

Reparatur einer Wurzelperforation mit MTA: ein Fallbericht

Schlüsselwörter: Wurzelperforation, Revision, Parodontitis apicalis

LEONARD BÜTTEL
ROLAND WEIGER
GABRIEL KRASTL

Klinik für Parodontologie,
Endodontologie und Kariologie,
Universität Basel, Schweiz

Korrespondenzadresse

Dr. Leonard Büttel
Klinik für Parodontologie,
Endodontologie und Kariologie,
Universität Basel, Schweiz
Hebelstrasse 3
CH-4056 Basel
Tel. 061 267 26 22
E-Mail: Leonard.Buettel@unibas.ch



Bild oben: Frontzahn mit ausgedehnter periapikaler Läsion und iatrogenen Perforation vor und nach Behandlung.

Zusammenfassung Wurzelperforationen als mögliche Komplikation im Rahmen einer Wurzelbehandlung können das Misserfolgsrisiko für den betroffenen Zahn erhöhen. Zu den Einflussfaktoren zählen: die Lokalisation und die Grösse der Perforation, eine mögliche mikrobielle Besiedlung des endodontischen Systems, die Zeit bis zum dichten Verschluss sowie das Füllmaterial. Entscheidend für einen langfristigen Behandlungserfolg ist die Dekontamination im Defektbereich und im restlichen Wurzelkanalsystem. Für die

meisten Fälle stellt die orthograde Revision mit intrakanalärem Perforationsverschluss im Sinne einer kausalen Herangehensweise die Therapie der Wahl dar. Dieser Fallbericht beschreibt die Behandlung eines Oberkieferschneidezahns mit ausgedehnter apikaler Parodontitis und iatrogenen Perforation bei einem 14-jährigen Patienten. Die Kontrolluntersuchung drei Jahre nach Revision des Wurzelkanals, Perforationsverschluss mit MTA und restaurativer Versorgung mit Komposit dokumentiert eine erfolgreiche Therapie.

Einleitung

Wurzelperforationen können als unerwünschte Komplikation im Rahmen einer endodontischen Behandlung auftreten und den Zahnarzt – trotz Einsatz verbesserter technologischer Hilfsmittel und Vergrößerungshilfen – vor erhebliche Schwierigkeiten stellen. Werden Wurzelperforationen übersehen oder nicht adäquat behandelt, hat dies einen entscheidenden Einfluss auf die Prognose des betroffenen Zahnes (DE CHEVIGNY ET AL. 2008, NG ET AL. 2011). DE CHEVIGNY ET AL. konnten bei Zähnen mit vorhandener Perforation durch eine orthograde Revision nur in 56% eine Ausheilung erreichen, wohingegen die Erfolgsrate bei Zähnen ohne Perforation langfristig bei 87% lag. Die Prognose nach Wurzelperforationen hängt von deren Grösse, der Lage, dem Grad des parodontalen Traumas, der Zeit bis zum dichten Verschluss sowie von den Eigenschaften des Füllmaterials ab (FUSS & TROPE 1996, NOETZEL & KIELBASSA 2005). Die Prognose ist umso besser, je frischer, kleiner und weiter apikal die Perforation gelegen ist. Entscheidend ist weiterhin, ob bereits eine Infektion des endodontischen Systems vorliegt. Ist dies nicht der Fall, kann von einer günstigen Prognose ausgegangen werden (GORNI & GAGLIANI 2004). Bei vorliegender apikaler Parodontitis sinkt die Erfolgsrate perforierter Zähne allerdings signifikant, da durch die Perforation die vollständige Erschliessung des originären Kanalverlaufs oft erschwert ist (GORNI & GAGLIANI 2004). Als Therapieoptionen stehen chirurgische und nicht chirurgische (orthograde) Verfahren zur Verfügung. Für die meisten Fälle stellt die Revision mit intrakanalärem Perforationsverschluss im Sinne einer kausalorientierten Therapie die erste Wahl dar. Eine chirurgische Vorgehensweise ist bei orthograde Unerreichbarkeit der Perforationsstelle (oder der apikal davon gelegenen ungereinigten Kanalanteile), bei grossflächiger Perforation, massiver Überfüllung sowie fehlender Ausheilung einer bereits therapierten Läsion indiziert (NICHOLLS 1962, SINAI 1977). Bei unsicherer Diagnose, kann ein digitales Volumentomogramm präoperativ die Entscheidungsfindung erleichtern. Im Folgenden wird ein Behandlungsfall mit grosser periradikulärer Aufhellung und iatrogen verursachter Perforation vorgestellt. Ein Erhalt des betroffenen Zahnes wurde mittels orthograde, nicht chirurgischer Therapie angestrebt.

