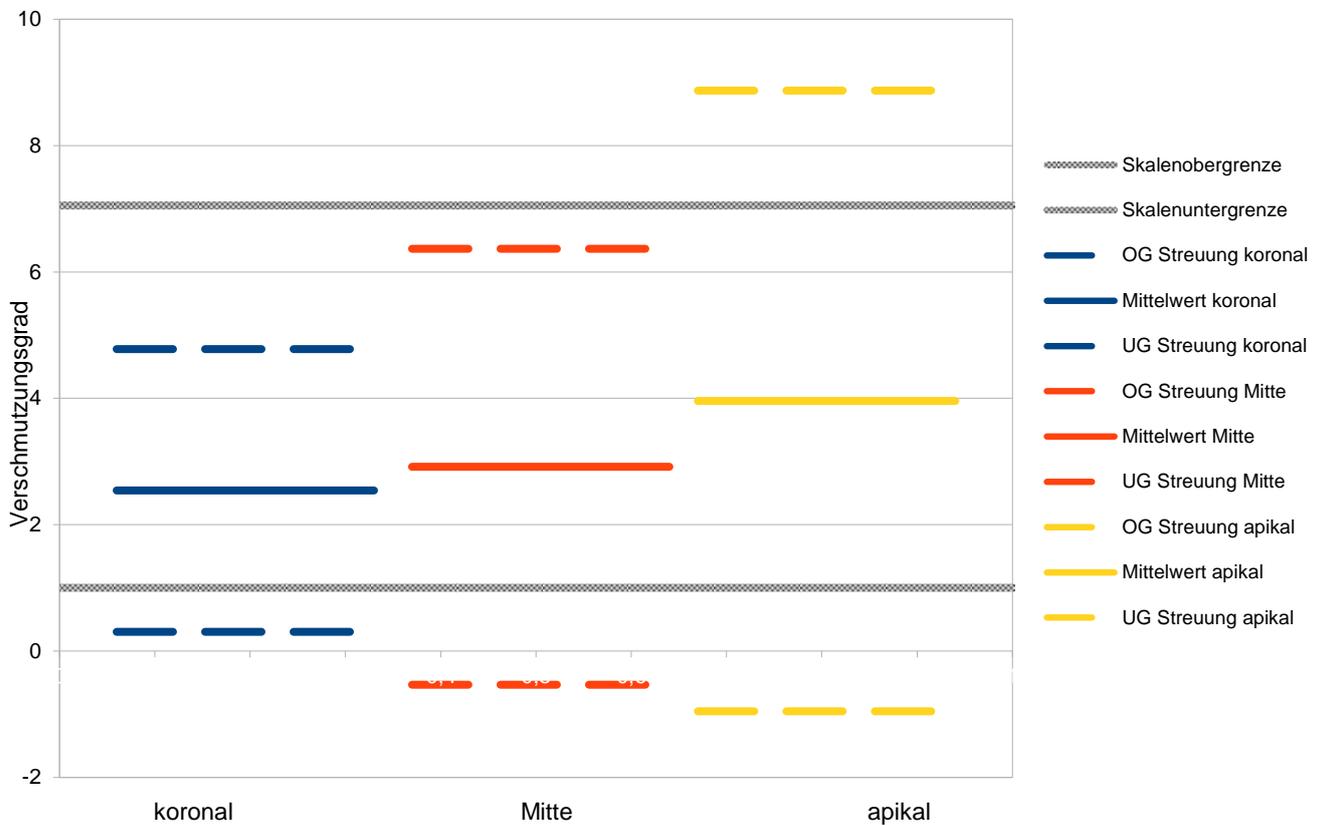


Abb. 18 Graphische Darstellung der Ergebnisse des Ultraschallverfahrens. Dargestellt sind die Mittelwerte sowie die Streuung der Messwerte.

Etwa die Hälfte der Proben in der Ultraschall-Gruppe wurde von den „readern“ mit dem Grad 1 oder 2 bewertet (Abb. 17). Die Entfernung von Sealer gelang in allen drei Wurzelkanalabschnitten deutlich besser als in der Kontrollgruppe. Der Reinigungseffekt stellte sich koronal am größten dar und nahm nach apikal hin ab. Die Abweichung der einzelnen Messwerte vom Mittelwert nahm von koronal nach apikal zu (Abb. 18).

RinsEndo

Die Ergebnisse aus der RinsEndo-Gruppe sind in Tab. 13 (siehe Anhang), in einem Kreisdiagramm (Abb. 19) und in einer Graphik (Abb.20) dargestellt.

RinsEndo-Verfahren

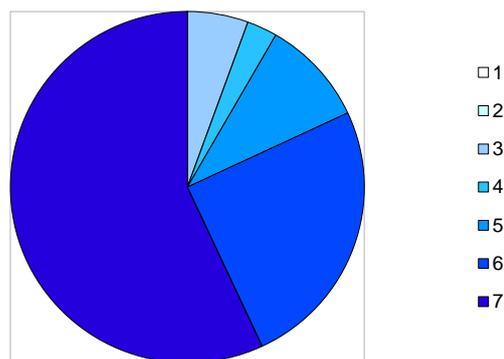


Abb. 19 Kreisdiagramm zur Darstellung der Reinigungseffizienz des RinsEndo-Verfahrens, anhand der siebenstufigen Gradskala von HÜLSMANN UND BLUHM (2004).

Mehr als die Hälfte aller Proben aus der RinsEndo-Gruppe bewerteten die „reader“ mit einem Verschmutzungsgrad von 6. In keinem Wurzelkanalabschnitt übertraf der Reinigungseffekt des RinsEndo den der konventionellen Handspülung. Der mittlere Verschmutzungsgrad lag koronal, in der mitte und apikal zwischen 6 und 7 und somit sehr nah an der Skalenobergrenze.

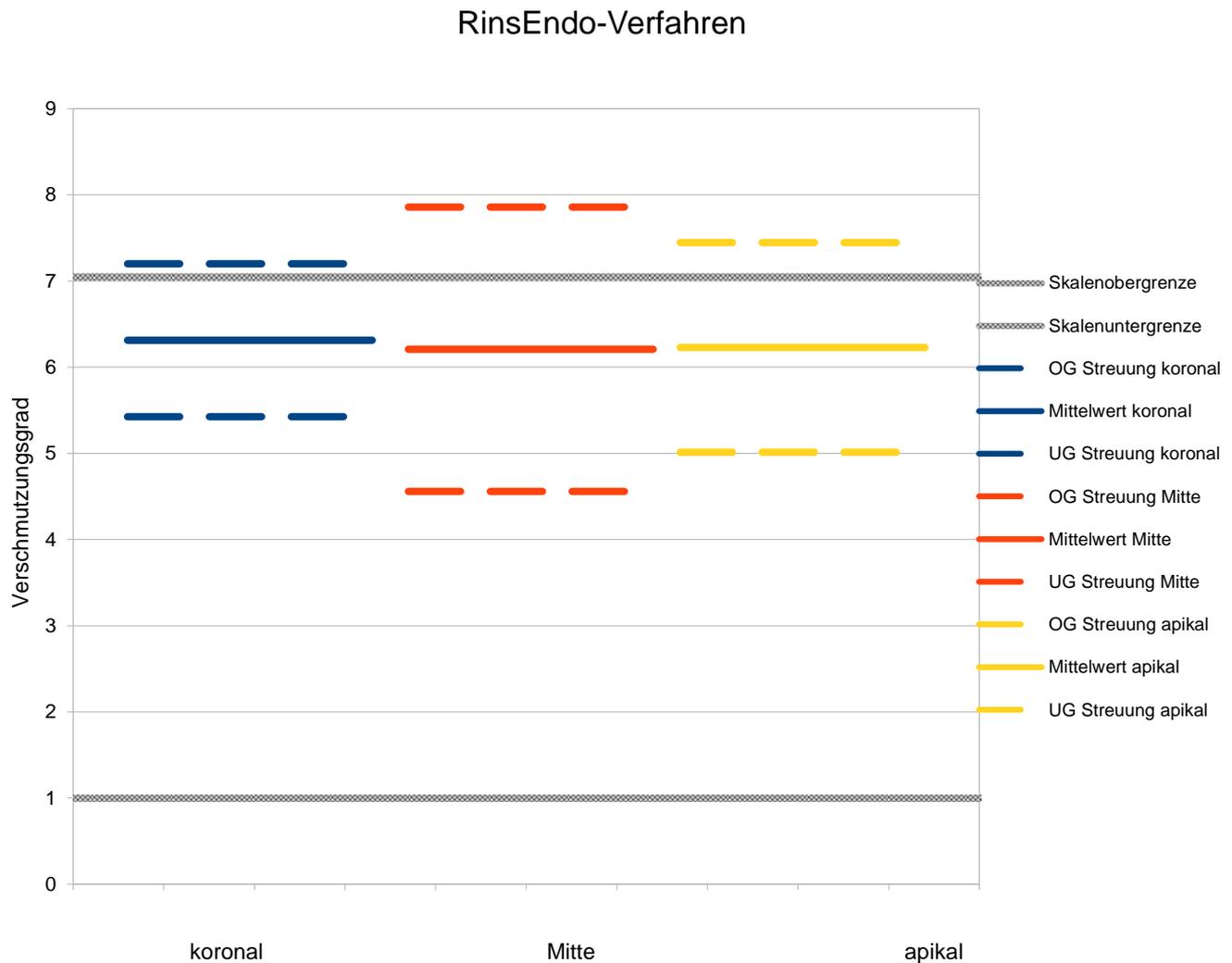


Abb. 20 Graphische Darstellung der Reinigungseffizienz von RinsEndo. Die überwiegend schlechten Reinigungsergebnisse zeigen, dass das RinsEndo bei der Entfernung von Sealer der Handspülung unterlegen ist.

