

Roland Weiger

Wurzelkanalspülung: Wie viel Aktivierung muss sein?*

Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten?

Eine effiziente Wurzelkanalspülung ist unverzichtbarer Bestandteil einer Wurzelkanalbehandlung. Der Beitrag informiert über die Wirksamkeit von schall-, ultraschall- und laserunterstützter Spülmethode.

Einleitung: Aktuell gängige Systeme zur Aktivierung von Spüllösungen nutzen mehrheitlich Schall, Ultraschall oder Laser. Abzugrenzen ist die einfache Form der manuellen dynamischen Aktivierung.

Methoden: Im Vergleich zu der klassischen Spültechnik führen die beschriebenen Methoden experimentell im Allgemeinen zur Erhöhung der Reinigungswirkung (Entfernung von Pulpagewebe und Debris, Eindringtiefe in das Wurzelzementin, antibakterielle Wirkung, Entfernung von Kalziumhydroxid). Graduelle Unterschiede scheinen eher Folge des gewählten Versuchsaufbaus und des verwendeten Materials zu sein.

Ergebnis und Schlussfolgerung: Da vergleichende klinische Studien weitgehend fehlen und die Vorteile eines definierten Spülprotokolls unter Einbeziehung der Aktivierung der Spüllösung im klinischen Einsatz bis dato nicht belegt sind, lässt sich aus den vorliegenden experimentellen Untersuchungen lediglich eine Empfehlung zu deren Anwendung ableiten. Ebenso lassen sich verschiedene Vorgehensweisen im Hinblick auf die Aktivierungsmethode rechtfertigen.

Schlüsselwörter: aktivierte Wurzelkanalspülung; Laser; Wurzelkanalaufbereitung; Wurzelkanalbehandlung; Ultraschall

Leiter der Klinik für Parodontologie, Kariologie und Endodontologie, Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel (UZB), 4058 Basel, Schweiz: Prof. Dr. Roland Weiger

*Deutsche Version der englischen Erstveröffentlichung Weiger R: Root canal irrigation: How much activation is necessary? Dtsch Zahnärztl Z Int 2021; 3: 64–70

Zitierweise: Weiger R: Wurzelkanalspülung: Wie viel Aktivierung muss sein? Dtsch Zahnärztl Z 2021; 76: 96–103

Peer-reviewed article: eingereicht: 01.10.2020, revidierte Fassung akzeptiert: 27.10.2020

DOI.org/10.3238/dzz.2021.0009

Root canal irrigation: How much activation is necessary?

Introduction: Current systems for activating irrigation solutions mainly use sound, ultrasound or laser. The simple form of manual dynamic activation must be differentiated.

Methods: In comparison to the conventional irrigation technique, the described methods generally result in a greater cleaning effect under experimental conditions (removal of pulp tissue and debris, penetration depth into the root dentin, antibacterial effect, removal of calcium hydroxide). Gradual differences seem to be the result of the chosen experimental setup and the material used.

Result and Conclusion: Given that comparative clinical studies are largely lacking and the advantages of a defined irrigation protocol involving the activation of the irrigation solution have not been clinically proven so far, only a recommendation for their application can be derived from existing experimental studies. Also, with respect to the activation method, different approaches can be justified.

Keywords: activated root canal irrigation; laser; root canal preparation; root canal treatment; ultrasound

Einleitung

Neben der mechanischen Bearbeitung der Hauptwurzelkanäle bedarf es einer suffizienten chemischen Aufbereitung des Wurzelkanalsystems mittels Wurzelkanalspülung. Hieraus leitet sich der Begriff der chemo-mechanischen Aufbereitung ab. Der Grund liegt in den Grenzen der mechanischen Bearbeitung und in der Komplexität des Wurzelkanalsystems. Handinstrumente ebenso wie rotierende Wurzelkanalinstrumente bearbeiten die Kanalwände der Hauptwurzelkanäle nicht vollumfänglich und erreichen die Ausläufer des Wurzelkanalsystems nicht. Trotz sorgfältiger Aufbereitung bleiben in der Regel mindestens 35 % der Wurzelkanalinflächen unbearbeitet [11, 21]. So bedarf es einer effizienten Wurzelkanalspülung, die neben den Hauptkanälen Isthmen, Seitenkanäle und offene Dentintubuli reinigt und je nach mikrobieller Besiedelung desinfiziert.

Im besten Fall lässt sich der Beitrag einer bestimmten Spültechnik am klinischen Erfolg der endodontischen Behandlung bewerten [4]. Voraussetzung bei einer vergleichenden

klinischen Untersuchung wäre, dass alle weiteren relevanten und heute bekannten Einflussgrößen weitgehend identisch sind oder innerhalb der Vergleichsgruppen gleich verteilt sind. Vor dem Hintergrund der Vielzahl der Variablen, die einen Einfluss auf die Prognose eines Zahnes nach Wurzelkanalbehandlung ausüben können, erscheint ein unzweifelhafter Nachweis eines einzelnen Parameters in prospektiven, randomisierten klinischen Studien äußerst schwierig. Die hierfür benötigten Fallzahlen und Recallraten liegen je nach Fragestellung derart hoch, dass eine Realisierung mit einem sehr hohen Aufwand verbunden ist.

