

Carolin Sabine Harms, Vesna Husemann, Edgar Schäfer, Till Dammaschke

Entfernung von Kalziumhydroxid-Einlagen aus dem Wurzelkanalsystem mit verschiedenen Spüllösungen und -methoden*

Warum Sie diesen Artikel lesen sollten

Vor der Wurzelkanalfüllung ist es zwingend erforderlich, alle Medikamentenreste aus dem Wurzelkanal zu entfernen. Nur NaOCl in Kombination mit passiver Ultraschallaktivierung ist in der Lage, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aus dem Wurzelkanal zu entfernen.

Einleitung: Ziel der Arbeit war der Vergleich verschiedener Methoden zur Entfernung von Kalziumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) aus Wurzelkanälen.

Material und Methoden: 160 extrahierte menschliche Zähne wurden in 2 Gruppen aufgeteilt. In Gruppe 1 (n=80) wurden alle Wurzelkanäle mit Handinstrumenten bis zur ISO-Größe 40 und in Gruppe 2 (n=80) mit rotierenden Nickel-Titan-Feilen (Mtwo) bis zur Größe 04/40 aufbereitet. Nach Spülung wurden alle Wurzelkanäle mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ gefüllt und die Zugangskavität provisorisch verschlossen. Alle Zähne wurden für 7 Tage bei 37 °C und 100 % Luftfeuchtigkeit gelagert. Nach der Lagerung wurde bei der Hälfte der Proben beider Gruppen (n=40) eine Wurzelkanalspülung ohne vorherige Instrumentierung durchgeführt. Bei der anderen Hälfte (n=40) wurden die Wurzelkanäle mit einer Hedströmfeile ISO Größe 45 auf Arbeitslänge instrumentiert. Alle Proben wurden in Untergruppen (n=10) aufgeteilt und mit 5 ml NaCl-Lösung 0,9 %, CHX 2 % bzw. NaOCl 2,5 % mit oder ohne Ultraschallaktivierung gespült. Mittels rasterelektronenmikroskopischer Auswertung wurde die Sauberkeit der Wurzelkanalwände auf einer Skala von 1 (kein $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sichtbar) bis 5 (ausgeprägte $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Schicht) bewertet. Die erhobenen Daten wurden mittels Kruskal-Wallis-Test statistisch ausgewertet ($p < 0,05$).

Ergebnisse: Durch Ultraschall aktiviertes NaOCl entfernte signifikant mehr $\text{Ca}(\text{OH})_2$ als alle anderen Lösungen oder Methoden ($p < 0,05$). Die Konizität der Instrumente (Handinstrumente 2 % oder NiTi-Feilen 4 %) sowie die Instrumentierung vor der Spülung hatten keinen signifikanten Einfluss ($p > 0,05$). Bei allen getesteten Spüllösungen war das Ergebnis innerhalb der jeweiligen Gruppe unabhängig von der Lage der untersuchten Stelle im Wurzelkanal ($p > 0,05$).

Schlussfolgerung: Nur die passive Ultraschallaktivierung war in der Lage, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ausreichend aus dem Wurzelkanal zu entfernen. Weder die Konizität der verwendeten Instrumente noch eine Instrumentierung vor der Spülung hatte einen signifikanten Einfluss auf die Entfernbarkeit von $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Schlüsselwörter: Instrumentenkonizität; Kalziumhydroxid; passive Ultraschallspülung (PUI); Wurzelkanalaufbereitung; Wurzelkanalspülung

Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung, Westfälische Wilhelms-Universität, Waldeyerstr. 30, 48149 Münster, Deutschland: Dr. med. dent. Carolin Sabine Harms, Prof. Dr. med. dent. Till Dammaschke; Privatpraxis, Große Bäckerstr. 18, 21335 Lüneburg, Deutschland: Dr. med. dent. Vesna Husemann; Zentrale interdisziplinäre Ambulanz, Universitätsklinikum Münster, Waldeyerstr. 30, 48149 Münster, Deutschland: Dr. med. dent. Edgar Schäfer

*Deutsche Version der englischen Erstveröffentlichung Harms CS, Husemann V, Schäfer E, Dammaschke T: Removal of calcium hydroxide dressing from the root canal system using different irrigation solutions and methods. Dtsch Zahnärztl Z Int 2021; 3: 276–282

Zitierweise: Harms CS, Husemann V, Schäfer E, Dammaschke T: Entfernung von Kalziumhydroxid-Einlagen aus dem Wurzelkanalsystem mit verschiedenen Spüllösungen und Methoden. Dtsch Zahnärztl Z 2022; 77: 300–306

Peer-reviewed article: eingereicht: 21.04.2021, überarbeitete Fassung angenommen: 31.05.2021

DOI.org/10.53180/dzz.2022.0025

Removal of calcium hydroxide dressing from the root canal system using different irrigation solutions and methods

Introduction: The aim is to compare different methods for the removal of calcium hydroxide (Ca(OH)₂) from root canals.