Patient

Anamnese und Befund

Ein 14-jähriger Patient wurde zur endodontischen Begutachtung und Weiterbehandlung an die Klinik für Parodontologie, Endodontologie und Kariologie (Universitätskliniken für Zahnmedizin, Basel) überwiesen. Vier Jahre zuvor war Zahn 21 alio loco in Folge einer Kronenfraktur mit Pulpabeteiligung wurzelkanalbehandelt worden. Die Wurzelkanalfüllung wurde drei Jahre später revidiert. Latente Druckbeschwerden und eine Fistel an Zahn 21 veranlassten den Behandler den Patienten zu überweisen. Die allgemeinmedizinische Anamnese des Patienten war unauffällig. Bei der klinischen Untersuchung fiel der deutlich verfärbte Zahn 21 bei sonst unauffälligem Restgebiss auf. Ein Fistelausgang mit leichter Schwellung und apikalem Druckpunkt fand sich labial im Bereich der Wurzelspitze (Abb. 1). Der Perkussionstest blieb unauffällig. Die Sensibilitätsprüfung mittels CO₂-Schnee verlief an Zahn 21 erwartungsgemäss negativ, an den restlichen Zähnen positiv. Zahn 11 war aufgrund des früheren Zahntraumas mit einem mesialen Kompositekaufbau versorgt. Die Mundhygiene war nicht optimal, mit Plaqueakkumulation an den Glattflächen

und generalisierter Gingivitis. Erhöhte Sulkusondierungstiefen waren nicht feststellbar. Im angefertigten Mundfilm imponierten an Zahn 21 eine ausgedehnte periapikale Läsion und eine inhomogene Wurzelkanalfüllung (Abb. 2). Weiterhin war ein einzelner über den Apex extendierter Gutta-perchastift ersichtlich. Bei unklarer Situation im Apikalbe-



Abb. 1 Deutlich verfärbter Frontzahn 21 mit labialer Fistel

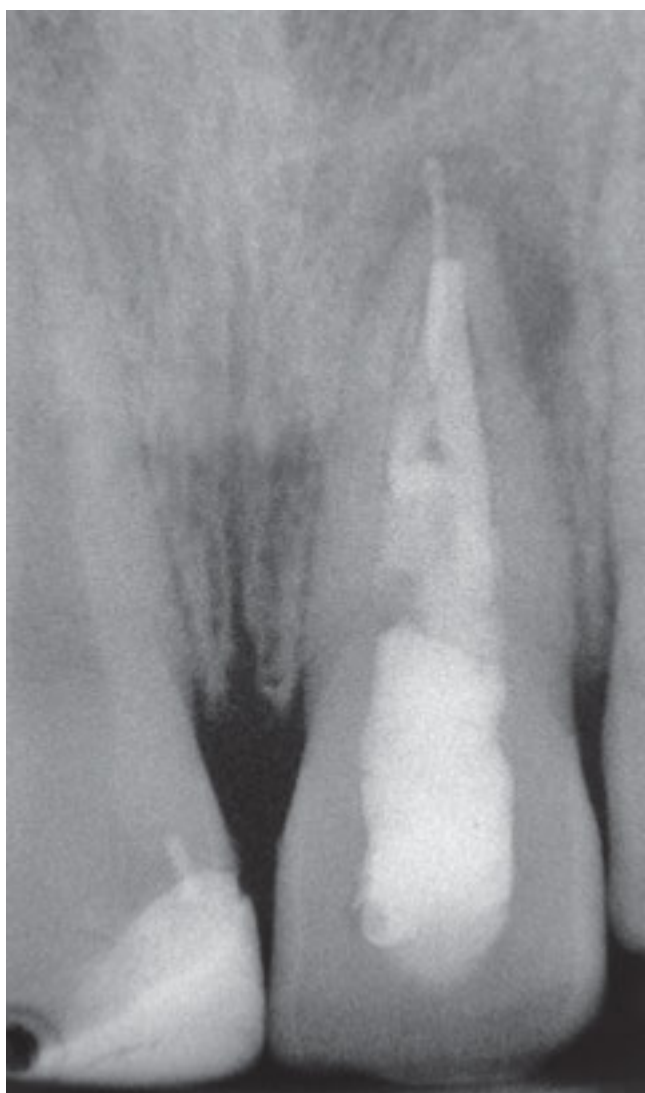


Abb. 2 Ausgangsröntgenbild 21: ausgedehnte periapikale Läsion mit inhomogener Wurzelkanalfüllung

reich wurde als zusätzliches diagnostisches Hilfsmittel ein digitales Volumentomogramm angefertigt. Auf diesem zeigte sich im apikalen Drittel eine extensive iatrogene Perforation der bukkalen Wurzelwand mit umgebender Aufhellung (Abb. 3). Weiterhin waren ungefüllte Wurzelkanalareale im apikalen Bereich und ein erhöhter bukkaler Zahnhartsubstanzauftrag durch die früher durchgeführten endodontischen Behandlungen sichtbar. Eine genaue Beurteilung des Ausmasses und der Lage der Perforation war in der dreidimensionalen Darstellung möglich. Die Verdachtsdiagnose lautete: symptomatische Parodontitis apicalis mit Wurzelperforation und Fistel an Zahn 21.

