

Stefano De Sanctis

Unterschiedliche Spätfolgen eines Frontzahntraumas

Therapie und pathogenetische Überlegungen



INDIZES

Trauma, nicht abgeschlossenes Wurzelwachstum, DVT, MTA, Obliteration, Resorption, postendodontische Versorgung, Kieferorthopädie

ZUSAMMENFASSUNG

Frontzahntraumata im jugendlichen Gebiss können je nach Verletzungsmuster, individuellem Entwicklungsstand der Zähne und abhängig von der Qualität der Erstversorgung zu Spätfolgen wie Pulpanekrosen, Obliterationen, Entwicklungsstillstand oder Resorptionen führen. Diese können wenige Monate bis mehrere Jahre nach dem Unfallereignis manifest werden und stellen aufgrund komplexer und nicht sicher vorhersagbarer Heilungs- und Reparaturmechanismen der involvierten Gewebe eine Herausforderung bezüglich der Therapie dar. Der vorliegende Fallbericht beschreibt anhand zweier mittlerer Inzisivi, welche unterschiedlichen Konsequenzen ein frühes Zahntrauma auf die Entwicklung der einzelnen Zahngewebe haben kann, und zeigt die endodontische Therapie eines mittleren Inzisivus mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum.

Einleitung

Frontzahntraumata im Kindes- und Jugendalter sind mit einer Prävalenz von mehr als 50 % kein seltenes Ereignis. Dabei sind die zentralen Oberkiefer-Inzisivi bei Kindern zwischen 8 und 11 Jahren und Jugendlichen im Alter von 16 Jahren besonders häufig betroffen. Schmelzfrakturen stellen das häufigste Verletzungsmuster dar¹⁻³. Die Prognose bei Dislokationsverletzungen hängt im Wesentlichen von der Art der Dislokation und der Dimension des Foramen apicale zum Zeitpunkt des Traumas ab. Hierbei hat das Intrusionstrauma bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum die schlechteste Prognose, während ein Extrusionstrauma oder die laterale Dislokation bei Zähnen mit weitem Foramen apicale deutlich bessere Prognosen aufweisen⁴. Die Prognose traumatisierter Frontzähne hängt im Wesentlichen von der Art und Schwere

des Traumas, dem Alter des Patienten, der Wurzelreife und der Qualität der Erstversorgung sowie der Nachsorge ab^{3,5}.

Kasuistik

Eine 14-jährige Patientin wurde im Januar 2022 von ihrer Hauszahnärztin zur endodontischen Behandlung des Zahnes 11 überwiesen. Die Patientin hatte im April 2014 im Alter von 7 Jahren ein Frontzahntrauma durch einen Fahrradunfall erlitten. Die Erstversorgung und radiologische Diagnostik erfolgten in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes (Abb. 1a bis c). Laut Karteikarteneintrag erlitt Zahn 11 ein Luxationstrauma und Zahn 21 ein Extrusionstrauma. Es erfolgten eine temporäre Schienung mit einem Traumasplint und eine anschließende Kon-



Abb. 1a bis c a) OPG am Unfalltag: Eine genaue Differenzierung der Dislokationstraumata ist zum Zeitpunkt der Untersuchung, 6 Jahre später, anhand der Röntgenaufnahmen nicht möglich, b) Röntgenkontrolle nach Schienung mit einem Traumasplint, c) Röntgenkontrolle einen Monat nach dem Trauma: An der mesialen Wurzelwand ist die vermutete Fraktur anhand einer Kontinuitätsunterbrechung zu erkennen.



