

Sophie Curtius Seutter von Loetzen

# Biokeramische Materialien zum apikalen Verschluss bei nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum

## Ein Fallbericht

**INDIZES** *Apexifikation, apikaler Verschluss, Biokeramiken, Kalziumhydroxid, MTA*

Nach einem dentalen Trauma kommt es nicht selten zur Pulpanekrose auch an Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum. Der klassische Behandlungsansatz bestand in der sogenannten Apexifikation mithilfe wiederholter Kalziumhydroxideinlagen. Neuere Therapiestrategien nutzen Mineral Trioxide Aggregate (MTA) oder Biokeramiken zum einzeitigen apikalen Verschluss, wie es im folgenden Fallbericht dargestellt wird.

**Sophie Curtius Seutter von Loetzen**Dr. med. dent.  
Fachpraxis am Frauenplatz  
Frauenplatz 11  
80331 München  
E-Mail: Sophie.vonSeutter@  
Fachpraxis.de

### ■ Einleitung

Epidemiologischen Studien zufolge sind mehr als 50 % aller Kinder und Jugendlichen von Zahntraumata betroffen<sup>1</sup>. Die höchste Inzidenz für ein Frontzahntrauma im bleibenden Gebiss findet sich für Oberkieferfrontzähne von 9- bis 10-Jährigen, wobei Jungen häufiger betroffen sind<sup>2</sup>. Pulpanekrosen nach Frontzahntraumata mit Schmelz-Dentin-Frakturen treten in durchschnittlich 6 % der Fälle innerhalb von zwei Jahren auf; bei zusätzlicher Konkussion und Lockerung des Zahnes sogar in 30 % der Fälle<sup>3</sup>. Die Chancen zur Vitalerhaltung der Pulpa sind bei unvollständiger Apexogenese deutlich besser als bei abgeschlossenem Wurzelwachstum<sup>2</sup>. Misslingt die Vitalerhaltung der Pulpa durch eine direkte Überkappung oder partielle Pulpotomie, kommt es zu einer irreversiblen Pulpitis mit späterer Pulpanekrose und eine Apexifikation ist indiziert<sup>2</sup>. Diese stellt den Versuch dar, einen apikalen Verschluss des Wurzelkanals durch körpereigene Hartschubstanzbildung herbeizuführen, induziert durch (wiederholte) Kalziumhydroxideinlagen. Eine Alternative besteht im Versuch eines apikalen Verschlusses des weit offenen Wurzelkanals mit biokompatiblen Materialien.

Die Anwendung bioaktiver Materialien wie Mineral Trioxide Aggregate (MTA) – oder neuerdings von Biokeramiken – zeigt hierbei sehr gute Ergebnisse. Die „klassische“ Apexifikation mit von Kalziumhydroxid-Langzeiteinlagen mit ihren Nachteilen wird somit infrage gestellt.

Die mehr als 30 Jahre alte Idee der „One-Visit“-Apexifikation bezeichnet die nichtchirurgische Applikation biokompatibler Materialien im apikalen Anteil eines Wurzelkanals<sup>4</sup>. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in der Möglichkeit der einzeitigen Obturation des Wurzelkanals und der Vermeidung langandauernder und risikobehafteter Multiple-Visit-Behandlungen.

Für den apikalen Verschluss von Zähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum kamen bisher zahlreiche Materialien zur Anwendung, wie beispielsweise Dentinspäne, Kalziumhydroxid, Trikalziumphosphat, gefriergetrocknetes allogenes Dentin, osteogenetisches Protein-1 und MTA.

Die klassische Apexifikation erfolgt mit einer oder mehreren Langzeiteinlagen (zwischen 5 und 20 Monaten) von Kalziumhydroxid, das die Hartgewebebildung induzieren und beschleunigen soll<sup>2</sup>. Der gravierende Nachteil dieser Technik liegt in der

**Manuskript**  
Eingang: 30.10.2016  
Annahme: 08.11.2016



Beeinträchtigung der Dentineigenschaften und dem damit einhergehenden Risiko einer Dentinfraktur<sup>5,6</sup>. Es wurde beschrieben, dass eine Langzeit-Kalziumhydroxideinlage den Frakturwiderstand des Dentins zwischen dem 7. und 84. Tag um 43,9 % reduziert<sup>7</sup>. Des Weiteren bedeutet die klassische Vorgehensweise eine große Belastung für die Compliance der meist noch jungen Patienten, da sich die Behandlung über zahlreiche Sitzungen und einen monatelangen Zeitraum hinziehen kann.

