

Etidronat (Dual Rinse HEDP) zur Wurzelkanalspülung in der klinischen Anwendung

Matthias Zehnder

Indizes

Wurzelkanalspülung, Chelator, HEDP, HEBP, Natriumhypochlorit

Zusammenfassung

Für eine erfolgreiche Wurzelkanalbehandlung sind zwei Schritte essenziell: die chemomechanische Entfernung von Pulparesten, einem möglicherweise vorhandenen Biofilm und alten Füllmaterialien sowie das Konditionieren des Dentins, um den betroffenen Zahn nach erfolgter endodontischer Behandlung bakteriendicht verschließen zu können. Die wichtigste chemische Substanz in diesem Zusammenhang ist das Natriumhypochlorit (NaOCl), welches in wässriger Lösung zur Spülung verwendet wird. Es hat fast alle zur Wurzelkanalreinigung nötigen Eigenschaften außer einer entkalkenden Wirkung. Der Beitrag stellt den Spülzusatz Dual Rinse HEDP vor und erklärt dessen Anwendung. Dieser Zusatz verleiht NaOCl-Lösungen direkt eine mild entkalkende Komponente. Mit einer kombinierten NaOCl-Dual Rinse HEDP-Spüllösung werden die chemische Wurzelkanalreinigung und die Konditionierung des Dentins für die darauffolgenden Füllungen in Wurzel und Zahnkrone nicht nur vereinfacht, sondern es wird auch die dafür benötigte Zeit verkürzt. Nach der Instrumentierung der Wurzelkanäle müssen die Schmierschicht („smear layer“) und anorganische Rückstände (Debris) nicht entfernt werden, weil eine kontinuierliche Calciumkomplexierung ihre Entstehung hemmt. Das Dentin wird dabei nicht wie bei der EDTA-Konditionierung erodiert, was sich positiv auf die Haftung adhäsiver Füllmaterialien auswirkt.

Begriffsklärung

Die nachfolgend verwendeten Termini werden in der Literatur zum Teil nicht ganz korrekt eingesetzt und/oder haben im Deutschen und im Englischen unterschiedliche Bedeutungen. Darum sei hier eine kurze Begriffsklärung vorangestellt:

- Etidronate sind die Salze der Etidronsäure, eines stickstofffreien Bisphosphonats (Diphosphonat) mit der Formel $MnHEDP$ ($n \leq 4$), wobei M meistens Natrium ist.
- Etidronsäure ist die Trivialbezeichnung der (1-Hydroxyethan-1,1-diyl)bis(phosphonsäure).

- HEBP ist die im Deutschen gebräuchliche Kurzbezeichnung für Etidronsäure.
- HEDP ist die im Englischen gebräuchliche Kurzbezeichnung für Etidronsäure (Hydroxyethyliden-Diphosphonat).

Einleitung

Wenn die radikuläre Pulpa irreversibel entzündet oder bereits infiziert und nekrotisch ist, muss sie beim momentanen Stand der Technik entfernt und durch ein bakteriendichtes, alloplastisches Material ersetzt werden. Eine Ausnahme bildet hier lediglich

die Revaskularisationsbehandlung, auf die am Ende dieses Beitrags kurz eingegangen wird. In jedem Fall ist es aber nötig, den betroffenen Zahn von nekrotischem Weichgewebe und einem möglicherweise vorhandenen Biofilm zu befreien. Neben physikalischen Mitteln wie der Wurzelkanalinstrumentierung, der Spülung oder der Laserbehandlung gibt es nur zwei klinisch zugelassene Chemikalien, die diese Maßnahmen ideal unterstützen: Natriumhypochlorit (NaOCl) als Spüllösung und Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) in Suspension als medikamentöse Zwischeneinlage. Beide Mittel wirken proteolytisch, lösen also Mikroorganismen und nekrotische Weichgewebsreste auf¹⁷. NaOCl wirkt schnell und konzentrationsabhängig, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ langsam und anhaltend⁴⁴. Während sich NaOCl weltweit durchgesetzt hat, gibt es bezüglich der Verwendung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ noch immer lokale Unterschiede³³.

Um eine möglichst effiziente Reinigung des Wurzelkanalsystems und die maximale Desinfektionszeit zu gewährleisten, empfiehlt es sich, die Wurzelkanäle während der mechanischen Aufbereitung mit NaOCl-Lösung zu fluten¹³. Dies reduziert zudem den mechanischen Stress auf rotierende Instrumente⁷. Neben einer NaOCl-Lösung, die primär zur Desinfektion eingesetzt wird, sind auch entkalkende Spüllösungen empfohlen worden, welche Chelatoren, also Komplexbildner enthalten: zuerst Ethylendiamintetraacetat (EDTA)²⁸ und später Zitronensäure¹⁹. Historisch beruht die Verbreitung dieser Mittel auf histologischen Beobachtungen. Man erkannte, dass nach mechanischer Aufbereitung des Kanalsystems und Spülung mit einer NaOCl-Lösung eine Schmierschicht („smear layer“) auf instrumentierten Dentinflächen entsteht und sich anorganische Rückstände (auch Debris oder „dentin mud“ genannt) in nicht instrumentierten Arealen des Wurzelkanalsystems ansammeln^{16,35}. EDTA und Zitronensäure lösen diese anorganischen Rückstände mittels Calciumkomplexierung⁴², und der Kanalwand anhaftendes nekrotisches und/oder infiziertes Weichgewebe lässt sich leichter wegspülen²⁸. Zudem wurde klinisch festgestellt, dass solche entkalkenden Mittel die Instrumentierung verengter Wurzelkanäle erleichtern²⁸. Eine oft zitierte Studie hat gezeigt, dass sich die Verwendung von EDTA zur Wurzelkanalspülung positiv auf die klinischen Ergebnisse von Revisions-

behandlungen auswirken kann²⁷. Dies hängt unter Umständen damit zusammen, dass Wurzelkanalfüllmaterialien mit entkalkenden Mitteln leichter von der Dentinwand entfernt werden können als mit NaOCl-Lösungen allein. Da EDTA Calciumionen bindet, lässt sich damit auch die $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Einlage einfacher aus dem Kanal entfernen als mit einer nicht entkalkenden Lösung³⁴.