Abb. 2
Graufärbung nach Abschluss der KFO-Therapie.

trolle am 9.6.2014. Die Sensibilitätstests an den Zähnen 11 und 21 fielen negativ aus. Eine endodontische Therapie wurde aufgrund der offenen Apices nicht in Erwägung gezogen, die Prognose für die Zähne als ungünstig eingeschätzt. Die Patientin wurde für den Fall einer Komplikation (Ankylose, chronischer Abszess, Resorption) über die Versorgung mit einer Prothese und später mit Implantaten aufgeklärt und zur Nachsorge an ihren damaligen Hauszahnarzt überwiesen. Eine Verlaufskontrolle mit regelmäßigen Röntgenaufnahmen und Sensibilitätstests erfolgte nicht. 2018, im Alter von 11 Jahren, begab sich die Patientin in kieferorthopädische Behandlung. Mit Abschluss der Behandlung sei eine allmähliche Graufärbung des Zahnes aufgetreten (Abb. 2).

Die Allgemeinanamnese der Patientin war unauffällig, Vorerkrankungen bestanden nicht. Die Patientin war zum Zeitpunkt der Untersuchung in unserer Praxis beschwerdefrei. Die Sensibilitätstests (Kältespray) an den Zähnen 13, 12, 22 und 23 fielen positiv, die des Zahnes 11 negativ aus.

Zahn 21 reagierte fraglich positiv auf den Kältetest. Eine Perkussionsempfindlichkeit oder Lockerung bestanden nicht; der Sondierbefund war unauffällig. Wegen des anhand des vorliegenden Orthopantomogramms (OPG) (Abb. 3) und der Einzelaufnahmen geäußerten Verdachts auf Resorptionen und auf eine Fraktur der mesialen Wurzelwandanteile wurde eine digitale Volumentomografie (DVT)-Aufnahme mit einem Field of view (FOV) von 4 x 4 cm angefertigt (X 800, Fa. J. Morita, Dietzenbach), welche folgende Befunde für Zahn 11 ergab: mehrere laterale Osteolysen und Resorptionen der Wurzeloberfläche, zirkulär ungleichmäßige Wurzelwanddicke im oberen und mittleren Wurzel Drittel bei ampullenförmigem Kanallumen. Mesio-palatal, auf Höhe der Schmelz-Zement-Grenze, stellten sich suprakrestal eine in allen Ebenen ca. 1 mm große Kontinuitätsunterbrechung der Wurzeloberfläche und – daraus folgend – eine Verbindung zwischen der Pulpakammer und dem Parodont dar. Der Apex war unregelmäßig ausgebildet und ohne erkennbare Kanalschatten im apikalen Wurzel Drittel. Im Sagittalschnitt zeigte sich eine schräg verlaufende Kontinuitätsunterbrechung der mesialen Wurzeloberfläche (Abb. 4a bis d).

Für Zahn 21 ergaben sich folgende Befunde: Obliteration der Pulpakammer und des Wurzelkanals (oberes und mittleres Drittel). Mesio-palatal war eine ca. 1 mm subkrestal lokalisierte Kontinuitätsunterbrechung der Wurzeloberfläche erkennbar, die sich in einer ampullenförmigen Aussackung im Dentin fortsetzte (Abb. 5). Es bestand kein Hinweis auf Osteolysen.



Abb. 3 OPG während der KFO-Therapie mit Hinweisen auf eine gestörte Maturation des Zahnes 11 und Obliteration des Zahnes 21.

