

A. Duran¹, C. Koçkapan¹

Einfluss von Ultraschallaktivierungen auf die Temperatur der Spüllösung im Wurzelkanal in vitro



A. Duran

■ Eine Methode zur effektiven Reinigung des Wurzelkanals ist die passive ultraschallaktivierte Spülung (PUI), während der akustische Mikroströmungen bzw. Kavitationen auftreten. Das Temperaturverhalten diverser Instrumente während PUI ist bisher kaum untersucht. Ziel dieser Studie war es, diverse Methoden der PUI in Bezug auf die Temperaturentwicklung zu untersuchen.

Nach der Aufbereitung der Wurzelkanäle bis zur Instrumentengröße 02/60 wurde die Temperaturerhöhung der Spüllösung (NaOCl 5 %) während der PUI untersucht. Die Messungen erfolgten 1 mm und 7 mm vom Foramen apicale entfernt. Als Instrumente zur Aktivierung wurden Fingerspreader (FS) und Kerr-Feilen (KF) ISO-Größe 15 verwendet. Die Aktivierung erfolgte direkt oder indirekt mit dem Piezon Master (EMS, Nyon/Schweiz). Somit wurden vier Gruppen (jeweils $n = 24$) miteinander verglichen.

Über alle Methoden gemittelt konnte koronal ein Anstieg um $8,49 \pm 3,78$ °C und apikal um $4,45 \pm 2,45$ °C ($p \leq 0,001$) gemessen werden. Auch zwischen KF und FS war ein signifikanter Unterschied messbar (KF $6,17 \pm 3,45$ °C; FS $6,78 \pm 4,04$ °C, $p \leq 0,05$).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Temperaturerhöhung bei der PUI von der Lokalisation und dem Instrumententyp abhängig sein kann.

Schlüsselwörter: Ultraschall, Erwärmung, NaOCl, Spülung

Influence of ultrasonic activations on the temperature of the irrigation solution in the root canal in vitro

One method for an effective cleaning of the root canal is the passive ultrasonic irrigation (PUI). To date, the temperature behaviour of irrigation solutions during PUI is only few examined. Aim of this study was to examine different methods of PUI combined with various instruments regarding the temperature behaviour of the irrigation solution. After the preparation of the root canal to the instrument size 02/60 the increase in temperature of the irrigation solution (NaOCl 5 %) was examined during PUI. The measuring points were defined 1 mm and 7 mm coronal to the Foramen apicale. As instruments for activation Fingerspreader (FS) and K-file (KF) both ISO size 15 were used. For direct/indirect activation a Piezon Master (EMS, Nyon/Switzerland) was used. In each case, four groups ($n = 24$ each) were compared.

A mean increase in temperature of 8.49 ± 3.78 °C coronal and of 4.45 ± 2.24 °C apical ($p \leq 0.001$) was measured. The mean temperature rise after the use of FS (6.78 ± 4.04 °C) was significantly higher than after the use of KF (6.17 ± 3.45 °C; $p \leq 0.05$).

The increase in temperature after PUI depends both on the localisation within the root canal and on the type of instrument, which is used during activation.

Keywords: ultrasonic, temperature rise, NaOCl, irrigation

¹ Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Präventive Zahnheilkunde, Funktionsbereich Endodontie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Justus-Liebig-Universität Gießen