5.2 Reinigung der lateralen Gruben

Da sich bereits in der ersten Versuchsreihe zeigte, dass keine der 5 Spültechniken einen signifikanten Effekt auf die Sauberkeit der präparierten Gruben hatte, wurde die statistische Auswertung auf die Erfolge bei der Reinigung der Kavitätenwand bezogen. Auch in der Ultraschallgruppe, welche in allen Wurzelkanalbereichen beste Reinigungseffizienz zeigte, konnte kein signifikanter Reinigungseffekt auf die lateralen Gruben festgestellt werden. Sogar Proben, die in allen Wurzelkanalbereichen den Grad 1 erreicht hatten, zeigten weiterhin komplett gefüllte Gruben (Abb.21). Aus Tab. 6 (siehe Anhang) sind die Ergebnisse für die Auswertung der Gruben zu entnehmen.

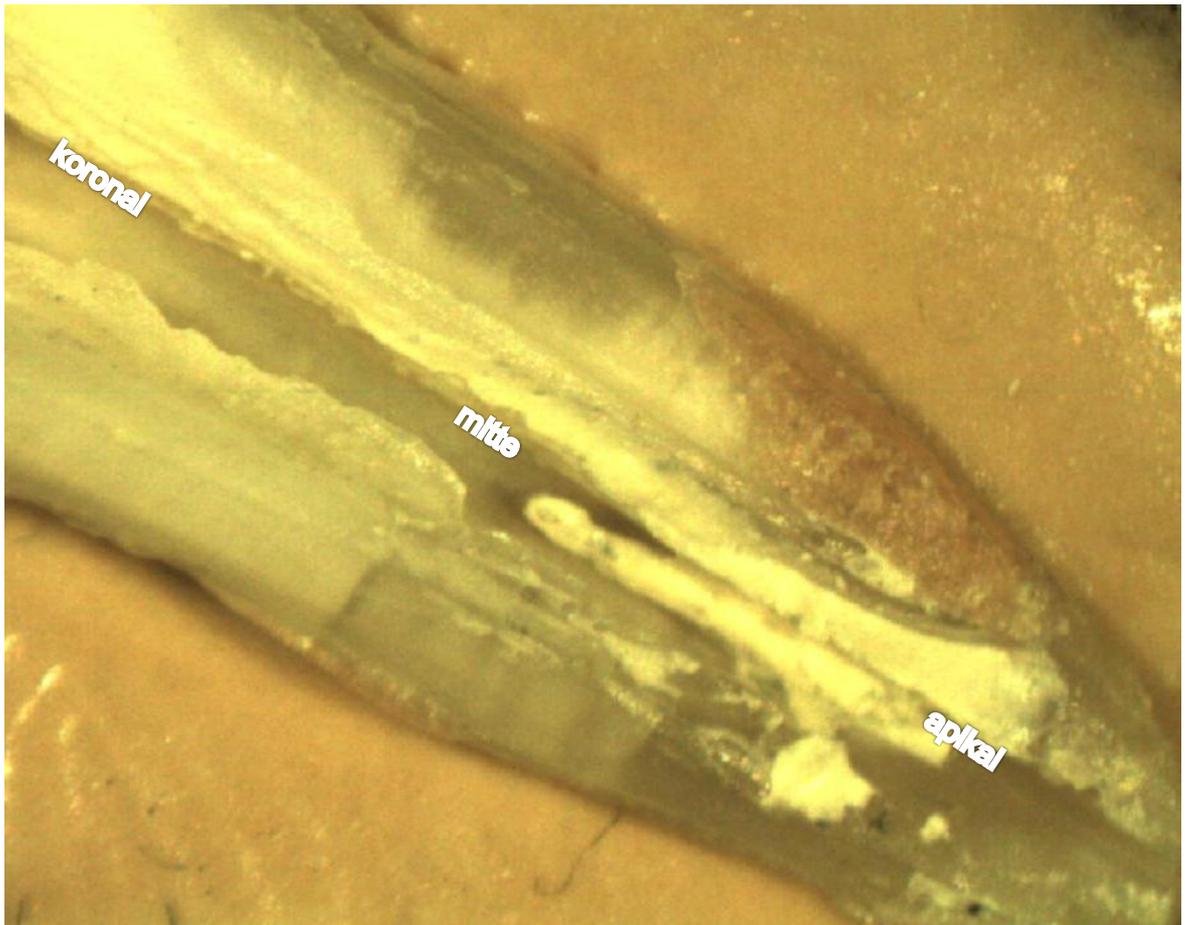


Abb. 21 Eine mit dem Ultraschallverfahren gereinigte Probe. Auf der Abbildung ist deutlich zu erkennen, dass das koronale, mittlere und apikale Drittel des Wurzelkanals vollständig von Sealerrückständen gereinigt, die Grube jedoch noch beinahe vollständig mit Sealer gefüllt ist.

5.3 Statistische Auswertung

Die Daten aus der Bewertung der Sauberkeit wurden mit dem Programm EXCEL (Microsoft Office 2010/ USA) erfasst und ausgewertet. Die Proben wurden von zwei Bewertern ausgewertet, um die Reproduzierbarkeit des Versuches zu überprüfen. Zur Überprüfung der Signifikanz wurde ein Homogenitätstest durchgeführt.

Ein Homogenitätstest wird durchgeführt, wenn die Auswertung durch zwei Bewerter erfolgt. Es liegen zwei Probenauswertungen vor, Auswertung A mit n_1 Werten und Auswertung B mit n_2 Werten. Jeder Wert der Auswertung A wird mit jedem Wert der Auswertung B verglichen. Je mehr Werte aus den beiden Auswertungen übereinstimmen, desto höher ist die Homogenität und damit die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Nach Auswertung dieses Homogenitätstests steht fest, dass die beiden Probenauswertungen mit einer mittleren Abweichung von 3,459 Prozent eine zuverlässige Auswertungsprognose vorweisen (Tab. 2). Die gesamte absolute Abweichung betrug bei 318 Bewertungen nur elf Abweichungen von Auswerter zu Auswerter.

Interindividuelle Abweichungen

	n	%
Abweichungen von Auswerter zu Auswerter	$\frac{11}{318}$	3,459

Tab. 2 Übersicht über die absolute Anzahl abweichender Auswertungen der beiden Bewerter und Angabe der mittleren Abweichung in Prozent.

Mathematische Formel: $\% = \frac{\text{Anzahl übereinstimmender Proben}}{\text{Anzahl aller Proben}} \times 100$

Signifikanzen

Die Signifikanzen der Versuchsergebnisse wurden anhand des t-Tests errechnet und daraufhin mit Hilfe des Student's t-Density in p-Werten ausgedrückt. Das Signifikanzniveau α wurde auf 0,05 festgelegt. Demnach waren alle Werte $\leq 0,05$ signifikant. Der Vergleich der Versuchsergebnisse zwischen den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe ergab überwiegend signifikante Ergebnisse (Tab. 3). Auch innerhalb der Gruppen 1-3 konnte die Gleichheitshypothese widerlegt werden, da signifikante Unterschiede in den Reinigungseffekten der verschiedenen Kanaldrittel vorlagen (Tab. 5 - 7). Nur in der Kontrollgruppe (Tab. 4) und der Gruppe 4 (Tab. 8) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Wurzelkanalabschnitten gefunden werden.

	RinsEndo	Ultraschall	EndoActivator	CanalBrush	Manual
RinsEndo	x	signifikant	insignifikant	Signifikant	signifikant
Ultraschall	<0,001	x	signifikant	Signifikant	signifikant
EndoActivator	0,11	<0,001	x	Signifikant	insignifikant
CanalBrush	0,04	<0,001	0,007	X	signifikant
Manual	0,02	0,004	0,592	<0,001	x

Tab. 3 Übersicht über die Signifikanzen der Versuchsergebnisse und die dazugehörigen p-Werte. Verglichen wurden die Reinigungsergebnisse der Gruppen 1-4 untereinander und mit der Kontrollgruppe. Rot = schlechter, grün = besser. Die Tabelle wird von links nach rechts gelesen. Bsp.: Der Reinigungseffekt in der RinsEndo-Gruppe war signifikant schlechter als in der Ultraschall-Gruppe.

