

F. Kunkel<sup>1</sup>, S. Gerhardt-Szép<sup>1</sup>, D. Heidemann<sup>1</sup>

# Wurzelquerfraktur zweier Zähne nach Trauma: Endodontische Behandlung mit Implantat-orientiertem Therapieabschluss



F. Kunkel

*Horizontal root fracture after dental trauma of two teeth: endodontic treatment followed by an implantological approach*

**Einführung:** Anhand der Fallpräsentation sollen die wichtigsten Aspekte der Versorgung von Frontzähnen mit Wurzelquerfraktur aufgezeigt und der implantologische Therapieansatz zur Diskussion gestellt werden.

**Material und Methode:** Es handelt sich um eine zum Zeitpunkt des Therapiebeginns 38-jährige Patientin, die bis zum Abschluss der endgültigen Versorgung mehrere Stellen (Notdienst, niedergelassene Kollegen, universitäre Poliklinik) durchlaufen musste. Die Art der Initialbehandlung bei horizontaler Wurzelfraktur ist entscheidend für den weiteren Therapieverlauf und die Prognose des Zahnes. Hier wurde versucht, durch entsprechende Schienung, Aufbereitung- und Abfüllungstechnik die betreffenden Zähne zu erhalten. Eine direkt anschließende zweite Traumatisierung führte zum Verlust eines der Frontzähne.

**Ergebnisse:** Nach Beratung durch den Implantologen wurde resultierend auch der Zweite, mit viel Aufwand restaurierte Incisivus entfernt.

(Dtsch Zahnärztl Z 2010, 65: 731–736)

*Schlüsselwörter: Wurzelfraktur, Trauma, endodontische Behandlung, Implantologie*

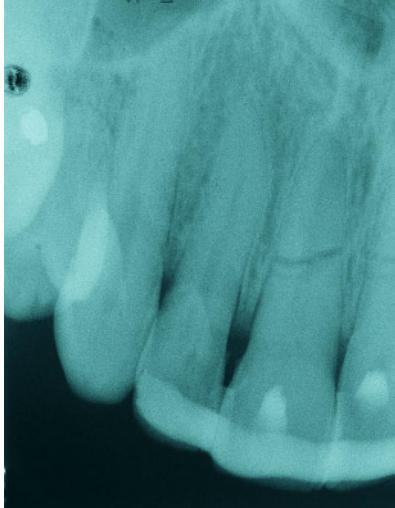
**Introduction:** The purpose of this case report is to outline the most important aspects about treatment of horizontal root fractures after dental trauma.

**Material and Method:** The situation of a thirty-eight-year old female is discussed, who was referred to the Department of Conservative Dentistry by her dentist after having been involved in an accident, whereas the emergency aid was provided by the dental standby duty. The question about the steps to be taken when it comes to treatment of horizontal root fractures is essential for the long term prognosis as well as for the treatment procedures coming up. In the first steps due to the kind of splinting, root canal shaping and obturation in this case it was possible to preserve the involved teeth from being lost. Nevertheless one tooth had to be extracted after a second trauma.

**Results:** Notwithstanding that the treatment of the other involved tooth could be concerned as at least a short time success, it had to be removed for implantology reasons.

*Keywords: root fracture, trauma, endodontic treatment, implantology*

<sup>1</sup> Poliklinik für Zahnerhaltungskunde, Theodor-Stern-Kai 7, 60596 Frankfurt am Main  
DOI 10.3238/dzz.2010.0731



**Abbildung 1** Einzelzahnaufnahme direkt nach Trauma. Horizontalfrakturen an 11 und 21 im mittleren Wurzeltrittel.

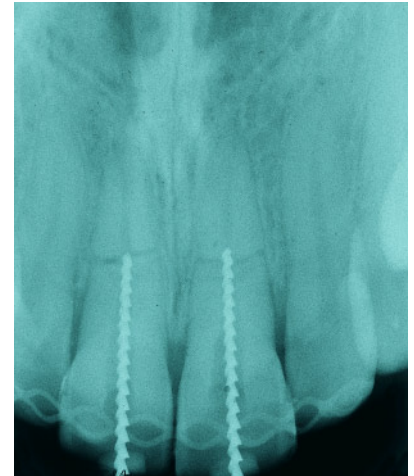


**Abbildung 2** Klinische Situation bei Vorstellung in der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde. Einfache Kompositschiene zur Stabilisierung von 11 und 21.