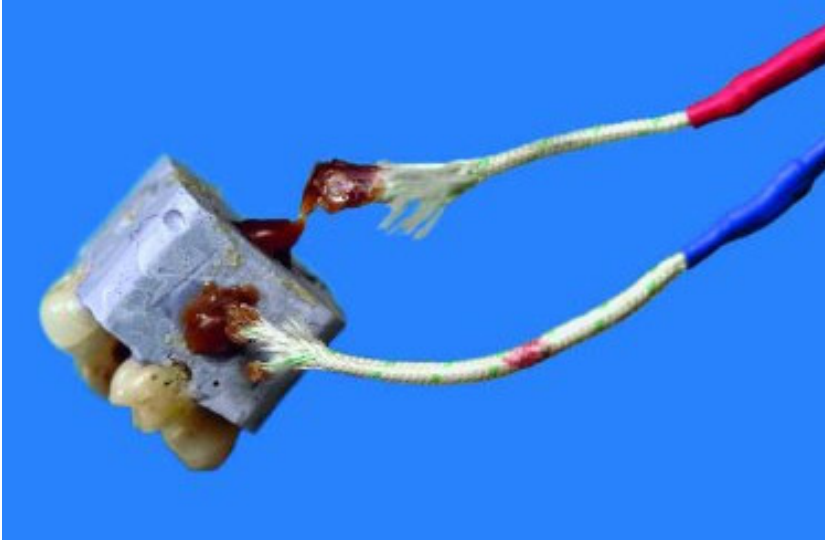


Abbildung 1 Versuchsblock mit den Thermoelementen an dem zu untersuchenden Zahn; Messsonde 1 mit der roten Markierung und Messsonde 2 mit der blauen Markierung.

Figure 1 Test block with the thermocouples; test probe 1 red marked and test probe 2 blue marked.

1 Einleitung

Ziel der Wurzelkanalaufbereitung ist eine effiziente Reinigung und die Formgebung des Kanals zur Entfernung infizierten Dentins und zur besseren Aufnahme des Füllmaterials. Im Vordergrund steht hier die Entfernung von nekrotischen und mit Bakterien infizierten Geweberesten aus dem Wurzelkanal. Dass die Anatomie des Wurzelkanalsystems der Zähne aufgrund der hohen Individualität sehr komplex sein kann und große Variationen in Anzahl, Form und Ausdehnung der Wurzelkanäle wie Krümmungen, Seitenkanäle, Ausbuchtungen und Anastomosen aufweisen kann, wurde schon sehr früh beschrieben [11]. Trotz moderner Aufbereitungssysteme, wie etwa rotierende NiTi-Systeme, ist es allein im Hauptkanal des Wurzelkanalsystems unmöglich die Kanalinnenwände vollständig zu instrumentieren, sodass rund 35–50 % der Kanalwände un bearbeitet bleiben [8]. Um diese Unzulänglichkeiten der Aufbereitung zu vermeiden, ist eine zusätzliche Reinigung oder Desinfektion der Wurzelkanäle zu empfehlen. In den vergangenen Jahren haben sich die wissenschaftlichen Untersuchungen insbesondere auf die Spüllösungen konzentriert. Allen voran ist in diesem Zusammenhang Natriumhypochlorit (NaOCl) in verschiedenen Konzentrationen zu nennen, das aufgrund seiner Fähigkeit, organisches Material aufzulösen und den Wurzelkanal zu desinfizieren, Mittel der Wahl ist.

Ram [14] stellte jedoch bereits fest, dass Spüllösungen mit herkömmlichen

Methoden nur einen Millimeter tiefer in den Wurzelkanal eindringen als die eingeführte Spülkanüle. Daher galt es, Systeme zu entwickeln, die die Spüllösungen über das gesamte Wurzelkanalsystem transportieren können. Martin und Cunningham [9] fanden heraus, dass Ultraschall und NaOCl gegenseitig ihre Wirkung verstärken. Zusätzlich kann die gewebeauflösende Wirkung von NaOCl durch die Erwärmung der Lösung noch gesteigert werden [5, 6, 16].

Die passive ultraschallaktivierte Spülung (PUI) gehört zu den neueren Erkenntnissen, um das Wurzelkanalsystem effektiver zu reinigen [17]. PUI beruht auf der Weiterleitung der Ultraschallenergie von einem schwingenden Instrument in die Spülflüssigkeit. Bei den Methoden der PUI kann zwischen direkter und indirekter Übertragung der Ultraschallenergie auf das Instrument in dem Wurzelkanal unterschieden werden. Bei der direkten Ultraschallübertragung wird das Instrument in einer Haltevorrichtung direkt an dem Gerät befestigt. Als indirekte Ultraschallübertragung wird das Anlegen eines herkömmlichen Ultraschallansatzes an einem sich im Kanal befindlichen Wurzelkanalinstrument bezeichnet. Zur Übertragung des Ultraschalls kommen schneidende Instrumente (Kerr-Feile) oder nicht schneidende Instrumente (Fingerspreader) in Frage.