Konventionelle Spülprotokolle

Die Einführung des EDTA und später der Zitronensäure in die Endodontie führte zur Entwicklung verschiedener Produkte, die auf dieser Chemie aufbauen: Einerseits wurden EDTA-haltige Glycolpasten vermarktet³⁷ und andererseits Spüllösungen entwickelt, welche zusätzlich zur entkalkenden eine desinfizierende Wirkung haben. EDTA-haltige Glycolpasten entfernen jedoch die Schmierschicht nicht und neutralisieren das NaOCl sofort¹⁵, was klinisch unvorteilhaft ist und solche Produkte eigentlich obsolet macht. Entgegen der von den jeweiligen Herstellern propagierten Meinung reduzieren diese EDTA-haltigen Pasten auch nicht den Torsionsstress auf rotierende Wurzelkanalinstrumente³².

Die erste desinfizierende und entkalkende Lösung, welche speziell für die Endodontie entwickelt wurde, war REDTA (damals Fa. Roth Drug Company, Chicago, USA), später auch vermarktet unter dem Namen EDTAC. Dem EDTA wurde hier eine quaternäre Ammoniumverbindung zugesetzt (Cetrimide)²¹. Es gibt auch neuere Produkte, die dieses Grundkonzept entweder auf Zitronensäure-³⁹ oder EDTA-Basis verfolgen⁹. Alle diese Produkte haben jedoch ein gemeinsames Problem, nämlich dass sie nicht mit NaOCl kompatibel sind. Der Grund hierfür ist, dass NaOCl sofort mit EDTA und noch schneller und heftiger mit Zitronensäure reagiert⁵. Dies führte dazu, dass Spülprotokolle definiert werden mussten. Da das NaOCl wie oben beschrieben die klinisch wichtigsten Grundeigenschaften zur chemischen Kanalreinigung besitzt, bauen sich solche Protokolle um das NaOCl auf. Das klassische Spülprotokoll sah vor, NaOCl während der Aufbereitung zu benutzen, anschließend EDTA oder Zitronensäure zur Entfernung von Schmierschicht und Debris einzusetzen und dann wieder NaOCl als Abschlusspülung zur fina-



len Desinfektion zu applizieren⁴². Diese Abfolge kann um einen Schritt verkürzt werden, nämlich indem wie z. B. beim EDTAC der entkalkenden Abschlusspülung ein Desinfektionsmittel respektive Antibiotikum zusetzt wird. Man verliert dann allerdings die oft auch nach der Kanalinstrumentierung noch notwendige einzigartige reinigende Wirkung des NaOCl. Zudem kann dadurch das Dentin unkontrolliert erodiert und erweicht werden¹.

Dentinkonditionierung

Die Konditionierung des Dentins für die Wurzelkanalfüllung und die darauffolgende koronale Versorgung sind ein klinisch wichtiges Thema, das im hier besprochenen Kontext zu wenig beachtet wird. Eine jüngere Studie hat gezeigt, dass undichte Wurzelkanalfüllungen sich fatal auf die klinischen Resultate auswirken können⁴. Eine dicke Schmierschicht auf dem Dentin behindert die Adhäsion aller Materialien^{29,38}. Somit ist eine gewisse Entkalkung immer wünschenswert, wenn das Dentin mechanisch bearbeitet wurde und Wurzelkanalsystem sowie Zugangskavität danach dicht gefüllt werden sollen. Verschiedene Materialien binden an unterschiedliche Elemente des Dentins (Tab. 1). Es darf davon ausgegangen werden, dass Füllmaterialien von den jeweiligen Herstellern auf gesundem Dentin getestet worden sind. Dentin ist eine gemischt anorganisch-organische Substanz, die einen kristallinen (CaP, hauptsächlich Hydroxylapatit) und einen organischen Anteil (hauptsächlich Kollagen Typ I) aufweist. Bei den oben beschriebenen Spülprotokollen ergibt sich

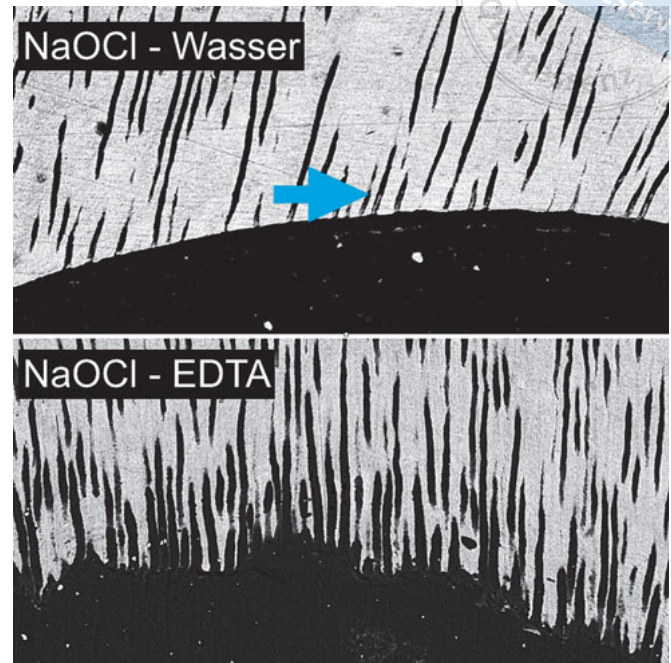
hier je nach dem zum Einsatz kommenden Material jedoch ein Problem. Die Dentinoberfläche wird in Abhängigkeit von der verwendeten Abschlusspülung entweder deproteiniert (NaOCl) oder entkalkt (starke Chelatoren wie EDTA oder Zitronensäure) sein (Abb. 1).