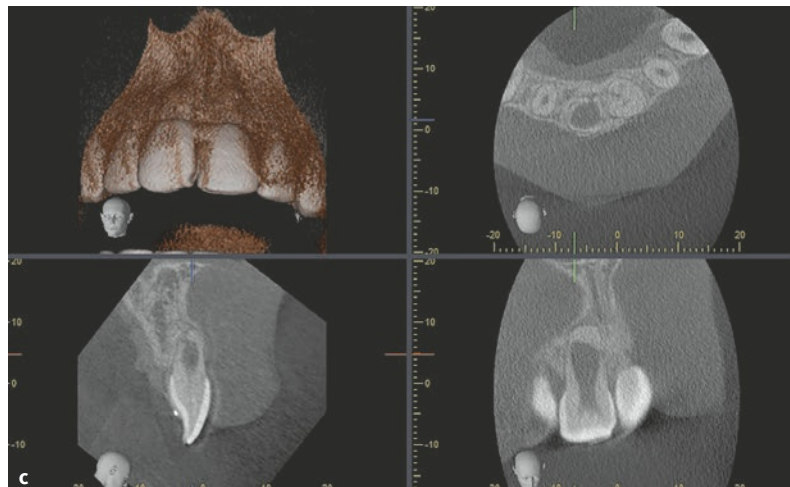
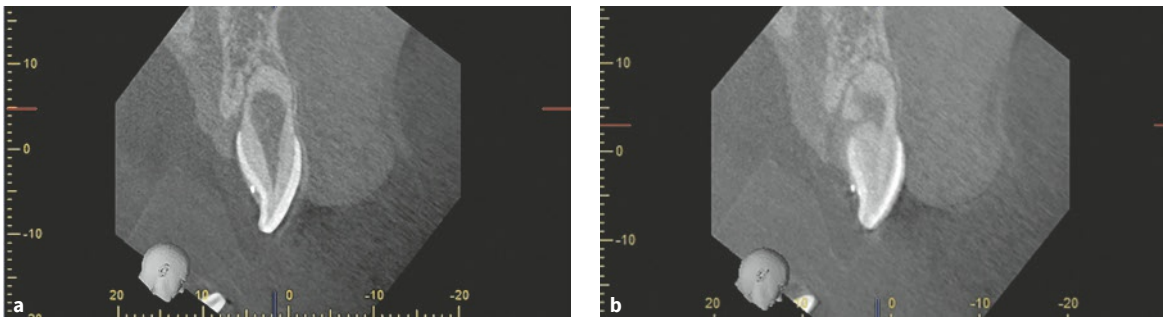


Abb. 4a bis d a) Darstellung des ampullenförmigen Wurzelkanals im Sagittalschnitt ungefähr in der Mitte des Zahnes: Die Wurzelendindicke ist in lateraler Richtung gleichmäßig ausgeprägt. b) Im Sagittalschnitt erkennbare Kontinuitätsunterbrechung mit resultierender Kommunikation zwischen Endodont und Parodont, c) Perforationen und Osteolysen distopalatinal, mesiopalatinal und mesiobukkal in unterschiedlichen axialen Ebenen. d) Die vermutete Fraktur auf der Aufnahme einen Monat nach dem Trauma ließ sich in der Sagittalebene der DVT-Aufnahme als Kontinuitätsunterbrechung der mesialen Wurzelwand darstellen.

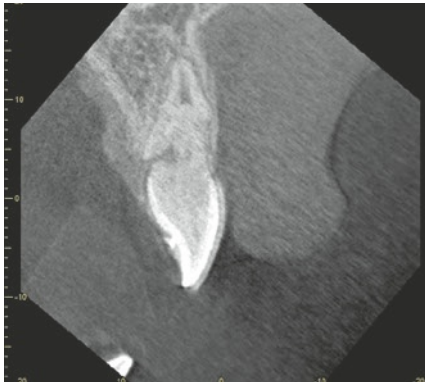


Abb. 5 Im sagittalen Schnitt lässt sich eine Verbindung zwischen dem obliterated Wurzelsystem und dem Parodont des Zahnes 21 deutlich erkennen.



Abb. 6 Zustand nach Trepanation des Zahnes 11. Die Kronenpulpa war vollständig nekrotisiert. Auf Höhe der Schmelz-Zement-Grenze befand sich vitales, schwer zu entfernendes Gewebe mit nekrotischen Arealen.

Diagnosen

Zahn 11: Pulpanekrose, asymptomatische Parodontitis apicalis sowie ein arretiertes Wurzeldickenwachstum bei unregelmäßigem Längenwachstum und vollständiger Obliteration des apikalen Wurzelkanals. Zudem bestand der Verdacht auf unvollständige Fraktur der mesialen Wurzelwand.

Zahn 21: vitaler Zahn, unregelmäßige Obliteration des Wurzelkanalsystems, mesiopalatinal knapp subkrestal mündende Kommunikationen zum lateralen Parodont mit atypischer Wurzelmorphologie.

