



Carsten Appel

## Die endodontische Arbeitslänge – zwischen Wissenschaft und Tradition



**Carsten Appel**  
Dr. med. dent.  
Poststraße 17  
53859 Niederkassel  
mail@carstenappel.de

**INDIZES** *Wurzelkanalpräparation, Arbeitslänge, apikale Wurzelkanalanatomie, apikale Konstriktion, elektronische Längenbestimmung*

Der Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Eine entscheidende Größe ist dabei der apikale Endpunkt der Aufbereitung des Wurzelkanals. Im Folgenden sollen Konzepte zur Festlegung dieses Parameters vor dem Hintergrund der aktuellen Datenlage diskutiert und Empfehlungen zur klinischen Vorgehensweise gegeben werden.

### ■ Einleitung

Im Fall einer infizierten Pulpanekrose besteht das Ziel einer Wurzelkanalbehandlung in der dauerhaften Beseitigung der bakteriellen Infektion des Wurzelkanalsystems. Durch mechanische und chemische Aufbereitung werden Gewebe und Mikroorganismen aus dem Wurzelkanal entfernt. Um eine optimale Desinfektion zu erzielen, sollte der Wurzelkanal vollständig bis zu seinem apikalen Endpunkt behandelt werden<sup>1,2</sup>. Dazu ist es erforderlich, diesen apikalen Endpunkt so präzise wie möglich zu bestimmen und danach die Arbeitslänge bei der Wurzelkanalaufbereitung festzulegen. Eine zu kurze Arbeitslänge impliziert immer einen nicht instrumentierten Bereich des Wurzelkanals und damit zumeist den Verbleib von Geweberesten und Bakterien. Eine zu groß gewählte Arbeitslänge kann zum Transport von infiziertem Material in das periapikale Gewebe führen. Wird die Arbeitslänge zu kurz oder zu lang festgelegt, verringert sich die Erfolgsprognose<sup>2-4</sup>.

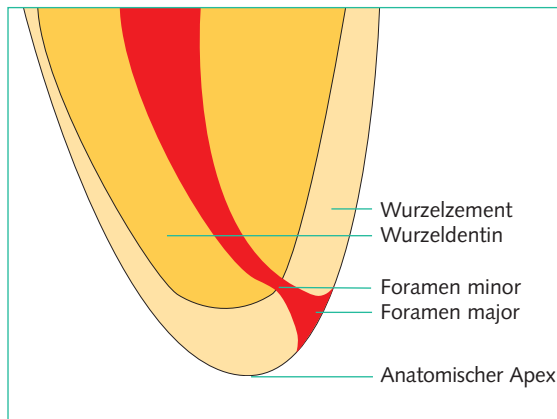
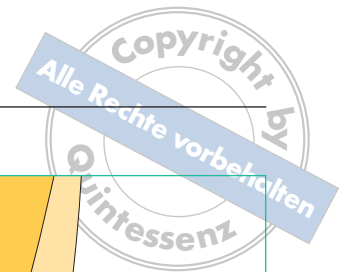
Basierend auf Untersuchungen von Kuttler<sup>5</sup> hat sich traditionell die apikale Konstriktion als Endpunkt

der Wurzelkanalaufbereitung etabliert. Sie bietet als natürliche Verengung im am weitesten apikal gelegenen Teil des Wurzelkanals gute Voraussetzungen zur Präparation eines apikalen Stopps, gegen den das Wurzelkanalfüllmaterial verdichtet werden kann. Auch in aktuellen Publikationen und Stellungnahmen wird sie weiterhin empfohlen<sup>6-9</sup>.