Da sowohl EDTA als auch Zitronensäure nicht nur die Schmierschicht entfernen, sondern auch das Dentin erodieren und somit Kollagen freilegen, ist ihr klinischer Einsatz nicht immer unproblematisch²⁰. Verwendet man beispielsweise einen Epoxidharz-Sealer wie AH-Plus (Fa. Dentsply Sirona, Konstanz), so wirkt sich eine solche Erosion positiv auf die Haftung und Dichtigkeit der Wurzelkanalfüllung aus²⁵. Bei sogenannten biokeramischen Sealern (also solchen, die auf hydraulischen CaSi-Zementen wie beispielsweise MTA basieren), ist eine Dentinerosion hingegen unerwünscht⁸. Da beim Konditionieren der Wurzelkanäle auch unausweichlich die Pulpenkammer und somit das koronale Dentin mitbehandelt werden, ergibt sich das zusätzliche Problem, dass auch methacrylatbasierte Dentinadhäsive auf stark erodiertem Dentin schlecht funktionieren³¹. Eine Behandlung mit NaOCl kann erodiertes Dentin entfernen und dadurch die Haftung von methacrylatbasierten Adhäsiven und auch CaSi-basierten Materialien wieder verbessern^{11,22}. Theoretisch müsste deshalb die Zugangskavität nach erfolgter EDTA-Abschlusspülung und Wurzelkanalfüllung mit NaOCl konditioniert oder aber mechanisch angefrischt werden, um sie dann besser adhäsiv verschließen zu können.

Tab. 1 Materialien, die nach dem chemischen Reinigungsprozess bei Wurzelkanalbehandlungen mit dem Dentin in Kontakt treten können, und deren primäre Bindungsstellen (*: Beispiele von im deutschen Sprachraum häufig gebrauchten Materialien; es gibt von jedem Materialtyp viele weitere Produkte mit ähnlicher Chemie)

Materialtypen	Binden an	Produkt*
Epoxidharz-Sealer	Kollagen	AH Plus
Biokeramische (CaSi) Sealer	Calciumphosphate	TotalFill BC
Silikonbasierte Sealer	(Rein mechanische Abdichtung)	RoekoSeal
Methacrylate (Bonding-Systeme)	Calciumphosphate	OptiBond FL
Glasionomerezemente	Calciumphosphate und Kollagen	Ketac Fil
Hydraulische CaSi-Zemente	Calciumphosphate	ProRoot MTA

Abb. 1 Bislang unveröffentlichte rasterelektronenmikroskopische Bilder aus einer Studie, in der Wurzelkanalwände nach verschiedenen Spülprotokollen im Querschnitt untersucht wurden²⁰. Extrahierte Prämolaren wurden während bzw. nach der mechanischen Aufbereitung für 15 Minuten mit 10 mL einer 1%igen NaOCl-Lösung gespült. Danach erfolgte die Abschlusspülung (3 Minuten, 5 mL) mit Wasser (oberes Bild) oder 17%igem EDTA (unteres Bild). Im Querschnitt äußert sich die Schmierschicht als „smear plugs“ (Pfeil), also Teile der Schmierschicht, welche in die Dentintubuli gedrückt werden. Im Gegensatz dazu erodiert EDTA die Dentineoberfläche (unteres Bild). Nicht mineralisierte Dentinanteile (vor allem Kollagen), welche mit methacrylatbasierten Adhäsivsystemen interferieren, werden so freigelegt



Weshalb HEDP?

Aus der oben dargelegten Problematik ergab sich folgende Fragestellung: Gibt es ein biokompatibles, entkalkendes Mittel, das zumindest kurzfristig (also für die Dauer einer Behandlung) mit NaOCl kompatibel ist und das Dentin nicht aggressiv entkalkt, sondern möglichst in seinem natürlichen Zustand (inklusive Entfernung der Schmierschicht) belässt? Dieses Mittel wurde mit HEDP gefunden⁴⁵. HEDP wird in der Wasser- und Abwasserbehandlung, in Wasch- und Reinigungsmitteln, in kosmetischen Artikeln, als medizinischer Wirkstoff und zur Korrosionshemmung verwendet. Wie EDTA und Zitronensäure ist HEDP ein Chelator, welcher allerdings etwas schwächere Komplexe mit Calcium bildet als die vorher genannten Moleküle. Wichtig hierbei ist, dass HEDP als Zusatz in der NaOCl-Spüllösung verwendet wird und somit während der gesamten endodontischen Behandlung zum Einsatz kommt. Es werden also kontinuierlich Calciumionen gebunden, so dass Wechsellösungen komplett entfallen. Schmierschicht und Debris werden mit diesem Konzept nicht nach der mechanischen Wurzelkanalaufbereitung entfernt, sondern schon ihre Entstehung wird verhindert⁴⁵, und zwar ohne dass es zu einer Entkalkung des darunterliegenden Dentins kommt²⁰. Studien an extra-

hierten menschlichen Zähnen, die während der Wurzelkanalaufbereitung mit einer 1:1-Mischung von 5%igem NaOCl und 18%igem HEDP (ergibt eine kombinierte Lösung mit ca. 2,5 % NaOCl und 9 % HEDP) gespült wurden, haben gezeigt, dass mit der Verwendung dieser Mischung nicht nur die Haftkraft von methacrylatbasierten Adhäsiven¹⁰, sondern auch diejenige von Epoxidharz²⁶ und CaSi-Zementbasierten Materialien²⁴ verbessert wird. Zudem kann die Desinfektion des Wurzelkanalsystems verbessert²³ und die Torsionsbelastung rotierender Instrumente reduziert werden⁷.