**Abbildung 3** Die Kompositschiene wurde durch eine semirigide TTS-Schiene ersetzt.

(Abb. 1–12: U. Kunkel)



**Abbildung 4** Röntgenmessaufnahme zur exakten Bestimmung der Frakturebene.

## Einleitung

Horizontale Wurzelfrakturen sind verglichen mit anderen dentalen Traumata selten. Sie treten lediglich bei 0,5 % bis 7 % der permanenten Zähne und bei 2 % bis 4 % der Milchzähne auf. Mittlere Oberkiefer-Incisiivi sind mit 68 % im Vergleich zu seitlichen Oberkiefer-Schneidezähnen mit 27 % deutlich häufiger betroffen. Nur 5 % der Querfrakturen treten an den Unterkiefer-Incisiivi auf [8]. In verschiedenen Studien konnte insgesamt eine gute Prognose bei horizontalen Wurzelfrakturen nachgewiesen werden [6, 10, 17]. Bei 23 % der Zähne mit Horizontalfraktur fand in einer Untersuchung mit 208 Zähnen keine

Heilung im Frakturbereich statt [10]. Horizontalfrakturen sind komplizierte Verletzungen, bei denen Parodont, Endodont, Zahnhartsubstanz und Alveolarknochen betroffen sind [14].

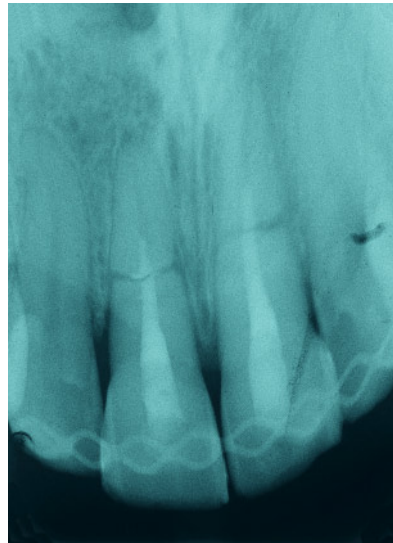
## Fallbericht

Eine 38-jährige Patientin wurde am 17.06.2009 von einem niedergelassenen Kollegen an die Poliklinik für Zahnerhaltungskunde der Universitätszahnklinik in Frankfurt am Main (Carolinum) zur Weiterbehandlung überwiesen. Zwei Tage zuvor war die Patientin beim In-line-Skating bei einem Zusammenstoß mit einem vorbeifahrenden Auto ge-

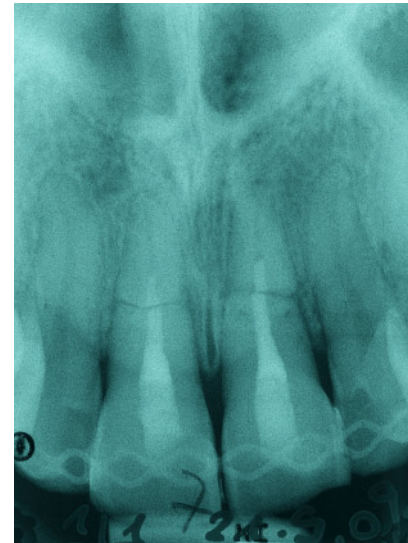
stürzt. Sie erlitt geringfügige Weichteilverletzungen an Lippe und Mittengesicht sowie Frakturen an den Zähnen 11 und 21. Das Röntgenbild, das den Zustand unmittelbar nach Trauma zeigt, wurde der Patientin vom Hauszahnarzt zur Vorlage ausgehändigt. Es zeigt Querfrakturen der Zähne 11 und 21 im mittleren Wurzeltrittel (Abb. 1). Die Zähne 11 und 21 wurden von dem Kollegen trepaniert, mit Hedströmfeilen der Größe 50/02 instrumentiert, mit einer medikamentösen Einlage aus Ledermix versorgt und provisorisch mit Cavit verschlossen. Anschließend wurden sie über eine einfache Kompositschiene mit den seitlichen Schneidezähnen verblockt.