Material and methods: 160 extracted human teeth were divided into 2 groups. In group 1 (n=80), all root canals were prepared with hand instruments to ISO size 40 and in group 2 (n=80) by rotary nickel-titanium files (Mtwo) to size 04/40. After rinsing, all root canals were filled with Ca(OH)₂ and the access cavity was temporized. All teeth were stored for 7 d at 37 °C and 100 % humidity. After storage, in half of the specimens of both groups (n=40) root canal irrigation without previous instrumentation was performed. In the other half (n=40) root canals were instrumented to working length with Hedstrom file ISO size 45. All specimens were divided in subgroups (n=10) and rinsed with 5 ml of NaCl-solution 0.9%, CHX 25%, and NaOCl 2.5% with or without ultrasonic activation, respectively. By scanning electron microscope evaluation the cleanliness of the root canal walls was scored from 1 (no Ca(OH)₂ visible) to 5 (pronounced layer of Ca(OH)₂). The data obtained were statistically evaluated by Kruskal-Wallis-test (p<0.05).

Results: Ultrasonic-activated NaOCl removed significantly more Ca(OH)₂ than all other solutions or methods (p<0.05). The instrument taper (hand instruments 2% or NiTi files 4%) as well as instrumentation before rinsing, had no significant influence (p>0.05). For all rinsing solutions tested, the result within the respective group was independent of the localization in the root canal (p>0.05).

Conclusion: Only passive ultrasonic activation was able to remove Ca(OH)₂ from the root canal sufficiently. Neither the taper of the instruments used nor instrumentation before rinsing had an significant influence on the removability of Ca(OH)₂.

Keywords: calcium hydroxide; instrument taper; passive ultrasonic irrigation (PUI); root canal dressing; root canal irrigation

Einführung

Die Desinfektion des Wurzelkanalsystems nach der Aufbereitung und vor der Obturation ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Wurzelkanalbehandlung [15, 27]. Aufgrund der Komplexität des Wurzelkanalsystems werden selbst mit aktuellen rotierenden Nickel-Titan(NiTi)-Instrumenten nur etwa 50–60% der Kanalwandoberflächen mechanisch gereinigt [25]. Daher werden, je nach Spülprotokoll, unter klinischen Bedingungen durch mechanische Aufbereitung

und antibakterielle Spülung nur ca. 50–70% der Mikroorganismen aus den infizierten Wurzelkanälen entfernt [2]. Wenn ein Wurzelkanal mit Mikroorganismen infiziert ist, können diese in Dentintubuli, Verzweigungen, akzessorischen Kanälen, Anastomosen, apikalem Delta usw. überleben, wo sie für eine mechanische Instrumentierung oder Spülung nicht zugänglich sind [2]. Um Mikroorganismen aus einem infizierten Wurzelkanalsystem zu entfernen, ist insbesondere bei nicht vitalen

Zähnen die Verwendung von Wurzelkanalmedikamenten indiziert [15, 27]. In der Vergangenheit wurde bereits eine Fülle von Substanzen zur Wurzelkanalmedikation vorgeschlagen. Aber bis heute ist das schon 1920 von Hermann für diesen Zweck in die Zahnmedizin eingeführte [13] Kalziumhydroxid (Ca(OH)₂) eine beliebte, häufig verwendete und weit verbreitete medikamentöse Wurzelkanaleinlage [15, 27].

Die Effektivität von Ca(OH)₂ in der Endodontie ist vor allem auf seine antibakterielle Wirkung zurückzuführen, da es den Lipidanteil der bakteriellen Lipopolysaccharide (LPS) hydrolysiert, ohne zytotoxisch zu sein, und das Weichgewebe im Wurzelkanal auflöst [15, 27].

Neben vielen positiven Eigenschaften hat Ca(OH)₂ auch einige Nachteile, etwa seine nicht ausreichende Wirksamkeit gegen *E. faecalis*, fakultativ anaerobe Bakterien und Hefen [15, 27]. Ein weiterer Nachteil ist, dass es häufig nicht gelingt, Ca(OH)₂ vollständig aus dem Wurzelkanalsystem zu entfernen. Daher wurde die Verwendung von Ca(OH)₂ als Wurzelkanalmedikament in letzter Zeit kontrovers diskutiert [15, 27].

Da die Entfernung von Ca(OH)₂ häufig unvollständig bleibt [21], sind selbst nach ausgiebiger Spülung 20–45% des Dentins der Wurzelkanalwand mit Resten der medikamentösen Einlage bedeckt [20]. Nachteilig ist die mögliche negative Auswirkung des verbleibenden Ca(OH)₂ auf Wurzelkanalfüllmaterialien und deren Eigenschaften. Verbliebenes Ca(OH)₂ kann die Sealeradaptation am Wurzelkanalwanddentin verringern [5, 34] und das Eindringen des Sealers in die Dentintubuli behindern [7], was die Haftfestigkeit von Sealern sowohl auf Epoxidharzbasis [12], als auch auf Methacrylatbasis [5], auf Silikonbasis [10] und auf Zinkoxid-Eugenol-Basis [17] verringert. Darüber hinaus können Ca(OH)₂-Reste die Verarbeitungszeit der Sealer verringern, die Abbindezeit verkürzen und die Filmdicke erhöhen [22]. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Ca(OH)₂ die Sealereigenschaften negativ beeinflusst und damit die Qualität der Wurzelkanalfüllung sowie der gesamten Behandlung