Dual Rinse HEDP

Die oben erläuterten Studien und Erkenntnisse führten zur Entwicklung einer kommerziell verwertbaren Formulierung von HEDP. Dies wurde von Dr. Dirk Mohn (Fa. smartodont, Zürich, Schweiz) in Zusammenarbeit mit dem Autor bewerkstelligt. Erste Versuche mit Zweiwegspritzen mit flüssigem 5%igem NaOCl (selbst in mit NaOH stabilisierter Form) in der einen und 18%igem HEDP in der anderen Ampulle zeigten, dass das NaOCl zu schlecht lagerfähig ist, um in dieser Form in der beschriebenen Anwendung kommerziell nutzbar gemacht werden zu können. Zudem setzen Zahnärzte unterschiedliche Konzen-

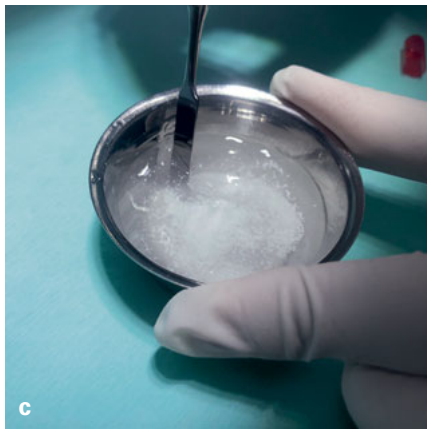


Abb. 2a bis d Mischen von Dual Rinse HEDP mit einer NaOCl-Lösung in einem sterilisierbaren kalibrierten Mischbecher. Im gewählten Beispiel wird der Inhalt zweier Kapseln Dual Rinse HEDP in 20 mL einer 2,5%igen NaOCl-Lösung gemischt, was der üblichen Menge und empfohlenen Konzentration entspricht. Je nach Präferenz kann NaOCl in einer Konzentration bis 5 % verwendet werden; das Mischverhältnis mit Dual Rinse HEDP bleibt gleich. Zum Mischen empfiehlt es sich, die Suspension mit einem Spatel o. Ä. zu aktivieren. Dieser Vorgang kann bis zu 2 Minuten dauern und sollte von einer Dentalassistentin zu Behandlungsbeginn durchgeführt werden. Die Suspension kann auch immer wieder etwas ruhen, und es ist nicht notwendig, ständig zu mischen. Sobald sich das Pulver komplett aufgelöst hat, kann die klare kombinierte Lösung in eine Einmalspritze oder einen anderen Spülbehälter aufgezogen und sofort verwendet werden

trationen von NaOCl-Lösungen ein. Weitere Versuche ergaben, dass anstatt einer Flüssigkeit einfach das Salz der Etidronsäure (Etidronat) verwendet werden kann: Direkt in NaOCl-Lösungen gemischt, bleibt das freie Chlor in den so entstehenden kombinierten Lösungen für die Dauer einer Wurzelkanalbehandlung in ausreichender Menge erhalten⁶. Das hat den Vorteil, dass der Anwender die von ihm bereits eingesetzte NaOCl-Lösung in der präferierten Konzentration weiter benutzen kann.

Diese Resultate wurden später mit dem CE-gemarkten und kontrolliert hergestellten Produkt Dual Rinse HEDP (Fa. Medcem, Weinfelden, Schweiz) bestätigt⁴⁶. Eine Toxizitätsstudie ergab, dass Dual Rinse HEDP eine sehr geringe Zytotoxizität hat und diejenige von NaOCl nicht erhöht. Auch entstehen keine toxischen Reaktionsprodukte zwischen Dual Rinse HEDP und NaOCl². Eine randomisierte klinische Studie zeigte, dass die klinische Desinfektionswirkung von 2,5%igem NaOCl durch die Beigabe von Dual Rinse HEDP nicht verschlechtert

wird³. Postoperative Schmerzen und Entzündungsmediatoren in den periapikalen Geweben wurden durch die Zugabe des Produktes nicht erhöht. Studien an extrahierten Zähnen wiesen zudem darauf hin, dass Dual Rinse HEDP bei Zugabe zu NaOCl die Adhäsion eines CaSi-Materials (Biodentine, Fa. Septodont, Niederkassel) an die Wurzelkanalwand erhöht³⁰, die Desinfektion verbessert¹⁴ und zudem die Bleichwirkung des NaOCl beibehalten wird⁴⁷. Die Kombination von Dual Rinse HEDP mit NaOCl hatte im Gegensatz zu Zitronensäure keinen negativen Einfluss auf die Haftkraft eines selbstätzenden Adhäsivs (Clearfil SE Bond, Fa. Kuraray Europe, Hattersheim) am Dentin¹⁸.

Vorbereitung der kombinierten NaOCl-Dual Rinse HEDP-Spüllösung

Bevor man mit der klinischen Anwendung von Dual Rinse HEDP beginnt, sollten drei Limitationen in Betracht gezogen werden.