**Abbildung 5** Kontrollaufnahme nach Einbringung der MTA Plugs.



**Abbildung 6** Kontrollaufnahme nach Wurzelkanalfüllung mit Guttapercha unter vertikaler Kompaktion im koronalen Fragment.



**Abbildung 7** Kontrollaufnahme am 21.9.2009. Transluzenzen lateral der Horizontalfrakturen an 11 und 21 ersichtliche.

Die allgemeine Anamnese der Patientin war zum Zeitpunkt der Vorstellung in der Poliklinik unauffällig. Von einer kleinen approximalen Karies an Zahn 13 abgesehen, wurde im Rahmen des intraoralen Befundes kein Behandlungsbedarf festgestellt. Extraoral imponierten multiple Hämatome und Schnittverletzungen in der submentalen Region und auf der Oberlippe, die vom Hauszahnarzt unmittelbar nach dem Unfall mit Nähten versorgt wurden (Abb. 2).

Im Gespräch betonte die Patientin ihren Wunsch, die beiden Frontzähne auf jeden Fall zu erhalten und auf jeden Erhaltungsversuch eingehen zu wollen.

## Therapie

Noch am selben Tag wurde die Kunststoffschiene abgenommen und durch eine TTS (Titan Trauma Splint, Fa. Medartis, Basel, Schweiz)-Schiene von 12 bis 22 ersetzt (Abb. 3). Beide Zähne bzw. die koronalen Fragmente der Zähne, wiesen den Lockerungsgrad II auf. Unter absoluter Trockenlegung wurde die Notfallversorgung aus dem Kavum der Zähne entfernt.

Eine endodontische Behandlung im koronalen Fragment war aufgrund der unvollständigen Vorbehandlung zwingend. Unter dem OP-Mikroskop stellte sich heraus, dass die Instrumentierung der Pulpa bei der Notversorgung bis ca.

1 mm über den Bruchspalt hinaus ausgedehnt worden war. Es war somit nicht mehr möglich die Behandlung auf die Ebene der Horizontalfraktur zu begrenzen. Stattdessen musste sie weiter nach apikal bis zu einem unverletzten Querschnitt ausgedehnt werden.

Für die Regeneration und Reparation wäre die Beschränkung der endodontischen Therapie auf das koronale Fragment angezeigt gewesen. Eine Messaufnahme diente der exakten Lokalisation der Horizontalfraktur (Abb. 4). Nach erfolgter Aufbereitung wurde das vitale Pulpagewebe in den apikalen Fragmenten drucklos mit MTA abgedeckt.

Auf der Kontrollaufnahme stellte sich deutlich dar, wie weit die Aufbereitung aufgrund der ungünstigen Erstversorgung nach apikal ausgedehnt werden musste. Um Fremdkörperreaktionen mit Guttapercha im Frakturspalt zu vermeiden, wurden auch im koronalen Anteil der Zähne MTA Plugs direkt oberhalb des Frakturspaltess platziert (Abb. 5). Eine medikamentöse Einlage mit Ledermixpaste sollte in den koronalen Fragmenten möglichen Resorptionserscheinungen vorbeugen. Die beiden Zähne wurden abschließend mit Glasionomerzement provisorisch verschlossen.