Somit ist eine schnellere Behandlung mit dem Ziel eines apikalen Verschlusses von großer Bedeutung, um das Risiko einer Fraktur zu minimieren. MTA hat sich seit 1995 aufgrund seiner Vorteile als Material zum apikalen Verschluss von Zähnen mit weitem apikalem Foramen oder nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum bewährt. Die Erfolgsquoten von apikalen Verschlüssen mit MTA zeigen sehr gute Ergebnisse, in Studien mit einem Nachuntersuchungszeitraum zwischen 12 und 24 Monaten lagen die Erfolgsraten zwischen 81 und 100 %<sup>8-14</sup>, wobei eine korrekte Handhabung des techniksensitiven MTA (grau oder weiß) eine große Rolle spielt.

Erforderlich ist ein mindestens 5 mm dicker apikaler Plug aus MTA, um eine Passage von Mikroorganismen zu verhindern<sup>15</sup>. Ein nur 2 mm dicker MTA-Plug verfügt zudem über eine signifikant niedrigere Mikrohärtigkeit als ein Verschluss von 5 mm Dicke<sup>16</sup>.

Das Auffüllen des gesamten Wurzelkanals mit MTA zeigt im Vergleich zu einem nur 5 mm dicken apikalen Plug und Füllung des verbleibenden Kanalanteils mit Guttapercha keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Abdichtung des Wurzelkanals<sup>17</sup>.

Die Schaffung einer biokompatiblen Matrix apikal des Apex vor dem Einbringen des MTA, die sogenannte „barrier“-Technik, ist unter Umständen hilfreich, um ein Überstopfen des MTA zu verhindern. Zur Anwendung kommen resorbierbare Materialien wie beispielsweise Bio-Oss (Geistlich Biomaterials, Baden-Baden), Perioglas (NovaBone Products, Jacksonville, USA), Trikalziumphosphate oder Kollagen<sup>18,19</sup>. Diese Barriere erlaubt die kontrollierte Verdichtung des MTA. Um den Frakturwiderstand eines derartig kompromittierten Frontzahnes zu erhöhen, kann eine Verstärkung durch das Einbringen eines oder mehrerer Glasfaserstifte/s sinnvoll sein<sup>20,21</sup>.

Vielversprechend gestaltet sich auch der Einsatz neuer biokeramischer Materialien mit knetbarer Kon-

sistenz (Putties), da sie im Vergleich zu MTA Vorteile im Handling aufweisen. Beispiele für biokeramische Materialien sind Biodentine-Putty (BD) (Septodont, Niederkassel), TotalFill BC Root Repair Material Putty (RRM) (FKG, LaChaux-de-Fonds, Schweiz) oder EndoSequence (Brasseler, Savannah, USA). MTA, BD und RRM härten sowohl unter trockenen als auch unter feuchten Bedingungen aus, die Härte von MTA wird von den anderen Materialien jedoch nicht erreicht<sup>22,23</sup>. Die Anwendung von RRM und BD resultiert nicht in der unerwünschten ausgeprägten Verfärbung des Dentins, wie sie bei Einsatz des MTA<sup>24</sup> zu beobachten ist. Leichte Verfärbungen sind jedoch auch für Biodentine beschrieben<sup>25</sup>. Ein Vorteil der biokeramischen Materialien liegt in der erheblich kürzeren Abbindezeit des Biodentins (6 bis 12 min) im Vergleich zum MTA<sup>26,27</sup>.

Nair et al.<sup>28</sup> stellten 2011 fest, dass RRM keinen signifikanten Unterschied zu weißem MTA (ProRoot, Dentsply DeTrey, Konstanz) bezüglich der Bakteriendichtigkeit des Plugs aufweist. Das RRM zeigt eine vergleichbare Biokompatibilität wie ProRoot MTA und MTA-Angelus (Angelus, Londrina, PR; Brasilien)<sup>29</sup>. MTA und RRM (Putty und Sealer) verfügen über eine ähnliche antibakterielle Wirkung gegenüber *Enterococcus faecalis*<sup>30</sup>. Auch für die Biokompatibilität des RRM (Sealer und Paste) sind vergleichbare Werte wie für MTA beschrieben<sup>31-32</sup>. Derzeit liegen noch keine Langzeitergebnisse zu den biokeramischen Füllungsmaterialien vor, sodass MTA nach wie vor als Goldstandard gilt. Für die Biokeramiken sind bisher keine nennenswerten Nachteile gegenüber MTA bekannt, sie erscheinen somit aufgrund ihrer Vorteile bei der Herstellung eines apikalen Verschlusses bei offenem Apex als sehr Erfolg versprechend.