Kontrollgruppe	Signifikanz / p-Wert		
	koronal	mitte	apikal
koronal	x	insignifikant	insignifikant
mitte	0,562	x	insignifikant
apikal	0,830	0,930	x

Tab. 4 Ergebnisse der Signifikanzen und der dazugehörigen p-Werte innerhalb der Kontrollgruppe.

CanalBrush	Signifikanz / p-Wert		
	koronal	mitte	apikal
koronal	x	signifikant	signifikant
mitte	0,048	x	signifikant
apikal	0,011	0,002	x

Tab. 5 Ergebnisse der Signifikanzen und der dazugehörigen p-Werte innerhalb der CanalBrush-Gruppe.

EndoActivator	Signifikanz / p-Wert		
	koronal	mitte	apikal
koronal	x	insignifikant	signifikant
mitte	0,509	x	insignifikant
apikal	0,014	0,056	x

Tab. 6 Ergebnisse der Signifikanzen und der dazugehörigen p-Werte innerhalb der EndoActivator-Gruppe.

Ultraschall	Signifikanz / p-Wert		
	koronal	Mitte	Apikal
koronal	x	insignifikant	signifikant
mitte	0,437	X	signifikant
apikal	0,005	0,048	X

Tab. 7 Ergebnisse der Signifikanzen und der dazugehörigen p-Werte innerhalb der Ultraschall-Gruppe.

RinsEndo	Signifikanz / p-Wert		
	Koronal	Mitte	Apikal
koronal	X	insignifikant	insignifikant
mitte	0,812	X	insignifikant
apikal	0,859	0,968	X

Tab. 8 Ergebnisse der Signifikanzen und der dazugehörigen p-Werte innerhalb der RinsEndo-Gruppe.

Die Wurzelkanalwände in der Ultraschallgruppe waren signifikant besser gereinigt als die der RinsEndo-Gruppe ($p < 0,001$). Signifikant schlechter als die Kontrollgruppe schnitten das RinsEndo-Gerät ($p = 0,02$) und die CanalBrush-Technik ($p < 0,001$) ab. Im Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und der mit EndoActivator gereinigten Versuchsgruppe konnte kein signifikanter Unterschied des Reinigungseffekts festgestellt werden ($p = 0,11$). Innerhalb der RinsEndo-Gruppe ergab der Vergleich der drei Wurzelkanalabschnitte keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,8$) der Reinigungsergebnisse. In der Ultraschallgruppe war besonders der Vergleich zwischen dem koronalen und dem unteren Wurzelkanaldrittel signifikant ($p = 0,005$). In den Gruppen 2-4 zeigte sich jeweils koronal ein signifikant besseres Reinigungsergebnis als apikal (Tab. 5-7).

6 Diskussion

6.1 Methodik

Mit Hilfe von In-vitro-Untersuchungen werden neue Geräte oder Behandlungsmethoden in einer kontrollierten, künstlichen Umgebung, außerhalb eines lebenden Organismus, untersucht. Medizinische Forschung lässt sich in vitro häufig leichter kontrollieren und standardisieren, da weniger beeinflussende Parameter berücksichtigt werden müssen. Aus den Ergebnissen solcher Untersuchungen können dann Rückschlüsse auf die klinische Eignung eines neuen Verfahrens gezogen werden. Jedoch sind die in vitro gewonnenen Erkenntnisse nur bedingt auf klinische Situationen übertragbar. In der vorliegenden Studie wurden die Versuchsbedingungen so praxisnah wie möglich gestaltet. Anstelle von Kunststoffprobekörpern wurden natürliche, menschliche Zähne verwendet. Die Verwendung von natürlichen Zähnen hat den großen Vorteil, dass die Untersuchung dem Behandler bereits ein tieferes Verständnis für mögliche Schwierigkeiten oder Komplikationen in vivo vermittelt, gleichzeitig birgt dieser Vorteil aber auch einen Nachteil. Natürliche Zähne sind aufgrund ihrer anatomischen Individualität nur schlecht standardisierbar und somit auch nur bedingt vergleichbar. Durch eine sorgfältige Vorauswahl können zwar ähnliche, jedoch keine identischen Wurzelkanalformen gefunden werden. Deshalb sollte die Präparation der Wurzelkanäle in einer möglichst vergleichbaren Geometrie resultieren. Zähne mit einem kleinen, runden Wurzelquerschnitt erleichtern den gleichmäßigen Substanzabtrag bei der Präparation und damit das zügige Erreichen vergleichbarer Wurzelkanalgeometrien. Ovale und weite Wurzelkanäle hingegen sind nur durch starken Substanzabtrag in eine runde Form zu bringen. Demnach wurden Zähne mit ovalem Wurzelquerschnitt und solche mit einem Kanallumen, welches nach der Trepanation das Einführen einer Feile mit der ISO-Größe 30 erlaubte, verworfen.

Die manuelle Präparation mit Handinstrumenten erwies sich als schwer standardisierbar. Das Ergebnis der Vorversuche lieferte durch Handaufbereitung stark voneinander abweichende Kanalpräparationen.

Durch die Präparation mit dem FlexMaster-NiTi-System konnten weitgehend einheitliche Wurzelkanalpräparationen erzielt werden. Dies ermöglichte im Folgenden identische Versuchsbedingungen für die verschiedenen Spültechniken. Trotz dieser Maßnahmen war eine vollständige Übereinstimmung der Kanalpräparation nicht zu erwarten. Um die Auswirkung dieser Variablen zu minimieren, wurden die Proben im Anschluss zufällig in die verschiedenen Versuchsgruppen eingeteilt. Dennoch wurde besonders im apikalen Drittel durch die große Varianz der Messergebnisse in jeder der Gruppen deutlich, dass eine gute Standardisierung schwer realisierbar ist. Eine größer angelegte Studie mit mehr Proben könnte diese Problematik minimieren.

Die Methodik in der vorliegenden Studie ähnelt dem Versuchsprotokoll von LEE et al. (2004), bei dem jedoch zusätzlich zu den Gruben auch punktförmige Vertiefungen in die Wurzelkanalwand präpariert wurden. LEE et al. (2004) kamen zu dem Ergebnis, dass 75% der Gruben, aber nur 38% der punktförmigen Vertiefungen durch die ultraschallaktivierte Spülung gesäubert wurden, und vermuteten, dass die Ultraschallfeile die Gruben penetriert. Eine weitere Studie, welche auch die Präparation von punktförmigen Vertiefungen vorsieht, könnte Aufschluss darüber geben, ob die in der Ultraschallgruppe aufgetretenen Reinigungseffekte in den Gruben lediglich durch versehentlichen direkten Kontakt der Ultraschallfeile mit der Wurzelkanalwand entstanden sind.

In einer Vorversuchsreihe wurde der Spülung eine mechanische Bearbeitung mit einer Hedströmfeile vorangestellt. Dies führte jedoch in allen Gruppen zu einem unkalkulierbaren Reinigungseffekt mit sehr hohen Varianzen und wurde deshalb im Hauptversuch nicht übernommen. Die Hedströmfeile verursachte innerhalb einer Gruppe so starke Abweichungen, dass es für den Vergleich der Effektivität der Spülsysteme wenig nützlich erschien, diese zusätzliche, mechanische Manipulation durchzuführen.

Die Hauptversuchsreihe zählte dreiundfünfzig Zähne, wobei zuvor an hundert Zähnen das Verfahren eingeübt wurde. Besonders die maschinelle Präparation der Wurzelkanäle sowie das Anlegen der künstlichen Seitenkanäle wurden geübt. Des Weiteren wurden die verschiedenen Spültechniken im Laufe mehrerer Vorversuchsreihen erlernt, bis alle

Spültechniken von der Behandlerin gleichermaßen routiniert angewendet werden konnten. Bereits in den Vorversuchen wurde deutlich, dass keine der Spültechniken einen Effekt auf die Reinigung der Kavitäten zu haben schien, dennoch wurden in alle Proben Kavitäten präpariert, um diese bereits in den Vorversuchen angedeuteten Resultate mit einer ausreichenden Anzahl an Proben aussagekräftig hinterlegen zu können.

Ziel dieser Arbeit war der Vergleich unterschiedlicher Spülsysteme. Natürlich sollten alle Spülsysteme möglichst optimale Bedingungen zur Entfaltung ihrer maximalen Effektivität erhalten. Die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Spüleffektivität sind der Durchmesser der Kanalpräparation (USMAN et al. 2004), die Eindringtiefe der Spülkanüle und das Spülvolumen (NGUY UND SEDGLEY 2006). Wie von RAM (1977) empfohlen, wurde apikal in allen Versuchsgruppen auf die ISO-Größe 40 erweitert. Entsprechend der Versuchsdurchführung von RÖDIG et al. (2010a, b, c) wurde die Spülkanüle bei der Kontrollgruppe auf 1 mm vor der Arbeitslänge (AL) platziert, die CanalBrush, der EndoActivator und die Ultraschallspitze wurden bis auf 2 mm vor der AL in den Kanal eingeführt. Die RinsEndo- Spülkanüle wurde wie bei CARON et al. (2010) auf AL minus 4 mm aktiviert.