Zu einem Behandlungstermin am 24.06.2009 erschien die Patientin ohne Beschwerden. Sowohl an Zahn 11, als auch an Zahn 21 konnten keine pathologischen Sondierungstiefen festgestellt

werden. Die koronalen Fragmente wurden in diesem Termin mit K-Feilen auf ISO 100/02 aufbereitet. Die Kanäle beider Zähne wurden mit Kalziumhydroxid versorgt und erneut mit Glasionomerzement verschlossen.

Auch zu einem Termin am 13.08.2009 gab die Patientin keine Beschwerden an. Die koronalen Fragmente von 11 und 21 wurden definitiv mit Guttapercha und dem Sealer AH plus mittels vertikaler Kondensation gefüllt. Beide Zähne wurden anschließend mit Komposit verschlossen (Abb. 6).

Die Patientin gab auch bei einem Kontrolltermin am 21.09.2009 keinerlei Beschwerden an, allerdings suchte sie am Abend zuvor den zahnärztlichen Notdienst auf, da sich Zahn 11 aus dem Verbund mit der TTS-Schiene gelöst hatte. Sie gab an, sich mit der Hand versehentlich fest gegen den Oberkiefer gestoßen zu haben. Anschließend bemerkte sie eine Blutung im Bereich der marginalen Gingiva.

Die Schienung wurde im Notdienst mit einem Flow-Komposit wieder hergestellt. Die Einzelzahnaufnahme zeigte auf Höhe der Horizontalfraktur Transluzenzen, die als resorptive Prozesse interpretiert werden könnten (Abb. 7). Im apikalen Anteil war die Situation an den Zähnen 11 und 21 ohne pathologischen Befund. Der Parodontalspalt des Zahnes 21 erschien distal und koronal des Frakturspaltess erweitert.



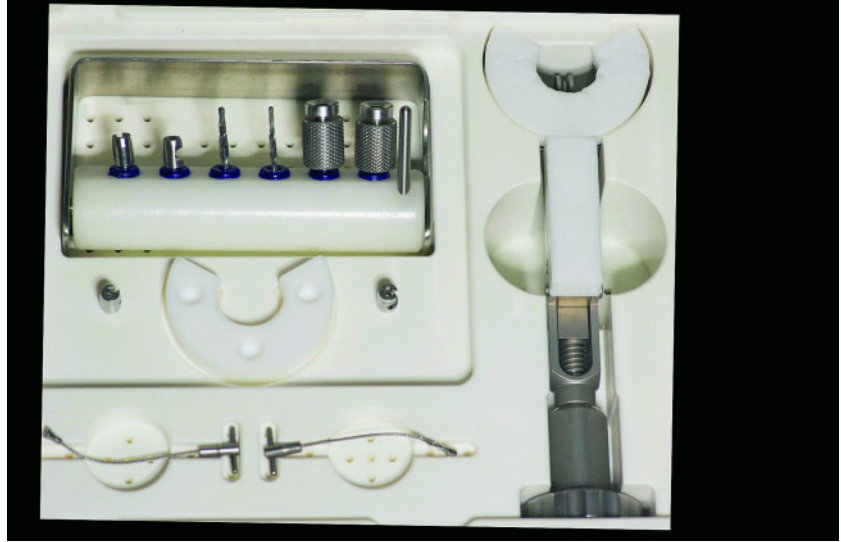


**Abbildung 8** Kontrollaufnahme am 15.10.2009. Vertikaler Knochendefekt bis zur Horizontalfraktur an Zahn 11.

Am 15.10.2009 berichtete die Patientin erstmals über ein „seltsames, drückendes“ Gefühl in regio 11. Die Sondierungstiefen lagen an 21 im physiologischen Bereich, jedoch betrug sie an Zahn 11 vestibulär 6 mm und distal 5 mm. Nach Entfernung der TTS-Schiene, zeigten die mittels Periotest gemessene Werte an Zahn 11 den Betrag von 44, bei Zahn 21 von 25. Auf der Einzelzahnaufnahme war ein deutlicher vertikaler Knochendefekt an Zahn 11 zu erkennen (Abb. 8). Aufgrund der Ausdehnung bis zur Horizontalfraktur musste der Zahn als nicht mehr erhaltungswürdig eingestuft werden. Auf Wunsch der Patienten wurde die TTS-Schiene nach palatinal „verlagert“, um ihren ästhetischen Ansprüchen gerecht zu werden.