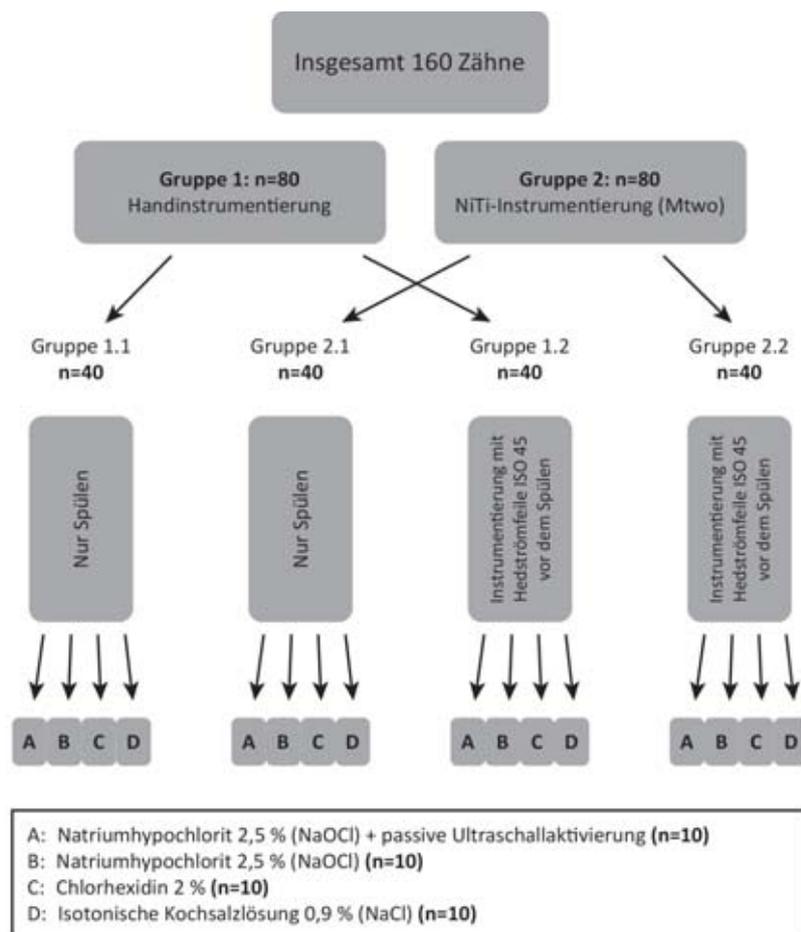


Abbildung 1 Versuchsaufbau

beeinträchtigen kann [15, 27]. Außerdem kann verbleibendes $\text{Ca}(\text{OH})_2$ durch Körperflüssigkeiten ausgewaschen oder im Laufe der Zeit aus dem apikalen Teil des Wurzelkanals resorbiert werden, was zu apikalen Undichtigkeiten und einem Misserfolg der Behandlung führt [28]. Daher können Wurzelkanalsealer nach der Anwendung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ein Leakage aufweisen [5]. Darüber hinaus kann $\text{Ca}(\text{OH})_2$, wenn es als Langzeit-Wurzelkanaleinlage verwendet wird, das Risiko von Wurzelfrakturen erhöhen [1]. Daher muss $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vollständig aus dem Wurzelkanalsystem entfernt werden [15, 27].

In Bezug auf die Konizität des Wurzelkanals nach Aufbereitung wurde festgestellt, dass die Wurzelkanalspülung bei Zähnen mit einer größeren Konizität eine bessere Desinfektion des gesamten Wurzelkanalsystems ermöglicht [6, 26]. Es ist jedoch noch unklar, ob ein größerer Durchmesser des Wurzelkanals sowie

eine höhere Konizität und damit ein größeres Volumen der Spüllösung auch zu einer besseren Entfernbareit von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ führen. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, verschiedene Methoden und Spüllösungen hinsichtlich der Entfernbareit einer wässriger Kalziumhydroxidsuspension ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) aus den Wurzelkanälen extrahierter menschlicher Zähne zu untersuchen. Die folgenden Nullhypothesen sollten überprüft werden:

1. Die Aufbereitung der Wurzelkanäle mit NiTi-Feilen mit höherer Konizität (4% statt 2%) vor der Medikation hat keinen positiven Einfluss auf die Entfernbareit von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mittels Wurzelkanalspüllösungen.
2. Eine weitere Aufbereitung der Wurzelkanäle von ISO 40 bis ISO 45 mit Handinstrumenten vor der Wurzelkanalspülung hat keinen positiven Einfluss auf die Entfernbareit von $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Materialien und Methoden

Alle volljährigen Teilnehmer gaben ihr schriftliches Einverständnis, dass die extrahierten Zähne für Studienzwecke verwendet werden durften. Der Umgang mit allen menschlichen Proben erfolgte streng nach der Deklaration von Helsinki.

Vor der Wurzelbehandlung wurden alle Zähne unter einem Stereomikroskop (Expert DN, Müller Optronic, Erfurt, Deutschland) untersucht, um Risse oder Wurzelresorptionen auszuschließen. Bukkale und proximale Röntgenaufnahmen wurden angefertigt, um sicherzustellen, dass ein einziger Wurzelkanal mit einer intakten apikalen Region und einem einzigen apikalen Foramen vorlag. In diese Studie aufgenommen wurden 160 extrahierte menschliche, einwurzelige obere Schneidezähne, die einen runden Wurzelkanal mit einem Durchmesser von etwa ISO-Größe 15 am Apex aufwiesen. Der Durchmesser des Wurzelkanals wurde mit Silberspitzen der ISO-Größen 15 und 20 (VDW, München, Deutschland) bestimmt. Die Durchgängigkeit des Kanals wurde mit K-Feilen der ISO-Größe 10 (VDW) überprüft. Die Arbeitslänge wurde definiert, indem von der Länge der initialen Feile (K-Files ISO-Größe 10; VDW), die am größten apikalen Foramen sichtbar war, 1 mm abgezogen wurde.