In der Literatur sind kontroverse Angaben über die minimal notwendige Spüldauer, das optimale Spülvolumen sowie die effektivste Konzentration von Natriumhypochlorit zu finden. Das Spülprotokoll von LEE et al. (2004) sieht die Anwendung eines relativ hohen Flüssigkeitsvolumens (50 ml in der Kontrollgruppe und 200 ml in der Ultraschallgruppe) vor. Um die Spülprotokolle in den Versuchsreihen so praxisnah wie möglich zu gestalten, wurde in der vorliegenden Studie jedoch auf so große Spülvolumina verzichtet. Deshalb wurde in der Ultraschallgruppe die von CAMERON (1983) und PASSARINHO-NETO et al. (2006) empfohlene 5 minütige PUI nicht durchgeführt, sondern die von SABINS et al. (2003) beschriebene „short-term PUI“. RÖDIG et al. (2010c) verwendeten in einem ähnlichen Versuchsaufbau für die Entfernung von Debris und „smear-layer“ ein Spülvolumen von 10 ml (5 ml NaOCl und 5 ml EDTA), was jedoch für die Entfernung von Sealer unzureichend erschien. Wie bei RÖDIG et al. (2010a,

b, c) und CARON et al. (2010) wurde in den Gruppen EndoActivator, CanalBrush und RinsEndo NaOCl (3 %ig) verwendet.

Einen weiteren wichtigen Einflussfaktor auf die Spüleffektivität stellt die Krümmung des Wurzelkanals dar (NGUY UND SEDGLEY 2006). Im vorliegenden Versuch wurde auf Proben mit gekrümmtem Wurzelkanal verzichtet um den Versuchsaufbau nicht weiter zu komplizieren und die Ausgangsbedingungen für die Spülsysteme möglichst zu standardisieren.

6.2 Material

In der vorliegenden Studie wurde NaOCl als Spüllösung gewählt, da es in der modernen Endodontie das am häufigsten verwendete und anerkannteste Spülmedium darstellt. Der Effekt von NaOCl auf Mikroorganismen und deren Biofilm wurde bereits in vielen Studien untersucht (PETERS 2004, HAAPASALO et al. 2005, HÜLSMANN et al. 2005). Als Sealer wurde AH Plus® verwendet, da er sich in zahlreichen Studien als Goldstandard beweisen konnte (SCHÄFER UND ZANDBIGLARI 2003). AH Plus® hinterlässt bei der Revision im Vergleich zu anderen Füllmaterialien stärkere Rückstände an der Kanalwand (CUNHAN et al. 2007), demnach ist die Entfernung von AH Plus® ein Zeichen hoher Reinigungseffizienz einer Spültechnik. VAN DER SLUIS et al. (2007b) zeigte in seiner Studie, dass die passive Ultraschallspülung im Rahmen der Präparation und Desinfektion die spätere Haftung des Sealers beeinflusst, deshalb wurde in keiner der Gruppen Ultraschall zur Spülung während der Wurzelkanalpräparation angewandt, sondern lediglich konventionell per Hand gespült.

Um die In-vitro-Versuche so praxisnah wie möglich zu gestalten, wurde substanzschonend trepaniert. Die Kavitäten wurden zwischen den Sitzungen mit Cavit verschlossen.

Um das Risiko von Instrumentenfrakturen zu minimieren, wurden in allen Versuchsgruppen ausschließlich fabrikneue Spülnadeln bzw. Spülaufsätze verwendet.

6.3 Ergebnisse

Die Studie wurde in Anlehnung an das Design von LEE et al. (2004) entworfen. Ähnliche Studien zur Untersuchung der Effektivität von

Ultraschall bei der Entfernung von Debris und Kalziumhydroxid aus künstlich angelegten, lateralen Buchten wurden von VAN DER SLUIS et al. (2006 und 2007a) durchgeführt. Andere Studien (SABINS et al. 2003 und ZMENER et al. 2009) untersuchten die Reinigung der gesamten Wurzelkanaloberfläche. Für die vorliegende Studie erwies sich eine Kombination aus den verschiedenen Studiendesigns als vorteilhaft. Es wurden dreiundfünfzig Wurzelkanäle in der Crown-down-Technik bis zur Größe 40/02 mit rotierenden Nickel-Titan-Instrumenten erweitert. Laut RAM (1977) und CHOW (1983) verbessert eine weite apikale Präparation die Effektivität einer Wurzelkanalspülung. RÖDIG et al. (2010a) zeigten jedoch, dass es für die Reinigungswirkung von RinsEndo und PUI unerheblich ist ob apikal bis zur Größe 40/02 oder 50/02 erweitert wird. Entscheidend scheint die ausreichende Penetrationstiefe der Spülkanüle, und damit der Zugang der Spüllösung in den apikalen Wurzelkanalbereich (CHOW 1983, SEDGLEY et al. 2005) zu sein. Die in der Kontrollgruppe verwendete Spülkanüle der Größe 29 Gauge kann, bei einer apikalen Präparation bis zur ISO-Größe 40, barrierefrei auf Arbeitslänge minus 1mm in den Wurzelkanal eingeführt werden. Ähnlich verhält es sich mit den Aufsätzen der CanalBrush, des EndoActivators und der Ultraschall K-Feile (ISO-Größe 15), welche alle bei einer Präparation bis zur Größe 40/02 auf Arbeitslänge (AL) minus 2 mm eingebracht werden können. Ebenso kann das RinsEndo dann problemlos auf AL minus 4 mm positioniert werden. Ein angemessenes Spülprotokoll sieht laut WALTERS et al. (2002) 2 ml Spüllösung zwischen den Aufbereitungsinstrumenten, sowie laut YAMADA et al. (1983) ein „final flush“ von 5-10 ml vor. Bei der Aufbereitung der Wurzelkanäle bis 40/02 sind im FlexMaster-System 8 Feilen vorgesehen. Demnach beträgt das empfohlene Gesamtvolumen 20-25 ml pro Wurzelkanal. Das in der Studie verwendete Spülvolumen von 24 ml korreliert demnach mit den Literaturangaben, übertrifft aber sicher das in der Praxis allgemein übliche Spülvolumen (BAUMGARTNER et al. 1984).

Die Anzahl der Proben entspricht mit $n = 12$ den üblichen Probenzahlen und kann mit ähnlichen Studien wie der von LEE et al. (2004) oder RÖDIG et al. (2010a) verglichen werden. LEE et al. (2004) verwendeten die Proben aus der Kontrollgruppe doppelt, dies war wegen der starken Persistenz des

Sealers in der vorliegenden Studie nicht möglich. Lediglich die Proben aus der Ultraschallgruppe hätten wiederverwendet werden können, hier stellte aber der potentiell schneidende Effekt der Ultraschallfeile den limitierenden Faktor dar, da bei wiederholter Verwendung nicht mehr von einer unveränderten Anatomie und Geometrie der Wurzelkanäle ausgegangen werden könnte. Auch die Form der lateralen Vertiefungen hätte unter Umständen verändert sein können.

Die passive ultraschallgestützte Spülung konnte in dieser Studie bei der Entfernung von Sealer von der Wurzelkanalwand überzeugen. Besonders im koronalen Kanaldrittel erreichte sie im Mittel einen hohen Reinigungsgrad und auch in den anderen beiden Dritteln zeigte die PUI durchaus zufriedenstellende Ergebnisse. Die Mehrzahl der Studien bescheinigen der PUI bessere Reinigungsergebnisse als der manuellen Spülung, MAYER et al. (2002) konnten in ihrer Untersuchung jedoch keine Verbesserung des Debridements durch passive Ultraschallaktivierung im Vergleich zur Handspülung feststellen. Im Gegensatz dazu bestätigen andere Studien die Überlegenheit der PUI (MARTIN UND CUNNINGHAM 1982, CAMERON 1983, JENSEN et al. 1999). Übereinstimmend mit der Studie von RÖDIG et al. (2010a) kann festgehalten werden, dass die PUI bei der Entfernung von Sealer aus künstlich angelegten, lateralen Gruben effektiver ist als die Handspülung und RinsEndo. Dennoch erwies sich die PUI in dieser Versuchskonstellation nicht als geeignete Spültechnik, um Sealer sicher aus lateralen Buchten zu entfernen. Offen bleibt, ob die von CAMERON (1983) und PASSARINHO-NETO et al. (2006) empfohlene 5 minütige PUI einen besseren Reinigungseffekt auf Buchten, Nischen, Isthmen und Anastomosen zwischen den Wurzelkanälen hätte und Sealerreste hier ausreichend entfernen kann.