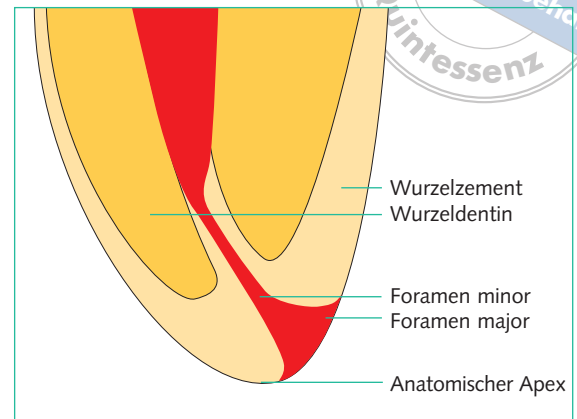
### ■ Apikale Morphologie des Wurzelkanals

Die Wurzeloberfläche ist vom Wurzelzement umkleidet, das dem Dentin der Wurzel als dünne Schicht aufliegt. Am apikalen anatomischen Foramen läuft das Wurzelzement in den Wurzelkanal hinein aus. Die Auflagerung dieser Schicht auf der Wurzelkanalwand trägt meist zu einer Verengung des Wurzelkanals – der apikalen Konstriktion – bei. Es entsteht in der Regel eine Trichterform, deren Basis das Foramen major, die Öffnung des Wurzelkanals an der Wurzeloberfläche, ist, die vom Wurzelzement gebildet wird. Die Spitze des Trichters ist das

**Manuskript**  
Eingang: 02.10.2008  
Annahme: 30.10.2008



**Abb. 1** Schematische Darstellung der Anatomie des apikalen Wurzelteils mit punktförmiger Konstriktion.



**Abb. 2** Schematische Darstellung der Anatomie des apikalen Wurzelteils mit längerer, paralleler Konstriktion.

Foramen minor – die apikal engste Stelle des Wurzelkanals.

Basierend auf dem Modell von Kuttler<sup>5,10</sup> hat sich das Bild der apikalen Konstriktion als singuläre, punktförmige Verengung etabliert (Abb. 1), die mit dem Foramen minor als identisch angenommen wird. Vielfach wird davon ausgegangen, dass diese Verengung an der Dentin-Zement-Grenze lokalisiert ist, die damit als Ende des Wurzelkanals angesehen wird<sup>3,5,10,11</sup>. Die Position solcher Konstriktionen wird durchschnittlich mit einem Abstand von ca. 0,5 bis 1 mm zum anatomischen Foramen angegeben<sup>5,12-16</sup>.

Viele Untersuchungen haben die extreme Varianz dieser apikalen Strukturen zum Gegenstand. Nicht nur eine asymmetrische Form des Foramen major ist belegt<sup>17</sup>, sondern auch die großen Abweichungen in seiner Lage. Dabei ist es in mehr als 60 % der Fälle nicht am anatomischen Apex<sup>5,12,16</sup> lokalisiert. Der Umfang der Abweichung vom Apex hängt vom Zahntyp ab<sup>17</sup>, und die Häufigkeit der Abweichung steigt mit dem Alter<sup>18</sup>.

Ebenso variabel ist die Dentin-Zement-Grenze, da die Zementschicht unterschiedlich weit in den Wurzelkanal hineinreichen kann. Dies findet sich nicht nur im Vergleich verschiedener Zähne, sondern auch an den unterschiedlichen Seiten der Wandung desselben Wurzelkanals<sup>11</sup> (Abb. 2). Auch eine Korrelation zu verschiedenen Bevölkerungsgruppen wurde beobachtet<sup>19</sup>.

Betrachtet man statt der Dentin-Zement-Grenze die apikale Konstriktion, finden sich auch hier multiple morphologische Variationen. Untersuchungen zeigen, dass die klassische, singulär punktförmige