Behandlungsablauf

Revision der Wurzelkanalfüllung

Im Einverständnis mit dem Patienten wurde beschlossen, die nicht gefüllten apikalen Wurzelkanalabschnitte von orthograd zu erschliessen und gleichzeitig die Perforation von intrakanalär zu verschliessen. Weiteres Ziel war eine Verbesserung der Ästhetik durch internes Bleichen an Zahn 21 sowie durch die restaurative Versorgung beider mittlerer Frontzähne herbeizuführen. Nach Infiltrationsanästhesie und dem Anlegen des Kofferdams wurde die Zugangskavität präpariert und unter Zuhilfenahme eines Operationsmikroskops die alte Wurzelkanalfüllung revidiert. Unter vorsichtigem Arbeiten mit Handfeilen und Ultraschall (P5 Newtron, Satelec, Merignac, Frankreich) wurde der Kanal bis zur Perforationsstelle erschlossen. Es gelang, den über die apikale Konstriktion gestossenen Guttaperchastift vollständig zu entfernen. Das gesamte originale Kanallumen konnte erschlossen werden. Die endometrische und röntgenologische Längenbestimmung folgte (Abb. 4). Die etwa 2–3 mm grosse Perforationsstelle an der bukkalen Wand war durch das Mikroskop gut darstellbar und für einen Verschluss erreichbar. Mithilfe von Ultraschallspitzen und Handinstrumenten verschiedener Grössen wurde versucht sämtliche Zement- und Guttapercharesten aus dem Bereich der Perforation zu entfernen. Die gesamte Behandlung wurde unter intermittierender Spülung mit 1% NaOCl durchgeführt. Der Kanal wurde temporär mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ gefüllt und die Zugangskavität mit Cavit® (3M Espe, Seefeld, Deutschland) verschlossen.

Perforationsverschluss

Beim zweiten Termin drei Wochen später war der Patient beschwerdefrei. Der klinische Befund zeigte eine deutliche Besserung. Die Schwellung war verschwunden, und am ursprünglichen Fistelmund war eine dezente Narbe vorhanden (Abb. 5). Die Perforation wurde nach ausgiebiger ultraschallunterstützter NaOCl-Spülung mit MTA (ProRoot, Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Schweiz) verschlossen. Zur MTA-Applikation hat sich das MAP-System (Micro Apical Placement System, Produits Dentaires, Vevey, Schweiz) bewährt (Abb. 6). Mit einer Kanüle geeigneter Grösse konnte das Füllmaterial, gezielt appliziert werden. Das portionsweise eingebrachte MTA wurde mit Pluggern kondensiert. Die Perforation wurde zusammen mit den untersten 2 mm des Wurzelkanals abgedichtet (Abb. 7–8).

Wurzelkanalfüllung und internes Bleaching

Der restliche Wurzelkanal wurde mit thermoplastischer Guttapercha (Bee-Fill®, VDW, München, Deutschland) und Sealer (AH plus, Dentsply, Konstanz, Deutschland) unter Anwendung der vertikalen Kondensation mit Pluggern unterschiedlicher Grössen gefüllt (Abb. 9). Um den deutlich verfärbten Zahn 21 farblich an die Nachbarzähne anzugleichen, war ein internes



Abb. 3 Ausschnitt aus DVT: extensive, iatrogene Perforation der bukkalen Wand mit ungefüllten, apikalen Kanalanteilen

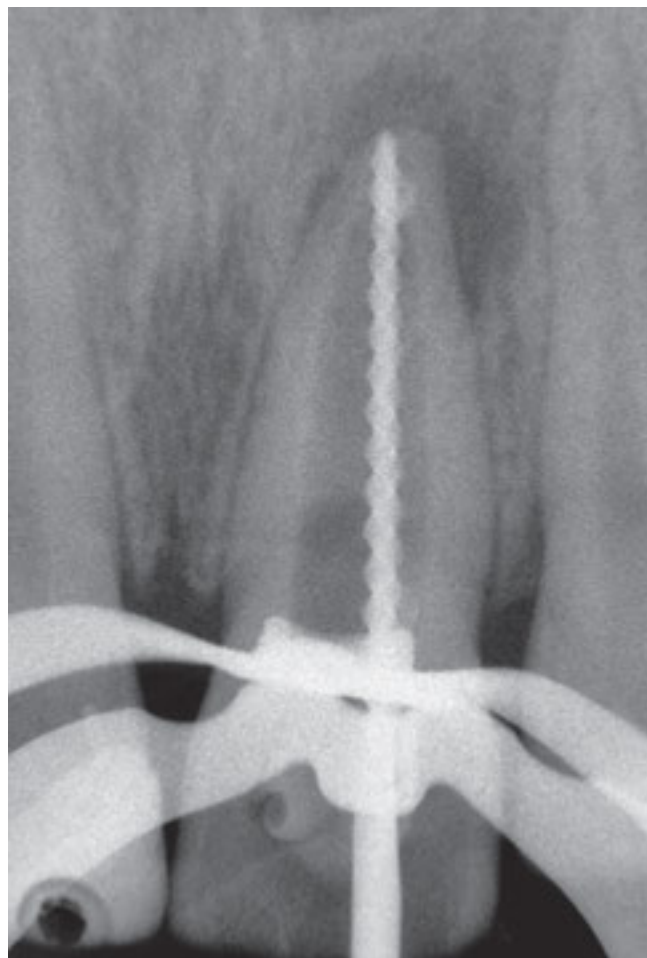


Abb. 4 Röntgenmessaufnahme



Abb. 5 Reduzierte Schwellung mit Narbenbildung am ursprünglichen Fistelmund nach dreiwöchiger Einlagezeit

Bleaching notwendig. Die Wurzelkanalfüllung wurde zuvor 2 mm apikal der Schmelz-Zement-Grenze reduziert und mit Zinkphosphatzement abgedeckt. Als Bleichmittel kam Natriumperborat angemischt mit steriler Kochsalzlösung zum Einsatz. Als temporäre Abdeckung diente Cavit® (3M Espe) und eine Schicht Flowable Komposit (Filtek Supreme XTE Flow, 3M Espe). Vorgesehen war zunächst eine dreiwöchige Bleichungszeit. Aufgrund von Terminschwierigkeiten vonseiten des Patienten,

stellte sich dieser erst nach sieben Wochen zur Entfernung des Bleichmittels vor. Die Aufhellung der Zahnhartsubstanz war durch die lange Verweildauer des Bleichmittels etwas zu ausgeprägt (Abb. 10). Der definitive Verschluss der Trepanationsöffnung erfolgte mit Komposit. Es wurde darauf geachtet, das Komposit möglichst tief im koronalen Wurzel Drittel zu verankern um eine Stabilisierung der dünnen Dentinwände herbeizuführen (Abb. 11).