Die insgesamt 160 Zähne wurden in 2 Gruppen aufgeteilt: Gruppe 1 umfasste 80 Zähne, bei denen die Wurzelkanäle durch manuelle Instrumentierung mit Reamern und Hedströmfeilen von ISO-Größe 15 bis ISO-Größe 40 (VDW) aufbereitet wurden. Gruppe 2 umfasste ebenfalls 80 Zähne, bei denen die Wurzelkanäle mit rotierenden NiTi-Feilen bis zur Größe 04/40 (Mtwo; VDW) unter Verwendung des drehmomentbegrenzten Endodontiemotors VDW.Silver (VDW) gemäß Herstellerangaben aufbereitet wurden. Die Instrumente wurden nach 3 Picks (koronal-apikalen Hubbewegungen) gereinigt und der Wurzelkanal während der Aufbereitung mit 5 ml NaOCl 2,5% gespült. Nach Aufbereitung wurde das Wurzelkanalsystem mit 5 ml isotonischer Kochsalzlösung (NaCl) 0,9% und 2 ml EDTA 17% gespült, um die Schmierschicht zu entfernen. An-

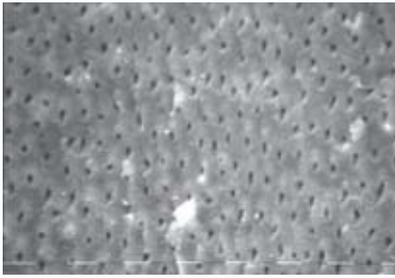


Abbildung 2a Grad 1 = keine Kalziumhydroxidreste sichtbar, alle Dentinkanälchen sind offen.

Abbildung 2a–e Beispiele für die elektronenmikroskopische Auswertung der Grade 1 bis 5, Vergrößerung 2.500×.

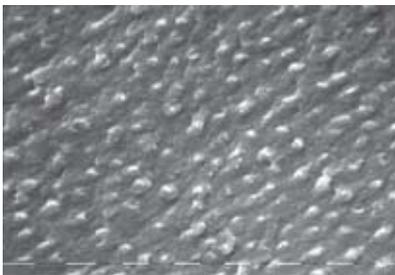


Abbildung 2d Grad 4 = die gesamte Wurzelkanalwand ist homogen mit Kalziumhydroxid bedeckt, keine offenen Dentintubuli.



Abbildung 2b Grad 2 = geringe Mengen an Kalziumhydroxidresten sichtbar, einige Dentintubuli sind offen.



Abbildung 2e Grad 5 = die gesamte Wurzelkanalwand ist mit einer ausgeprägten Schicht aus Kalziumhydroxid bedeckt.

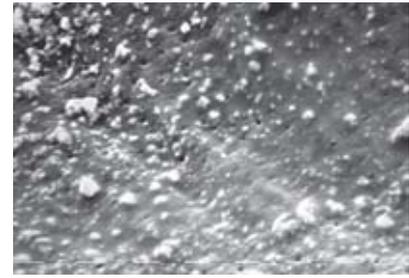


Abbildung 2c Grad 3 = Kalziumhydroxid bedeckt fast die gesamte Wurzelkanalwand homogen, nur vereinzelte Dentintubuli sind offen.

Abb. 1 und 2a-e: V. Husemann

Arzneimittel, Niederdorfelden, Deutschland)

D: Isotonische Kochsalzlösung 0,9 % (NaCl) (Krankenhausapotheke des Universitätsklinikums, Münster, Deutschland)

(Abb. 1)

5 ml der jeweiligen Spüllösung wurden mit einer offenen 30-g-Nadel in jeden Wurzelkanal appliziert, wobei die Nadel so tief wie möglich in den Kanal eingeführt wurde, ohne jedoch zu verklemmen. In allen Gruppen, in denen NaOCl aktiviert wurde, geschah dies mit einer Feile der Größe 25 (Irri-S 21/25; VDW) mit einer Frequenz von 28.000 Hz, wie vom Hersteller empfohlen. Die Irri-S-Spitze wurde 2 mm vor der Arbeitslänge platziert und es wurden Hubbewegungen mit einer Amplitude von 5 mm durchgeführt. Die Spüllösung wurde zweimal für 30 s passiv mit Ultraschall (PUA) aktiviert. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Volumen (5 ml) und die Kontaktzeit der Spüllösung (2 min) im Wurzelkanal in allen Gruppen identisch waren.

Anschließend wurden die Proben für die rasterelektronenmikroskopische (REM) Untersuchung vorbereitet, um die $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Reste an den Wurzelkanalwänden zu beurteilen. Alle Zähne wurden vorsichtig in Längsrichtung gespalten, um das Wurzelkanallumen sichtbar zu machen. Anschließend wurden die Wurzelhälften mit einem elektrisch leitfähigen Kleber (Leit-C nach Göcke; Chemikalien Neubauer, Münster, Deutschland) auf einer Probenplatte (Provag, Oestrich-Winkel, Deutschland) befestigt. Um die Trocknung des Klebstoffs zu gewährleisten, wur-

schließlich wurden erneut 5 ml NaCl 0,9% als abschließende Spülung appliziert. Für die Spülung während und nach der Aufbereitung wurde eine seitlich offene 30-g-Nadel (Miraject; Hager & Werken, Duisburg, Deutschland) verwendet, die so tief wie möglich in den Kanal eingeführt wurde, ohne zu verklemmen. Die Wurzelkanäle wurden anschließend mit Papier Spitzen getrocknet.