## ■ Falldarstellung

### ■ Anamnese und Diagnostik

Der zum damaligen Zeitpunkt 9-jährige Patient stellte sich in Begleitung seines Vaters vor. Überwiesen wurde er von einer Kinderzahnarztpraxis nach bereits erfolgter primärer Versorgung der Kronenfrakturen an den Zähnen 11 und 21 mit Kompositfüllungen und Trepanation des Zahnes 11 mit



**Abb. 1** Klinische Ansicht bei der Erstvorstellung: Zervikale Graufärbung an Zahn 11, der Zahn ist elongiert, das Vestibulum unauffällig.



**Abb. 2** Die diagnostische Panoramaschichtaufnahme zeigt ein mit Stahlkronen versorgtes Wechselgebiss mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum der bleibenden Zähne.

medikamentöser Einlage. Es war nicht bekannt, ob eine direkte Überkappung im Zuge des adhäsiven Aufbaus vorgenommen worden war.

### ■ Zahnärztliche Anamnese

Der Unfall hatte sich vor knapp sechs Monaten ereignet, als das Kind nach einem Sprung vom Sofa mit den Oberkieferfrontzähnen auf dem Fußboden aufschlug. Bei Zahn 11 lag vermutlich eine Kronenfraktur mit unklarer Pulpabeteiligung vor. Die Zähne 11 und 21 waren – der Aussage des Vaters zufolge – jedoch direkt nach dem Trauma weder gelockert noch avulsiert. Der Patient hatte zum Zeitpunkt des Traumas und bis einige Wochen danach keinerlei Beschwerden. Vor einigen Wochen entwickelte sich jedoch im Oberkieferfrontzahnbereich eine starke Schwellung mit Pusaustritt und der Junge begann unter zunehmenden Schmerzen zu leiden. Nach erneutem Aufsuchen der Kinderzahnarztpraxis wurde ein Antibiotikum (Infectocillin = Phenoxymethylpenicillin) verschrieben, welches die Schwellung und den Schmerz abklingen ließ.

Nach Abschluss der medikamentösen Therapie war der Zahn 11 drei Wochen zuvor in Intubationsnarkose (in der Kinderzahnarztpraxis) trepaniert worden, während zusätzlich restaurative Behandlungen an weiteren Zähnen durchgeführt wurden. Außerdem wurde der Zahn 11 aufgrund einer starken Lockerung mit einer Draht-Komposit-Schienung an den Nachbarzähnen (12 bis 22) fixiert (Abb. 1). Die Schienung war zum Zeitpunkt der Erstvorstellung noch in situ und sollte nach Planung der Kinderzahnärztin in einer Woche entfernt werden.

### ■ Befund

Die klinische Untersuchung bei endodontologischer Erstvorstellung ergab die nachfolgend aufgeführten Befunde.

Allgemeinanamnestisch lagen keine Auffälligkeiten vor. Der Patient war zum Untersuchungszeitpunkt ohne Beschwerden. Er erschien anfangs sehr ängstlich, fasste im Laufe des Gesprächs jedoch Vertrauen, sodass eine anschließende Untersuchung aufgrund der dann gegebenen Compliance problemlos möglich war. Klinisch auffällig waren die zervikale Dunkelfärbung der Zahnkrone 11 und die Elongation des Zahnes 11 im Vergleich zu den Nachbarzähnen.

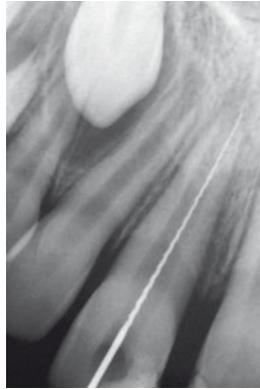
Bei Durchführung des Sensibilitätstests an den Zähnen 53, 12, 11, 21, 22, 63 reagierte der Zahn 11 negativ, die übrigen untersuchten Zähne zeigten eine Kälteempfindlichkeit, wobei keine verzögerte oder überzogene Reaktion auftrat (Test mit Kältespray Polar bis minus 45 Grad, Unigloves, Troisdorf-Spich).

Alle untersuchten Zähne (53, 12, 11, 21, 22, 63) reagierten auf den Perkussionstest negativ. Es lag keine apikale Druckdolenz vor und die Sondierungstiefen der Zähne 11 und 21 erschienen im physiologischen Bereich, wobei es distobukkal an Zahn 11 zu einer Blutung kam. Der Zahn 11 wies als provisorischen Verschluss der Trepanationsöffnung eine Cavit-Füllung auf. Es waren keine Anzeichen mehr für eine Schwellung zu erkennen.