Welches Potenzial in der Aktivierung von Spüllösungen liegen könnte, beantworten u.a. zumeist ältere klinische Studien, die ohne Zuhilfenahme moderner Spültechniken auskamen. So berichten bereits Grahamen und Hansen im Jahre 1961 [10] von einer hohen Erfolgsrate von 81 % vier bis fünf Jahre nach Wurzelkanalbehandlung. Ebenfalls belegen die 30 Jahre später veröffentlichte Arbeit von Sjögren et al. [23] und ein Review von Ng et al. aus 2011

[19], dass die Ausheilungsraten – unter Anwendung konventioneller Spülmethode – in einem ähnlich hohen Bereich liegen. Aus diesem Blickwinkel kann man das Potenzial einer Aktivierung von Spüllösungen als begrenzt einstufen. Nimmt man hingegen die niedrigeren Erfolgsraten von Wurzelkanalbehandlungen, die unter gängigen Praxisbedingungen erzielt werden [5, 31] als Maßstab, so wendet sich das Blatt und führt zur Frage, ob Methoden zur Aktivierung von Spüllösungen unter diesen Bedingungen nicht doch einen wesentlichen Beitrag leisten können, sofern sie effizient und einfach umsetzbar sind. Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen skizziert dieser Beitrag die wichtigsten Methoden zur Aktivierung von Spüllösungen und fasst die Erkenntnisse zusammen, die maßgeblich in den letzten 5 Jahren im Rahmen von In-vitro- und In-vivo-Untersuchungen publiziert wurden.

Ziele einer aktivierten Wurzelkanalspülung

Mit der Aktivierung einer Spüllösung sollen die bekannten und positiven Effekte herkömmlicher Spültechniken in Verbindung mit den gängigen Spüllösungen wie z.B. Natriumhypochlorit gesteigert werden – insbesondere in die für Wurzelkanalinstrumente nicht zugänglichen Bereiche des Wurzelkanalsystems. Im Wesentlichen sind dies:

- Entfernung von Pulpagewebe, Geweberesten sowie von Mikroorganismen, Pilzen und Viren
- Auflösung und Entfernung von Dentinabrieb (einschl. Schmier-schicht)
- Zerstörung und Entfernung von Biofilmen
- Antibakterielle Wirkung und Neutralisation von bakteriellen Toxinen
- Entfernung von intrakanalären Einlagen (z.B. Kalziumhydroxid) sowie von Sealer- und Guttapercharesten.

Ebenso sollen keine Nebenwirkungen als Folge der Aktivierung von Spüllösungen auftreten. Zu nennen sind die Extrusion von Flüssigkeit und/oder Debris und das Auftreten von postoperativen Beschwerden.



Abbildung 1 Neuartiges rotierendes Wurzelkanalinstrument (XP-endo Finisher, FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Schweiz)

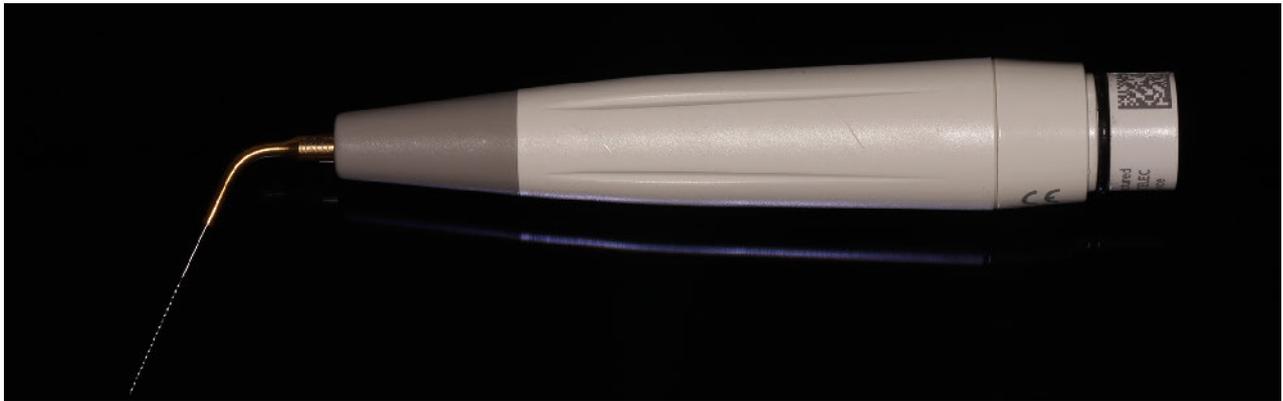


Abbildung 2 Ultraschallansatz mit Irri S Feile (VDW, München, D)