Nach dem Trocknen wurden alle Wurzelkanäle mit einer wässrigen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Suspension (Calxyl blau, OCO, Dirmstein, Deutschland) unter Verwendung eines Lentulo (VDW) gefüllt, der die exakte Arbeitslänge jedes Zahns erreichte. Danach wurden die Zugangskavität mit Cavit (3M ESPE, Seefeld, Deutschland) provisorisch verschlossen und alle Proben für 7 Tage in einem Inkubator (Wärme- und Trockenschrank, Heraeus, Hanau, Deutschland) in NaCl 0,9% bei 37°C und 100% Luftfeuchtigkeit gelagert.

Vor der Entfernung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aus den Wurzelkanälen wurde jede

Gruppe (Gruppen 1 und 2) erneut geteilt, sodass sich 4 Gruppen mit 40 Zähnen ergaben (Gruppen 1.1, 1.2, 2.1, 2.2). Die Proben der Gruppen 1.1 und 2.1 wurden nur mit einer Spüllösung gespült, um $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aus den Wurzelkanälen zu entfernen. In den Gruppen 1.2 und 2.2 wurden die Wurzelkanäle unmittelbar vor der Spülung mit Hedströmfeilen ISO-Größe 45 (VDW) instrumentiert, um $\text{Ca}(\text{OH})_2$ auch mechanisch zu entfernen. 4 verschiedene Spüllösungen bzw. -methoden wurden verwendet, sodass 10 Zähne in jeder Gruppe mit der gleichen Lösung bzw. Methode gespült wurden. Die folgenden Spüllösungen wurden verwendet:

- A: Natriumhypochlorit 2,5 % (NaOCl) (Krankenhausapotheke des Universitätsklinikums Münster, Deutschland) + passive Ultraschallaktivierung (VDW Ultra; VDW)
- B: Natriumhypochlorit 2,5 % (NaOCl)
- C: Chlorhexidin 2 % (Chlorhexidindigluconat-Lösung 2%; Engelhard

den die Proben 24 Stunden lang staubgeschützt gelagert. Danach wurden die Proben mit einer dünnen Goldschicht (95 nm) im Sputterverfahren beschichtet, um die Leitfähigkeit der einzelnen Proben zu gewährleisten (Sputter Coater, Balzers Union, Balzers, Liechtenstein). Die Proben wurden durch Markierungen mit einem wasserfesten Stift in jeweils 3 Abschnitte unterteilt, sodass ein koronales, ein mittleres und ein apikales Drittel des Wurzelkanals definiert wurden.

Anschließend wurden die Präparate mit einem Rasterelektronenmikroskop (Philips PSEM 500X, Eindhoven, Niederlande) ausgewertet. Die visuelle Beurteilung der Wurzelkanalhälften erfolgte bei 2500-facher Vergrößerung, sodass alle Wurzelkanalbereiche unter Sicht erfasst, untersucht, bewertet und fotografisch dokumentiert werden konnten.

Zur Beurteilung der $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Reste an den Wurzelkanalwänden sowie zur Bewertung der Wirksamkeit der einzelnen Spüllösungen und ihrer Anwendungsmethode wurde das Punktesystem nach Hülsmann et al. [14] wie folgt modifiziert:

Grad 1 = keine $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Reste sichtbar, alle Dentinkanälchen sind offen.

Grad 2 = geringe Mengen von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Resten sichtbar, einige Dentintubuli sind offen.

Grad 3 = $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bedeckt fast die gesamte Wurzelkanalwand homogen, nur einzelne Dentintubuli sind offen.

Grad 4 = die gesamte Wurzelkanalwand ist homogen mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bedeckt, keine offenen Dentintubuli.

Grad 5 = die gesamte Wurzelkanalwand ist mit einer ausgeprägten Schicht aus $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bedeckt.

(Abb. 2a–e)

Statistische Analysen

Die Bewertung wurde für jeden einzelnen Zahn im koronalen, mittleren und apikalen Drittel eines jeden Wurzelkanals durchgeführt. Um signifikante Unterschiede in der $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Entfernung innerhalb der verschiedenen Gruppen zu ermitteln,

	NaOCl + PUA	NaOCl	CHX	NaCl
Punktzahl 1 in %	65,0	0,0	0,0	0,0
Punktzahl 2 in %	30,8	23,3	20,0	20,8
Punktzahl 3 in %	4,2	41,7	47,5	41,7
Punktzahl 4 in %	0,0	30,8	28,3	31,7
Punktzahl 5 in %	0,0	4,2	4,2	5,8

Tabelle 1 Prozentualer Anteil der einzelnen Bewässerungslösungen und -methoden an den verschiedenen Bewertungen; NaOCl = Natriumhypochlorit, PUA = passive Ultrashallaktivierung, CHX = Chlorhexidin, NaCl = isotonische Kochsalzlösung