Bei der Befundung des von der Kinderzahnarztpraxis übermittelten Orthopantomogramms (Abb. 2) und der zahlreichen Einzelzahnaufnahmen (Abb. 3 bis 6) schienen sowohl die Zähne 12, 11, 22



**Abb. 3** Diagnostisches Ausgangsröntgenbild Zahn 11 (alio loco angefertigt; Indikation: Abszedierung in regio 11 nach Trauma; zeitlich vor der ITN-Behandlung mit Trepanation des Zahnes 11 angefertigt): nicht abgeschlossenes Wurzelwachstum, mesial stark erweiterter PA-Spalt (Pfeil), apikale Aufhellung. Zahn 11 erscheint elongiert im Vergleich zu Zahn 21. Sehr pulpanahe koronale Kompositfüllung nach Kronenfraktur.



**Abb. 4** Alio loco angefertigte Röntgenmessaufnahme.



**Abb. 5 und 6** Alio loco angefertigte Röntgenbilder nach der ITN-Behandlung mit Trepanation des Zahnes 11 und apikalen Aufhellungen an den Zähnen 12, 11, 21, 22.

als auch Zahn 21 apikale Osteolysen aufzuweisen. Die radiologisch am deutlichsten erscheinende apikale Aufhellung fand sich an Zahn 21. Differenzialdiagnostisch hätte es sich auch um apikal gelegene residuale Follikelanteile handeln können, da generalisiert kein abgeschlossenes Wurzelwachstum vorlag. Die klinische Untersuchung sprach gegen einen derzeitigen Vitalitätsverlust der klinisch unauffälligen Zähne 21, 12 und 22. Die Graufärbung des Zahnes 11 deutete hingegen auf eine Pulpanekrose hin, die bereits zu einer Abszedierung geführt hatte. Es lag keine Lockerung vor. Die auf dem OPG ebenfalls deutlich zu erkennende Elongation des Zahnes 11 sprach, entgegen der Aussage des Vaters, für eine traumatische extrusive Luxation des Zahnes 11 mit radiologischer Verschiebung aus seiner Alveole. Der Parodontalspalt des Zahnes 11 stellte sich vor allem mesial erweitert dar (Abb. 3).

Die Indikation zur vollständigen Pulpektomie und Wurzelkanalbehandlung unter Berücksichtigung des offenen Apex konnte, bedingt durch die vorangegangene Trepanation des Zahnes 11 aufgrund der Abszedierung, klar gestellt werden.

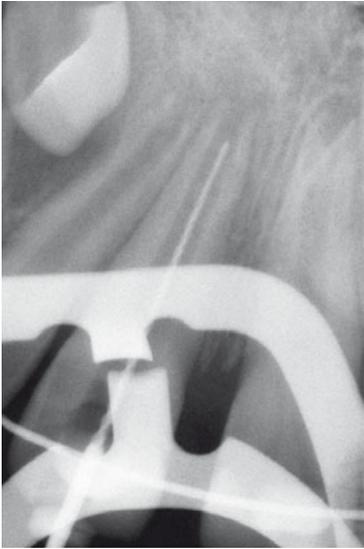
### ■ Verdachtsdiagnose

Aus den durchgeführten Untersuchungen und Befunden ergab sich die Verdachtsdiagnose einer infizierten Pulpanekrose des Zahnes 11 nach vorangegangener traumatischer Luxationsverletzung mit Kronenfraktur. Die Pulpanekrose resultierte in einem apikalen Abszess.

### ■ Therapie

Die endodontische Therapie wurde in einer Behandlungssitzung von eineinhalb Stunden Dauer komplett abgeschlossen. Der Verschluss der Trepanationsöffnung mit Komposit erfolgte in einer weiteren Sitzung eine Woche später.

Die therapeutische Behandlungssitzung wurde zehn Tage nach der Erstvorstellung durchgeführt. Nach anfänglicher Non-Compliance bezüglich der Lokalanästhesie konnte die Behandlung nach Überzeugung des Patienten von der Notwendigkeit einer Betäubung begonnen werden. Die gesamte Behandlung erfolgte unter Einsatz des Dentalmikroskopes (OPMI pico, Zeiss, Oberkochen). Unter absoluter Trockenlegung mit Kofferdam, Opaldam (Ultradent, Köln) und einer Frontzahnklammer wurde die provisorische Füllung samt einer Wattekugel mit Ultraschall entfernt. Es zeigte sich keinerlei blutendes Pulpagewebe, was die Verdachtsdiagnose der Pulpanekrose bestätigte. Auch ein Sekret- oder Pusaustritt aus dem Wurzelkanal konnte nicht verzeichnet werden. Nach einer Primärspülung mit 6%igem NaOCl auf Arbeitslänge -1 mm wurde eine erneute Messaufnahme mit einer Arbeitslänge von 21,5 mm angefertigt (Abb. 7). Die elektrische Messung verlief trotz Verwendung eines Handinstrumentes mit großem Durchmesser unbeständig und ergab kein reproduzierbares Resultat. Die bisherige Arbeitslänge wurde nach der Befundung der Röntgenmessaufnahme um 1 mm auf 22,5 mm verlängert, 1 mm vor dem