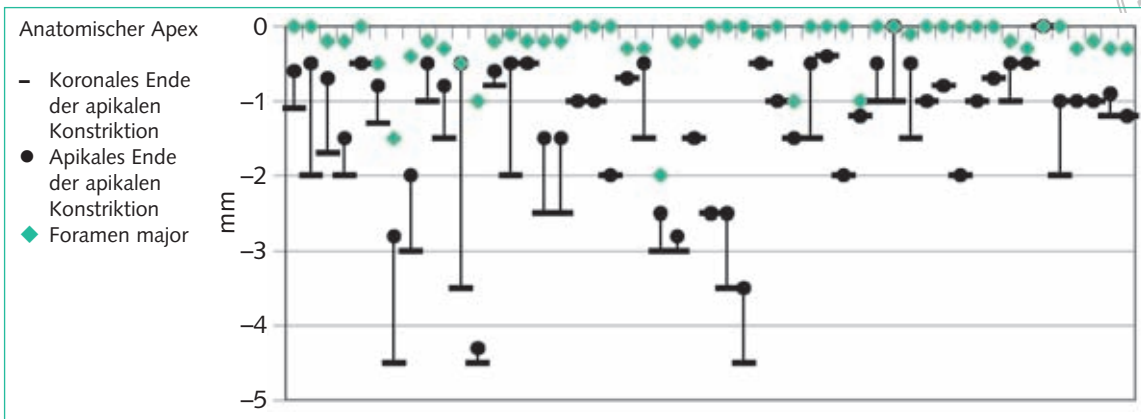
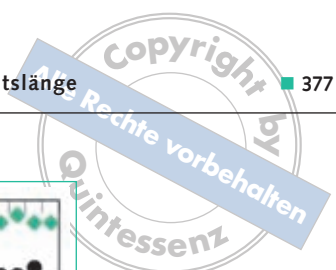
Konstriktion in weniger als 50 % der Fälle überhaupt vorhanden ist<sup>12</sup>. Vielmehr handelt es sich oftmals um einen längeren, annähernd parallelwandigen Bereich<sup>12,20</sup> (Abb. 2).

In einer Arbeit von Hör und Attin<sup>20</sup> betrug in ca. 26 % der untersuchten Wurzeln die Distanz vom koronalen Punkt der apikalen Konstriktion bis zum Foramen major 2 mm und mehr. Dabei umfasste in ca. 9 % der Fälle allein die Länge der apikalen Konstriktion 1,5 bis 3 mm (Abb. 3 und 4).

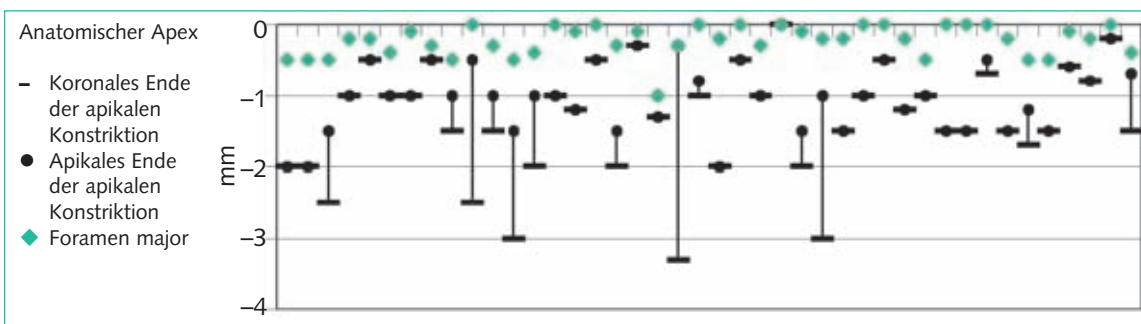
Lassen sich die Dentin-Zement-Grenze oder die apikale Konstriktion am extrahierten Zahn histologisch lokalisieren, so ist dies klinisch im Rahmen der endodontischen Therapie kaum möglich.

## ■ Methoden zur Bestimmung der Arbeitslänge

Standardmäßig wird die Arbeitslänge mittels einer Röntgenmessaufnahme bestimmt und der Endpunkt der Aufbereitung in einer Distanz von 0,5 bis 1 mm koronal vom radiologischen Apex festgelegt. Letzterer entspricht dem durchschnittlichen Abstand der idealisierten Konstriktion vom Foramen major, der jedoch erheblich variieren kann. Die Lage des anatomischen Foramens ist wiederum sehr variabel in Bezug auf den anatomischen Apex<sup>20</sup> (Abb. 5). Der anatomische Apex weicht zudem – je nach Wurzelkrümmung und Projektionsrichtung – stark vom radiologischen Apex ab. Somit ergibt sich eine hohe Variabilität für die Distanz des Foramen major zum radiologischen Apex, die zwischen 0 und 3 mm beträgt<sup>10,12-16</sup>.



**Abb. 3** Apikale Anatomie von 51 Wurzelkanälen, gemessen vom anatomischen Apex nach koronal. (Diagramm: Dirk Hör, Niederlinxweiler).