Der erste Punkt betrifft die Anmischzeit. Das Pulver sollte in einem sterilen Becher mit der zu benutzenden NaOCl-Lösung gemischt werden. Hierzu wird das in einer Kapsel enthaltene Dual Rinse HEDP pro 10 mL NaOCl-Lösung verwendet (Abb. 2). Je nachdem, wie stark man die entstandene Suspension mischt (ideal ist hierfür der Einsatz eines Zementspatels), dauert es 1 bis 2 Minuten, bis sich das gesamte Etidronat gelöst hat. Diese Zeit kann als lange empfunden werden, wenn man sich mitten in einer Behandlung befindet und darauf wartet. Es ist daher ratsam, die in der bevorstehenden Sitzung benötigte Menge an NaOCl und Dual Rinse HEDP unmittelbar vor Behandlungsbeginn anzumischen.

Der zweite Punkt betrifft die Konzentration von NaOCl-Lösungen. Bei über 5%igem NaOCl wird die Mischung mit Dual Rinse HEDP kritisch, da die entstehende kombinierte Lösung zu salzig gerät und wieder ausfallen kann². Nach Meinung des Autors sollten allerdings Lösungen mit einem NaOCl-Gehalt über 5 % nicht verwendet werden, da sie stark ätzend wirken, das Kollagenetz im Dentin schädigen und gegenüber weniger stark konzentrierten Lösungen keinen erwiesenen klinischen Vorteil haben⁴³.

Als letzte Limitation sollten NaOCl-Dual Rinse HEDP-Mischungen auch nicht kurzfristig erwärmt gelagert werden, da sie hierdurch instabil werden und das aktive Chlor rasch verloren geht⁴⁶. Wässrige Lösungen im Wurzelkanalsystem mit dessen hoher spezifischer Oberfläche erreichen schnell Körpertemperatur³⁶. Ein Vorwärmen von Spüllösungen ist somit von fraglichem Nutzen. Das Erwärmen von NaOCl kann durchaus sinnvoll sein, sollte aber besser im Wurzelkanal selbst erfolgen⁴¹.

Klinisches Vorgehen

Ist die NaOCl-Dual Rinse HEDP-Lösung angemischt (Abb. 2a bis d), kann mit der Behandlung begonnen werden. Bereits nach dem Präparieren der Zugangskavität sollte damit gespült werden. Calciumhaltige Präparate wie beispielsweise Cavit (Fa. 3M Oral Care, Seefeld) oder eine schon vorhandene Ca(OH)₂-Einlage lassen sich dabei besser herauspülen als mit einer reinen NaOCl-Lösung. Wie bei jeder Wurzelkanalbehandlung sollte darauf geachtet werden, dass das Pulpenkavum ständig mit Spüllösung ge-

flutet ist. Nach der klinischen Erfahrung des Autors erleichtert die NaOCl-Dual Rinse HEDP-Mischung das Auffinden verkalkter Kanäle, weil man nicht nur die Wachstumslinien am Boden des Pulpenkavums besser sieht, sondern auch die Dentintubuli (wo niemals Kanäle sind!) strahlenförmig weiß erscheinen. Zudem lassen sich Wurzelkanalfüllmaterialien etwas leichter herauspülen als mit reinem NaOCl (Abb. 3a bis f). Das HEDP verleiht dem Dentin einen typischen Glanz und eine gewisse Durchsichtigkeit, welche man auch nach EDTA-Spülungen feststellt.

Während der Kanalaufbereitung ist es besonders wichtig, dass zur mechanischen Reinigung die Kanäle mit der Spüllösung geflutet werden, denn so lassen sich Weichgewebsreste, Biofilm und auch alte Wurzelkanalfüllmaterialien besser entfernen. Die Verwendung von Dual Rinse HEDP bietet hier den Vorteil, dass einer Schmierschicht und Debrisakkumulation vorgebeugt wird, indem calciumhaltige Hartgewebespäne direkt aus dem bearbeiteten Kanal herausgespült werden. Je nach Komplexität des Wurzelkanalsystems ist es wichtig, die Spüllösung mittels Schall- oder Ultraschallspitzen zu aktivieren. Auch anatomische Feilensysteme können dazu verwendet werden, von konventionellen Instrumenten nicht bearbeitete Oberflächen zu reinigen. Besonders deutlich wird die Wirkung solcher Instrumente bei Revisionsbehandlungen. Auch hier kann in der NaOCl-Lösung enthaltenes HEDP dabei helfen, die Therapie effizienter zu machen, da der Reinigungsschritt mit einer EDTA-Abschlussspülung entfällt^{14,40}. Für die Abbildungen 3a bis f wurde bewusst eine typische Revisionsbehandlung als Beispiel gewählt, weil hierbei die Reinigungseffekte der jeweiligen Behandlungsschritte besser sichtbar sind und radiologisch nachverfolgt werden können. Grundsätzlich ist es aber so, dass genau dieselben Schritte auch bei initialen Wurzelkanalbehandlungen indiziert sind, um ein sauberes und für die Wurzelkanalfüllung konditioniertes Kanalsystem zu erhalten.