Die positiven Ergebnisse aus anderen Studien bezüglich der Reinigungswirkung der CanalBrush konnten bei dieser Versuchskonstellation nicht bestätigt werden. Weder die Kanalwand noch die lateralen Buchten wurden erfolgreich von Sealer befreit. Die Entfernung des „smear layer“ ist mit Hilfe dieser hochflexiblen Kunststoffbürste laut RÖDIG et al. (2010c) auf 60% der Kanaloberfläche möglich, ein effektiver Beitrag zur Entfernung von Sealer kann jedoch in dieser Studie nicht

nachgewiesen werden. Vielmehr muss darauf hingewiesen werden, dass es in der CanalBrush-Versuchsgruppe im Laufe der Studie zu drei Zwischenfällen kam. In zwei Fällen kam es zu starken Deformationen des Bürstenkopfes und in einem Fall zur Abtrennung einer apikalen Kunststoffbürste, welche durch ihren festen apikalen Sitz erst nach Teilung des Zahnes wieder geborgen werden konnte (Abb. 22). Des Weiteren muss darauf hingewiesen werden, dass die CanalBrush in allen Wurzelkanalabschnitten weniger effizient arbeitet als die Handspülung alleine, da der Sealer nicht abgetragen, sondern nur verschmiert wurde. Die Ergebnisse dieser Studie legen es nahe, den Einsatz der CanalBrush zur Entfernung von Sealer abzulehnen, um kontraproduktive Effekte, wie Verschmieren des Sealers und die Desintegration von Bestandteilen der CanalBrush zu vermeiden.

Ziel einer erfolgreichen Revision sind die Ausheilung periapikaler pathologischer Zustände und die Prävention weiterer Zerstörung durch Eliminierung der bestehenden Infektion, also die möglichst vollständige Befreiung des komplexen Wurzelkanalsystems von alten Materialresten. Lösen sich nun aber Bestandteile der CanalBrush während einer Revision und verbleiben anschließend im Kanalsystem, so muss mit einem erhöhten Risiko für einen erneuten Misserfolg gerechnet werden. Auch wenn die gelösten Teile der CanalBrush durch nachfolgendes intensives Spülen oder Reinstrumentierung wieder aus dem Kanalsystem geborgen werden können, so entspräche dieses Vorgehen nicht den hohen Ansprüchen an eine moderne, kosten- und effizienzorientierte Endodontie.

Genauso wenig wie die CanalBrush konnte das RinsEndo in dieser Versuchskonstellation überzeugen. Interessant ist der Vergleich mit der Studie von RÖDIG et al. (2010a), in der das RinsEndo-System einen guten Effekt auf die Reinigung von Debris aus künstlich angelegten Seitenkanälen aufwies. Die besten Ergebnisse erzielten RÖDIG et al. (2010a) bei koronaler Positionierung der RinsEndo-Spülkanüle. In der vorliegenden Studie wurde in Anlehnung an das Studiendesign von MCGILL et al. (2008) das RinsEndo jedoch auf AL minus 4mm gebracht. Anders als bei RÖDIG et al. (2010a) zeigte keine der vierundzwanzig RinsEndo-Proben eine gesäuberte laterale Grube. Jedoch ist davon auszugehen, da die PUI auch in der Studie von

RÖDIG et al. (2010a) effektiver war als das RinsEndo, dass der Spüleffekt des RinsEndo für die Reinigung von Sealer nicht stark genug ist.

In der EndoActivator-Gruppe konnte eine deutliche Abnahme der Reinigungseffizienz von koronal nach apikal festgestellt werden. Auch UROZ-TORRES et al. (2010) kamen in ihrer Untersuchung zu dem Ergebnis, dass die Reinigungseffizienz des EndoActivators koronal am ausgeprägtesten ist. Außerdem konnten sie bei der Entfernung des „smear layer“ keinen Vorteil in der Anwendung des EndoActivator gegenüber der konventionellen Handspülung feststellen. Der EndoActivator reinigte im koronalen Drittel effektiver als die konventionelle Handspülung, er zeigte jedoch in allen drei Wurzelkanaldritteln eine hohe Varianz. Die Studie von DE GREGORIO et al. (2010) zeigte eine stärkere Penetration von NaOCl in künstlich angelegte Seitenkanäle bei Anwendung des EndoActivators im Vergleich zu konventioneller Handspülung. Diese Studie ließ auf einen Reinigungseffekt in den lateralen Gruben hoffen, dies konnte jedoch nicht bestätigt werden. Abschließend ist festzustellen, dass bei der Revision eine ultraschallaktivierte Spülung durchaus hilfreich ist, jedoch führt auch diese nicht zur sicheren Säuberung und Desinfektion eventueller Einziehungen oder Buchten.

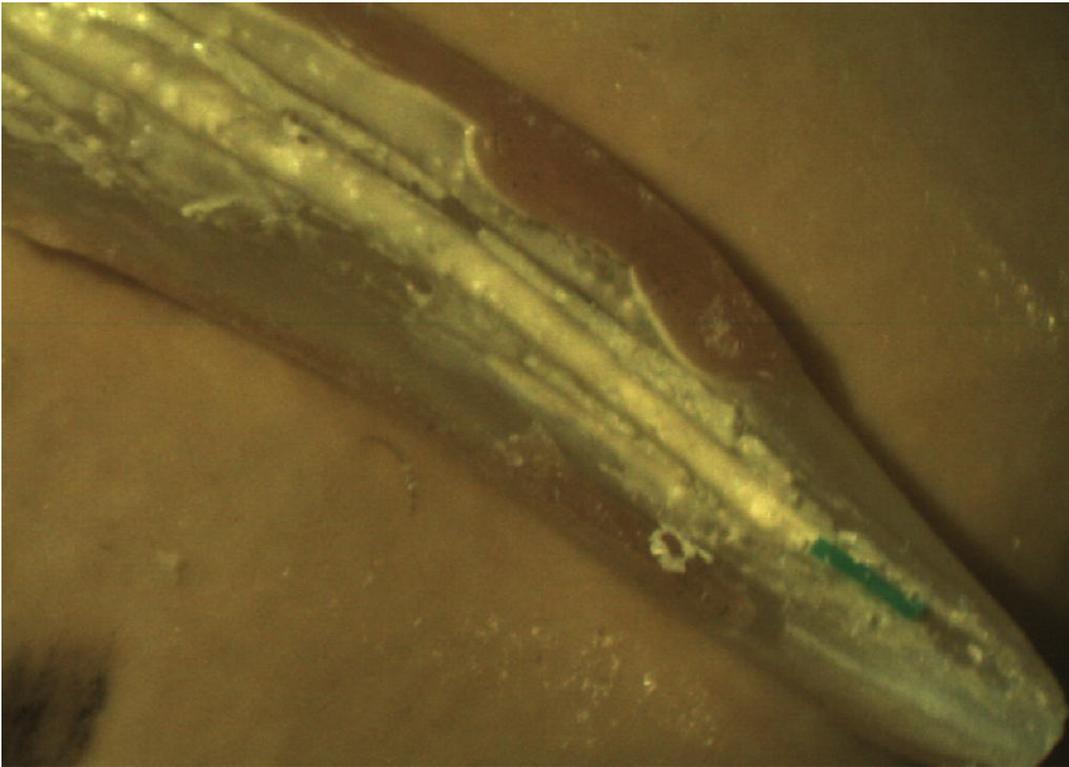


Abb. 22 Desintegration eines Bestandteils der CanalBrush nach Aktivierung im Wurzelkanal. Des Weiteren ist trotz Spülung kein Reinigungseffekt zu erkennen.

7. Schlussfolgerungen und Ausblick

1. Eine Entfernung vollständig ausgehärteten Sealers muss überwiegend durch mechanische Bearbeitung des Wurzelkanals erfolgen.
2. Eine ausreichende Reinigung ist durch Anwendung einer der überprüften Spültechniken alleine nicht zu erwarten.
3. Eine Erweiterung des Wurzelkanals ist unumgänglich und nicht durch eine Spülung ersetzbar.
4. Auch wenn die Reinigungseffizienz der Ultraschallspülung den anderen Gruppen weit überlegen ist, so muss dennoch der mittlere Verschmutzungsgrad zwischen 2 und 4 als nicht ausreichend bezeichnet werden.
5. Einmal durch Sealer versiegelte Seitenkanäle sind durch keine der in dieser Arbeit untersuchten Spültechniken sicher wieder zugänglich zu machen und stellen demnach ein hohes Misserfolgsrisiko für eine Revision dar.

Die überraschend starke Persistenz des Sealers in den künstlich angelegten lateralen Buchten sollte weiter untersucht werden. Neue Studien, eventuell unter Zuhilfenahme von Lösungsmitteln, Erhöhung der Spüldauer oder Anwendung anderer Spülsysteme wie Laser, EndoVac oder des Vibringsystems (RÖDIG et al. 2010b) sollten folgen. Der Frage, ob Natriumhypochlorit als alleiniges Spülmedium zur Revision von Sealer ausreichend ist, sollte ebenfalls nachgegangen werden.