Während des Vorgangs treten akustische Mikroströmungen und/oder Kavitationen auf. In diesem Zusammen-

hang wird diskutiert, dass es durch die Schwingungsenergie zu einer Temperaturerhöhung kommen kann [9, 12]. Das Temperaturverhalten verschiedener Instrumente während der passiven Ultraschallspülung ist bislang wenig untersucht [1, 3]. Ziel dieser Studie war es daher verschiedene Methoden der passiven ultraschallaktivierten Spülung in Bezug auf die Temperaturentwicklung zu untersuchen.

2 Material und Methode

2.1 Probenherstellung

Für die Untersuchung wurden 24 extrahierte erste und zweite Prämolaren verwendet. Nach der Säuberung der Zähne wurden diese trepaniert. Nach der Erschließung des Wurzelkanalsystems erfolgte die Definition der Arbeitslänge und die maschinelle Aufbereitung der Wurzelkanäle mit dem Flex-Master-System (Fa. VDW/München). Unter Beachtung der Arbeitslänge wurden die Kanäle bis zur Instrumentengröße 02/60 aufbereitet.

Zur Messung der Temperaturentwicklung im Wurzelkanal wurden zwei Messstellen, eine koronale und eine apikale, definiert. Messpunkt 1 lag im apikalen Bereich. Die Messsonde wurde 1 mm durch das Foramen apicale in den Kanal vorgeschoben. Messpunkt 2 befand sich im mittleren Drittel des Kanals, 7 mm von Foramen apicale entfernt. Für Messpunkt 2 wurde ein Zugang entsprechend dem Durchmesser



Abbildung 2 Versuchsdurchführung der direkten Methode mit einer eingespannten Kerr-Feile in einem Endofeilenhalter.

Figure 2 Experimental setup for the direct method with an in the file mount of the Piezon Master attached instrument. (Abb. 1-5: A. Duran)

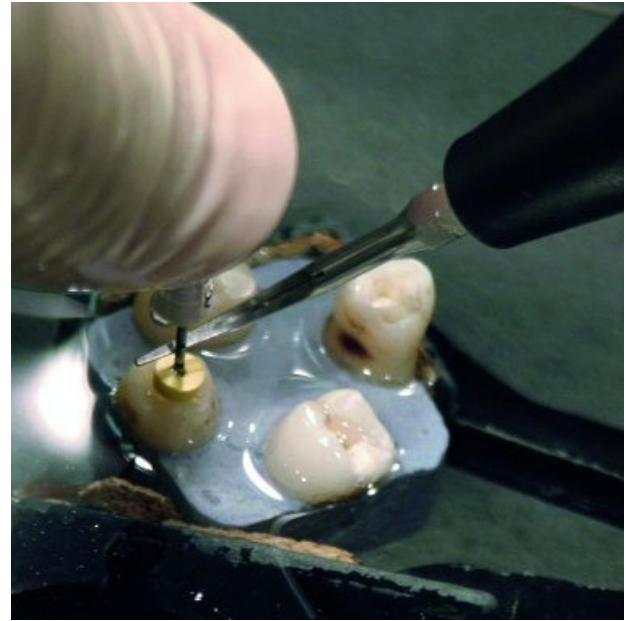


Abbildung 3 Versuchsdurchführung der indirekten Methode, das Wurzelkanalinstrument (Kerr-Feile) wurde in den Wurzelkanal eingeführt, nach der Positionierung erfolgte die Ultraschallaktivierung an dem Instrument.