**Abb. 4** Apikale Anatomie von 42 Wurzelkanälen, gemessen vom anatomischen Apex nach koronal. (Diagramm: Dirk Hör, Niederlinxweiler).



**Abb. 5** Oberer Molar mit im Vergleich zu Durchschnittswerten deutlichem Abstand der Position der Foramina majores zum anatomischen Apex. Am Beispiel der palatinalen Wurzel wird dargestellt, dass bei radiologischer Festlegung der Arbeitslänge ca. 1 mm vor dem radiologischen Apex der apikale Endpunkt der Wurzelkanalaufbereitung bereits weit außerhalb der Wurzel liegt. (Foto: H.-W. Herrmann, Bad Kreuznach).

Betrachtet man die große morphologische Varianz der einzelnen Bezugspunkte, so wird deutlich, dass die Ungenauigkeiten durch deren Verknüpfung noch wesentlich weiter zunehmen. Der Versuch, einen bestimmten Punkt der Wurzelkanalanatomie in Relation zum radiologischen Apex festzulegen, wird damit äußerst arbiträr. Dementsprechend wurden bereits in vielen Untersuchungen die großen Abweichungen zwischen radiologischer Längenbestimmung und der tatsächlichen Wurzelkanalanatomie

nachgewiesen<sup>12,21,22</sup>. Hieraus kann nicht nur die Festlegung einer zu kurzen Arbeitslänge resultieren, sondern auch eine Überinstrumentierung, die bei einigen Zahntypen sogar besonders häufig auftritt. So fanden ElAyouti et al.<sup>22</sup> bei radiologischer Längenbestimmung auf 0 bis 2 mm vor dem radiologischen Apex eine Überinstrumentierung bei 51 % aller untersuchten Prämolaren und 22 % aller Molaren.

Die alternative Methode zur radiologischen Bestimmung der Arbeitslänge ist die Endometrie. Hier-



bei soll das Ende des Wurzelkanals elektronisch bestimmt werden. Das Funktionsprinzip basiert auf der Tatsache, dass die Leitfähigkeit des periapikalen Gewebes größer ist als die Leitfähigkeit innerhalb des Wurzelkanals. Seit Einführung dieser Technik sind die Endometriegeräte stetig weiter entwickelt worden. Basierten die ersten Techniken noch auf einer simplen Widerstandsmessung<sup>23</sup>, wurde das elektronische Konzept immer weiter modifiziert. Den aktuellen Standard setzen dabei Geräte, deren Prinzip auf der Ermittlung des Impedanzquotienten oder der Impedanzdifferenz aus zwei unterschiedlichen Wechselstromfrequenzen beruht.

Die meisten Hersteller aktueller Endometriegeräte behaupten, ihre Geräte könnten die apikale Konstriktion lokalisieren. Verschiedene Untersuchungen haben bereits gezeigt, dass dies nicht mit ausreichend hoher Genauigkeit möglich ist<sup>20,24</sup>. Ausgehend vom Grundprinzip der Endometrie<sup>23</sup> ist der Punkt, den Endometriegeräte bestimmen, dort lokalisiert, wo das Messinstrument den Wurzelkanal gerade verlässt, also am apikalen anatomischen Foramen.

## ■ Diskussion

Veranschaulicht man sich die Varianz der apikalen Morphologie, so wird deutlich, das sich weder die Dentin-Zement-Grenze noch die apikale Konstriktion dazu eignen, das apikale Ende des Wurzelkanals zu definieren. Am ehesten empfiehlt sich hierzu das Foramen minor als anatomisch konsistentester Punkt. Dort am apikal engsten Punkt des Wurzelkanals besteht zudem die Möglichkeit, den „Wundbereich“ und die Kontaktfläche zwischen Wurzelkanalfüllmaterial und periapikalem Gewebe möglichst klein zu halten.

Welche Möglichkeiten der klinischen Vorgehensweise bieten sich dazu an?