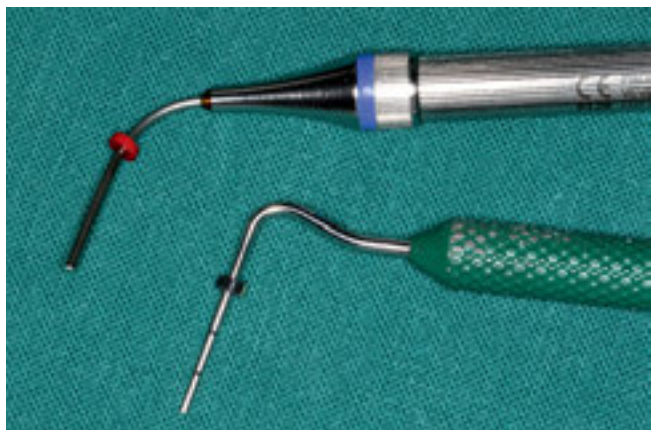


Abb. 6 Farbcodierte Kanüle des MAP-Systems und Plugger zur MTA-Applikation

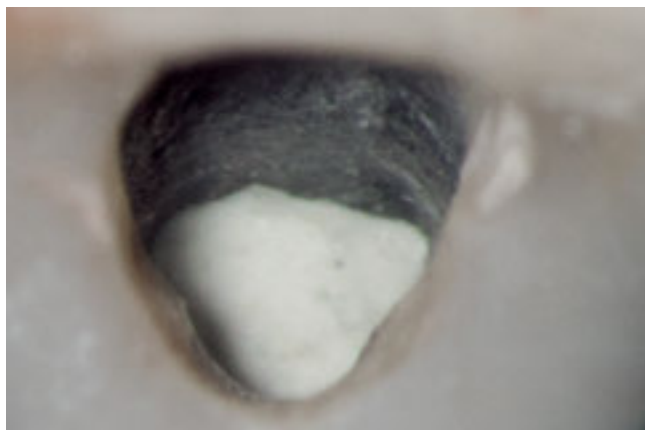


Abb. 7 Situation nach MTA-Applikation unter dem Operationsmikroskop



Abb. 8 Perforationsverschluss und Abdichtung der untersten 2 mm des Kanals mit MTA

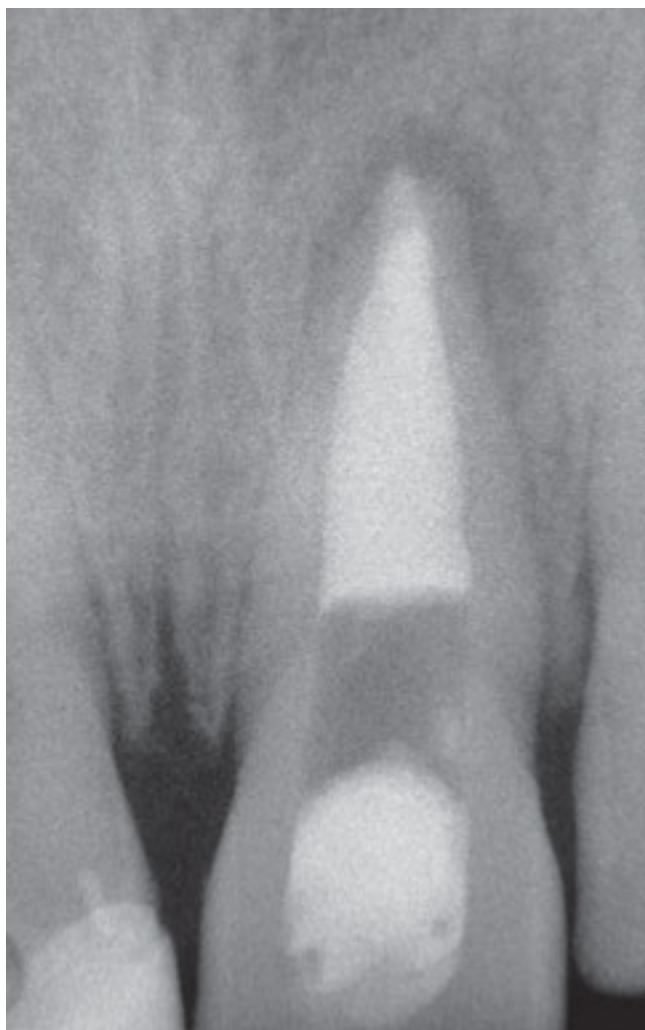


Abb. 9 Rx-Bild nach Wurzelkanalfüllung

Koronale Restauration

Um dem Patientenwunsch nach einem ästhetisch verbesserten Erscheinungsbild Rechnung zu tragen, wurde gleichzeitig ein Austausch der insuffizienten Kompositfüllungen an den beiden mittleren Frontzähnen geplant. Die ästhetischen Frontzahnrestaurationen wurden gemäss der Schalenteknik für Klasse-IV-Füllungen durchgeführt (KRAS TL ET AL. 2011). Ein Mock-up aus Komposit wurde zur Simulation der zukünftigen Zahnform

erstellt und mit einer Silikonmasse (Coltoflax, Coltene, Altstätten, Schweiz) abgeformt. Der Silikonabdruck wurde mit einem Skalpell so beschnitten, dass der palatinale Teil erhalten blieb. Mit dem erstellten Silikonschlüssel konnte die palatinale Wand nach adhäsiver Vorbehandlung der Zahnhartsubstanz mit einer Schmelzmasse (Filtek Supreme XTE) modelliert werden (Abb. 12–13). Nach Polymerisation wurde der Schlüssel abgenommen. Die palatinale Wand gab dabei inzisal die Zahnform