Figure 3 Experimental setup of the indirect method; an instrument was inserted into the root canal, which was indirectly activated by contact to an active ultrasonic device.

der Messsonde mit einem Kugeldiamanten approximal von der Wurzeloberfläche bis zum Kanallumen gebohrt. Alle 24 Zähne wurden mit einem eingeführten Wurzelkanalinstrument (Fingerspreader) in zwei Ebenen, in mesio-distaler und bucco-oraler Richtung, geröntgt. Durch die radiologische Kontrolle sollte die freie Schwingung der Instrumente gewährleistet werden. Dabei wurde darauf geachtet, dass zwischen dem Instrument und der Kanalinnenwand keine Kontaktfläche bestand.

Die Prämolaren wurden anschließend in einem Gipsblock eingebettet. Die Zugänge, apikal und koronal, für die Messsonden wurden während dessen mit Guttaperchastiften abgedichtet. Nach dem Aushärten des Gipses wurden die Guttaperchastifte entfernt und die Zugänge visuell auf die Durchgängigkeit kontrolliert.

Die Thermoelemente (Fa. Keithley Instruments, USA) wurden an dem Zahn in den vorgesehenen Bohrungen adaptiert. Die Messsonde 1 (Abb. 1),

wurde 1 mm durch das Foramen apicale in den Kanal vorgeschoben. Die Messsonde 2 wurde soweit eingeführt, bis sie Kontakt zu einem in den Kanal eingeführten Guttaperchastift hatte. Damit wurde sichergestellt, dass die Messsonde mit der Kanalinnenwand eine gemeinsame Grenze bildet. Beide Messsonden wurden mit Dentalwachs fixiert. Der Gipsblock wurde mit einem Halteelement in das vortemperierte Wasserbad bei 37°C bis zur Schmelz-Zement-Grenze eingetaucht. Nach einer Wartezeit von 30 Minuten wurde der Zahn mit NaOCl 5 % gespült und danach mit einer Papierspitze getrocknet. Für die Ultraschallaktivierung der Instrumente wurde das piezoelektrische Ultraschallgerät, Piezon Master (EMS, Nyon/Schweiz), verwendet.

Bei dieser Studie wurden vier Methoden in Bezug auf die Temperaturentwicklung bei der passiven ultraschallaktivierten Spülung miteinander verglichen.

Versuchsgruppen (ISO-Größe 15) :

- Gruppe 1: Direkte Methode Fingerspreader
- Gruppe 2: Direkte Methode Kerr-Feile
- Gruppe 3: Indirekte Methode Fingerspreader
- Gruppe 4: Indirekte Methode Kerr-Feile.

2.2 Versuchsdurchführung

Die zu messenden Kanäle wurden mit einer Einmalspritze und Kanüle mit 1 ml der Spüllösung NaOCl 5 % gefüllt, und die Spüllösung bis zum oberen Rand der Trepanationsöffnung belassen. Je nach Messreihenfolge wurde ein Instrument, Kerr-Feile (Fa. VDW/ München) oder Fingerspreader (Fa. VDW/ München), in den Kanal 2 mm kürzer als die Arbeitslänge eingeschoben und mit dem Ultraschallgerät direkt oder indirekt aktiviert (Abb. 2 und 3). Die Messreihenfolge wurde vor dem Versuch so festgelegt, dass alle mögliche Kombinationen der Methodenreihenfolge einmal durchgeführt wurden. Die Messung begann

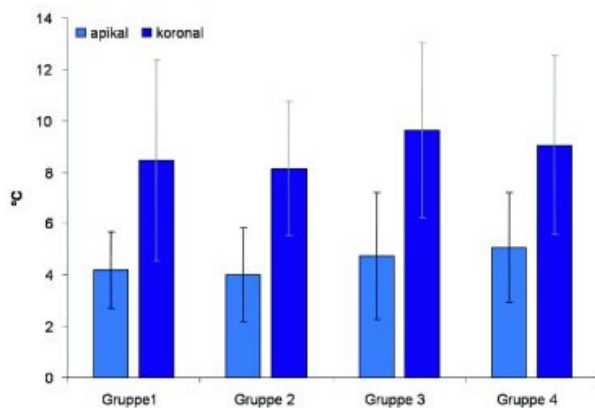


Abbildung 4 Temperaturveränderung (ΔT) der einzelnen Methoden an zwei Messstellen.