Muss ein enger Wurzelkanal erst initial gängig gemacht werden, bleibt die Spülwirkung in dieser Phase limitiert. Erst in der Endphase der mechanischen Aufbereitung und bei ausreichender apikaler Aufbereitungsgröße erreicht die Spüllösung tiefere apikale Areale und Isthmi und dringt im günstigen Fall in Seitenkanäle und Dentinkanälchen ein. Wird naheliegender eine kleine Spülkanüle mit einem Durchmesser von 0,30 mm (Gauge 30) verwendet, so bedarf es einer apikalen Präparation mit Instrumenten mindestens der Größe 25.06 (z.B. rotierende Feile) oder der Größe ISO 30 (z.B. Handfeile), damit die Spülflüssigkeit auch in tiefe apikale Bereiche gelangt. Unter diesen Voraussetzungen kommt der abschließenden (finalen) Spülung ohne oder mit Aktivierung nach vollständiger Präparation der Wurzelkanäle eine besondere Bedeutung zu.

Methoden der Aktivierung von Spüllösungen

Bei den heute gängigen Systemen zur Aktivierung erfolgt der Energieeintrag

in die Spüllösung mehrheitlich mittels schall-, ultraschall- oder lasergeeigneter Wellenlänge sowie mechanisch durch in der Flüssigkeit erzeugte Vertikalbewegungen (manuelle dynamische Aktivierung). Die verschiedenen Verfahren führen im Allgemeinen in vitro zur Erhöhung der mechanischen Reinigungswirkung im Vergleich zu der klassischen Spültechnik [29], wenngleich sich Unterschiede je nach Aufbau der Studien ergeben.

Mechanisch aktivierte Spültechnik

Auf einfache Weise kann die Spüllösung manuell mit einem Guttaperchastift durch schnelle Auf- und Abbewegung in der Flüssigkeitssäule aktiviert werden. Diese Form der Aktivierung ist jedoch für den Behandler mühsam. In Bezug auf die Eindringtiefe in das umgebende Dentin bleibt dieses Verfahren gegenüber laser-, schall- und ultraschallunterstützten Methoden zurück [8]. Ein Vorteil bei der Reduktion von Debris in mesialen Wurzelkanälen und im Isthmusbe-

reich unterer Molaren gegenüber der konventionellen Handspülung zeigt sich in vitro nicht [20]. Hingegen besteht unter Anwendung manuell dynamischer Aktivierung ein erhöhtes Risiko von postoperativen Schmerzen bei irreversibler Pulpitis [25].

Ein neuartiges rotierendes Wurzelkanalinstrument (XP-endo Finisher, FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Schweiz) (Abb. 1) soll sich insbesondere zur Aktivierung der Spüllösung vorzugsweise am Ende der Aufbereitung eignen. Das Instrument ist löffelartig gebogen und setzt bei entsprechender Rotation die Spüllösung nicht nur in Bewegung, sondern erreicht Kanalareale, die herkömmliche konische Feilen nicht erreichen. Zwei aktuellen experimentellen Studien zufolge konnte sowohl mit dem XP-endo Finisher als auch mit der passiven Ultraschallaktivierung mehr Debris entfernt werden als mit einer konventionellen Spülung [7, 32]. Ebenfalls eignet sich dieses Instrument für die Entfernung von Kalziumhydroxid aus dem Wurzelkanal [15].