Abb. 10 Zahn 21 nach interner Bleichung



Abb. 12 Präparation für Frontzahnrestaurationen

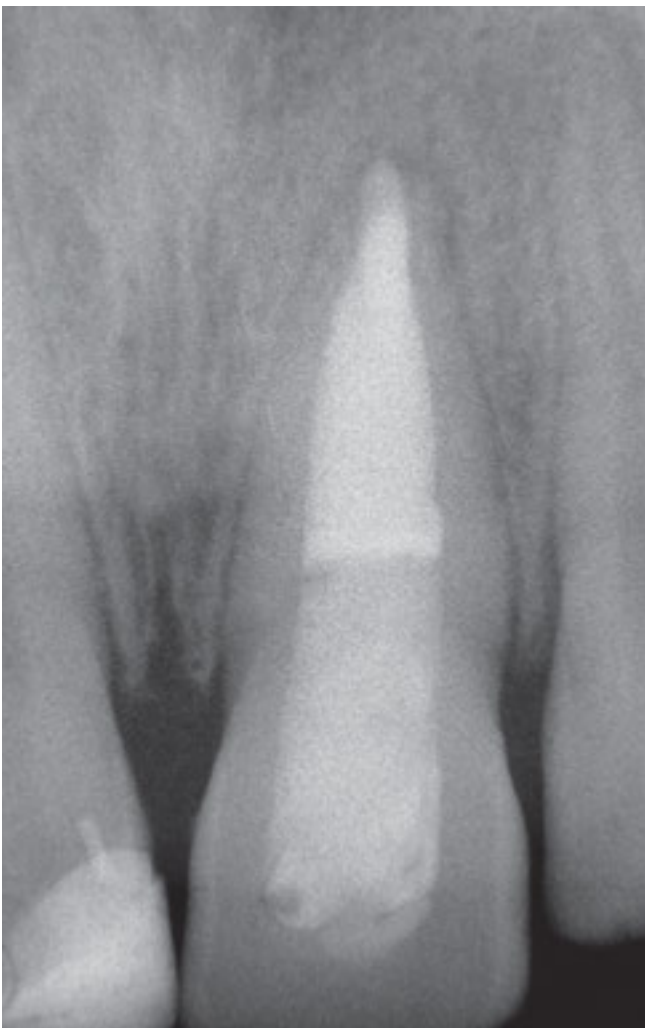


Abb. 11 Kontroll-Rx nach Kompositverschluss

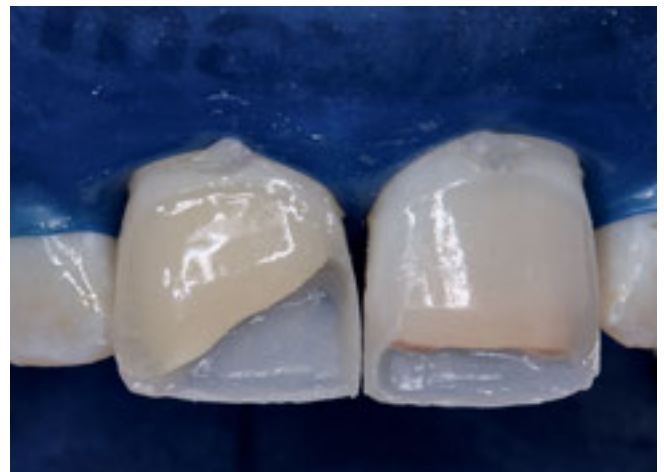


Abb. 13 Schalenteknik: Aufbau der palatinalen Wände zur Formgebung

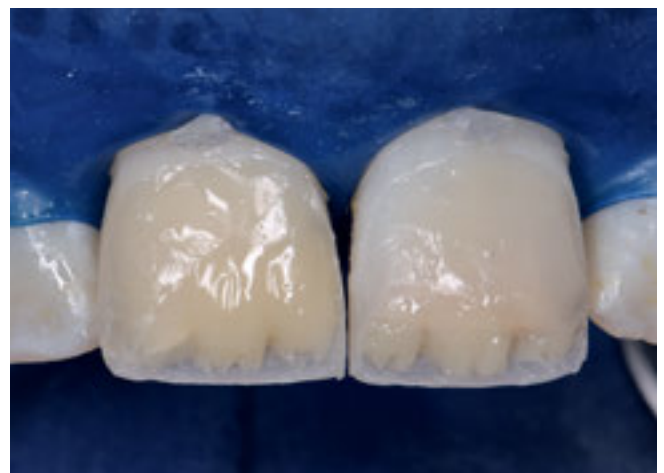


Abb. 14 Dentinkern mit Mamelonstrukturen

korrekt wieder. Nach Aufbau der approximalen Zahnkontur erfolgte die Schichtung des Dentinkerns aus einer opaken Masse geeigneter Farbe. Der Dentinkern bedeckte etwa die Hälfte der labialen Abschrägung und simulierte im inzisalen Bereich das Vorhandensein von Mammelonstrukturen (Abb. 14). Die inzisalen Bereiche zwischen den Mammelons wurden mit hochtransparenter Kompositmasse gefüllt. Die Restauration wurde bukkal mit einer dünnen Schicht aus Schmelzmasse fertiggestellt und anschliessend auf Hochglanz poliert (Abb. 15–16). Mit diesem minimalinvasiven Vorgehen konnte ein ästhetisch zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden. Die Halb- und Ganzjahreskontrollen zeigten ein klinisch unauffälliges Erscheinungsbild (Abb. 17). Die Fistel war verschwunden,

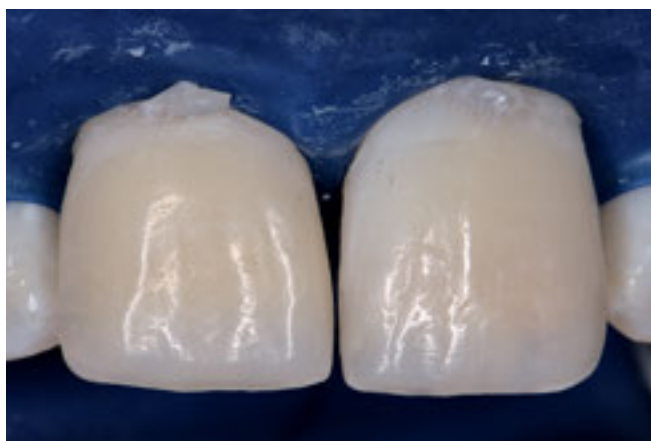


Abb. 15 Politur der Kompositrestaurationen



Abb. 16 Fertigstellung der Compositeaufbauten



Abb. 17 Klinische Situation nach drei Jahren

eine kleine Narbe auf Höhe des Fistelmundes blieb bestehen. Das Kontrollröntgenbild nach drei Jahren zeigt eine vollständige Abheilung der periapikalen Knochenläsion (Abb. 18).

Diskussion

Zweitbehandlungen bei endodontischen Misserfolgen sind oftmals zeit- und materialaufwendig. Liegt wie im vorliegenden Fall als zusätzliche Komplikation eine Wurzelf perforation vor, wird die Chance auf eine erfolgreiche Behandlung weiter ungünstig beeinflusst (DE CHEVIGNY ET AL. 2008, NG ET AL. 2011). Wurzelf perforationen sind pathologische Verbindungen zwischen dem Pulpakavum und dem Desmodont bzw. der Mundhöhle. Sie können durch kariöse oder resorptive Prozesse entstehen. Mit Abstand am häufigsten treten Perforationen aber iatrogen durch Missachtung des originären Kanalverlaufs während der endodontischen Behandlung oder der Stiftkanalpräparation auf. Bei Frontzähnen kommt es bei der Präparation der Zugangskavität leicht zu einer Abweichung der Zahnachse nach labial. Der resultierende übermässige Abtrag von labialer Zahnhartsubstanz führt zu einer Ausdünnung der labialen Wand und im Extremfall zu einer Perforation. Bei Revisionsfällen ist mit einem zusätzlichen Zahnhartsubstanz-