Figure 4 Mean change of temperature (ΔT) of each method at two measuring points for each instrument.

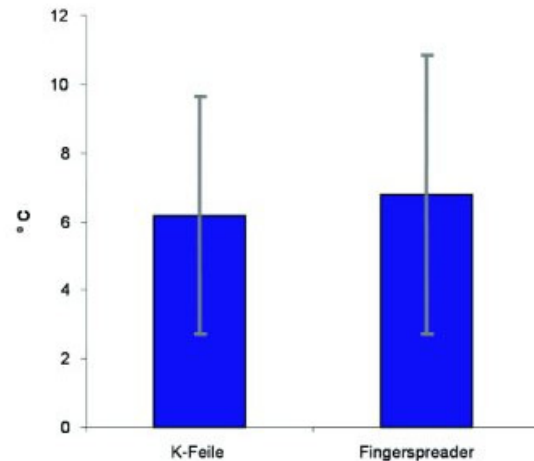


Abbildung 5 Die mittlere Temperaturveränderung aller Messungen der untersuchten Instrumente.

Figure 5 The mean change of temperature of all measurements of each instrument which was investigated.

sofort nach der korrekten Positionierung des Instruments im Kanal. Jede Messung dauerte drei Minuten. Nach der Aufzeichnung der Messkurve auf dem Rechner wurden die Messdaten in eine Excel-Tabelle übertragen. An jedem Zahn wurden alle vier Methoden angewandt.

2.3 Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS 15 für Windows (SPSS Inc., Chicago/USA). Die Differenzen zwischen der Ausgangstemperatur und der maximal erreichten absoluten Temperatur war die Untersuchungsgröße (Temperaturerhöhung; ΔT). Die Daten wurden im Hinblick auf eine Normalverteilung getestet. Der Vergleich der Ergebnisse der Gruppen erfolgte mit einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse mit Mess-Wiederholung. Das Signifikanzniveau wurde auf 0,05 festgelegt.

3 Ergebnisse

Bei jeder der untersuchten Methoden war eine Temperaturerhöhung zu messen (Abb. 4). Die Anwendung der Kerr-Feile mit der direkten Methode ergab eine durchschnittliche Temperaturerhöhung apikal von $\Delta T = 4,01 \pm 1,8$ °C und koronal von $\Delta T = 8,14 \pm 2,61$ °C. Die indirekte Methode bei der Verwendung der Kerr-Feile hat eine Erhöhung von

$\Delta T = 5,06 \pm 2,15$ °C apikal und koronal $\Delta T = 9,05 \pm 3,39$ °C ergeben.

In der Gruppe Fingerspreader, direkte Methode, ist eine durchschnittliche Temperaturerhöhung apikal von $\Delta T = 4,18 \pm 1,49$ °C und koronal von $\Delta T = 8,47 \pm 3,91$ °C gemessen worden. Die indirekte Methode bei dem Fingerspreader hat apikal ein ΔT von $4,74 \pm 2,47$ °C und koronal von $9,63 \pm 3,40$ °C ergeben.

Der mittlere Temperaturanstieg über alle Messungen im koronalen Bereich mit einem ΔT von $8,49 \pm 3,78$ °C war signifikant höher als im apikalen Bereich ($\Delta T = 4,45 \pm 2,45$ °C; $p \leq 0,001$). Ein Vergleich der mittleren Temperaturerhöhung je Instrument ergab einen signifikanten Unterschied (Kerr-Feile: $\Delta T = 6,17 \pm 3,45$ °C; Fingerspreader: $\Delta T = 6,78 \pm 4,04$ °C; $p \leq 0,05$); (Abb. 5).