Aufklärung und Therapieentscheidung

Die Patientin wurde über die Möglichkeit des Erhaltes von Zahn 11 durch eine Wurzelkanalbehandlung aufgeklärt. Die Erfolgsaussichten für die Behandlung wurden als gut, die Langzeitprognose des Zahnes aufgrund des hohen Risikos von Wurzelfrakturen jedoch als mäßig eingeschätzt. Insbesondere über die Risiken einer Wurzelquerfraktur wurde ausführlich aufgeklärt. In Ermangelung erfolgversprechenderer Therapieoptionen und in Anbetracht des Alters der Patientin wurden alternative Behandlungsverfahren nicht diskutiert.

Die Anästhesie wurde in Form einer vestibulären und palatinalen Infiltrationsanästhesie und einer Leitungsanästhesie (UDS, Fa. Sanofi-Aventis, Frankfurt/Main) durchgeführt. Im Anschluss erfolgten

die Isolation mit Kofferdam (Hygenic, Fa. Coltene Whaledent, Altstätten, Schweiz) und die Trepanation des Zahnes unter mikroskopischer Kontrolle (Som4Dent, Fa. Karl Kaps, Aßlar). Die Pulpa erwies sich in der Pulpakammer als nekrotisch. Im zervikalen Bereich imponierten hoch durchblutete vitale Areale neben nekrotisch zerfallenem Gewebe (Abb. 6). Es folgte zunächst eine großvolumige Spülung mit 3%igem Natriumhypochlorit (NaOCl; Fa. Speiko, Bielefeld). Die vitalen Gewebeanteile wurden mit einem Elektrotom (MD 62, Fa. KLS Martin, Tuttlingen) thermisch koaguliert und mit ultraschallaktivierten NaOCl-Spülungen (Acteon Newtron Booster, Endo ET 25, Fa. Acteon, Mérignac, Frankreich) reduziert. An den Wurzelkanalwänden anhaftendes Pulpagewebe wurde mit einer schlaufenförmig modifizierten K-Feile der ISO-Größe 10 (C-Pilot Feile, Fa. VDW, München) entfernt. Auf eine weitere mechanische Instrumentierung zum Abtrag etwaig infizierter Dentinareale wurde aufgrund der geringen Wurzelwanddicke verzichtet. Es folgten intermittierende ultraschallaktivierte Spülungen mit 3%igem NaOCl und 17%igem Ethylendiamintetraacetat (EDTA; Fa. Speiko) und nach Trocknung eine intrakanaläre Diagnostik. Hierbei wurden in Übereinstimmung mit der radiologischen Diagnostik anhand der DVT-Aufnahme mehrere Perforationen bzw. Kommunikationen zum lateralen Parodont diagnostiziert. Abschließend wurde Zahn 11 mit einer Kalziumhydroxideinlage (Calcipaste, Fa. PPH Ceramed, Stawola Wola, Polen) versorgt. Der temporäre Doppverschluss erfolgte mit Cavit (Fa. 3M



Abb. 7 Röntgenkontrollaufnahme des Verschlusses der apikalen Perforation mit MTA.



Abb. 8 Eine zweite Röntgenkontrollaufnahme zeigt die Wurzelfüllung mit MTA bis ca. 1 mm unterhalb des Limbus alveolaris.



Abb. 9 Röntgenkontrollaufnahme mit adhäsivem Verschluss.



Abb. 10 Das 1-Jahres-Recall zeigt reizlose Verhältnisse.