Abb. 18 Röntgenkontrolle nach drei Jahren

verlust zu rechnen. Durch minimalinvasives Vorgehen mit graziilen Ultraschallspitzen unter entsprechender Vergrößerungshilfe, kann das Risiko einer Perforation minimiert werden. Lange wurde die Prognose von Wurzelperforationen als ungünstig eingestuft und korrelierte mit einer inakzeptabel hohen Misserfolgsrate (RODA 2001). KVINNSLAND ET AL. (1989) berichteten von einer Erfolgsrate von 56% über 41 Monate. Die Perforationen wurden dabei mit Guttapercha verschlossen oder gar nicht behandelt. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass das Verschlussmaterial einen erheblichen Einfluss auf die Prognose hat. Durch die Verwendung biokompatibler Materialien wie MTA zur Perforationsdeckung konnte die Erfolgsrate perforierter Zähne erheblich verbessert werden (MAIN ET AL. 2004, PACE ET AL. 2008). In einer kürzlich publizierten In-vivo-Studie mit MTA als Abdichtungsmaterial konnte in über 85% eine Heilung der Perforationsstelle erreicht werden (MENTE ET AL. 2010). MTA scheint eine effektive langfristige und biokompatible Abdichtung der Perforation zu gewährleisten (GOHRING ET AL. 2004A, B, TORABINEJAD & CHIVIAN 1999). Besonders günstig ist dessen Eigenschaft, unter Feuchtigkeit Zutritt abzubinden. Das Hauptziel beim Management von Wurzelperforationen ist, den Entzündungsprozess des traumatisierten umliegenden Gewebes zu stoppen und idealerweise eine Regeneration zu erlangen. Dies ist nur unter aseptischen Bedingungen möglich. Ein möglichst zeitnaher Verschluss der Perforation unter Kofferdam ist anzustreben. Eine unbehandelte Perforation und eine Infektion der Perforationsstelle minimieren die Erfolgsaussichten (BEAVERS ET AL. 1986, KIM ET AL. 2001, SELTZER ET AL. 1970). Ist die Perforation apikal gelegen, wird zumindest eine Rekontamination über die Mundhöhle unwahrscheinlich. Perforationen im zervikalen Wurzel Drittel oder im Pulpakammerboden hingegen haben aus diesem Grund ungünstigere Heilungschancen. Entscheidend für einen langfristigen Behandlungserfolg ist die Dekontamination im Defektbereich und im restlichen Wurzelkanalsystem. Allerdings ist die vollständige Erschliessung des originären Kanalsystems durch die Perforation oftmals erschwert.