4 Diskussion

In dieser Studie wurde erstmals das Temperaturverhalten von Spüllösungen (NaOCl) im Wurzelkanal während der passiven ultraschallaktivierten Spülung (PUI) untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass es unabhängig von der Methode und dem eingeführten Instrument während der PUI zu einem Temperaturanstieg kommt. Die mechanische Schwingungsenergie kann an dem Instrument selbst und in der Umgebung zu einer Erwärmung führen. Die Temperaturerhöhung kann durch die Umwand-

lung von kinetischer oder potentieller Energie in Wärmeenergie erfolgen.

Wärme $Q =$ kinetische Energie W_{kin} + potentielle Energie W_{pot} in [J] [13].

Für diesen Effekt des Ultraschalls werden zwei Mechanismen verantwortlich gemacht; die Kavitation und/oder die akustische Strömung [2].

Die Kavitation wird vermehrt in flüssigen Medien beobachtet. Bei der Kavitation entstehen Kavitationsblasen, welche mit Gas oder Dampf gefüllt sind. Zunächst wächst die Kavitationsblase im Laufe einiger Schwingungszyklen, bis sie ihr Maximum erreicht. Dabei nimmt jede Blase sehr viel Energie aus der Umgebung auf. Nach dem Erreichen des Maximums kollabiert die Blase. Diesen Vorgang bezeichnet man als Implosion, dabei wird die gesamte beim Wachstum aufgenommene Energie im Nanosekundenbereich wieder frei. Es entsteht ein Druck-Vakuum-Effekt, wodurch zielgerichtet Mikroorganismen abgetötet und die Zellwände zerstört werden können. Der gesamte Kavitationsvorgang ist energetisch betrachtet eine Transformation, die transiente Kavitationsblase wirkt wie ein Energietrafo. Bei diesem Effekt ist es denkbar, dass es zu einer Temperaturerhöhung der gesamten Spüllösung kommen kann. Die Energieabgabe geschieht in Form von enormer „adiabatischer“ Erwärmung durch die sehr schnelle Kompression des

Gases oder Dampfes in der Blase. Es wurden in Mikroarealen um den Ort der Implosion Temperaturen bis 5000 Kelvin nachgewiesen [7, 15].

Die Erwärmung der Spülung steigert die Effektivität von Natriumhypochlorit [5, 6], da gezeigt wurde, dass NaOCl bei 40 °C einen so genannten „Siedepunkt“ hat, bei dem der Komplex in seine Einzelteile zerfällt, wodurch vermehrt Radikale entstehen, die zur besseren Gewebsauflösung führten [4].

Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass die Temperaturerhöhung im koronalen Bereich signifikant höher war als im apikalen Bereich. Die radiologische Kontrolle zeigte, dass das Instrument vor der Aktivierung sowohl im koronalen als auch im apikalen Anteil frei ohne jeglichen Innenwandkontakt des Wurzelkanals schwingen kann, es aber noch zu Wandkontakt nach der Aktivierung kommt. Durch die konische Präparation verringert sich nach apikal der Kanaldurchmesser. Da das Instrument am Arbeitsende den größten Ausschlag bei der Schwingung zeigt [2] und durch die Schwingung des Instruments ein unkontrollierter Kanalinnenwandkontakt nicht auszuschließen ist, kann somit die Energieübertragung nach apikal reduziert werden. Bei der Unterbrechung des Energieflusses kann die Wärmeabgabe vermindert sein [1].

Ein anderer Grund für die unterschiedliche Temperaturerhöhung an den Messstellen kann eine physikalische

Erklärung haben. In Flüssigkeiten und in Gasen erfolgt der Wärmetransport hauptsächlich durch Konvektion. Die freie Konvektion ist so definiert, dass die wärmsten Schichten der Flüssigkeit sich ausdehnen und die Dichte somit abnimmt und bei den kälteren Schichten die Dichte zunimmt. Infolge des größeren Auftriebs steigen sie nach oben, die kältesten Schichten sinken nach unten. Ob dieses Phänomen in Rahmen dieser Studie eine Rolle spielt, kann anhand der Daten jedoch nicht beantwortet werden.