ESPE, Neuss) und adhäsiv (Scotchbond, Fa. 3M ESPE) mit einem fließfähigen Komposit (Venus Flow, Fa. Kulzer, Hanau). Die Patientin stellte sich 2 Wochen später beschwerdefrei zur Weiterbehandlung vor. Die Anästhesie erfolgte durch bukkale und palatinale Infiltration. Nach erneuter Isolation mit Kofferdam und ultraschallaktivierten Spülungen mit 17%igem EDTA und 3%igem NaOCl wurde der Wurzelkanal mit Papierspitzen und sanftem Luftstrom getrocknet. Die apikale resorptionsbedingte Perforation wurde mit Mineral-Trioxid-Aggregat (Neo MTA, Fa. NuSmile, Houston, USA) verschlossen. Die anschließende Röntgenkontrolle ließ einen homogenen und dichten Verschluss vermuten, sodass der restliche Wurzelkanal ebenfalls mit MTA obturiert wurde (Abb. 7). Eine weitere Kontrollaufnahme zeigte eine ebenso homogene und randständige Wurzelfüllung bis ca. 1 mm unterhalb des Limbus alveolaris (Abb. 8). Es folgten die Schmelzconditionierung mit 37%iger Phosphorsäure (Gel Etchant, Fa. Kerr, Kloten, Schweiz) und die Applikation eines dualhärtenden Dentinadhäsives (Scotchbond Universal & Scotchbond Universal DCA, Fa. 3M, St. Paul, USA) sowie eines dualhärtenden Komposits (Luxacore, Fa. DGM, Hamburg). Der koronale Anteil der Zugangskavität wurde mit einem lichthärtenden Komposit verschlossen (Herculite xrv, Fa. Kerr). Die abschließende Röntgenkontrollaufnahme zeigt einen homogenen und dichten koronalen Verschluss (Abb. 9). Die Patientin wurde angewiesen, sich regelmäßig bei ihrer Hauszahnärztin vorzustellen und wurde noch einmal auf das

Frakturrisiko hingewiesen. Des Weiteren wurde für etwaige sportliche Aktivitäten ein Sportmundschutz empfohlen. Die radiologische Kontrollaufnahme 13 Monate später zeigt reizlose Verhältnisse und eine Verknöcherung der lateralen Osteolysen (Abb. 10).

Diskussion

Pathogenese

Bei isolierter Betrachtung der radiologischen Ausgangsbefunde im Hinblick auf die Dimension der Foramina apicalia war die Prognose für den Vitalerhalt beider dislozierter Zähne als relativ gut zu bezeichnen. Prognostisch ungünstig war die vermutete Fraktur im Bereich der mesialen Wurzelwand, die sich in der DVT-Aufnahme an korrespondierender Stelle als Kontinuitätsunterbrechung darstellt und eine mögliche Eintrittspforte für die Infektion des Endodonts gewesen sein könnte. Die Obliteration des Endodonts, wie im Fall des Zahnes 21, kann nach schweren Traumata regelmäßig erwartet werden⁶⁻⁸ und hat bei Extrusionstraumata bei Frontzähnen mit offenem Apex eine Inzidenz von 61,3 %⁵. Als Folge des Traumas kam es wahrscheinlich sowohl an Zahn 11 als auch an Zahn 21 zu einer Entwicklungsstörung der Wurzel und aufgrund einer lokalisierten Schädigung der Hertwigschen Epithelscheide (HES) zu den beschriebenen Aberrationen. Kommt es während der Wurzel-

dentinbildung zu einer Kontinuitätsunterbrechung der HES, bleibt in diesem Bereich die Differenzierung der Wurzelodontoblasten aus und es entsteht eine direkte Verbindung zwischen dem parodontalen Ligament und der Pulpa⁹. Das zum Stillstand gekommene Wurzelwachstum des Zahnes 11 lässt vermuten, dass es unmittelbar nach dem Trauma zu einer Nekrose gekommen sein muss. Die Pulpanekrose als Folge einer Ruptur der Pulpa geht mit einem Stillstand des Wurzelwachstums einher und resultiert in dünnwandigen Wurzeln mit einem erhöhten Frakturrisiko^{10,11}. Dennoch können apikale Anteile der Pulpa vital bleiben und zu einem, wenn auch irregulären und unvollständigen, Wachstum des Apex führen⁶. Das Längenwachstum erfolgt außerdem, wenn die HES unversehrt bleibt; eine partielle Schädigung dieser Struktur kann in einem unvollständigen Längenwachstum resultieren¹². Für ein physiologisches Wurzelwachstum hingegen ist eine vitale Pulpa mit intakten Odontoblasten notwendig⁹. In das endodontische System proliferiertes Ersatzgewebe erfüllt diese Funktion nicht und eine radiologisch sichtbare Zunahme der Wandstärke ohne Anwesenheit residualer vitaler Pulpaanteile ist der Apposition von knochen- oder zementartigem Gewebe zuzuschreiben¹³. Im vorliegenden Fall sprechen das gut durchblutete und schwer zu entfernende Gewebe sowie der radiologische Befund für eine Kombination der geschilderten Mechanismen.