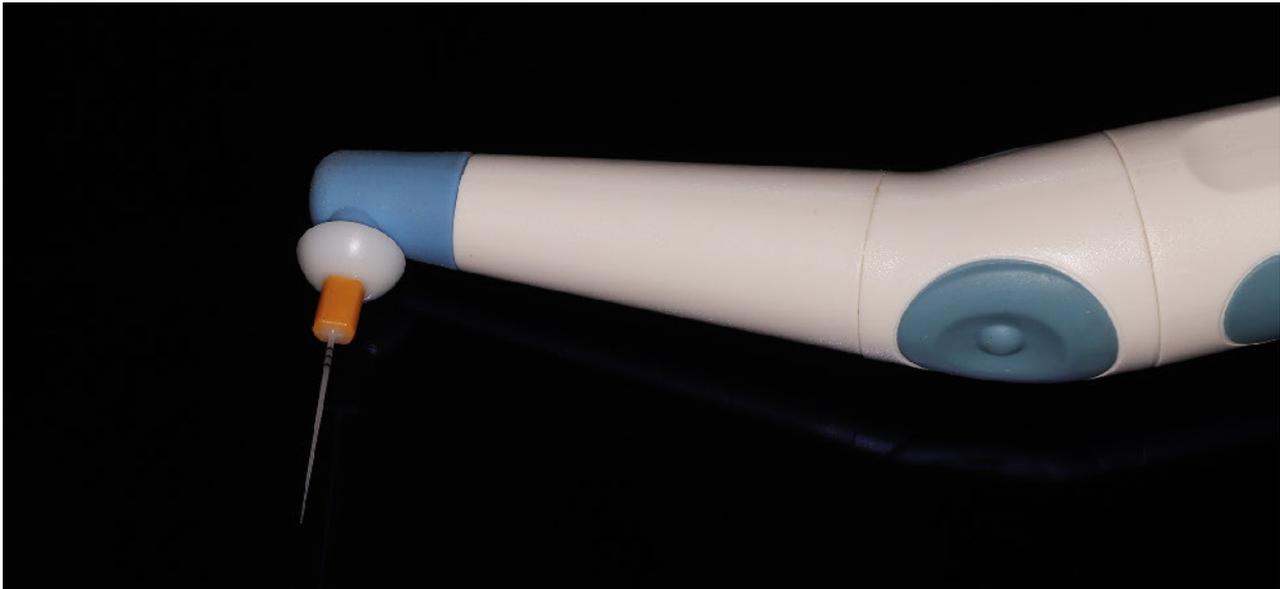


Abbildung 3 Spezielle schallaktivierte Aufsätze beim EndoActivator (Dentsply Sirona York, PA,, USA)



Abbildung 4 Spezielle schallaktivierte Aufsätze bei Eddy (VDW, München, D)

Ultraschallaktivierte Spülmethoden

Ultraschallbasierte Spültechniken haben vor über 10 Jahren Einzug in die Endodontie gehalten. Der Ultraschallbereich beginnt bei einer Frequenz von etwa 20.000 Hz. Mithilfe eines Ultraschallhandstückes kann die Energie auf eine eingespannte Feile oder einen glattwandigen konisch zulaufenden Ansatz übertragen werden. Mit letzterem kann eine sogenannte passive Ultraschallspülung – ohne mechanische Bearbeitung der

Kanalwand – durchgeführt werden. Sie sieht vor, dass der Ansatz in den mit Spüllösung gefüllten Wurzelkanal möglichst bis etwa 1–2 mm vor Arbeitslänge eingeführt und dann für 20 sec aktiviert wird, ohne dass eine zusätzliche vertikale Bewegung ausgeführt wird. Die größte Wirkung wird erzielt, wenn die Feile im Wurzelkanal möglichst frei schwingen kann. Limitationen ergeben sich hierbei durch die Krümmung und die Dimensionen des Wurzelkanals. Eine passive Ultraschallaktivierung der

Spüllösung bietet sich in der Regel im Rahmen der Abschlussspülung nach Formgebung des Wurzelkanals an.

Unter günstigen Bedingungen entstehen die mit Kavitation und „acoustic streaming“ beschriebenen Effekte. Durch die Schwingung der Feile, die in einer Ebene mit mind. 20.000 HZ schwingt, entstehen sog. Knoten und Bäuche, die die Spülflüssigkeit in Bewegung setzen. Es entstehen lokal derart hohe Flüssigkeitsbewegungen, dass diese zur Entfernung von Debris und Pulpagewebe



Abbildung 5 Erbium-YAG Laser (Orcos, Medical, Küssnacht, Schweiz)

wesentlich beitragen können. Eine weitere Folge, insbesondere an der Spitze eines frei schwingenden Ansatzes, ist die Kavitation. Hierbei entstehen kleine, in kürzester Zeit an Größe zunehmende Bläschen, die wiederum unmittelbar implodieren. Die dabei entstehenden Druckwellen beschleunigen das Spülmedium in Richtung Wurzelkanalwände. Zu berücksichtigen ist, dass der maximale Eintrag in der Schwingungsebene (parallel zur Ausrichtung des Winkelstücks) erfolgt. Relevanz hat diese Überlegung z.B. bei der Reinigung von Isthmi, beispielsweise zwischen mesio- und distobukkalem Wurzelkanal unterer Molaren. Vor diesem Hintergrund sollte der Ansatz während der Aktivierungsphase langsam gedreht werden. Dem können jedoch klinisch Grenzen gesetzt sein, da das Winkelstück im Mund des Patienten nicht beliebig rotiert werden kann.

Grundsätzlich sind „nicht-schneidende“ Ansätze zu bevorzugen (Abb. 2). Sie tragen bei Wandkontakt kein Wurzelkavität ab und erzeugen keine Stufen, da sich im klinischen Alltag ein intermittierender Kontakt von Ansatz und Kanalwand zumeist nicht vermeiden lässt. Unsachgemäße Anwendung kann darüber hinaus zur Fraktur des Ultraschallansatzes im Wurzelkanal führen. Lediglich bei sehr weiten geraden Wurzelkanälen, z.B. bei Frontzähnen mit weit offenem Foramen, kann der Ansatz „mitig“ im Wurzelkanal platziert werden und bei ruhiger Hand des Behandlers frei – ohne Kanalwandkontakt – mit

maximalem Energieeintrag schwingen. Jedoch hat auch bei Wurzelkanälen mit kleinerer apikaler Aufbereitung von 20/04 die ultraschallaktivierte Spülung eine günstige Wirkung auf die Entfernung zurückgebliebener Pulpaanteile, wie die Studie von Lee et al. zeigt [13].