8 Zusammenfassung

Ziel der Studie war der Vergleich verschiedener Spülsysteme in ihrem Effekt auf die Entfernung von Sealer aus dem Wurzelkanal. **METHODIK:** Dreiundfünfzig einwurzelige, extrahierte, menschliche Zähne wurden instrumentiert und vertikal gespalten. In jede Zahnhälfte wurden künstliche Seitenkanäle präpariert. Kanaloberfläche und Seitenkanäle wurden mit AH Plus bedeckt und die Zahnhälften wieder zusammengefügt. Die Zähne wurden in 4 Gruppen und eine Kontrollgruppe eingeteilt. Verglichen wurden RinsEndo, Ultraschall, EndoActivator und CanalBrush. Als Kontrollgruppe galt die Handspülung. In allen fünf Gruppen wurde mit NaOCl gespült. Die Auswertung erfolgte unter dem Mikroskop mit 30x-Vergrößerung. **ERGEBNISSE:** Nur Gruppe 2 (US) konnte mit signifikant höherer Reinigungseffizienz auf der Wurzelkanaloberfläche überzeugen. Gruppe 3 (EndoActivator) zeigte einen höheren Reinigungseffekt im koronalen Kanal Drittel als im unteren. Gruppe 4 (CanalBrush) zeigte durch Verschmieren des Sealers sowie Verbleiben von Instrumentenbestandteilen nahezu keine Reinigungswirkung. In keiner der 5 Gruppen waren statistisch relevante Unterschiede in der Reinigung der Seitenkanäle zu erkennen. Lediglich in Gruppe 2 (US) konnte im Einzelfall ein Effekt auf die Seitenkanäle festgestellt werden, der jedoch in der vorliegenden Studie nicht signifikant war. **SCHLUSSFOLGERUNGEN:** Bei einer Revision zeigt nur die ultraschallgestützte Spülung eine effiziente Entfernung des Sealers auf der Wurzelkanaloberfläche. Eine sichere Reinigung der Seitenkanäle ist auch mit der Ultraschallspülung nicht möglich.

9 Literaturverzeichnis

ABOU-RASS M, OGLESBY SW (1981):

The effects of temperature, concentration, and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite.

J Endod 7, 376-377

ABOU-RASS M, PICCICININO MV (1982):

The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol 54, 323-328

AHMAD M, PITT FORD TR, CRUM LA (1987a):

Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved.

J Endod 13, 93-101

AHMAD M, PITT FORD TR, CRUM LA (1987b):

Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role.

J Endod 13, 490-499

AHMAD M, PITT FORD TR, CRUM LA, WILSON RF (1990):

Effectiveness of ultrasonic files in the disruption of root canal bacteria.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol 70, 328-332

AHMAD M, ROY RA, KAMARUDIN AG (1992): Observations of acoustic streaming fields around an oscillating ultrasonic file.

Endod Dent Traumatol 8, 189-94

AHMAD M, ROY RA, KAMARUDIN AG, SAFAR M (1993): The vibratory pattern of ultrasonic files driven piezoelectrically.

Int Endod J 26, 120-124

AL-HADLAQ SM, AL-TURAIKI SA, AL-SULAMI U, SAAD AY (2006):

Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study.

J Endod 32, 1181-1184

ALLEN RK, NEWTON CW, BROWN CE JR (1989): A statistical analysis of surgical and nonsurgical endodontic retreatment cases.

J Endod 15, 261-266

ANDERSEN M, LUND A, ANDREASEN JO, ANDREASEN FM (1992):

In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite.

Endod Dent Traumatol 8, 104-108

BAUMGARTNER JC, CUENIN PR (1992): Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod* 18, 605-612

BAUMGARTNER JC, BROWN CM, MADER CL, PETERS DD, SHULMAN JD (1984): A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *J Endod* 10, 525-531

BERGENHOLTZ G, LEKHOLM U, MILTHON R, HEDEN G, ODESJÖ B, ENGSTRÖM B (1979): Retreatment of endodontic fillings. *Scand J Dent Res* 87, 217-224

BODRUMLU E, ER O, KAYA OGLU G (2008): Solubility of root canal sealers with different organic solvents. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 106, 67-69

BRAUN A, KAPPES D, KRAUSE F, JEPSEN S (2005): Efficiency of a novel rinsing device for the removal of pulp tissue in vitro. *Int Endod J* 38, 923-924 (abstract)

CAMERON JA (1983):
The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod* 9, 289-292

CARON G: Cleaning efficiency of the apical millimeters of curved canals using three different modalities of irrigant activation: an SEM Study; Master Thesis Part 1, University Paris, France 2006a

CARON G: Cleaning efficiency of the apical millimeters of curved canals using three different modalities of irrigation activation: an SEM Study, Master Thesis Part 2, University Paris, France 2006b

CARON G, NHAM K, BRONNEC F, MACHTOU P (2010): Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod* 36, 1361-1366

CHOW TW (1983): Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 9, 475-479

CUNHAN R, BARROS PP, DE MARTIN AS, DA SILVA FM, DE CASTILHO JACINTO R, DA SILVEIRA BUENO CE (2007): In vitro evaluation of the cleansing working time and analysis of the amount of gutta-percha or Resilon remnants in the root canal walls after instrumentation for endodontic retreatment. *J Endod* 33, 1426-1428

CUNNINGHAM WT, BALEKJIAN AY (1980): Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol 49, 175-177

CUNNINGHAM WT, JOSEPH SW (1980): Effect of temperature on the bactericidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 50, 569-571

DAKIN HD (1915): The antiseptic action of hypochlorites: The Ancient History of the "New Antiseptic."
Br Med J 1915,2, 809-810

DAMMASCHKE T (1999): Natriumhypochlorit - eine Übersicht.
Endodontie 8, 9-20

DE CHEVIGNY C, DAO TT, BASRANI BR, MARQUIS V, FARZANEH M, ARBITOL S, LAWRENCE HP, FRIEDMANN S (2008): Toronto Study Treatment outcome in endodontics-the Toronto Study -phases 3 and 4: orthograde retreatment
J Endod 34,131-137

DE GREGORIO C, ESTEVEZ R, CISNEROS R, HEILBORN C, COHENCA N (2009): Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study.
J Endod 35, 891-895

DE GREGORIO C, ESTEVEZ R, CISNEROS R, PARANJPE A, COHENCA N (2010): Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study.
J Endod 36, 1216-1221

DESAI P, HIMEL V (2009): Comparative safety of various intracanal irrigation systems.
J Endod 35, 545-549

ERDEMIR A, ADANIR N, BELLI S (2003): In vitro evaluation of the dissolving effect of solvents on root canal sealers.
J Oral Sci 45, 123-126

FRIEDMAN S, STABHOLZ A, TAMSE A (1990): Endodontic retreatment--case selection and technique. 3 Retreatment techniques
J Endod 16, 543-549

GARIP Y, SAZAK H, GUNDAY M, HATIPOGLU S (2010): Evaluation of smear layer removal after use of a canal brush: a SEM study.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 110, 62-66

GOLDMAN LB, GOLDMAN M, KRONMAN JH, LIN PS (1981): The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 52, 197-204

GOLDMAN M, GOLDMAN LB, CAVALERI R, BOGIS J, LIN PS (1982): The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2.

J Endod 8, 487-492

HAAPASALO MP, ENDAL U, ZANDI H, COIL JM (2005): Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions.

Endod Topics 10, 77-102

HAUSER V, BRAUN A, FRENTZEN M (2007): Penetration of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo).

Int Endod J 40, 644-652

HEPPELER J, HÜLSMANN M (2006): Enterococcus faecalis– ein Problemkeim

Endodontie 15, 137–144

HÜLSMANN M (2006): Die Desinfektion des endodontischen Systems.

Endodontie 15, 147-168

HÜLSMANN M, WEIGER R (1994): Die Revision von Wurzelkanalbehandlungen. Teil II: Techniken und Probleme der Revision.

Endodontie 3, 115-129

HÜLSMANN M, HAHN W (2000): Complications during root canal irrigation-literature review and case reports.

Int Endod 33, 186-193

HÜLSMANN M, BLUHM V (2004): Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary NiTi Instruments in root canal retreatment.

Int Endod J 37, 468-476

HÜLSMANN M, HECKENDORFF M, LENNON A (2003):

Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use.

Int Endod J 36, 810-830

HÜLSMANN M, PETERS OA, DUMMER PHM (2005): Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means.

Endod Topics 10, 30-76

JENSEN SA, WALKER TL, HUTTER JW, NICOLL BK (1999): Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals.

J Endod 25, 735-738

KAHN FH, ROSENBERG PA, GLIKSBERG J (1995):

An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes.

J Endod 21, 277-280

KENEE DM, ALLEMANG JD, JOHNSON JD, HELLSTEIN J, NICHOL BK (2006): A quantitative assessment of efficacy of various calcium hydroxide removal techniques.