GORNI & GAGLIANI (2004) zeigten in einer klinischen Studie, dass die Erfolgsrate revidierter Zähne mit apikaler Parodontitis bei 84% lag. Trat zusätzlich als Komplikation eine Perforation auf, die eine vollständige Erschliessung verhinderte, sank die Erfolgsrate auf 40%.

Im vorliegenden Fall waren im Anfangsröntgenbild eine grosse periapikale Aufhellung und eine inhomogene Wurzelkanalfüllung erkennbar. Der Misserfolg der vorgängigen Behandlungen kann auf den Verbleib einer ausreichenden Zahl von Mikroorganismen im gesamten Wurzelkanalsystem zurückgeführt werden, die zur Etablierung der Entzündung im extraradikulären Bereich beigetragen haben. Zur Entscheidungsfindung in Hinblick auf die Therapie wurde als zusätzliches diagnostisches Hilfsmittel ein digitales Volumentomogramm veranlasst. Erst auf diesem konnte die Perforation der labialen Wand im apikalen Wurzel Drittel in vollständigem Ausmass und exakter Lage beurteilt werden. ESTRELA und Mitarbeiter zeigten 2008 in einer retrospektiven Studie die Überlegenheit dreidimensionaler Bildverfahren zur Beurteilung der periapikalen Region gegenüber zweidimensionalen Rx-Bildern (ESTRELA ET AL. 2008). SHEMAH ET AL. (2011) untersuchten in vitro die Diagnosemöglichkeit von Wurzelperforationen an Unterkiefermolaren anhand eines digitalen Röntgenbildes im Vergleich zum Volumentomogramm. Dabei konnten 87% aller Perforationen im DVT entdeckt werden verglichen mit 63% im periapikalen Röntgenbild. Ein dreidimensionales Bildverfahren scheint bei unklarer Situation als zusätzliches Hilfsmittel

zur Erkennung von Perforationen von Vorteil zu sein. Im vorliegenden Fall wurde anhand des Volumentomogramms die Möglichkeit einer kompletten Erschliessung des Wurzelkanalsystems und die Erreichbarkeit der Perforationsstelle durch eine orthograde Revision als günstig eingeschätzt. Im Sinne eines kausal orientierten Therapieansatzes erfolgte der Perforationsverschluss im Anschluss an die vollständige Erschliessung und Reinigung des gesamten endodontischen Hohlraumsystems. Als Therapiealternative stand die chirurgische Perforationsversorgung zur Verfügung. Darauf wurde verzichtet, weil diese in der Regel nur bei orthograde Unerreichbarkeit der Perforationsstelle oder der weiter apikal gelegenen ungerinigten Kanalanteile und bei unbefriedigender Ausheilung bereits behandelter Defekte (extraradikuläre Infektion) oder massiver Überfüllung indiziert ist (NICHOLLS 1962, NOETZEL & KIELBASSA 2005). Bei der postendodontischen Versorgung wurde vor dem Hintergrund des Patientenalters eine minimalinvasive Kompositrestauration gewählt. Es wurde darauf geachtet, das Komposit möglichst tief im koronalen Wurzel Drittel zu verankern, um eine Stabilisierung der dünnen Dentinwände herbeizuführen. Auf eine Stiftinsertion wurde verzichtet, da genügend Restzahnsubstanz vorhanden war und ein möglicher Substanzabtrag bei der Vorbereitung des Stiftkanals den Zahn zusätzlich geschwächt und die Frakturgefahr somit erhöht hätte (AL-OMIRI ET AL. 2010, BUTTEL ET AL. 2009, LANG ET AL. 2006). Der Stabilisierungseffekt adhäsiver Massnahmen im Wurzelkanal wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Eine kurzfristige Stabilisierung geschwächter Wurzeln konnte durch adhäsiv eingesetzte Stifte zwar nachgewiesen werden (GONCALVES ET AL. 2006, MARCHI ET AL. 2008), allerdings scheint die Adhäsion im Wurzelkanal unter klinischer Belastung signifikant abzunehmen (BITTER ET AL. 2012).

Die Nachkontrollen über drei Jahre zeigten ein klinisch unauffälliges Erscheinungsbild und eine röntgenologisch vollständige Ausheilung der periapikalen Läsion. Mit der erfolgreichen Revision inklusive Perforationsverschluss konnte der Zahnerhalt unter minimalinvasivem Vorgehen ohne chirurgische Intervention und aufwendige prothetische Versorgung erreicht werden. Durch ein nachfolgendes internes Bleichen und ein farblich abgestimmter Kompositeckaufbau ist auch aus ästhetischer Sicht ein zufriedenstellendes Resultat erzielt worden.