**Abb. 7** Erneute Röntgenmessaufnahme mit Arbeitslänge von 21,5 mm.



**Abb. 8** Noch nicht ausreichend kompaktierter und zu weit koronal positionierter Putty-Plug.



**Abb. 9** Mit Biokeramiken obturierter Wurzelkanal des Zahnes 11.

apikalsten Punkt der Wurzel. Auf eine Präparation der Wurzelkanalwände wurde aufgrund des sehr großen Kanaldurchmessers zur Zahnhartsubstanzschonung verzichtet. Es erfolgten eine erneute intensive Spülung mit 6%igem Natriumhypochlorit mit Ultraschallaktivierung und abschließend eine ultraschallaktivierte Spülung mit 17%iger EDTA-Lösung. Der Wurzelkanal wurde mit Papierspitzen getrocknet. Mit einer sterilen Schere wurde ein resorbierbarer Gelatineschwamm (Gelastypt, Sanofi-Aventis, Frankfurt/M.) zu kleinen Portionen zurechtgeschnitten. Ziel war es, apikal der Arbeitslänge ein kollagenes Widerlager zu schaffen, um eine anschließende Extrusion des biokeramischen Putty-Materials (Total Fill BC Root Repair Material) über den offenen Apex zu verhindern. Die zurechtgeschnittenen Gelastypt-Stücke wurden mit einem Handpluggen nach und nach eingebracht, bis ein fester Widerstand auf Höhe der Arbeitslänge zu spüren war.

Daraufhin erfolgte die Portionierung des biokeramischen Putty auf einem MTA-Block. Die einzelnen Putty-Portionen wurden mit einem Handpluggen im Kanal kompaktiert. Es wurde eine Röntgenaufnahme angefertigt, die eine unzureichende Kompaktion des Plugs zeigte (Abb. 8). Daraufhin wurde der Plug weiter apikalwärts kondensiert. Die anschließende Obturation des mittleren und koronalen

Wurzelkanalteils erfolgte mit den in einer Pistole thermoplastisch erwärmten, biokeramischen Pellets (Total Fill BC Root Repair Material) (Abb. 9). Zuvor war die Kanalwand mithilfe einer Papierspitze mit Sealer (Total Fill BC Root Repair Material) beschickt worden. Die Trepanationsöffnung wurde mit Cavit (3M ESPE, Landsberg am Lech) temporär verschlossen.

Die Aufbaufüllung erfolgte unter absoluter Trockenlegung eine Woche später. Der Patient war gänzlich beschwerdefrei. In der Zwischenzeit war die Schienung von der Kinderzahnärztin entfernt worden.

Dem Vater wurde die Möglichkeit eines internen Bleichens vorgeschlagen, falls sich der Patient durch die koronale Dunkelfärbung der Zahnkrone gestört fühlen würde.

Der Patient erschien einen Monat später zum ersten Recall. Der Zahn 11 war komplett symptomfrei. Es lagen weder eine Perkussionsempfindlichkeit noch eine apikale Druckdolenz bei den Zähnen 12 bis 22 vor. Die Nachbarzähne 12, 21 und 22 reagierten nach wie vor normal positiv auf den Kältetest. Der Zahn 11 wies einen Lockerungsgrad I auf.

Im Oktober 2016 wurde der Patient in Begleitung seines Vaters zum klinischen und radiologischen Recall nach über einem Jahr vorgestellt. Die



**Abb. 10** An Zahn 12 ist keine apikale Aufhellung mehr zu erkennen, das Wurzelwachstum ist abgeschlossen.



**Abb. 11** Zahn 11 im Vergleich zu 2015: reduzierte apikale Aufhellung mit knöcherner Regeneration der Osteolyse aufgrund von erkennbaren trabekulären Strukturen.



**Abb. 12** Zahn 22: keine apikale Aufhellung mehr zu erkennen, abgeschlossenes Wurzelwachstum. Zahn 21: leichte Verbreiterung des Parodontal-spaltes.