Am 12.11.2009 wurde erneut die Lockerung des Zahnes 21 überprüft. Sie lag wie schon beim letzten Kontrolltermin beim Wert 25. Die Sondierungstiefen lagen unter 3 mm.

Das koronale Fragment von Zahn 11 wurde am 03.12.2009 entfernt, der apikale Teil des Zahnes mit dem BENEX-System schonend extrahiert (Abb. 9 und 10). Die Sondierungstiefen an Zahn 21 waren auch zu diesem Zeitpunkt nicht erhöht. Die klinische Krone des extrahierten Zahnes 11 wurde abgetrennt, an der Trennstelle mit Komposit verschlossen und in den TTS-Schienenverbund integriert.



**Abbildung 9** BENEX-System zur knochenschonenden Extraktion des Zahnes 11.

Zum Ersatz des Zahnes 11 entschied sich die Patientin für ein Implantat. Da vom weiterbehandelnden Chirurgen die Gewährleistung für ein Implantat auf Position 11 nur gegeben wurde, wenn gleichzeitig auch der Zahn 21 entfernt würde, entschied sich die Patientin nun auch für eine Extraktion des Zahnes 21.

## Diskussion

Im vorliegenden Fall wurde der Versuch unternommen, zwei zentrale Incisivi bei einer schwierigen Ausgangssituation zu erhalten. In verschiedenen Studien konnte insgesamt eine gute Prognose bei horizontalen Wurzelfrakturen nachgewiesen werden [4, 6, 10, 17]. Bei 23 % der Zähne mit Horizontalfraktur fand in einer Untersuchung mit 208 Zähnen keine Heilung im Frakturbereich statt [10].

Frakturen im mittleren und apikalen Wurzeldrittel kommen wesentlich häufiger vor, als im koronalen Drittel [4]. Nach Cvek et al. weisen Frakturen im zervikalen Drittel die schlechteste Prognose für den Zahn auf [10].

Die Prognose bei der Behandlung von Querfrakturen wird durch verschiedene Faktoren bestimmt. Neben Alter, Wurzelwachstum, Mobilität des koronalen Fragmentes und Diastase der Fragmente, ist die Ausrichtung der Horizontalfraktur entscheidend [15].

Klinisch und radiologisch sind nach Horizontalfraktur vier Verlaufsformen möglich:

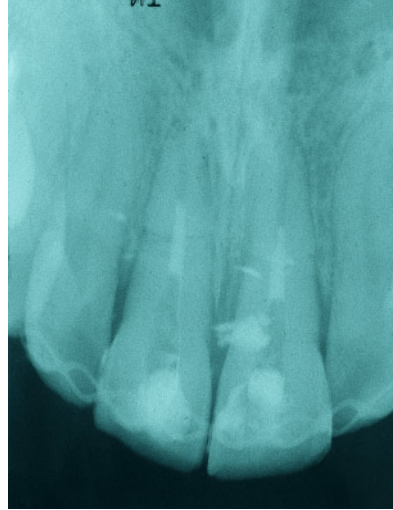
1. die Reparatur mit Zahnhartsubstanz,
2. die Interposition von parodontalem Ligament und Knochen,
3. das Auffüllen des Spaltes mit parodontalem Ligament alleine
4. die Bildung von Granulationsgewebe im Frakturspalt.