Unter Berücksichtigung der dargelegten Fakten ist die radiologische Bestimmung der Arbeitslänge eine relativ ungenaue Vorgehensweise zur Bestimmung der Wurzelkanallänge. Kann man bei korrekter Durchführung zum Beispiel an Frontzähnen noch akzeptable Ergebnisse erzielen, so sind die Ungenauigkeiten bei anderen Zahntypen erheblich und resultieren sehr häufig in einer unbeabsichtigten Überinstrumentierung<sup>22</sup>. Individuelle Anatomievarianten,

wie die Richtung der Wurzelkrümmung im Verhältnis zum Strahlengang und ein überdurchschnittlich großer Abstand des Foramen major vom anatomischen Apex, können bei rein radiologischer Längenbestimmung zu klinischen Misserfolgen führen. Bei endometrischen Verfahren sind diese Faktoren ohne Auswirkung auf das Ergebnis.

Auch mit Blick auf die Strahlenbelastung bietet die Endometrie erhebliche Vorteile. So kann sie frühzeitig und wiederholt zur Orientierung im Wurzelkanal eingesetzt werden. Dennoch sollte auf eine radiologische Längenbestimmung nicht verzichtet werden. Zum einen können auf diese Weise im Rahmen der Endometrie eventuell auftretende Fehlmessungen aufgedeckt werden, die zum Beispiel durch einen voluminösen Seitenkanal (falsch-positive Messung) oder durch im Bereich einer apikalen Läsion eventuell fehlendes Gewebe oder Flüssigkeit (falsch-negative Messung) verursacht werden können. Zum anderen gibt die Position des Messinstruments im Wurzelkanal (eventuell in unterschiedlichen Projektionsrichtungen) über die reine Längenbestimmung hinaus Aufschlüsse über die Lagebeziehung des Wurzelkanalsystems zur Wurzelperipherie und lässt Rückschlüsse auf möglicherweise vorhandene weitere Wurzelkanäle, Wurzelkanalaufzweigungen etc. zu.

Zur Bestimmung der Wurzelkanallänge ist somit primär die Endometrie zu empfehlen. Jedoch sollte nicht versucht werden, die apikale Konstriktion zu bestimmen. Einerseits, weil dies – wie dargelegt – oft nicht gelingen kann; andererseits, weil selbst eine erfolgreich endometrisch lokalisierte apikale Konstriktion eben oftmals nicht der optimale Endpunkt für die Wurzelkanalaufbereitung ist. Hör und Attin<sup>20</sup> haben in einer Untersuchung eine erfolgreich lokalisierte, allerdings langgestreckte apikale Konstriktion nachgewiesen (Abb. 6). Die Messinstrumente haben einen Punkt im koronalen Teil dieser länglichen Konstriktion als „Konstriktion“ bestimmt. Es verbleibt jedoch noch eine deutliche Strecke bis zum Foramen major, in der eine Menge nekrotisches Gewebe und Debris Platz finden dürften. Dies mag oftmals der Grund für eine persistierende Entzündung im umgebenden Gewebe sein<sup>25-27</sup>.

Das Ziel sollte daher vielmehr sein, den am weitesten apikal gelegenen Punkt des Wurzelkanals zu bestimmen, um diesen auf voller Länge zu bearbei-



**Abb. 6** Die apikale Konstriktion wurde endometrisch erfolgreich lokalisiert. Die Spitzen der Messinstrumente befinden sich jedoch im koronalen Teil einer länglichen Konstriktion. Die apikal hiervon bis zum Foramen verbleibende Strecke lässt Raum für infiziertes Material, wie Gewebereste und Debris. (Foto: Dirk Hör, Niederlinxweiler).

ten. Die Infektion soll damit möglichst vollständig aus dem Wurzelkanalsystem entfernt werden, in das die körpereigene Abwehr in der Regel keinen Zutritt mehr hat. Um dies zu gewährleisten, wird vielfach empfohlen, den Austrittspunkt des Wurzelkanals, also den Punkt, an dem das Messinstrument den Wurzelkanal gerade verlässt und das parodontale Gewebe berührt, endometrisch zu lokalisieren. Dieser Punkt ist endometrisch mit hoher Genauigkeit zu bestimmen<sup>28,29</sup>. Die Arbeitslänge wird dann ca. 0,5 mm koronal davon festgelegt. So wird sichergestellt, dass die gesamte Länge des Wurzelkanals erfasst wird, das apikale Ende der Wurzelkanalaufbereitung jedoch gerade noch innerhalb der Wurzel liegt.