Die kombinierte NaOCl-Dual Rinse HEDP-Spüllösung kann also für alle Behandlungsschritte inklusive der Abschlussspülung zum Einsatz kommen. Neben dem offensichtlichen Zeitgewinn und der Einfachheit dieses Vorgehens hat die Verwendung der Kombination gegenüber konventionellen Protokollen mit EDTA-Präparaten die zusätzlichen klini-

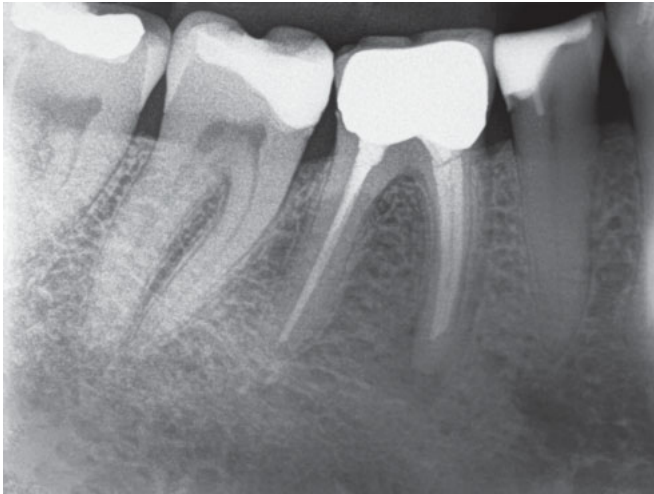


Abb. 3a Röntgenaufnahme eines alio loco behandelten Zahnes mit einer symptomatischen apikalen Parodontitis und insuffizienter Wurzelkanalfüllung. Die mesialen Kanäle waren nicht bis zum Apex und das distale Kanalsystem nicht genügend dicht gefüllt. Füllmaterialien waren Guttapercha und ein Epoxidharz-Sealer, welcher erfahrungsgemäß nicht einfach zu entfernen ist

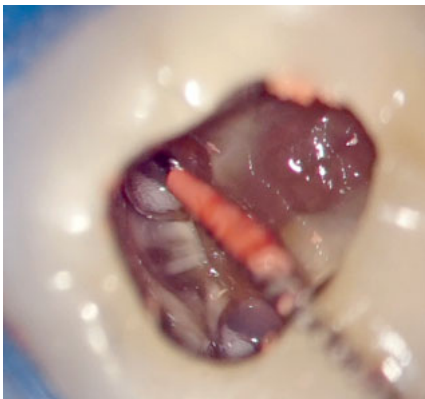


Abb. 3b Erste Behandlungsschritte einer solchen Revisionsbehandlung nach Präparieren der Zugangskavität und Identifikation der Kanäleingänge. Alle Schritte sollten immer mit Spülflüssigkeit (NaOCl-Dual Rinse HEDP-Mischung) im Pulpenkavum und später in den Kanälen erfolgen. Entfernen der Füllmaterialien aus der koronalen Wurzelkanalhälfte mit rotierenden oder reziprozierenden Instrumenten, einem Micro-Debrider (hier im Bild) und/oder Hedström-Feilen

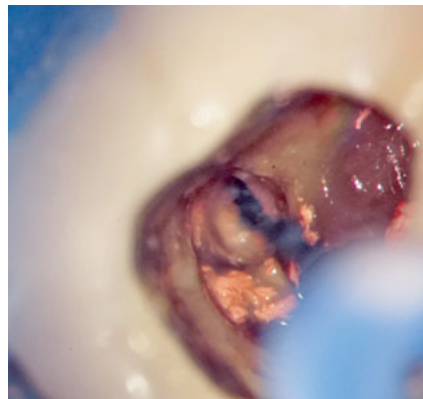


Abb. 3c Laterale Reinigung der Kanäle mit einer anatomischen Feile (hier: XP Shaper, Fa. FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Schweiz) und/oder Ultraschallspitzen. Dual Rinse HEDP hilft dabei, der hierzu verwendeten NaOCl-Lösung eine mild entkalkende Wirkung zu verleihen. So lassen sich Füllmaterialien leichter von der Kanalwand ablösen. Nicht hierfür zugelassene Lösungsmittel wie Chloroform entfallen

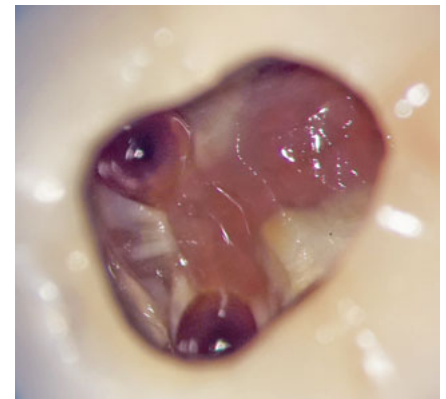


Abb. 3d Pulpenkavum nach erfolgter chemomechanischer Reinigung mit den o. g. Instrumenten und der NaOCl-Dual Rinse HEDP-Mischung als einziger Spüllösung. So kann das Wurzelkanalsystem chemomechanisch aufbereitet werden, ohne dass dabei auf die desinfizierende, reinigende und bleichende Wirkung des NaOCl verzichtet werden muss. Die EDTA-Spülung entfällt

schen Vorteile der einfacheren Blutstillung bei Perforationen und des Erhalts der Bleichwirkung des NaOCl bei blutverfärbtem Dentin⁴⁷. Es wird oft vergessen, dass Chelatoren wie EDTA, Zitronensäure und HEDP ohne NaOCl antikoagulativ wirken und z. B. beim akzidentiellen Überspülen eine innere Blutung in den periapikalen Geweben verlängern können. Wird HEDP allerdings mit NaOCl gemischt, dann

überwiegt die proteolytische Wirkung des NaOCl, und zumindest bei Perforationen blutet es weniger stark ein als wenn EDTA verwendet wurde. Die Frage, ob dies bei akzidentellem Überspülen auch der Fall ist, lässt sich zurzeit nicht beantworten, da keine entsprechenden klinischen Berichte vorliegen.