Letzteres wird durch eine nekrotische und/oder infizierte Pulpa ausgelöst. Ob eine Reparatur mit Zahnhartgewebe, Knochen und/oder Ligament, oder aber auch keine Heilung erfolgt, hängt nicht unwesentlich von der Ausgangssituation ab: Dislokation, Diastase und Wurzelwachstum sind Faktoren, die signifikant mit der Art der Heilung zusammenhängen [10].

Die durchgeführte Schienungsvariante sollte eine physiologische Beweglichkeit der Zähne zulassen, um eine funktionelle Belastung des Parodontiums zu gewährleisten. In Fällen ohne Dislokation und Lockerung des koronalen Fragmentes konnte kein signifikanter Unterschied in der Heilung zwischen geschienten und nicht geschienten Zähnen gefunden werden [3]. In Fällen mit dislozierten, apikalen und koronalen Fragmenten scheint nach Datenlage ein semi-rigide Immobilisation (z. B. TTS-Schiene, KFO Multiband) die besten Ergebnisse zu liefern [3].



**Abbildung 10** Kontrollaufnahme nach Extraktion des Zahnes 11.



**Abbildung 11** MTA auf vitalen apikalen Fragmenten und im Frakturspalt der Zähne 21 und 11.



**Abbildung 12** Osteolysen im Bereich der Horizontalfrakturen jeweils mesial und distal der Horizontalfrakturen.

In einer Studie von *Andreasen*, wurde gezeigt, dass die Mobilität von avulsierten und replantierten Zähnen nach 3 bis 4 Wochen ein physiologisches Niveau erreicht hat [5]. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine Schienung über diesen Zeitraum hinaus keinen Vorteil für die Heilung der Fraktur bietet. Eine längere Schienung ist nach *Andreasen* et al. aber dann sinnvoll, wenn die Horizontalfraktur sehr weit koronal liegt und dadurch eine große Mobilität des koronalen Fragmentes zu erwarten ist. Hier ermöglicht eine zwei- bis dreimonatige semirigide Immobilisation eine ausreichende Kallusformation um den Frakturspalt [3].

Für die Prognose hinsichtlich der Vitalität der Pulpa nach Frakturen scheinen zwei Faktoren von übergeordneter Bedeutung zu sein: Wurzelwachstum, damit assoziiert die Größe des apikalen Foramens und Grad der Luxation des koronalen Fragmentes [4]. Sollte es nach einer Horizontalfraktur zu einer Pulponekrose kommen, ist oft nur das koronale Fragment betroffen, während die Pulpa im apikalen Teil vital bleibt. Eine endodontische Behandlung sollte dann auf das koronale Fragment beschränkt bleiben.

Wurzelfüllungen im koronalen und apikalen Teil führen häufig zum Überpressen von Füllmaterial in den Frakturspalt. In der Studie von *Cvek* et al. resultierte dies in der Folge im Verlust von allen auf diese Art behandelten Zähnen [9].

Grundsätzlich sollte allerdings keine endodontische Behandlung des koronalen Fragmentes nach Querfrakturen der Wurzel vorgenommen werden, selbst bei minimaler Dislokation [11].

Im vorliegenden Fall lag die Horizontalfraktur sowohl bei Zahn 11 als auch 21 im mittleren Wurzeldrittel vor. Sowohl bei der Ausgangsaufnahme als auch bei der Messaufnahme ist eine leichte Diastase zwischen den Fragmenten beider Zähne zu erkennen. Bedingt durch die Notfallmaßnahmen des Vorbehandlers, nämlich die Instrumentierung des Kanalsystems über den Frakturspalt hinaus, war der koronale Anteil der Pulpa unvollständig entfernt und damit stark geschädigt. Die Lockerung bei beiden koronalen Fragmenten lag mit Grad II in einem kritischen Bereich.