Kieferorthopädische Behandlung von Traumazähnen

Die Bewegung des Zahnes im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlung stellt ein zusätzliches Trauma dar. Die Datenlage hinsichtlich des Risikos für Komplikationen während orthodontischer Behandlungen bei Zähnen mit Traumahistorie ist heterogen¹⁴. Zähne mit erlittenem Trauma scheinen ein signifikant höheres Risiko für Pulpanekrosen durch kieferorthopädische Zahnbewegung (Intrusionen und Extrusionen) aufzuweisen als Zähne ohne erlittenes Trauma^{15,16}. Des Weiteren ist das Risiko für Wurzelresorptionen im Vergleich zu Traumazähnen, die nicht kieferorthopädisch behandelt wurden, erhöht (27,8 % vs. 7 %)¹⁷. Vor Be-

handlungsbeginn vorhandene Resorptionen können das Risiko von iatrogenen Wurzelresorptionen erhöhen¹⁸. Hingegen scheinen endodontisch suffizient versorgte Zähne ein geringeres Risiko für Resorptionen aufzuweisen als vitale Zähne¹⁹. Eine gründliche radiologische und klinische Diagnostik und eine konsiliarische Erörterung mit einem endodontologisch versierten Kollegen erscheinen sinnvoll, um die Notwendigkeit einer endodontischen Therapie vor einer kieferorthopädischen Behandlung zu diskutieren und den Nutzen gegen die Risiken einer kieferorthopädischen Behandlung abzuwägen.

Obturation und postendodontische Versorgung

Aufgrund der multiplen resorptionsbedingten Perforationen wurde MTA wegen seiner guten Abdichtungs- und biokompatiblen Eigenschaften²⁰ als Wurzelfüllmaterial der Vorzug gegeben. Der Gedanke, für die Wurzelfüllung ein Material zu verwenden, das zusätzlich einen stabilisierenden Effekt auf die fragilen Wurzelwände ausübt, liegt nahe. Die Anwendung adhäsiver Verfahren in Kombination mit Glasfaserstiften im Wurzelkanal kann aufgrund der heterogenen Datenlage nicht grundsätzlich empfohlen werden. Die Erkenntnisse aus In-vitro-Untersuchungen können nicht ohne Weiteres auf die klinische Situation eines unreifen Zahnes übertragen werden. In einer retrospektiven Studie an 95 Patienten mit wurzelunreifen Frontzähnen wurde gezeigt, dass Zähne nach Versorgung mit Glasfaserstiften keine geringere Frakturrate aufwiesen als Zähne, die mit Guttapercha und adhäsiver Deckfüllung versorgt worden waren. Prädisponierende Faktoren für eine horizontale zervikale Fraktur sind u. a. das Vorliegen externer entzündlicher Wurzelresorptionen (27-fach erhöhtes Risiko) und das Alter des Patienten. Mit über 15 Jahren ist das Risiko für eine Fraktur um das 8-Fache erhöht, was vermutlich auf die fortschreitende Mineralisation und damit geringere Elastizität des Alveolar-knochens zurückzuführen ist. Langzeiteinlagen mit Kalziumhydroxyd scheinen ebenfalls einen negativen Einfluss auf die Frakturanfälligkeit zu haben²¹. Das Risiko im beschriebenen Fall für eine weitere

Spätkomplikation in Form einer Fraktur ist demnach als hoch einzustufen. Ein möglichst langer Erhalt des Zahnes wäre wünschenswert, um den Zeitpunkt einer prothetischen Lösung (z. B. Implantation) möglichst weit in das Erwachsenenalter zu verlegen.