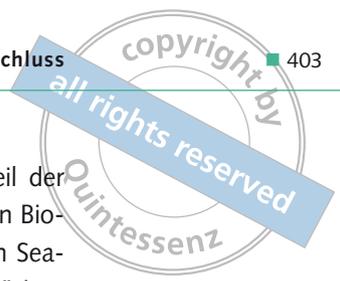
klinische Untersuchung zeigte, wie bereits vor der endodontischen Therapie, zervikal eine gräuliche Verfärbung. Ein internes Bleaching ist geplant. Der Patient ist seit der endodontischen Behandlung komplett beschwerdefrei. Der zuvor auffällige Längenunterschied der Zähne 11 und 21 reduzierte sich um 1 mm. Es lag ein Lockerungsgrad I vor und die Sondierungstiefen befanden sich im physiologischen Bereich. Der Perkussionstest erschien negativ und der Sensibilitätstest der Nachbarzähne war eindeutig positiv, sodass kein weiterer endodontischer Behandlungsbedarf vorlag. Die apikale Osteolyse des Zahnes 11 zeigte radiologisch knöcherne Regenerationsmerkmale und das Wurzelwachstum erschien vorangeschritten. Die apikale Aufhellung des Zahnes 21 ist nach wie vor zu erkennen, an den Zähnen 12 und 22 sind die apikalen Aufhellungen hingegen verschwunden. Das Wurzelwachstum der Zähne 12 und 22 ist als beinahe gänzlich abgeschlossen einzustufen (Abb. 10 bis 12). Man kann also bei Zahn 21, wie zuvor bei den Zähnen 12 und 22 von residualen Follikelanteilen ausgehen.

Die endodontische Behandlung des Zahnes 11 mit biokeramischen Materialien kann nach dem Ein-Jahres-Recall als erfolgreich gewertet werden.

## ■ Diskussion

Kritisch zu diskutieren ist die späte Schienung, da es vermutlich zu einer Extrusion des Zahnes 11 durch das Trauma kam und nicht nur zu einer Kronenfraktur, worauf die extrudierte Position des Zahnes schließen lässt. Eine korrekte Reposition und direkte, flexible Schienung hatten zum Zeitpunkt des Traumas nicht stattgefunden. Erst Wochen nach dem Unfall, als es vermutlich durch die Abszedierung zu einer Lockerung des Zahnes kam, wurde eine Schienung vorgenommen. Diese wiederum wurde zu lange in situ belassen, obwohl die Liegedauer nur zwei Wochen betragen sollte, was wiederum Ankylosen begünstigen kann<sup>33</sup>.

Ob eine partielle Pulpotomie und die Verwendung eines biokeramischen Materials direkt nach dem Unfall gegebenenfalls zum Vitalerhalt der Pulpa beigetragen hätten, ist retrospektiv nicht abschließend zu beurteilen, da nicht zu klären war, ob es zu einer Pulpaexposition gekommen war. Die nicht sofort durch die Kinderzahnärztin eingeleitete Pulpotomie ist als korrekt einzuordnen, da es nach einem Trauma trotz erhaltener Pulpavitalität zu einer fehlenden Reaktion auf den Kältetest kommen kann.



Eine Regeneration der Pulpa ist bei offenem Apex als sehr realistisch einzustufen. Eine Vitalerhaltung kann in > 70 % der Fälle erreicht werden. Das Recall-Intervall eines traumatisch geschädigten Zahnes ohne Symptome sollte bei drei, sechs und zwölf Monaten liegen und anschließend innerhalb der ersten fünf Jahre jährlich stattfinden.

Kritisch zu diskutieren ist ebenfalls die Verwendung der noch nicht Langzeit erprobten biokeramischen Materialien, da noch keine konkreten Erfolgswerte bei Anwendung zum apikalen Verschluss vorliegen<sup>34</sup>. Die Studienlage beschränkt sich hauptsächlich auf Fallberichte. Bei einer Verwendung von MTA hingegen liegt bezüglich der Erfolgsrate eine gesicherte Datenlage von hoher Evidenz vor. In einer retrospektiven Studie, in der 113 Zähne mit retrograden RRM-Füllungen mindestens nach einem Jahr nachkontrolliert wurden, konnte eine 92%ige Erfolgsrate verzeichnet werden<sup>35</sup>.