Bedingt durch die Instrumentierung in der Notfallversorgung musste die Wurzelkanalfüllung bis zu einem unverletzten Querschnitt ausgedehnt werden. Dies hatte zum einen den Nachteil, dass durch fehlendes vitales Pulpagewebe auf Höhe des Frakturspalt keine Dentinapposition mehr stattfinden konnte, zum anderen bedeutet dies aber auch, dass an die Wurzelkanalfüllung besondere Anforderungen gestellt werden mussten:

- Überpressen von Füllmaterial in den Frakturspalt musste möglichst vermieden werden.
- Das Füllmaterial musste aufgrund des Kontaktes mit der Pulpa und dem

Frakturspalt biokompatible Eigenschaften besitzen.

Aus diesem Grund schien MTA für den apikalen Teil der Wurzelfüllung die bestmögliche Alternative. Auf eine Kondensierung mit Ultraschall wurde bewusst verzichtet, da die Gefahr des Überpressens in den interfragmentären Spalt sehr groß gewesen wäre (Abb. 11).

*Andreasen* et al. (2007) beobachteten an 60 % der Zähne mit Wurzelfrakturen externe Resorptionen [2]. Somit ist eine antiresorptive Therapie in jedem Fall nach einer Horizontalfraktur anzuraten. Verschiedene Studien konnten einen Vorteil der Ledermix-Paste, wie hier verwendet, als erste medikamentöse Einlage, ermitteln [7, 13, 16]. Die Triamcinolon-Komponente unterdrückt hierbei die initiale Entzündungsreaktion, während das Demeclocyclin die Aktivität der Osteoklasten hemmt [12].

Auf dem Kontrollröntgenbild vom 21.09.2010 ist im Bereich der Horizontalfraktur osteolytische Aktivität zu erkennen (Abb. 12). Der Grund hierfür ist am ehesten darin zu vermuten, dass trotz größtmöglicher Sorgfalt beim Einbringen der MTA Plugs, eine materialbedingte Irritation des interfragmentären Gewebes stattfand.

Trotz langfristiger TTS-Schienung verringerte sich die Lockerung des Zahnes 11 über den Behandlungszeitraum nicht. Schließlich musste dieser Zahn aufgrund eines vertikalen Knochendefektes, der bis zum Frakturspalt reichte,

und bei Beschwerdefreiheit extrahiert werden. Denkbar ist auch, dass es durch die traumatisch bedingte Lösung aus dem TTS-Schienenverbund (Grund für den zweiten Notdienstbesuch) zu einer Infektion des Frakturraumes über den PA-Spalt kam.

Der Zahn 21 blieb über den gesamten Beobachtungszeitraum stabil, sowohl hinsichtlich klinischer, als auch röntgenologischer Gesichtspunkte. Bei diesem Ablauf der Behandlung blieb eine Reparatur der Fraktur mit Hartschubstanz aus.

Schließlich wurde bei der implantologischen Beratung aus Gewährleistungsgründen auch die Extraktion von Zahn 21 und die spätere Simultanimplantation von 21 und 11 beschlossen. Damit konnte der weitere Verlauf der Therapie von 21 nicht weiter dokumentiert werden.

## Schlussfolgerung

Für die Prognose ist die Notfallversorgung nach Horizontalfrakturen entscheidend.

Nach wissenschaftlicher Datenlage wäre die optimale Erstversorgung der Zähne im Notdienst eine TTS-Schienung der Zähne 11 und 21 über einen Zeitraum von vier Wochen gewesen, ohne die Zähne zu trepanieren. Damit wäre eine Vitalerhaltung der Pulpa möglich, und so die Heilungsprognose der Wurzelfraktur deutlich günstiger gewesen. Als antiresorptive Prophylaxe wäre eine systemische Medikation mit Doxycyclin indiziert gewesen [1, 12, 15].