Die obigen Ausführungen machen deutlich, dass die Handhabung des Ultraschallansatzes einen Einfluss auf das Reinigungsergebnis hat. Detaillierte Angaben diesbezüglich finden sich allerdings selten in zumeist in vitro durchgeführten Untersuchungen.

In einem aktuellen systematischen Review zur Wirkung ultraschallaktivierter Spülung wurden insgesamt 45 In-vitro-Studien und 3 klinische Studien analysiert [2]. Im Vordergrund der experimentellen Arbeiten standen die Parameter Entfernung von Pulpagewebe und von Debris sowie die antimikrobielle Wirkung. Im Hinblick auf die Entfernung von Pulpagewebe und Debris erwies sich die ultraschallaktivierte Spülung einer herkömmlichen Spülung in der Mehrzahl der abschließend analysierten Studien als überlegen. Ob die Aktivierung mit Ultraschall einen zusätzlichen antibakteriellen Effekt auf die sich im Wurzelkanalsystem befindenden Mikroorganismen hat, ließ sich nicht belegen. Die Autoren dieser systematischen Übersichtsarbeit schränken bei der Bewertung der summarischen Resultate ein, dass das Evidenzniveau insgesamt gering sei [2]. Zu dem gleichen Schluss kommt

ein weiteres, 2018 publiziertes Review, das 5 Arbeiten in eine Metaanalyse einschloss [16]. Hingegen schließen Nagendrababu et al. [17] aus ihrer Übersichtsarbeit, dass die Reduktion der mikrobiellen Last nach Ultraschalleinsatz gegenüber anderen Verfahren ausgeprägter ist. Aktuelle In-vitro-Arbeiten aus 2019 und 2020 bestätigen, dass der Ultraschallaktivierung positive Effekte im Hinblick auf Debrisabtrag [7, 18, 22], Eindringtiefe der Spüllösung [8, 12] und Entfernung von Pulpagewebe [27] zuzuschreiben sind. Eine höhere chemische Umsetzungsrate von Natriumhypochlorit durch Ultraschallaktivierung ist im Vergleich zur Handspülung zu beobachten [9].

Gegenüber der Ultraschallanwendung überlegen zeigte sich das GentleWave-System (Sonendo Inc, Laguna Hills, CA, USA) in der Beseitigung von Debris im Bereich des Isthmus [3]. GentleWave ist in Europa nicht erhältlich.

Lediglich eine klinische Studie zur Ausheilung einer apikalen Parodontitis im Zusammenhang mit aktivierter Spülung erfüllte die Einschlusskriterien von 2 Reviews [2, 24]. Diese randomisierte Studie zeigte keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich von Handspülung und ultraschallaktivierter Spülung [14]. Hierbei wurden die apikalen Läsionen von einwurzeligen Zähnen mit weitgehend geraden Wurzelkanälen 10 bis 19 Monate nach Wurzelkanalbehandlung auf der Basis von DVT-Aufnahmen beurteilt. Wenngleich kein statistisch

signifikanter Unterschied auf der Basis eines Signifikanzniveaus von $\alpha = 0,05$ resultierte, so ergeben sich bei näherer Betrachtung Hinweise, die für die ultraschallaktivierte Spülung mit einer Ausheilungsrate von 95,1 % (39 von 41 Zähnen) sprechen gegenüber 88,4 % (38 von 43 Zähnen) bei konventioneller Spültechnik.

Schallaktivierte Spülmethode

Die speziellen schallaktivierten Aufsätze schwingen im Wurzelkanal mit einer Frequenz im oberen Hörschallbereich (16–20.000 Hz). EndoActivator (Dentsply Sirona) (Abb. 3) und Eddy (VDW, München) (Abb. 4) sind typische Vertreter dieser Gattung.

Als Eddy wird eine schallaktivierte Polyamidspitze bezeichnet, die auf einen Airscaler-Aufsatz aufgeschraubt wird. Neben der großen Flexibilität erlaubt der schmal zulaufende, flexible Kunststoffansatz, dass diese möglichst weit in den Wurzelkanal vorgeschoben und in fast allen Phasen der Wurzelkanalaufbereitung zur Reinigung eingesetzt werden kann. Bei Wandkontakt entsteht kein unerwünschter Dentinabtrag. Ob mit der von Eddy maximal erzeugten Frequenz von 6.000 Hz tatsächlich die Effekte Kavitation und „acoustic streaming“ im Wurzelkanal erzielt werden, ist fraglich. Der abgedeckte Frequenzbereich liegt deutlich unter der geforderten Frequenz von mindestens 14.000 Hz (siehe Ultraschall). Theoretisch erfordert die von der Plastikspitze ausgeführte maximale Amplitude von etwa 350 mm einen apikal bis ISO 100 aufbereiteten Wurzelkanal, damit die Spitze frei schwingen kann und der Energieeintrag in die Spüllösung maximal ist. Ungeachtet dieser Überlegungen zeigen aktuelle experimentelle Untersuchungen bei Wurzelkanälen, die bis zu einer apikalen Größe von 40.06 aufbereitet wurden, dass die Wirkung in angrenzende Dentinwandareale nach Schallaktivierung mit Eddy der von Ultraschall oder Laser aktiviert gespülten Wurzelkanälen entspricht [8].