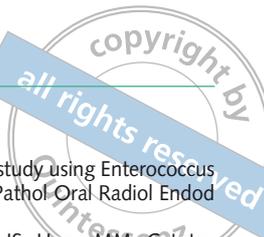
Bei Biokeramiken, die bereits aus dem Medizinbereich (beispielsweise Gelenkersatz) bekannt sind, handelt es sich um anorganische, nichtmetallische Materialien, die seit etwa 2008 auch in der Endodontie Verwendung finden<sup>36</sup>. Sie können als Sealer, ortho- und retrogrades Wurzelfüllmaterial, zur Wurzelreparatur, zur Pulpaüberkappung und bei der

Apexifikation angewandt werden. Der Vorteil der neuen Biokeramiken liegt in einer verbesserten Biokompatibilität im Vergleich zu herkömmlichen Sealermaterialien<sup>34</sup>. In vitro konnten eine Zelladhäsion, Proliferation und ein Überleben von mesenchymalen Knochenmarksstammzellen, Zellen des Parodontalligamentes und von Stammzellen der Pulpa auf den neuartigen Biokeramiken nachgewiesen werden<sup>32</sup>. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass sie im Gegensatz zu MTA nicht zu einer koronalen Verfärbung der Zahnkrone führen<sup>37</sup>.

Das in diesem Fall angewandte RRM Putty besteht laut Herstellerangaben aus Kalziumsilikat, Zirkoniumoxid, Tantaloxid und Kalziumphosphat. Biokeramiken benötigen zum Abbinden Flüssigkeit und weisen somit eine hohe Hydrophilie auf. Die Abbindezeit des RRM Putty beträgt laut Herstellerangaben etwa zwei Stunden. Auch die reduzierte Aushärtezeit des RRM Putty Fast-Set (20 min) bietet Vorteile im Vergleich zum MTA, da eine umgehende Wurzelfüllung des übrigen Wurzelkanalanteils bei einem bereits gänzlich ausgehärteten Plug möglich ist. Das einzeitige Vorgehen ist als sinnvoll einzustufen, da somit die Risiken einer Reinfektion und Zahnfraktur minimiert werden konnten und es der Compliance des Patienten ebenfalls zuträglich erschien<sup>38</sup>.

## ■ Literatur

1. Filippi A. Unfallbedingte Zahnverletzungen – Klassifikation, Terminologie und Risikofaktoren. *Quintessenz* 2009;5:525–529.
2. Hülsmann M. Endodontie. Stuttgart, New York: Thieme Verlag 2008.
3. Ravn JJ. Follow-up study of permanent incisors with enamel-dentin fractures after acute trauma. *Eur J Oral Sci* 1981;89:355–365.
4. Morse DR, O'Larnic J, Yesilsoy C. Apexification: review of the literature. *Quint Int* 1990;21:589–598.
5. Sahebi S, Moazami F, Abbot P. The effects of short-term calcium hydroxide application on the strength of dentine. *Dent Traumatol* 2010;26:43–46.
6. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root-fracture. *Dent Traumatol* 2002;18:134–137.
7. Rosenberg B, Murray PE, Namerow K. The effect of calcium hydroxide root filling on dentin fracture strength. *Dent Traumatol* 2007;23:26–29.
8. El Meligy OAS, Avery DR. Comparison of apexification with mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *Pediatr Dent* 2006;28:248–253.
9. Simon S, Rillard F, Berdal A, Machtou P. The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *Int Endod J* 2007;40:186–197.
10. Witherspoon DE, Small JC, Regan JD, Nunn M. Retrospective analysis of open apex teeth obturated with mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2008;34:1171–1176.
11. Sarris S, Tahmassebi JF, Duggal MS, Cross IA. A clinical evaluation of mineral trioxide aggregate for root-end closure of non-vital immature permanent incisors in children – a pilot study. *Dent Traumatol* 2008;24:79–85.
12. Holden DT, Schwartz SA, Kirkpatrick TC, Schindler WG. Clinical outcome of artificial root-end barriers with mineral trioxide aggregate in teeth with immature apices. *J Endod* 2008;34:812–817.
13. Annamalai S, Mungara J. Efficacy of mineral trioxide aggregate as an apical plug in non-vital young permanent teeth: preliminary results. *J Clin Ped Dent*;35:149–155.
14. Moore A, Howley MF, O'Connell AC. Treatment of open apex teeth using two types of white mineral trioxide aggregate after initial dressing with calcium hydroxide in children. *Dent Traumatol* 2011;27:166–173.
15. Al-Khatani A, Shostad S, Schifferle R, Bhambhani S. In-vitro evaluation of microleakage of an orthograde apical plug of mineral trioxide aggregate in permanent teeth with simulated immature apices. *J Endod* 2005;31:117–119.
16. Martin GD, Thrope JR, Strother JM, McClanahan SB. Comparative study of white and gray mineral trioxide aggregate (mta) simulating a one- or two-step apical barrier technique. *J Endod* 2004;30:876–879.
17. Martin RL, Monticelli F, Brackett WW, Loushine RJ, Rockman RA, Ferrari M, Pashley DH, Tay FR. Sealing properties of mineral trioxide aggregate orthograde apical plugs and root fillings in an in vitro apexification model. *J Endod* 2007;33:272–275.