	Handinstrumentierung		Rotierende NiTi-Feilen	
	Nur Spülung	Instrumentierung mit Hedström-Feile ISO-Größe 45 unmittelbar vor der Spülung	Nur Spülung	Instrumentierung mit Hedström-Feile ISO-Größe 45 unmittelbar vor der Spülung
	Gruppe 1.1	Gruppe 1.2	Gruppe 2.1	Gruppe 2.2
NaOCl + PUA	1/2/3	1/2/3	1/2/3	1/2/3
NaOCl	4	4	4	4
CHX	4	4	4	4
NaCl	4	4	4	4

Tabelle 2 Statistische Auswertung der Ergebnisse. Statistisch signifikante Unterschiede zu anderen Gruppen zeigen 1/2/3, Ergebnisse ohne signifikante Unterschiede zeigen 4; Kruskal-Wallis-Test ($p < 0,05$)

wurden die Daten mit dem Kruskal-Wallis-Test ($p < 0,05$) (MedCalc, Ostende, Belgien) statistisch ausgewertet. Die Daten wurden auf Normalverteilung geprüft, bevor der nichtparametrische Test für den statistischen Vergleich angewendet wurde.

Ergebnisse

Nur die Spülung mit NaOCl 2,5 % in Kombination mit PUA zeigte signifikant weniger $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Reste an den Wurzelkanalwänden im Vergleich zu allen anderen Spüllösungen und Methoden ($p < 0,05$) (Tabelle 1). Instrumententaper und eine zusätzliche Instrumentierung unmittelbar vor der Wurzelkanalspülung hatten keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Entfernbarekeit von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aus dem Wurzelkanal ($p > 0,05$) (Tabelle 2). Somit konnte weder die Aufbereitung mit NiTi-Feilen mit 4 % Konizität an-

stelle von Handinstrumenten mit 2 % Konizität noch eine zusätzliche Instrumentierung mit einer Hedströmfeile ISO-Größe 45 vor der Spülung die Menge der $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Reste an der Wurzelkanalwand signifikant verringern.

In allen Gruppen, in denen NaOCl in Kombination mit PUA für die Wurzelkanalspülung verwendet wurde, wurde jeweils der höchste Anteil an offenen Dentintubuli ermittelt. Damit erreichte dieses Spülprotokoll meist Grad 1 oder 2 des Bewertungssystems, mit Ausnahme von 5 Zähnen, die in einigen Wurzelkanalabschnitten mit Grad 3 bewertet wurden. Bei keiner der anderen Spüllösungen oder -methoden wurde ein Wurzelabschnitt mit Grad 1 bewertet. Zwischen allen anderen Proben konnten ohne die Verwendung von NaOCl plus PUA statistisch signifikante Unterschiede nicht fest-

gestellt werden ($p > 0,05$). Darüber hinaus konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen der 3 Wurzelkanalabschnitte (apikales, mittleres oder koronales Drittel) festgestellt werden, unabhängig von Spülmethode und -lösung ($p > 0,05$). Die Menge der $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Rückstände war in allen Bereichen des Wurzelkanals gleich.

Diskussion

In dieser *In-vitro*-Studie war die passive Ultraschallaktivierung von NaOCl 2,5% bei der Entfernung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ von den Wurzelkanalwänden signifikant effektiver als NaOCl ohne PUA oder alle anderen getesteten Spülprotokolle ($p < 0,05$). In einigen Wurzelkanälen konnte ultraschallaktiviertes NaOCl 2,5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vollständig entfernen, während keine andere Spüllösung oder -methode Wurzelkanalwände mit vollständig offenen Dentintubuli erzeugen konnte. Dieses Ergebnis war unabhängig von der Konizität der Aufbereitungsinstrumente (2% oder 4%). Auch ob die Wurzelkanäle vor der Spülung mit einer Hedströmfeile ISO Größe 45 zur mechanischen Entfernung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ instrumentiert wurden oder nicht, hatte keinen Einfluss auf das Ergebnis. Die Nullhypothesen wurden daher akzeptiert: Weder eine höhere Konizität noch die Instrumentierung vor der Wurzelkanalspülung hat einen signifikanten Einfluss auf die Entfernbarekeit von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aus dem Wurzelkanal. Nach unserem Kenntnisstand ist dies die erste Studie, die den Einfluss der Instrumentenkonizität auf die Entfernbarekeit von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ untersucht hat.

Die alleinige Spülung mit NaOCl 2,5% ohne PUA ist deutlich weniger effektiv als mit PUA. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit früheren Untersuchungen [24, 31, 32]. Trotz der überlegenen Reinigungswirkung von ultraschallaktiviertem NaOCl musste festgestellt werden, dass alle Versuchsgruppen Reste von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aufwiesen, was auch in anderen Studien beobachtet wurde [8, 19–22, 24, 29, 32, 31, 34].

Die Gesamtauswertung ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied in der Wirksamkeit der Entfernung in Bezug auf die 3 Abschnitte

(apikales, mittleres und koronales Drittel) des Wurzelkanals ($p < 0,05$), was im Einklang mit früheren Publikationen steht [8, 9]. Im Gegenteil gibt es Studien, die zeigten, dass die Entfernung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ im apikalen Drittel effektiver war als die Entfernung im koronalen Teil [24, 29]. Im Gegensatz dazu beobachteten Silva et al. [31] einen höheren Prozentsatz an verbleibendem $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in der apikalen Region als in der koronalen Region. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich $\text{Ca}(\text{OH})_2$ während der Wurzelkanalspülung apikal ansammelt [19]. Eine konische Morphologie des Wurzelkanals bei einem kleinen Durchmesser in der apikalen Region kann zu einer geringeren Effektivität der Spülung in diesem Bereich führen [4, 16].