Eddy erwies sich in der Entfernung von Debris und Schmierschicht ebenso effektiv wie die passive Ultra-

Standardspülmedium	NaOCl (i.d.R. 1–3 %)	
während der WK-Aufbereitung:	mit 5 ml Spritze und mit konventioneller Kanüle (Luer-Lock-system)	mindestens 1 ml => nach jedem Handinstrument => bei rotierenden Instrumenten nach 3 „pecks“ oder nach Rückzug des Instruments aufgrund von „Klemmen“ (erhöhter Widerstand)
nach definitiver WK-Aufbereitung:		
Entfernung der Schmierschicht:	mit EDTA (15–17 %) oder Zitronensäure (20 %)	
Aktivierung von NaOCl:	mittels Ultraschall aktiviertem Ansatz oder mit Eddy: 3 x 20 sec (mit Erneuerung der Spüllösung) oder kontinuierlich 60 sec pro Kanal	

Tabelle 1 Mögliches Spülprotokoll (WK = Wurzelkanal)

(Abb. 1–5 und Tab. 1: R. Weiger)

schallspültechnik [26]. Beide Methoden zeigen eine vergleichbare Wirkung im Hinblick auf die Reduktion der Bakterienzahlen im Wurzelkanal [18]. Ebenfalls unterstützt Eddy die Entfernung von Kalziumhydroxid; es schnitt besser ab als der Endoactivator (Dentsply Sirona, York, PA; USA), der auch auf dem Prinzip der Schallaktivierung beruht [15]. Der Hersteller des Endoactivator, zu dem es flexible aufsteckbare Polymer-Tips der Größen 15.02, 25.04 und 35.04 gibt, empfiehlt, zusätzliche Pumpbewegungen durchzuführen. In vitro dringen Spüllösungen nach Anwendung des Endoactivator vergleichbar weit in das umgebende apikale Dentin wie laser- oder ultraschallgestützte Verfahren [8]. Hingegen berichten Varela et al. 2019 [27], dass Pulpagewebe nach rotierender Präparation mit 25/08 und nach Einsatz des Endoactivator in größerem Umfang im apikalen Bereich verbleibt als nach passiver Ultraschallanwendung.

Laseraktivierte Spülmethode

Laserlicht kann über schmale Lichtleiteransätze in den mit Flüssigkeit gefüllten Wurzelkanal eingebracht werden. Die Wirkung hängt weit-

gehend von der vom jeweiligen Lasersystem erzeugten Wellenlänge, der Energiedichte und der Absorption durch die dem Laserlicht ausgesetzten Hart- und Weichgewebe ab.

Das von einem Infrarotlaser emittierte Licht wird von wasserbasierten Lösungen vollständig aufgenommen. Am Austrittsfenster des Laseransatzes kommt es zur Kavitation im Spülmedium. Bei gepulsten Lasern entstehen zusätzlich kleine Blasen durch Kavitation, die das „acoustic streaming“ in der Spüllösung auslösen. Ein aktuelles Verfahren für die laserinduzierte Aktivierung stellt das PIPS-System (Photon Initiated Photoacoustic Streaming) dar, das einen Erbium-YAG Laser mit geringen Pulsenergien (10–20 mJ) und kurzen Pulslängen von 50 μ s nutzt (Abb. 5). Eine Weiterentwicklung mit angepasstem Pulsmodus stellt das SWEEPS-System (shock-wave enhanced emission photoacoustic streaming) dar.

Der Ansatz wird in der Pulpkammer am Wurzelkanaleingang platziert. Die „primär“ entstandenen Luftblasen kollabieren; es entstehen Schockwellen, die mit hoher Geschwindigkeit auf die Kanalwand treffen, sowie weitere „sekundäre“

Bläschen. Die erzeugten Scherkräfte wirken auf Gewebereste, Biofilm und Schmierschicht und sollen zur Reinigung des Wurzelkanalsystems beitragen. Im Hinblick auf die Entfernung von Debris im Isthmusbereich erweist sich PIPS im Vergleich zur ultraschallaktivierten Spülung und zur herkömmlichen laseraktivierten Spülung als gleichwertig [28]. Bei letzterer wird der Ansatz so tief wie es die Dimensionen des Lichtleiters und des präparierten Wurzelkanals zulassen, in den Wurzelkanal vorgeschoben. Die Entfernung von Kalziumhydroxid aus artifiziiell eingebrachten Vertiefungen im Wurzelkanal gelang mit PIPS vollständig, während nach Anwendung von Ultraschall sowie Einsatz des EndoActivator Reste nachzuweisen waren [1]. Vorteile von SWEEPS gegenüber PIPS bezüglich Eindringtiefe der Spüllösung sowie von Debris ließen sich nicht nachweisen. Beide Verfahren waren jedoch diesbezüglich der konventionellen Spülung mit Nadel überlegen [8, 20].