18. Alhadainy HA. Root perforation – a review of literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;78:368–374.
19. Torabinejad M. *Mineral Trioxide Aggregate – Properties and Clinical Application*. Ames: Wiley-Blackwell 2014.
20. Martelli H, Pellizzer EP, Rosa BT, Lopes MB, Gonini Jr A. Fracture resistance of structurally compromised root filled bovine teeth restored with accessory glass fibre posts. *Int Endod J* 2008;41:685–692.
21. Schmoldt SJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM. Reinforcement of simulated immature roots restored with composite resin, mineral trioxide aggregate, gutta-percha, or a fiber post after thermocycling. *J Endod* 2011;37:1390–1393.
22. Nayak G, Hasan MF. Biodentine – a novel dentinal substitute for single visit apexification. *Rest Dent End* 2014;39:120–125.
23. Caronna V, Himel V, Yu Q, Zhang JF, Sabey K. Comparison of the surface hardness among 3 materials used in an experimental apexification model under moist and dry environments. *J Endod* 2014;40:986–989.
24. Belobrov I, Parashos P. Treatment of tooth discoloration after the use of white mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2011;37:1017–1020.
25. Ramos JC, Palma PJ, Nascimento R, Caramelo F, Messias A, Vinagre A, Santos JM. 1-year in vitro evaluation of tooth discoloration induced by 2 calcium silicate-based cements. *J Endod* 2016;42:1403–7.
26. Gandolfi MG, Iacono F, Agee K, Siboni F, Tay F, Pashley DH, Prati C. Setting time and expansion in different soaking media of experimental accelerated calcium-silicate cements and Pro Root MTA. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;6:39–45.
27. Prajakta GD, Kumar GA, Maneesha D. Biodentine: a revolution in conservative dentistry and endodontic. *J Interdisc Sci* 2013;2:7–11.
28. Nair U, Ghattas S, Saber M, Natera M, Walker C, Pileggi R. A comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: an in vitro leakage study using *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;112:74–77.
29. Damas BA, Wheeler MA, Bringas JS, Hoen MM. Cytotoxicity comparison of Mineral Trioxide Aggregates and EndoSequence Bioceramic Root Repair Materials. *J Endod* 2011;37:372–375.
30. Lovato KF, Sedgley CM. Antibacterial activity of EndoSequence Root Repair Material and ProRoot MTA against clinical isolates of *enterococcus faecalis*. *J Endod* 2011;37:1542–1546.
31. Jingzhi M, Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Biocompatibility of two novel root repair materials. *J Endod* 2011;37:793–798.
32. Chen I, Salhab I, Setzer FC, Kim S, Nah HD. A new calcium silicate-based bioceramic material promotes human osteo- and odontogenic stem cell proliferation and survival via the extracellular signal-regulated kinase signaling pathway. *J Endod* 2016;42:480–486.
33. DiAngelis AJ, Andreasen JO, Ebeleseder KA, et al. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. fractures and luxations of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2012;28:2–12.
34. Wang Z. Bioceramic material in endodontics. *Endod Top* 2015;32:3–30.
35. Shinbori N, Grama AM, Patel Y, Woodmansey K, He J. Clinical outcome of endodontic microsurgery that uses EndoSequence BC root repair material as the root-end filling material. *J Endod* 2015;41:607–612.
36. Ree M, Schwartz R. Biokeramische Materialien in der Endodontie. *Endodontie* 2014;23:395–407.
37. Kohli MR, Yamaguchi M, Setzer FC, Karabucak B. Spectrophotometric analysis of coronal tooth discoloration induced by various bioceramic cements and other endodontic materials. *J Endod* 2015;41:1862–1866.
38. Rafter M. Apexification: a review. *Dent Traumatol* 2005;21:1–8.

## The use of bioceramics in traumatized teeth with incomplete root development: A case report

**KEYWORDS** *Apexification, bioceramics, root-end closure, mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide*

Traumatic injuries in teeth with incomplete root formation often result in pulp necrosis. For decades the treatment of such teeth has been apexification using calcium hydroxide in a multiple-visit approach. This case report describes recently developed single-visit treatment techniques using mineral trioxide aggregate or bioceramics for apical closure.