Die Instrumentierung mit einer Hedströmfeile ISO Größe 45 vor der Spülung hatte keine statistisch signifikante Auswirkung auf die Entfernung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aus dem Wurzelkanal ($p > 0,05$), was mit den Ergebnissen einer anderen Studie übereinstimmt [31]. Im Gegensatz dazu berichteten Salgado et al. [30] über eine verbesserte Entfernbarekeit von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ im Vergleich zur alleinigen Spülung, wenn eine erneute Instrumentierung mit einer apikalen Masterfeile durchgeführt wurde.

Es ist allgemein anerkannt, dass die NaOCl-Spülung deutlich mehr $\text{Ca}(\text{OH})_2$ an den Wurzelkanalwänden hinterlässt, als die Spülung mit EDTA oder Zitronensäure [18, 33]. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass NaOCl nur begrenzt in der Lage ist, anorganische Substanzen [3, 34] wie etwa Kalzium zu lösen, während Zitronensäure und EDTA demineralisierende Lösungen sind und mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ reagieren. Ballal et al. [3] stellten fest, dass ultraschallaktivierte 17%ige EDTA- und 10%ige Zitronensäurelösung in der Lage waren, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vollständig aus den Wurzelkanälen zu entfernen. Andere Untersuchungen stimmen jedoch nicht mit diesen Ergebnissen überein [32]. In der vorliegenden Studie wurden diese Spüllösungen (EDTA oder Zitronensäure) nicht verwendet, da das Hauptinteresse dieser Studie nicht darin bestand, die Effektivität der Spüllösungen selbst zu bewerten, sondern

darin, die Auswirkungen der Konizität der Instrumente und einer Instrumentierung vor Wurzelkanalspülung auf die Entfernung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ zu beurteilen.

Das Design der vorliegenden Studie, in der die Sauberkeit der gesamten Wurzelkanalwand bewertet wurde, war das gleiche wie in früheren Untersuchungen [20, 23]. Einige andere Studien verwendeten ein Modell mit künstlich angelegten Vertiefungen [11, 19, 24], um das Verfahren zu standardisieren, da Lage und Größe der Vertiefungen nicht so stark variieren wie die natürliche Wurzelkanalanatomie. Dies könnte ein Vorteil, aber auch ein Nachteil sein, da so ein Modell im Vergleich zur Beurteilung der gesamten Oberfläche der Wurzelkanalwand einfacher und wahrscheinlich reproduzierbarer bei der Bewertung der Ergebnisse ist. Allerdings können die Komplexität der natürlichen Wurzelkanalanatomie und ihre klinische Relevanz im Modell mit künstlichen Vertiefungen nicht nachgebildet werden. Man kann annehmen, dass es einfacher ist, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aus künstlichen Furchen zu entfernen als aus natürlichen Isthmen oder unregelmäßigen Oberflächen natürlicher Wurzelkanalwände, was möglicherweise zu einer Überschätzung der Wirksamkeit der Entfernung von Spüllösungen führen könnte.

Schlussfolgerung

Aus den Ergebnissen dieser Studie lässt sich schließen, dass die Entfernung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ signifikant effektiver ist, wenn PUA verwendet wird, da dies zu weniger $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Rückständen an den Wurzelkanalwänden führt ($p < 0,05$). Bei allen Spülprotokollen ohne PUA (NaOCl 2,5%, CHX 2%, NaCl 0,9%) konnten statistisch signifikante Unterschiede untereinander nicht nachgewiesen werden ($p > 0,05$). Die Konizität des Wurzelkanals nach Aufbereitung und Versorgung mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse ($p > 0,05$). Auch die erneute Instrumentierung mit einer Hedströmfeile ISO-Größe 45 vor der Spülung hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Entfernbarekeit von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aus dem Wurzelkanal ($p > 0,05$). Darüber hinaus konnte ein statistisch signifi-

kanter Unterschied in der Sauberkeit des apikalen, mittleren und koronalen Bereichs des Wurzelkanals nicht festgestellt werden ($p > 0,05$).

Interessenkonflikte

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass im Zusammenhang mit dieser Studie keine Interessenkonflikte vorliegen. Diese Forschung erhielt keine externe Finanzierung.