Die photoaktivierte Desinfektion (PAD) setzt die Zugabe eines Farbstoffes wie beispielsweise Methylenblau voraus. Dieser adhärirt an Zellwänden und ist offenbar nach Aktivierung im Rotlichtbereich (Diodenlaser) gegenüber grampositiven und gramnegativen Bakterien wirksam. Ein zuverlässiger Vergleich mit den anderen Methoden ist nicht möglich, da valide Studien bis dato nicht vorliegen.

Schlussbetrachtung

Die Ausführungen in der Literatur zu möglichen „Nebenwirkungen“ sind begrenzt. Zur Häufigkeit von postoperativen Schmerzen schloss Decurcio et al. [6] unter Einbezug von 6 klinischen Studien, dass am Tag 1 und 2 nach Wurzelkanalbehandlung nach Anwendung von „maschinenunterstützter“ Wurzelkanalspülung Beschwerden seltener als nach konventioneller Spülung auftreten.

Da die Vorteile eines definierten Spülprotokolls unter Einbeziehung der Aktivierung der Spüllösung in vergleichenden klinischen Studien bis dato nicht belegt werden konnten, lassen sich zumindest aus validen experimentellen Untersuchun-

gen verschiedene Vorgehensweisen im Hinblick auf die Aktivierungsmethode rechtfertigen. Der Autor schließt sich der Auffassung von Virdee et al. 2018 [29] an, die einerseits die 16 in der Metaanalyse eingeschlossenen Publikationen als heterogen bezeichnen, andererseits wiederum aus den Ergebnissen dieser Arbeiten eine Empfehlung für den Einsatz aktivierter Spültechniken ableiten. Ein Spülprotokoll, das bezüglich Aktivierung in der Praxis breite Anwendung findet, ist zur Orientierung in Tabelle 1 skizziert. Grundsätzlich sollte bei deren Verwendung den Empfehlungen der Gerätehersteller Folge geleistet werden. Im klinischen Einsatz hängt die Wirkung einer aktivierten Wurzelkanalspülung von weiteren Faktoren, z.B. Art und Konzentration des Spülmediums, Eindringtiefe, Kontaktzeit und Volumen der eingesetzten Spüllösung ab [28].

Interessenkonflikte

Der Autor erklärt, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

Literatur

1. Arslan H, Akcay M, Capar ID, Saygili G, Gok T, Ertas H: An in vitro comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic, sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide. *Int Endod J* 2015; 48: 246–251
2. Căpută PE, Retsas A, Kuijk L, Chávez de Paz LE, Boutsioukis C: Ultrasonic irrigant activation during root canal treatment: a systematic review. *J Endod* 2019; 45: 31–44
3. Chan R, Versiani MA, Friedman S et al.: In vitro efficacy of 3 supplementary irrigation protocols in the removal of hard tissue debris from the mesial root canal system of mandibular molars. *J Endod* 2019; 45: 923–929
4. Chubb DWR: A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. *Aust Endod J* 2019; 45: 5–11
5. Connert T, Truckenmüller M, ElAyouti A et al.: Changes in periapical status, quality of root fillings and estimated endodontic treatment need in a similar urban German population 20 years later. *Clin Oral Invest* 2019; 23: 1373–1382
6. Decurcio DA, Rossi-Fedele G, Estrela C, Pulikkotil SJ, Nagendrababu V: Machine-assisted agitation reduces post-operative pain during root canal treatment: a systematic review and meta-analysis from randomized clinical trials. *J Endod* 2019; 45: 387–393
7. De-Deus G, Belladonna FG, de Siqueira Zuolo A et al.: In vitro Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. *Clin Oral Invest* 2019; 23: 3087–3093
8. Galler KM, Grubmüller V, Schlichting R et al.: In vitro penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *Int Endod J* 2019; 52: 1210–1217
9. Gołabek H, Borys KM, Kohli MR, Brus-Sawczuk K, Strużycka I: In vitro chemical aspect of sodium hypochlorite activation in obtaining favorable outcomes of endodontic treatment: An in vitro study. *Adv Clin Exp Med* 2019; 28: 1311–1319
10. Grahnén H, Hansen L: The prognosis of pulp and root canal therapy. *Odontologisk Revy* 1961; 12: 146–165
11. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PHM: Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics* 2005; 10: 30–76
12. Iandolo A, Abdellatif D, Amato M et al.: Dentinal tubule penetration and root canal cleanliness following ultrasonic activation of intracanal-heated sodium hypochlorite. *Aust Endod J* 2020; 46: 204–209
13. Lee OYS, Khan K, Li KY et al.: Influence of apical preparation size and irrigation technique on root canal debridement: a histological analysis of round and oval root canals. *Int Endod J* 2019; 52: 1366–1376
14. Liang YH, Jiang LM, Jiang L et al.: Radiographic healing after a root canal treatment performed in single-rooted teeth with and without ultrasonic activation of the irrigant: a randomized controlled trial. *J Endod* 2013; 39: 1218–1225
15. Marques-da-Silva B, Alberton CS, Tomazinho FSF et al.: In vitro effectiveness of five instruments when removing calcium hydroxide paste from simulated internal root resorption cavities in extracted maxillary central incisors. *Int Endod J* 2020; 53: 366–375
16. Moreira RN, Pinto EB, Galo R, Falci SGM, Mesquita AT: Passive ultrasonic irrigation in root canal: systematic review and meta-analysis. *Acta Odontol Scand* 2019; 77: 55–60