Vielfach finden sich in der Literatur auch Empfehlungen, die Festlegung der Arbeitslänge bei vitalen und devitalen Fällen zu differenzieren<sup>2</sup>. In vitalen Fällen soll die Aufbereitung des Wurzelkanals demnach 2 bis 3 mm vor dem Apex enden, da bei Vorliegen einer irreversiblen Pulpitis die bakterielle Infektion den

apikalen Teil des Pulpagewebes in der Regel noch nicht erreicht hat. Basierend auf dem von Davis 1922 vorgeschlagenen Prinzip der partiellen Pulpektomie<sup>30</sup> soll dabei die Vitalität des apikalen Pulpastumpfes erhalten bleiben. Retrospektive Fallbetrachtungen zeigen hierbei hohe Erfolgsquoten<sup>31,32</sup>. Voraussetzung dafür ist natürlich – neben absolut aseptischem Arbeiten –, dass keine Keimverschleppung von koronal nach apikal stattfindet.

Schwierig erscheint in einigen Fällen auch die klinische Diagnose, inwieweit nicht bereits doch eine Infektion apikaler Gewebereiche stattgefunden hat. Dies wird bei mehrwurzeligen Zähnen weiter erschwert, da hier bereits vollständig infizierte Wurzelkanäle neben nur koronal infizierten Wurzelkanälen vorhanden sein können. In diesen Fällen ist auch die Gefahr einer Keimverschleppung weiter erhöht. Lässt sich bei einer partiellen Pulpotomie der Einsatz von NaOCl noch gut kontrollieren, erscheint dies bei der partiellen Pulpektomie fraglich. Einerseits soll hierdurch Gewebe in mechanisch unzugänglichen Bereichen, wie Seitenkanälen und Isthmen, aufgelöst werden; der apikal verbleibende Pulpastumpf soll jedoch unversehrt und sogar vital bleiben. Einige Autoren sehen zudem einen Vorteil darin, dass der vital bleibende apikale Pulpastumpf die Extrusion von gewebeirritierendem Wurzelkanalfüllmaterial in das periapikale Gewebe verhindert<sup>2</sup>. Wenn allerdings das „gewebeirritierende“ Wurzelkanalfüllmaterial sogar den apikalen Pulpastumpf unbehelligt lässt, scheint dies doch eher ein Beleg dafür zu sein, dass bei der Beobachtung von Misserfolgen in Assoziation mit überextendierten Wurzelkanalfüllungen die Ursache des Misserfolgs weniger in der Gewebeirritation durch das Wurzelkanalfüllmaterial als mehr in der wahrscheinlich durch falsche Festlegung der Arbeitslänge erfolgten Überinstrumentierung und dem Transport infizierten Materials nach periapikal zu suchen ist.

Bisherige Untersuchungen bewerten die Länge der vorhandenen Wurzelkanalfüllung jedoch in Bezug zum radiologischen Apex und implizieren somit bezüglich der eigentlichen Wurzelkanallänge bereits hohe Ungenauigkeiten.

Was also ist damit zu erreichen, einen apikalen Pulpastumpf in vitalen Fällen zu belassen und zu hoffen, dass er vital bleibt, statt die Aufbereitung des Wurzelkanals exakt und vollständig bis an sein apikales Ende durchzuführen?



Zumindest bei strenger Indikationsstellung lässt sich auch auf diese Weise eine hohe Erfolgsrate erzielen<sup>31,32</sup>. Die obligaten Ungenauigkeiten bei der Längenfestlegung in Bezug zum radiologischen Apex<sup>12,21,22</sup> stellen jedoch bei retrospektiver Fallbeurteilung infrage, ob tatsächlich ein Pulpastumpf belassen wurde oder ob sogar bereits eine Überinstrumentierung stattgefunden hat<sup>22</sup>.

Einige Autoren sehen zudem auch bei infizierten Wurzelkanälen eine reguläre Aufbereitung bis ca. 1 bis 2 mm vor das anatomische Foramen als ausreichend an und empfehlen eine Aufbereitung bis an das anatomische Foramen nur bei einigen bereits fehlgeschlagenen Fällen<sup>2</sup>. Angesichts der Möglichkeiten der modernen Endometrie ist diese Empfehlung zu hinterfragen.