Literatur

- Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC: Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol* 2002; 18: 134–137
- Athanassiadis B, Abbott PV, Walsh LJ: The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medications in endodontics. *Aust Dent J* 2007; 52(1 Suppl): S64–82
- Ballal NV, Kumar SR, Laxmikanth HK, Saraswathi MV: Comparative evaluation of different chelators in removal of calcium hydroxide preparations from root canals. *Aust Dent J* 2012; 57: 344–348
- Balvedi RPA, Versiani MA, Manna FF, Biffi JCG: A comparison of two techniques for the removal of calcium hydroxide from root canals. *Int Endod J* 2010; 43: 763–768
- Böttcher DE, Hirai VH, Neto UXDS, Grecca FS: Effect of calcium hydroxide dressing on the long-term sealing ability of two different endodontic sealers: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 110: 386–389
- Brunson M, Heilborn C, Johanson DJ, Cohenca N: Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *J Endod* 2010; 36: 721–724
- Calt S, Serper A: Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod* 1999; 25: 431–433
- Camargo CHR, Leal FM, Silva GO et al.: Efficacy of different techniques for removal of calcium hydroxide-chlorhexidine paste from root canals. *Gen Dent* 2016; 64: e9–12
- Chockattu S, Deepak B, Goud K: Comparison of efficiency of ethylenediaminetetraacetic acid, citric acid, and etidronate in the removal of calcium hydroxide intracanal medicament using scanning electron microscopic analysis: An in-vitro study. *J Conserv Dent* 2017; 20: 6–11
- Contardo L, De Luca M, Bevilacqua L et al.: Influence of calcium hydroxide debris on the quality of endodontic apical seal. *Minerva Stomatol* 2007; 56: 509–517
- Donnermeyer D, Wyrsh H, Bürklein S, Schäfer E: Removal of calcium hydroxide from artificial grooves in straight root canals: sonic activation using EDDY versus passive ultrasonic irrigation and XPenDo Finisher. *J Endod* 2019; 45: 322–326
- Guiotti FA, Kuga MC, Duarte MAH et al.: Effect of calcium hydroxide dressing on push-out bond strength of endodontic sealers to root canal dentin. *Braz Oral Res* 2014; 28: 1–6
- Hermann B: Kalziumhydroxid als Mittel zum Behandeln und Füllen von Zahnwurzelkanälen (Dissertation). Julius-Maximilians-Universität, Würzburg 1920
- Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F: Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod* 1997; 23: 301–306
- Hülsmann M, Schäfer E: Probleme der Desinfektion. In: Hülsmann M, Schäfer E (eds): *Probleme in der Endodontie. Prävention, Identifikation und Management*. 2nd ed., Quintessence Publishing, Berlin 2019, 255–289.
- Kenee DM, Allemang JD, Johnson JD et al.: A quantitative assessment of efficacy of various calcium hydroxide removal techniques. *J Endod* 2006; 32: 563–565
- Kim SK, Kim YO: Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal. *Int Endod J* 2002; 35: 623–628
- Kuştarci A, Er K, Siso SH et al.: Efficacy of laser-activated irrigants in calcium hydroxide removal from the artificial grooves in root canals: an ex vivo study. *Photomed Laser Surg* 2016; 34: 205–210
- Lambrianidis T, Kosti E, Boutsioukis C, Mazinis M: Removal efficacy of various calcium hydroxide/chlorhexidine medications from the root canal. *Int Endod J* 2006; 39: 55–61
- Lambrianidis T, Margelos J, Beltes P: Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. *J Endod* 1999; 25: 85–88
- Ma JZ, Shen Y, Al-Ashaw AJ et al.: Micro-computed tomography evaluation of the removal of calcium hydroxide medicament from C-shaped root canals of mandibular second molars. *Int Endod J* 2015; 48: 333–341
- Margelos J, Eliades G, Verdelis C, Palaghias G: Interaction of calcium hydroxide with zinc oxide-eugenol type sealers: a potential clinical problem. *J Endod* 1997; 23: 43–48
- McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng Y-L: The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *Int Endod J* 2008; 41: 602–608
- Pabel A-K, Hülsmann M: Comparison of different techniques for removal of calcium hydroxide from straight root canals: an in vitro study. *Odontology* 2017; 105: 453–459
- Peters OA, Laib A, Göhring TN, Barbakow F: Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod* 2001; 27: 1–6
- Peters OA, Paqué F: Shaping the root canal system to promote effective disinfection. In: Cohenca N (ed): *Disinfection of Root Canal Systems: The Treatment of Apical Periodontitis*. Wiley Blackwell Publishing, Ames 2014, 91–108
- Peters OA, Peters CI, Basrani B: Cleaning and shaping the root canal system. In: Berman LH, Hargreaves KH (eds). *Cohen's Pathway of the Pulp*. 12th ed., Elsevier Publishing, St. Louis 2021, 236–303
- Ricucci D, Langeland K: Incomplete calcium hydroxide removal from the root canal: a case report. *Int Endod J* 1997; 30: 418–421
- Rödig T, Vogel S, Zapf A, Hülsmann M: Efficacy of different irrigants in the removal of calcium hydroxide from root canals. *Int Endod J* 2010; 43: 519–527
- Salgado RJC, Moura-Netto C, Yamazaki AK et al.: Comparison of different irrigants on calcium hydroxide medication removal: microscopic cleanliness evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107: 580–584
- Silva LJM, Pessoa OF, Teixeira MBG et al.: Micro-CT evaluation of calcium hydroxide removal through passive ultrasonic irrigation associated with or without an additional instrument. *Int Endod J* 2015; 48: 768–773
- Taşdemir T, Celik D, Er K et al.: Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. *Int Endod J* 2011; 44: 505–509
- Wang Y, Guo L-Y, Fang H-Z et al.: An in vitro study on the efficacy of removing calcium hydroxide from curved root canal systems in root canal therapy. *Int J Oral Sci* 2017; 9: 110–116
- Wiseman A, Cox TC, Paranjpe A et al.: Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *J Endod* 2011; 37: 235–238



Foto: T. Dammaschke

PROF. DR. TILL DAMMASCHKE
 Poliklinik für Parodontologie
 und Zahnerhaltung
 Westfälische Wilhelms-Universität
 Waldeyerstr. 30, 48149 Münster
 Telefon: +49 (0)251 8347035
 tillda@uni-muenster.de