Bezüglich der verwendeten Instrumente konnte gezeigt werden, dass die Temperaturerhöhung nach der Anwendung des Fingerspreaders signifikant höher war als nach der Anwendung der Kerr-Feilen. Dies könnte dem größeren Instrumentenkern, somit einer größeren Masse von Fingerspreadern zugeschrieben werden. Die Temperaturveränderung eines bestimmten Materials ist proportional zur Masse. Da auch im koronalen Bereich das Instrument im Durchmesser größer ist, kann die Ultraschallschwingungsenergie mehr in Wärme umwandeln [13].

In der Literatur ist kein Unterschied in der Effizienz der Reinigung der Wurzelkanäle zwischen Fingerspreader (nicht schneidende Instrumente) und Kerr-Feilen (schneidende Instrumente), mit der passiven ultraschallaktivierten Spülung gezeigt worden [18]. Bei der Verwendung von K-Feilen kann es sogar

zu einer Verlagerung des Kanalverlaufes, Stufenbildung oder auch zu einer seitlichen Perforation kommen [10].

Somit ist die Anwendung von Fingerspreader in zweifacher Hinsicht zu empfehlen; einmal ist die Temperaturerhöhung höher und das Risiko der Verletzung der Kanalform verringert.

5 Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es während der PUI zu einer Temperaturerhöhung der Spülflüssigkeit im Wurzelkanal kommt. Die Temperaturerhöhung ist im koronalen Kanalabschnitt signifikant höher als im apikalen Abschnitt. Mit dem Fingerspreader werden bezüglich der Temperaturerhöhung günstigere Werte erreicht als mit Kerr-Feilen. DZZ

Korrespondenzadresse:

Ali Duran
Justus-Liebig-Universität
Zentrum für ZMK
Poliklinik für Zahnerhaltungskunde
und Präventive Zahnheilkunde
Funktionsbereich Endodontie
Schlangenzahl 14
D-35392 Gießen
Tel.: 06 41 / 99-4 61 73
Fax.: 06 41 / 99-4 61 69
E-Mail:
ali.duran@dentist.med.uni-giessen.de

Literatur

1. Ahmad M: Measurements of temperature generated by ultrasonic file in vitro. *Endod Dent Traumatol* 6, 230–231 (1990)
2. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA: Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod* 13, 490–499 (1987)
3. Cameron JA: The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *J Endod* 14, 554–559 (1988)
4. Crum LA, Adinno MA, Al-Karmi AM, Stoltz DA, Matthews JC: Effect of free radical scavengers on changes in ion conductance during exposure to therapeutic ultrasound. *Membr Biochem* 10, 237–247 (1993)
5. Cunningham WT, Balekjian AY: Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 49, 175–177 (1980)
6. Cunningham WT, Joseph SW: Effect of temperature on the bactericidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 50, 569–571 (1980)
7. Flint EB, Suslick KS: The Temperature of cavitation. *Science* 253, 1397–1399 (1991)
8. Hülsmann M, Gressmann G, Schäfers F: A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 36, 358–366 (2003)
9. Martin H, Cunningham WT: Endosonics – the ultrasonic synergistic system of endodontics. *Endod Dent Traumatol* 1, 201–206 (1985)
10. Mayer BE, Peters OA, Barbakow F: Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 35, 582–589 (2002)
11. Meyer W, Scheele E: Die Anatomie der Wurzelkanäle. *Dtsch Zahnärztl Z* 9, 551–553 (1954)
12. Moorer WR, Wesselink PR: Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J* 15, 187–196 (1982)
13. Müller I: Grundzüge der Thermodynamik mit historischen Anmerkungen. 3. Auflage, (2001)
14. Ram Z: Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 44, 306–312 (1977)
15. Roy RA, Ahmad M, Crum LA: Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J* 27, 197–207 (1994)
16. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M: The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod* 31, 669–671 (2005)
17. van der Sluis L, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR: Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 40, 415–426 (2007)
18. van der Sluis L, Wu MK, Wesselink PR: A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *Int Endod J* 38, 593–596 (2005)