Ein nützlicher Test, um zu erkennen, ob das Wurzelkanalsystem sauber gereinigt wurde, ist der



Abb. 3e Einzelzahnbild zur Kontrolle dieser Reinigung nach dem Einbringen der (nicht röntgenopaken) Calciumhydroxideinlage und dem provisorischen Verschluss der Zugangskavität (Kofferdam bereits entfernt)

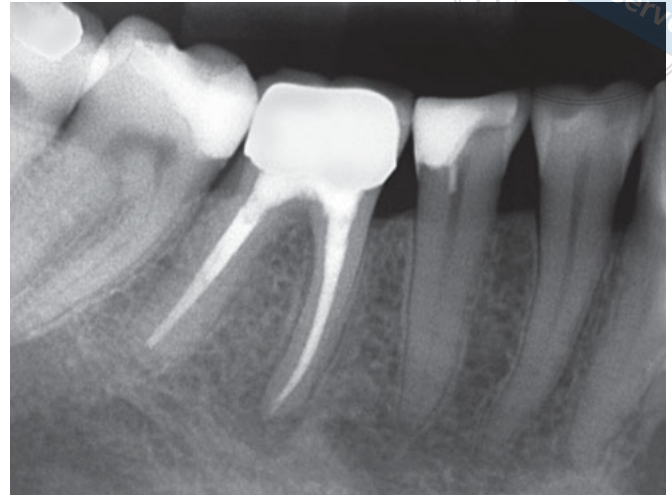


Abb. 3f Röntgenaufnahme nach erfolgter Wurzelkanalfüllung und adhäsivem Verschluss der Zugangskavität. Das Bild zur röntgenologischen Nachuntersuchung nach 1 Jahr lag zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Beitrags noch nicht vor

sogenannte Champagnereffekt. Steigen noch Blasen in der NaOCl-haltigen Lösung auf, wenn diese passiv ins fertig instrumentierte Wurzelkanalsystem gegeben wird, so muss weitergespült bzw. die Spüllösung aktiviert werden, und/oder man sollte die Spüllösung weiterhin passiv einwirken lassen. Die Blasen entstehen aus der Reaktion organischer Moleküle im Wurzelkanal mit den OCI^- (Hypochlorit)-Ionen. Dieser Test funktioniert mit kombinierten NaOCl-Dual Rinse HEDP-Spüllösungen ebenso gut wie mit reinen NaOCl-Lösungen.

Nach erfolgter Behandlung und Abschlussspülung kann das Kanalsystem mit Papierspitzen getrocknet und entweder eine medikamentöse Einlage oder die Wurzelkanalfüllung eingebracht werden. Die einzige Ausnahme bildet die Revaskularisationsbehandlung von Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum, bei welcher eine Blutung induziert und pluripotente Zellen aus dem Periapex angelockt werden sollen: Hier empfiehlt es sich, zum Abschluss mit einer rein entkalkenden Lösung zu spülen, wofür 17%iges EDTA, 10%ige Zitronensäure oder aber eben auch 18%iges HEDP eingesetzt werden kann¹². Um 18%iges HEDP zu erhalten, ist es möglich, eine

Kapsel Dual Rinse HEDP in 5 mL (anstatt 10 mL wie beim NaOCl) steriler Kochsalzlösung aufzulösen und als Abschlussspülung zu verwenden.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass mit einer kombinierten NaOCl-Dual Rinse HEDP-Spüllösung tatsächlich eine chemische Kombination entsteht, mit welcher fast alle Fälle in alleiniger Anwendung behandelt werden können, ohne dass man sich dabei Gedanken über die Dentinkonditionierung machen muss. Die Dauer und die Menge der Spülung hängen von der Komplexität der zu behandelnden Wurzelkanalanatomie und auch von dem Infektionsgrad ab.

Hinweis

Das beschriebene Spülkonzept beruht auf der langjährigen klinischen und experimentellen Beschäftigung des Autors mit dem Thema. Es soll damit aber in keiner Weise behauptet werden, dass die hier vorgestellte die einzige Art sei, Wurzelkanäle chemisch zu reinigen, sondern lediglich die wohl einfachste.