Vom Oralchirurgen der Patientin wurde eine Implantation in regio 11 ohne eine gleichzeitige Extraktion von Zahn 21 aus Sicherheitsgründen abgelehnt. Dies wurde von der Patientin ak-

zeptiert. Evidenzbasierte Grundlagen darüber, dass Implantate neben Zähnen mit Wurzelquerfraktur eine schlechtere Prognose aufweisen, liegen jedoch derzeit nicht vor. Dieser Fall ist ein Beispiel dafür, wie unterschiedlich die Sichtweise von Implantologen und Endodontologen auf eine solche Patientensituation sein kann. D77

**Interessenkonflikt:** Die Autorin/der Autor erklärt, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

### Korrespondenzadresse

ZA Florian Kunkel  
Poliklinik für Zahnerhaltungskunde  
Theodor-Stern-Kai 7  
60596 Frankfurt am Main  
E-Mail: F.Kunkel@Med.Uni-Frankfurt.de

## Literatur

- Andersson ME, Sjolander A, Andreasen N et al.: Kinesin gene variability may affect tau phosphorylation in early Alzheimer's disease. *Int J Mol Med* 20, 233–239 (2007)
- Andreasen FM: Reattachment of subgingivally fractured central incisor with an open apex. *Dent Traumatol* 23, 263 (2007); author reply 263–264
- Andreasen JO, Andreasen FM, Mejare I, Cvek M: Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 2. Effect of treatment factors such as treatment delay, repositioning, splinting type and period and antibiotics. *Dent Traumatol* 20, 203–211 (2004)
- Andreasen FM, Andreasen JO, Bayer T: Prognosis of root-fractured permanent incisors – prediction of healing modalities. *Endod Dent Traumatol* 5, 11–22 (1989)
- Andreasen JO: Periodontal healing after replantation and autotransplantation of incisors in monkeys. *Int J Oral Surg* 10, 54–61 (1981)
- Andreasen JO, Hjørting-Hansen E: Intraalveolar root fractures: radiographic and histologic study of 50 cases. *J Oral Surg* 25, 414–426 (1967)
- Bryson EC, Levin L, Banchs F, Abbott PV, Trope M: Effect of immediate intracanal placement of Ledermix Paste(R) on healing of replanted dog teeth after extended dry times. *Dent Traumatol* 18, 316–321 (2002)
- Caliskan MK, Pehlivan Y: Prognosis of root-fractured permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 12, 129–136 (1996)
- Cvek M, Mejare I, Andreasen JO: Conservative endodontic treatment of teeth fractured in the middle or apical part of the root. *Dent Traumatol* 20, 261–269 (2004)
- Cvek M, Andreasen JO, Borum MK: Healing of 208 intra-alveolar root fractures in patients aged 7–17 years. *Dent Traumatol* 17, 53–62 (2001)
- Flores MT, Malmgren B, Andersson L: Guidelines for the management of traumatic dental injuries. III. Primary teeth. *Dent Traumatol* 23, 196–202 (2007)
- Ne RF, Witherspoon DE, Gutmann JL: Tooth resorption. *Quintessence Int* 30, 9–25 (1999)
- Thong YL, Messer HH, Siar CH, Saw LH: Periodontal response to two intracanal medicaments in replanted monkey incisors. *Dent Traumatol* 17, 254–259 (2001)
- Welbury R, Kinirons MJ, Day P, Humphreys K, Gregg TA: Outcomes for root-fractured permanent incisors: a retrospective study. *Pediatr Dent* 24, 98–102 (2002)
- Wölner-Hanssen A: Permanent teeth with horizontal root fractures after dental trauma. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 7, 120 (2010)
- Wong KS, Sae-Lim V: The effect of intracanal Ledermix on root resorption of delayed-replanted monkey teeth. *Dent Traumatol* 18, 309–315 (2002)
- Zachrisson BU, Jacobsen I: Long-term prognosis of 66 permanent anterior teeth with root fracture. *Scand J Dent Res* 83, 345–354 (1975)