Gegenüber der Festlegung der Arbeitslänge ca. 1 bis 2 mm vor dem radiologischen Apex erfordert eine endometrische Vorgehensweise mit einer Genauigkeit von 0,5 oder gar 0,25 mm allerdings ein erheblich höheres Maß an Präzision. Die Referenzpunkte müssen exakt festgelegt werden, ausreichend dimensionierte und formstabile Silikonstopps sind zu verwenden, und zur Einstellung der geringen Toleranzbereiche ist ein Arbeiten mit qualitativ hochwertigen Messinstrumenten mit 0,5-mm-Einteilung unter optischer Vergrößerung, in der Regel einem Dentalmikroskop, erforderlich. Dabei ist der Kontakt zwischen der Unterseite des Silikonstopps und dem Referenzpunkt in paralleler Sichtachse zu kontrollieren. Letzteres erfolgt in der Regel mit Hilfe eines Dentalmikroskops über einen Mundspiegel. Diese Vorgehensweise ist insgesamt nicht nur erheblich aufwändiger, sondern auch schwieriger durchzuführen.

Bei den traditionell vorgeschlagenen Konzepten handelt es sich offenbar eher um rein durchschnittswertbasierte Konzepte, mit denen versucht wird, einen schwierigen Arbeitsschritt zu vereinfachen. Die zugrunde liegenden statistischen Daten von Studien zum Erfolg endodontischer Therapien enthalten jedoch bereits große Ungenauigkeiten, da sie auf einer rein radiologischen Beurteilung der Länge der Wurzelkanalfüllung beruhen. Anstatt eine möglichst optimale Längenbestimmung auf der Basis der jeweiligen individuellen Anatomie vorzunehmen, werden somit im individuellen Behandlungsfall Misserfolgskriterien in Kauf genommen, um statistisch ermittelte Erfolgsquoten zu erzielen.

## ■ Schlussfolgerungen

Aufgrund des häufigen Fehlens und der hohen morphologischen Varianz der apikalen Konstriktion ist diese zur Definition des apikalen Endpunkts des Wurzelkanals nicht geeignet, sondern das Foramen minor zu bevorzugen.

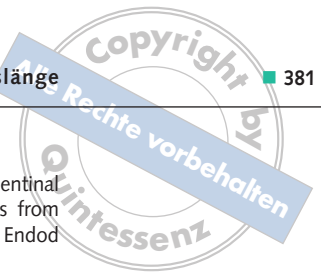
Um im individuellen Behandlungsfall eine Präparation des Wurzelkanals über seine gesamte Länge sicherzustellen, wird empfohlen, die gesamte Länge des Wurzelkanals bis zu seiner apikalen Öffnung, dem Foramen apicale, endometrisch zu bestimmen. Die Arbeitslänge sollte dann 0,5 mm koronal davon festgelegt und radiologisch verifiziert werden. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Aufbereitung den Wurzelkanal in maximaler Länge erfasst, der apikale Endpunkt sich aber gerade noch innerhalb der Wurzel befindet.

Für dieses Prozedere sind Endometriegeräte zu empfehlen, die nach dem Prinzip der Ermittlung der Impedanzdifferenz oder des Impedanzquotienten mittels zweier verschiedener Frequenzen arbeiten. In der klinischen Anwendung wird bei Erreichen des Nullwerts (= der Wert, den das jeweilige Gerät gerade als Austrittspunkt des Instruments aus dem Wurzelkanal ausweist) der Silikonstopp exakt am entsprechenden Referenzpunkt angelegt. Die eingestellte Länge wird am Messblock abgelesen und ergibt um 0,5 mm reduziert die Arbeitslänge. Bei systematischer Vorgehensweise<sup>33</sup> lässt sich so eine außerordentlich hohe Präzision erzielen.

Wissenschaftliche Stellungnahmen zu dieser Thematik sollten in diesem Punkt diskutiert und gegebenenfalls konkretisiert werden.