J Endod 32, 563-565

KLYN SL, KIRKPATRICK TC, RUTLEDGE RE (2010): In vitro comparisons of debris removal of the EndoActivator system, the F file, ultrasonic irrigation, and NaOCl irrigation alone after hand-rotary instrumentation in human mandibular molars.

J Endod 36, 1367-1371

KOÇKAPAN C (1987): Elektronmikroskopische Untersuchung über die Struktur der Schmierschicht.

Dtsch Zahnärztl Z 42, 1028-1034

KOÇKAPAN C (1995): Die Bedeutung der Schmierschicht bei der Wurzelkanalbehandlung- eine Übersicht.

Endodontie 2, 33-48

LEE SJ, WU MK, WESSELINK PR (2004): The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls.

Int Endod J 37, 672-678

LEONARDO MR, BEZERRA DA SILVA LA, FILHO MT, SANTANA DA SILVA R (1999a): Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 88, 221-225

LEONARDO MR, DA SILVA LA, ALMEIDA WA, UTRILLA LS (1999b): Tissue response to an epoxy resin-based root canal sealer.

Endod Dent Traumatol 15, 28-32

LEYHAUSEN G, HEIL J, REIFFERSCHIED G, WALDMANN P, GEURTSSEN W (1999): Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy-resin-based root canal sealer AH Plus.

J Endod 25, 109-113

LUMLEY PJ, WALMSLEY AD, LAIRD WR (1991): Streaming patterns produced around endosonic files.

Int Endod J 24, 290-297

LUSSI A, NUSSBÄCHER U, GROSREY J (1993): A novel noninstrumented technique for cleansing the root canal system.

J Endod 19, 549-553

MARTIN H, CUNNINGHAM WT (1982): The effect of endosonic and hand manipulation on the amount of root canal material extruded.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol 53, 611-613

MAYER BE, PETERS OA, BARBAKOW F (2002): Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study.

Int Endod J 35, 582-589

McGILL S, GULABIVALA K, MORDAN N, NG YL (2008): The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available System (RinsEndo) determined by removal of a "bio-molecular-film" from an ex-vivo model.

Int Endod J 41, 602-608

MUSELMANI B, KNEIST S, GLOCKMANN E (2006): Untersuchungen zur Effizienz der hydrodynamischen Wurzelkanalspülung mit RinsEndo- Eine In-vitro-Studie.

Zitiert nach Inhaltsangabe der Posterdemonstration (12.5.2006) In: 20. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung, Mainz 11.-13.5.2006, Programm und Inhaltsangaben; o.

Hrsg. o. Verl. o. O. 2006

NGUY D, SEDGLEY C (2006): The influence of canal curvature on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro using real-time imaging of bioluminescent bacteria.

J Endod 32, 1077-1080

PASHLEY DH (1984): Smear layer: physiological considerations.

Oper Dent Suppl 3, 13-29

PASHLEY DH (1992): Smear layer: overview of structure and function.

Proc Finn Dent Soc 88, 215-224

PASQUALINI D, CUFFINI AM, SCOTTI N, MANDRAS N, SCALAS D, PERA F, BERUTTI E (2010): Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of a 5% sodium hypochlorite subsonic-activated solution.

J Endod 36, 1358-1360

PASSARINHO-NETO JG, MARCHESAN MA, FERREIRA RB, SILVA RG, SILVA-SOUSA YT, SOUSA-NETO MD (2006): In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation.

Aust Endod J 32, 123-128

PETERS OA (2004): Challenges and concepts in preparation of root canal systems.

J Endod 30, 559-567

PETSCHOLT A, DOBLER J (1991):

Großvolumige versus aktivierte Wurzelkanalspülung.

Dtsch Zahnärztl Z 46, 285-287

PRADER F (1947): Die heiße Wurzelkanalspülung.

Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 57, 383-402

RAM Z (1977): Effectiveness of root canal irrigation.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 44, 306-312

RÖDIG T, SEDGHI M, KONIETSCHKE F, LANGE K, ZIEBOLZ D, HÜLSMANN M (2010a): Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes.
Int Endod J 43, 581-589

RÖDIG T, BOZKURT M, KONIETSCHKE F, HÜLSMANN M (2010b): Comparison of the Vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities.
J Endod 36, 1410-1413

RÖDIG T, DÖLLMANN S, KONIETSCHKE F, DREBENSTEDT S, HÜLSMANN M (2010c): Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study.
J Endod 36, 1983-198

SABINS RA, JOHNSON JD, HELLSTEIN JW (2003): A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals.
J Endod 29, 674-678

SALEHRABI R, ROTSTEIN I (2010): Epidemiologic evaluation of the outcomes of orthograde endodontic retreatment.
J Endod 36, 790-792

SALMAN MI, BAUMANN MA, HELLMICH M, ROGGENDORF MJ, TERMAAT S (2010): SEM evaluation of root canal debridement with Sonicare CanalBrush irrigation.
Int Endod J 43, 363–369

SCHÄFER E, ZANDBIGLARI T (2003): Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva
Int Endod J 36, 660-669

SEDGLEY CM, NAGEL AC, HALL D, APPLGATE B (2005): Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro.
Int Endod J 38, 97-104

SIQUEIRA JFJR, ROCAS IN, FAVIERI A, LIMA KC (2000): Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite.
J Endod 26: 331-334

SPANGBERG L, ENGSTRÖM B, LANGELAND K (1973): Biologic effects of dental materials. 3. Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol 36: 856-871

STOCK CJ (1991): Current status of the use of ultrasound in endodontics.

Int Dent J 41, 175-182

TORABINEJAD M, HANDYSIDES R, KHADEMI AA, BAKLAND LK (2002): Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 94, 658-666

TORABINEJAD M, KHADEMI AA, BABAGOLI J, CHO Y, JOHNSON WB, BOZHILOV, K, KIM J, SHABAHANG S (2003): A new solution for the removal of the smear layer.

J Endod 29, 170-175

TOWNSEND C, MAKI J (2009): An in vitro comparison of new irrigation and agitation techniques to ultrasonic agitation in removing bacteria from a simulated root canal.

J Endod 35, 1040-1043

TREPANGNIER CM, MADDEN RM, LAZZARI E P (1977): Quantitative study of sodium hypochlorite as an in vitro endodontic irrigant.

J Endod 3, 194-196

TÜRKÜN M, CENGİZ T (1997): The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness.

Int Endod J 30, 335-342

UROZ-TORRES D, GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ MP, FERRER-LUQUE CM (2010): Effectiveness of the EndoActivator System in removing the smear layer after root canal instrumentation.

J Endod 36, 308-311

USMAN N, BAUMGARTNER JC, MARSHALL JG (2004): Influence of instrument size on root canal debridement.

J Endod 30, 110-112

VAN DER SLUIS LW, GAMBARINI G, WU MK, WESSELINK PR (2006): The influence of volume, type and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation.

Int Endod J 39, 472-476

VAN DER SLUIS LW, WU MK, WESSELINK PR (2007a): The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies.

Int Endod J 40, 52-57

VAN DER SLUIS LW, SHEMESH H, WU MK, WESSELINK PR (2007b): An evaluation of the influence of passive ultrasonic irrigation on the seal of root canal fillings.

Int Endod J 40, 356-361

VAN DER SLUIS LW, VERSLUIS M, WU MK, WESSELINK PR (2007c): Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature.

Int Endod J 40, 415-426

VELVART P (1987): Effizienz der Wurzelkanalaufbereitung mit Ultraschall und unter Verwendung verschiedener Spülmittel.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 97, 756-765

VINOTHKUMAR TS, KAVITHA S, LAKSHMINARAYANAN L, GOMATHI NS, KUMAR V (2007): Influence of irrigating needle-tip designs in removing bacteria inoculated into instrumented root canals measured using single-tube luminometer.

J Endod 33, 746-748

WALTERS MJ, BAUMGARTNER JC, MARSHALL JG (2002): Efficacy of irrigation with rotary instrumentation.

J Endod 28, 837-839

WEISE M, ROGGENDORF MJ, EBERT J, PETSCHERT A, FRANKENBERGER R (2007): Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals: a SEM evaluation.

Int Endod J 40:991–992 (abstract)

WELLER RN, BRADY JM, BERNIER, WE (1980): Efficacy of ultrasonic cleaning.

J Endod 6, 740-743

WILCOX LR, KRELL KV, MADISON S, RITTMAN B (1987): Endodontic retreatment: evaluation of gutta-percha and sealer removal and canal reinstrumentation.

J Endod 13, 453-457

YAMADA RS, ARMAS A, GOLDMAN M, LIN PS (1983): A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3.

J Endod 9, 137-142

YESILSOY C, WHITAKER E, CLEVELAND D, PHILLIPS E, TROPE M (1995): Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigants.

J Endod 21, 513-515

ZEHNDER M (2006): Root canal irrigants.