Summary

BÜTTEL L, WEIGER R, KRSTL G: **Repair of a root perforation with MTA: a case report** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 123: 549–556 (2013)

Root perforations as a possible complication during a root canal treatment may increase the risk of failure for the affected tooth. The influencing factors include: the location and the size of the perforation, a potential microbial colonization of the endodontic system, the time lapse between the occurrence of the perforation and repair, and the filling material. Decontamination at the perforation site and in the remaining root canal system is essential for long-term success. For most cases, an orthograde retreatment with perforation repair represents a reasonable causal-based approach. This case report documents the treatment of a maxillary incisor with extensive apical periodontitis and iatrogenic root perforation in a 14-year-old patient. Three years after retreatment, perforation repair and coronal restoration with composite the follow-up shows a successful treatment outcome.

Literatur

- AL-OMIRI M K, MAHMOUD A A, RAYYAN M R, ABU-HAMMAD O: Fracture resistance of teeth restored with post-retained restorations: an overview. *J Endod* 36: 1439–1449 (2010)
- BEAVERS R A, BERGENHOLTZ G, COX C F: Periodontal wound healing following intentional root perforations in permanent teeth of macaca mulatta. *Int Endod J* 19: 36–44 (1986)
- BITTER K, PERDIGAO J, EXNER M, NEUMANN K, KIELBASSA A, STERZENBACH G: Reliability of fiber post bonding to root canal dentin after simulated clinical function in vitro. *Oper Dent* 37: 397–405 (2012)
- BUTTEL L, KRASTL G, LORCH H, NAUMANN M, ZITZMANN N U, WEIGER R: Influence of post fit and post length on fracture resistance. *Int Endod J* 42: 47–53 (2009)
- DE CHEVIGNY C, DAO T T, BASRANI B R, MARQUIS V, FARZANEH M, ABITBOL S ET AL.: Treatment outcome in endodontics: The Toronto Study – Phases 3 and 4: Orthograde retreatment. *J Endod* 34: 131–137 (2008)
- ESTRELA C, BUENO M R, LELES C R, AZEVEDO B, AZEVEDO J R: Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 34: 273–279 (2008)
- FUSS Z, TROPE M: Root perforations: Classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endod Dent Traumatol* 12: 255–264 (1996)
- GOHRING K S, LEHNERT B, ZEHNDER M: Uses of mta, a review. Part 2: Clinical applications. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 114: 222–234 (2004a)
- GOHRING K S, LEHNERT B, ZEHNDER M: Indications for use of mta, a review. Part 1: Chemical, physical and biological properties of mta. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 114: 143–153 (2004b)
- GONCALVES L A, VANSAN L P, PAULINO S M, SOUSA NETO M D: Fracture resistance of weakened roots restored with a transilluminating post and adhesive restorative materials. *J Prosthet Dent* 96: 339–344 (2006)
- GORNI F G, GAGLIANI M M: The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod* 30: 1–4 (2004)
- KIM M, KIM B, YOON S: Effect on the healing of periapical perforations in dogs of the addition of growth factors to calcium hydroxide. *J Endod* 27: 734–737 (2001)
- KRASTL G, FILIPPI A, ZITZMANN N U, WALTER C, WEIGER R: Current aspects of restoring traumatically fractured teeth. *Eur J Esthet Dent* 6: 124–141 (2011)
- KVINNSLAND I, OSWALD R J, HALSE A, GRONNING-SAETER A G: A clinical and roentgenological study of 55 cases of root perforation. *Int Endod J* 22: 75–84 (1989)
- LANG H, KORKMAZ Y, SCHNEIDER K, RAAB W H: Impact of endodontic treatments on the rigidity of the root. *J Dent Res* 85: 364–368 (2006)
- MAIN C, MIRZAYAN N, SHABAHANG S, TORABINEJAD M: Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *J Endod* 30: 80–83 (2004)
- MARCHI G M, MITSUI F H, CAVALCANTI A N: Effect of remaining dentine structure and thermal-mechanical aging on the fracture resistance of bovine roots with different post and core systems. *Int Endod J* 41: 969–976 (2008)
- MENTE J, HAGE N, PFEFFERLE T, KOCH M J, GELETNEKY B, DREYHAUPT J ET AL.: Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations. *J Endod* 36: 208–213 (2010)
- NG Y L, MANN V, GULABIVALA K: A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: Part 1: Periapical health. *Int Endod J* 44: 583–609 (2011)
- NICHOLLS E: Treatment of traumatic perforations of the pulp cavity. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 15: 603–612 (1962)
- NOETZEL J, KIELBASSA A M: Zahnperforationen und deren Versorgung – eine Literaturübersicht. *Dtsch Zahnärztl Z* 60: 246–252 (2005)
- PACE R, GIULIANI V, PAGAVINO G: Mineral trioxide aggregate as repair material for furcal perforation: case series. *J Endod* 34: 1130–1133 (2008)
- RODA R S: Root perforation repair: surgical and nonsurgical management. *Pract Proced Aesthet Dent* 13: 467–472 (2001)
- SELTZER S, SINAI I, AUGUST D: Periodontal effects of root perforations before and during endodontic procedures. *J Dent Res* 49: 332–339 (1970)
- SHEMESH H, CRISTESCU R C, WESSELINK P R, WU M K: The use of cone-beam computed tomography and digital periapical radiographs to diagnose root perforations. *J Endod* 37: 513–516 (2011)
- SINAI I H: Endodontic perforations: their prognosis and treatment. *J Am Dent Assoc* 95: 90–95 (1977)
- TORABINEJAD M, CHIVIAN N: Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 25: 197–205 (1999)