## ■ Danksagung

Vielen Dank an Herrn Dr. Dirk Hör (Niederlinxweiler), der freundlicherweise die Abbildungen 3, 4 und 6 zur Verfügung gestellt hat und an Herrn Dr. Hans-Willi Herrmann (Bad Kreuznach), der mir die Abbildung 5 überlassen hat.



## Literatur

- Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72(2):238-242.
- Wu MK, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;89(1):99-103.
- Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation. Part 1. Literature review. *Int Endod J* 1998;31(6):384-393.
- Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation. Part 2. A histological study. *Int Endod J* 1998;31(6):394-409.
- Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc* 1955;50:544-552.
- Europäische Gesellschaft für Endodontologie: Qualitätsrichtlinien endodontischer Behandlung. *Endodontie* 2006;15(4):387-401.
- Stellungnahme der DGZMK und der DGZ: Wurzelkanalaufbereitung. *Dtsch Zahnärztl Z* 2000;55:719-725.
- Stellungnahme der DGZMK: Die Bestimmung der endodontischen Arbeitslänge. *Dtsch Zahnärztl Z* 2004;59:605-606.
- Stellungnahme der DGZ: Good Clinical Practice. *Zahnärztl Mitt* 2005;95(16):56-58.
- Kuttler Y. A precision and biologic root canal filling technique. *J Am Dent Assoc* 1958;56:38-50.
- Ponce EH, Vilar Fernandez JA. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *J Endod* 2003;29(3):214-219.
- Dummer P et al. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J* 1977;3:114-118.
- Gutmann JL. Problem solving in endodontic working-length determination. *Compendium* 1995;16:288-302.
- Chapman CE. A microscopic study of the apical region of human anterior teeth. *J Br Endod Soc* 1969;3:52-58.
- Palmer MJ, Weine FS, Healey HJ. Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. *J Can Dent Assoc* 1971;8:305-308.
- Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972;34:262-268.
- Blaskovic-Subat V, Maricic B, Sutalo J. Asymmetry of the root canal foramen. *Int Endod J* 1992;25(3):158-164.
- Stein TJ, Corcoran JF. Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990;69(2):238-242.
- Saad AY, Al-Yahya AS. The location of the cementodentinal junction in single rooted mandibular first premolars from Egyptian and Saudi patients: a histological study. *Int Endod J* 2003;36:541-544.
- Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J* 2004;37(2):125-131.
- Martinez-Lozano MA, Forner-Navarro L, Sanchez-Cortes JL, Llena-Puy C. Methodological considerations in the determination of working length. *Int Endod J* 2001;34(5):371-376.
- ElAyouti A, Weiger R, Löst C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *J Endod* 2001;27(1):49-52.
- Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962;41:375-387.
- Welk ARDMD, Baumgartner JCDDSP, Marshall JGDMD. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *J Endod* 2003;29(8):497-500.
- Holland R, de Souza V, Nery MJ, de Mello W, Bernabe PF, Otoboni Filho JA. Tissue reactions following apical plugging of the root canal with infected dentin chips. A histologic study in dogs' teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;49(4):366-369.
- Yusuf H. The significance of the presence of foreign material periapically as a cause of failure of root treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982;54(5):566-574.
- De Souza Filho FJ, Benatti O, de Almeida OP. Influence of the enlargement of the apical foramen in periapical repair of contaminated teeth of dog. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987;64(4):480-484.
- Ounsi HF, Naaman A. In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. *Int Endod J* 1999;32(2):120-123.
- Shabahang S, Goon WW, Gluskin AH. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *J Endod* 1996;22(11):616-618.
- Davis W. Pulpectomy vs pulp-extirpation. *Dental Items of Interest* 1922;44:81-100.
- Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod* 1979;5(3):83-90.
- Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990;16(10):498-504.
- Herrmann HW. Aspekte der Präparation des apikalen Wurzelkanalabschnitts. *Endodontie* 2005;14(1):12-23.

## The Endodontic Working Length – Between Science and Tradition

*Root canal preparation, working length, apical root canal anatomy, apical con-*

**KEYWORDS** *striction, electronic length determination*

There are different factors influencing the outcome of root canal treatment. One crucial parameter is the apical end point for root canal preparation. Taking this into consideration, concepts such as how this parameter can be established are discussed in accordance with current literature. Furthermore, recommendations for clinical approach are given.