J Endod 32, 389-398

ZEHNDER M, KOSICKI D, LUDER H, SENER B, WALTIMO T (2002):
Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and
unbuffered hypochlorite solutions.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 94, 756-762
ZMENER O, PAMEIJER CH, SERRANO SA, PALO RM, IGLESIAS EF
(2009): Efficacy of the NaviTip FX irrigation needle in removing post
instrumentation canal smear layer and debris in curved root canals.
J Endod 35, 1270-1273

10 Anhang

10.1 Materialliste

AH plus Sealer

Auflichtmikroskop

CanalBrush

Cavit

Diamantierte Trennscheibe

Diamantschleifkörper Konus ISO-Größe 014

Diamantschleifkörper Torpedo ISO-Größe 012

Digitalkamera

Endo IT professional-Motor

EndoActivator

Eppendorf-Zentrifugengefäß

Fingerspreader

Flex-Master Feilen bis 40/02

Gates-Glidden Bohrer

Guttaperchapoints ISO-Größe 40

Hygrophor

Kugeldiamant ISO-Größe 018

Le Cron Modellierinstrument

Lupenbrille 2,5x Vergrößerung

NaOCl 1% und 3%

Parodontalsonde

Piezon Master 400

Pinzette

President putty soft Abformmasse

RinsEndo

Rosenbohrer ISO-Größe 014

Silaplast

Spreader Größe M

Wachsmesser

Winkelstück

10.2 Tabellen aus den Rohdaten**Kontrollgruppe**

Zahnprobe mit Grube koronal/apikal	Koronales Kanaldrittel	Mittleres Kanaldrittel	Apikales Kanaldrittel
49 koronal	7	5	6
49 apikal	6	7	7
50 koronal	6	7	7
50 apikal	5	5	6
51 koronal	3	5	7
51 apikal	5	6	6
52 koronal	5	2	2
52 apikal	3	6	7
53 koronal	6	7	2
53 apikal	5	6	5

Tab. 9 Rohdaten aus der Bewertung der Kontrollgruppe. Die Bewertung fand anhand einer siebenstufigen Skala statt. Die Sauberkeit der Kanalwand nimmt von Grad 1 bis Grad 7 ab. Die Ergebnisse der Grubenbewertung sind aus Übersichtsgründen nicht in die Tabelle eingetragen, da keine der Gruben eine bessere Bewertung als Score 3 erreichte.

CanalBrush

Zahnprobe mit Grube apikal/koronal	Koronales Kanaldrittel	Mittleres Kanaldrittel	Apikales Kanaldrittel
37 koronal	7	7	7
37 apikal	7	7	7
38 koronal	6	5	6
38 apikal	3	6	6
39 koronal	4	6	7
39 apikal	5	6	5

40 koronal	7	7	7
40 apikal	6	7	7
41 koronal	7	7	7
41 apikal	7	7	7
42 koronal	7	7	7
42 apikal	6	6	7
43 koronal	7	7	7
43 apikal	6	7	7
44 koronal	7	7	7
44 apikal	7	7	7
45 koronal	7	7	7
45 apikal	6	7	7
46 koronal	6	7	7
46 apikal	7	7	7
47 koronal	7	7	7
47 apikal	4	7	7
48 koronal	7	6	7
48 apikal	7	7	7

Tab. 10 Rohdaten der CanalBrush-Gruppe.

EndoActivator

Zahnprobe mit Grube apikal/koronal	Koronales Kanaldrittel	Mittleres Kanaldrittel	Apikales Kanaldrittel
25 koronal	6	7	7
25 apikal	6	7	7
26 koronal	5	5	7
26 apikal	2	4	7
27 koronal	7	6	7
27 apikal	5	6	7
28 koronal	1	1	3

28 apikal	6	7	7
29 koronal	6	6	6
29 apikal	6	6	7
30 koronal	7	7	5
30 apikal	6	7	7
31 koronal	4	4	4
31 apikal	3	5	7
32 koronal	6	2	7
32 apikal	6	7	7
33 koronal	7	7	7
33 apikal	3	6	6
34 koronal	7	6	7
34 apikal	7	7	7
35 koronal	6	3	7
35 apikal	2	3	6
36 koronal	6	6	6
36 apikal	4	6	7

Tab. 11 Rohdaten aus den Bewertungen der EndoActivator-Gruppe.

Ultraschall

Zahnprobe mit Grube apikal/koronal	Koronales Kanaldrittel	Mittleres Kanaldrittel	Apikales Kanaldrittel
13 koronal	6	6	7
13 apikal	5	2	7
14 koronal	3	2	5
14 apikal	1	2	5
15 koronal	5	6	7
15 apikal	1	1	2
16 koronal	3	7	7
16 apikal	4	5	6

17 koronal	2	2	5
17 apikal	3	3	5
18 koronal	1 (score 2)	1	1
18 apikal	1	1	1
19 koronal	1 (score 2)	1	3
19 apikal	3	3	2
20 koronal	2 (score 2)	3	3
20 apikal	3	6	7
21 koronal	3	2	3
21 apikal	5	3	6
22 koronal	2	2	3
22 apikal	2	1	1
23 koronal	2	4	2
23 apikal	1	1	1 (score 2)
24 koronal	1	2	2
24 apikal	2	5	4

Tab. 12 Rohdaten aus den Ergebnissen der Ultraschallgruppe. Das Reinigungsergebnis in den drei Wurzelkanalabschnitten (koronal, mitte, apikal) ist in einer siebenstufigen Skala bewertet worden. Das Reinigungsergebnis in den Gruben wurde in einem vierstufigen Scoresystem bewertet und steht in Klammern. Aus Übersichtsgründen wurden für die Reinigung der Gruben nur die Ergebnisse berücksichtigt, welche besser als Score 3 ausfielen.

RinsEndo

Zahnprobe mit Grube koronal/apikal	Koronales Kanaldrittel	Mittleres Kanaldrittel	Apikales Kanaldrittel
1 koronal	7	7	3
1 apikal	6	7	6
2 koronal	7	7	7
2 apikal	7	7	7
3 koronal	7	6	6
3 apikal	6	5	5
4 koronal	7	6	7

4 apikal	7	7	7
5 koronal	7	7	7
5 apikal	3	7	7
6 koronal	6	7	7
6 apikal	7	7	7
7 koronal	6	4	5
7 apikal	7	7	7
8 koronal	6	7	6
8 apikal	6	5	6
9 koronal	7	7	4
9 apikal	7	7	7
10 koronal	7	7	7
10 apikal	5	6	7
11 koronal	6	6	5
11 apikal	7	7	7
12 koronal	7	3	7
12 apikal	5	3	6

Tab. 13 Rohdaten aus den Bewertungen der RinsEndo-Gruppe

Abstract

AIM: The aim of the study was to compare four different intracanal irrigation systems in their effect on the removal of a root canal sealer.

METHODOLOGY: The root canals of fifty-three single-rooted extracted human teeth were instrumented and the roots split in longitudinal direction. In each tooth half artificial lateral grooves were prepared. The root canal surface and the artificial lateral grooves were covered with the sealer AH Plus. The teeth were divided into four experimental groups (n= 12) and one control group (n= 5). Compared were the effects of RinsEndo, ultrasonic irrigation, EndoActivator and CanalBrush. The control group was manual irrigation. All five groups were irrigated with sodium hypochlorite(1%/3%). The evaluation of remaining sealer was performed under a microscope with 30x magnification.

RESULTS: Only group 2 (ultrasonics) showed significantly less remaining sealer compared to all other groups. Group 3 (EndoActivator) showed minimally superior cleaning effect in the coronal third of the canal. Group 4 (CanalBrush) showed no cleaning effect at all but demonstrated smearing of the sealer as well as retention of instrument components inside the root canal. None of the 5 groups had a statistically significant effect on cleaning the lateral grooves. Only in group 2 (ultrasonics) a slight but statistically non-significant effect on the lateral grooves could be observed.

CONCLUSIONS: Within the limitations of this study protocol ultrasonic irrigation shows a superior effect on removing sealer from the root canal surface during endodontic retreatment. Cleaning of the lateral grooves seems not to be possible at all with one of the techniques investigated.

Lebenslauf

Ich wurde am 08.11.1982 in Nienburg/Weser als Tochter des Internisten Dr. med. Fahed Haddadin und der Krankenschwester Eija Haddadin geb. Porttinen geboren. Im Anschluss an mein Abitur im Jahre 2002 begann ich nach einem halbjährigen Auslandsaufenthalt das Zahnmedizinstudium an der Georg-August-Universität zu Göttingen und absolvierte das Staatsexamen 2008. Nach meiner Teilnahme an einem Intensivsprachkurs der norwegischen Sprache in Berlin arbeite ich nun seit März 2009 in einer öffentlichen Zahnklinik in der Fylke Møre og Romsdal in Norwegen. Im Januar 2010 heiratete ich den Zahnarzt Björn Grischke. Unser Sohn Evan wurde im März 2010 geboren