17. Venkateshbabu N, Jayakumar J, Anand S, Senthilnayagam K, Prasanna N: Effectiveness of ultrasonically activated irrigation on root canal disinfection: a systematic review of in vitro studies. *Clin Oral Investig* 2018; 22: 655–670
18. Neuhaus KW, Liebi M, Stauffacher S, Eick S, Lussi A: Antibacterial efficacy of a new sonic irrigation device for root canal disinfection. *J Endod* 2016; 42: 1799–1803
19. 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
20. Passalidou S, Calberson F, De Bruyne M, De Moor R, Meire MA: In vitro debris removal from the mesial root canal system of mandibular molars with laser-activated irrigation. *J Endod* 2018; 44: 1697–1701
21. Peters OA, Schönenberger K, Laib A: Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J* 2001; 34: 221–230
22. Rödiger T, Sedghi M, Konietschke F, Lange K, Ziebolz D, Hülsmann M: Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. *Int Endod J* 2010; 43: 581–589
23. Sjögren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K: Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990; 16: 498–504
24. Silva EJNL, Rover G, Belladonna FG, Herrera DR, De-Deus G, da Silva Fidalgo TK: Effectiveness of passive ultrasonic irrigation on periapical healing and root canal disinfection: a systematic review. *Br Dent J* 2019; 227: 228–234
25. Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G, Arslan H: The effect of different irrigation agitation techniques on postoperative pain in mandibular molar teeth with symptomatic irreversible pulpitis: a randomized clinical trial. *J Endod* 2018; 44: 1451–1456
26. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S: In vitro canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Invest* 2017; 21: 2681–2687
27. Varela P, Souza E, de Deus G, Duran-Sindreu F, Mercadé M: In vitro effectiveness of complementary irrigation routines in debriding pulp tissue from root canals instrumented with a single reciprocating file. *Int Endod J* 2019; 52: 475–483
28. Verstraeten J, Jacquet W, De Moor RJG, Meire MA: Hard tissue debris removal from the mesial root canal system of mandibular molars with ultrasonically and laser-activated irrigation: a micro-computed tomography study. *Lasers Med Sci* 2017; 32: 1965–1970
29. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S: Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J* 2018; 51: 605–621
30. Virdee SS, Farnell DJJ, Silva MA, Camilleri J, Cooper PR, Tomson PL: The influence of irrigant activation, concentration and contact time on sodium hypochlorite penetration into root dentine: an ex vivo experiment. *Int Endod J* 2020; 53: 986–997
31. Weiger R, Hitzler S, Hermle G, Löst C: Periapical status, quality of root canal treatment and estimated endodontic treatment needs in an urban German population. *Endod Dent Traumatol* 1997; 13: 69–74
32. Zhao Y, Fan W, Xu T, Tay FR, Gutmann JL, Fan B: Evaluation of several instrumentation techniques and irrigation methods on the percentage of untouched canal wall and accumulated dentine debris in C-shaped canals. *Int Endod J* 2019; 52: 1354–1365



(Foto: Roland Weiger)

PROF. DR. ROLAND WEIGER
 Klinik für Parodontologie, Kariologie
 und Endodontologie
 Universitäres Zentrum für
 Zahnmedizin Basel (UZB)
 Mattenstrasse 40, 4058 Basel
 Schweiz
 roland.weiger@unibas.ch

Interesse am internationalen Publizieren?

- Beschäftigen Sie sich mit einem zahnärztlichen Thema besonders intensiv?
- Möchten Sie andere an Ihrem Wissen und Ihren Erfahrungen – insbesondere auch international – teilhaben lassen?
- Dann schreiben Sie eine Originalarbeit, einen Übersichtsartikel oder einen Fallbericht für die DZZ International – gerne in deutscher und/oder englischer Sprache.

Nähere Informationen zu einer Einreichung finden Sie auf der neuen Website unter www.online-dzz.com