Literatur

1. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Chavéz-Andrade GM et al. Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. *Microsc Res Tech* 2013;76:1079-1083.
2. Ballal NV, Das S, Rao BSS, Zehnder M, Mohn D. Chemical, cytotoxic and genotoxic analysis of etidronate in sodium hypochlorite solution. *Int Endod J* 2019 Mar 8 [Epub ahead of print].
3. Ballal NV, Gandhi P, Shenoy PA et al. Safety assessment of an etidronate in a sodium hypochlorite solution: randomized double-blind trial. *Int Endod J* 2019 Apr 16 [Epub ahead of print].
4. Barborka BJ, Woodmansey KF, Glickman GN, Schneiderman E, He J. Long-term clinical outcome of teeth obturated with Resilon. *J Endod* 2017;43:556-560.
5. Baumgartner JC, Ibay AC. The chemical reactions of irrigants used for root canal debridement. *J Endod* 1987;13:47-51.
6. Biel P, Mohn D, Attin T, Zehnder M. Interactions between the tetrasodium salts of EDTA and 1-hydroxyethane 1,1-diphosphonic acid with sodium hypochlorite irrigants. *J Endod* 2017;43:657-661.
7. Boessler C, Peters OA, Zehnder M. Impact of lubricant parameters on rotary instrument torque and force. *J Endod* 2007;33:280-283.
8. Carvalho NK, Prado MC, Senna PM et al. Do smear-layer removal agents affect the push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers? *Int Endod J* 2017;50:612-619.
9. Dai L, Khechen K, Khan S et al. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *J Endod* 2011;37:80-84.
10. De-Deus G, Souza EM, Marins JR, Reis C, Paciornik S, Zehnder M. Smear layer dissolution by peracetic acid of low concentration. *Int Endod J* 2011;44:485-490.
11. Deari S, Wegehaupt FJ, Tauböck TT, Attin T. Influence of different pretreatments on the microtensile bond strength to eroded dentin. *J Adhes Dent* 2017;19:147-155.
12. Deniz Sungur D, Aksel H, Ozturk S, Yılmaz Z, Ulubayram K. Effect of dentine conditioning with phytic acid or etidronic acid on growth factor release, dental pulp stem cell migration and viability. *Int Endod J* 2019;52:838-846.
13. Gazzaneo I, Vieira GCS, Pérez AR et al. Root canal disinfection by single- and multiple-instrument systems: Effects of sodium hypochlorite volume, concentration, and retention time. *J Endod* 2019;45:736-741.
14. Giardino L, Del Fabbro M, Morra M et al. Dual Rinse® HEDP increases the surface tension of NaOCl but may increase its dentin disinfection efficacy. *Odontology* 2019 Jun 13 [Epub ahead of print].
15. Girard S, Paque F, Badertscher M, Sener B, Zehnder M. Assessment of a gel-type chelating preparation containing 1-hydroxyethylidene-1,1-bisphosphonate. *Int Endod J* 2005;38:810-816.
16. Gwinnett AJ. Smear layer: morphological considerations. *Oper Dent Suppl* 1984;3:2-12.
17. Hasselgren G, Olsson B, Cvek M. Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. *J Endod* 1988;14:125-127.
18. Kaki GD, Recen D, Baser Kolcu MI, Güvenç P. Effect of Dual Rinse HEDP root canal irrigation solution on coronal dentin adhesion. *Med J SDU* 2018;25:412-419.
19. Loel DA. Use of acid cleanser in endodontic therapy. *J Am Dent Assoc* 1975;90:148-151.
20. Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylene-diaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J* 2009;42:335-343.
21. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975;1:238-242.
22. Meraji N, Nekoofar MH, Yazdi KA, Sharifian MR, Fakhari N, Camilleri J. Bonding to caries affected dentine. *Dent Mater* 2018;34:e236-e245.
23. Morago A, Ordinola-Zapata R, Ferrer-Luque CM, Baca P, Ruiz-Linares M, Arias-Moliz MT. Influence of smear layer on the antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigating solution in infected dentin. *J Endod* 2016;42:1647-1650.
24. Neelakantan P, Nandagopala M, Shemesh H, Wesselink P. The effect of root dentin conditioning protocols on the push-out bond strength of three calcium silicate sealers. *Int J Adhes Adhes* 2015;60:104-108.
25. Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV, De-Deus G, Zehnder M. The impact of root dentine conditioning on sealing ability and push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer. *Int Endod J* 2011;44:491-498.
26. Neelakantan P, Varughese AA, Sharma S, Subbarao CV, Zehnder M, De-Deus G. Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *Int Endod J* 2012;45:1097-1102.
27. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J* 2011;44:583-609.
28. Nygaard Östby B. Chelation in root canal therapy. *Odontol Tidskr* 1957;65:3-11.

29. Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent* 1997;25:355-372.
30. Paulson L, Ballal NV, Bhagat A. Effect of root dentin conditioning on the pushout bond strength of biodentine. *J Endod* 2018;44:1186-1190.
31. Perdigão J, Eiriksson S, Rosa BT, Lopes M, Gomes G. Effect of calcium removal on dentin bond strengths. *Quintessence Int* 2001;32:142-146.
32. Peters OA, Boessler C, Zehnder M. Effect of liquid and paste-type lubricants on torque values during simulated rotary root canal instrumentation. *Int Endod J* 2005;38:223-229.
33. Qualtrough AJ, Whitworth JM, Dummer PM. Preclinical endodontology: an international comparison. *Int Endod J* 1999;32:406-414.
34. Rödiger 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.
35. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974;18:269-296.
36. Sonntag D, Raab WH, Martin E, Keppel R. Intracanal use of heated rinsing solutions: A pilot study. *Quintessence Int* 2017;48:281-285.
37. Stewart GG, Kapsimalas P, Rappaport H. EDTA and urea peroxide for root canal preparation. *J Am Dent Assoc* 1969;78:335-338.
38. Tay FR, Smales RJ, Ngo H, Wei SH, Pashley DH. Effect of different conditioning protocols on adhesion of a GIC to dentin. *J Adhes Dent* 2001;3:153-167.
39. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J et al. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod* 2003;29:170-175.
40. Ulusoy ÖI, Savur IG, Alaçam T, Çelik B. The effectiveness of various irrigation protocols on organic tissue removal from simulated internal resorption defects. *Int Endod J* 2018;51:1030-1036.
41. Wright PP, Kahler B, Walsh LJ. The effect of heating to intracanal temperature on the stability of sodium hypochlorite admixed with etidronate or EDTA for continuous chelation. *J Endod* 2019;45:57-61.
42. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod* 1983;9:137-142.
43. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006;32:389-398.
44. Zehnder M, Grawehr M, Hasselgren G, Waltimo T. Tissue-dissolution capacity and dentin-disinfecting potential of calcium hydroxide mixed with irrigating solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:608-613.
45. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod* 2005;31:817-820.
46. Zollinger A, Mohn D, Zeltner M, Zehnder M. Short-term storage stability of NaOCl solutions when combined with Dual Rinse HEDP. *Int Endod J* 2018;51:691-696.
47. Zollinger A, Atin T, Mohn D, Zehnder M. Effects of endodontic irrigants on blood and blood-stained dentin. *Heliyon* 2019;5:e01794.



Matthias Zehnder

Prof. Dr. med. dent., Ph.D.

E-Mail:

matthias.zehnder@zsm.uzh.ch

*Klinik für Zahnerhaltung und
Präventivzahnmedizin (ZPZ)
Zentrum für Zahnmedizin
Universität Zürich
Plattenstrasse 11
8032 Zürich
Schweiz*