Die Prognose für Zahn 21 ist zunächst als gut zu bezeichnen. In einem Beobachtungszeitraum von 20 Jahren ist in ca. 20 % der Fälle mit einer Pulpanekrose zu rechnen²². Die weit koronal lokalisierte Verbindung zwischen Parodont und Endodont stellt jedoch ein Risiko für eine Infektion des Letzteren dar.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die endodontische Versorgung von Zähnen mit unvollständigem Wurzelwachstum eine Herausforderung darstellt und im Idealfall interdisziplinär gelöst werden sollte. Der präoperativen Diagnostik mithilfe der DVT kommt hierbei im Rahmen der Therapieentscheidung eine besondere Bedeutung zu.

Literatur

- Krastl G, Weiger R, Filippi A. Zahntrauma - Therapieoptionen für die Praxis. Berlin: Quintessence Publishing, 2020.
- Patnana AK, Chugh A, Chugh VK, Kumar P, Vanga NR, Singh S. The prevalence of traumatic dental injuries in primary teeth: A systematic review and meta-analysis. *Dent Traumatol*. 2021;37:383–399.
- Zaleckiene V, Peculiene V, Brukiene V, Drukteinis S. Traumatic dental injuries: etiology, prevalence and possible outcomes. *Stomatologija* 2014;16:7–14.
- Andreasen FM, Zhijie Y, Thomsen BL. Relationship between pulp dimensions and development of pulp necrosis after luxation injuries in the permanent dentition. *Endod Dent Traumatol* 1986;2:90–98.
- Andreasen FM, Zhijie Y, Thomsen BL, Andersen PK. Occurrence of pulp canal obliteration after luxation injuries in the permanent dentition. *Endod Dent Traumatol* 1987;3:103–115.
- Andreasen JO, Bakland LK, Andreasen FM. Traumatic intrusion of permanent teeth. Part 2. A clinical study of the effect of preinjury and injury factors, such as sex, age, stage of root development, tooth location, and extent of injury including number of intruded teeth on 140 intruded permanent teeth. *Dent Traumatol* 2006;22:90–98.
- Clark D, Levin L. Prognosis and complications of immature teeth following lateral luxation: A systematic review. *Dent Traumatol* 2018;34:215–220.
- Mocellini BS, Santos PS, Barasuo JC et al. Prevalence of sequelae after traumatic dental injuries to anterior primary teeth: A systematic review and meta-analysis. *Dent Traumatol* 2022;38:286–298.
- Huang XF, Chai Y. Molecular regulatory mechanism of tooth root development. *Int J Oral Sci* 2012;4:177–181.
- Ree MH, Schwartz RS. Long-term success of nonvital, immature permanent incisors treated with a Mineral Trioxide Aggregate plug and adhesive restorations: A case series from a private endodontic practice. *J Endod* 2017;43:1370–1377.
- Andreasen FM, Kahler B. Pulpal response after acute dental injury in the permanent dentition: clinical implications-a review. *J Endod* 2015;41:299–308.
- Andreasen JO, Kristerson L, Andreasen FM. Damage of the Hertwig's epithelial root sheath: effect upon root growth after autotransplantation of teeth in monkeys. *Endod Dent Traumatol* 1988;4:145–151.
- Wang X, Thibodeau B, Trope M, Lin LM, Huang GT. Histologic characterization of regenerated tissues in canal space after the revitalization/revascularization procedure of immature dog teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2010;36:56–63.
- Fields HW, Christensen JR. Orthodontic procedures after trauma. *Pediatr Dent* 2013;35:175–183.
- Bauss O, Röhling J, Sadat-Khonsari R, Kiliaridis S. Influence of orthodontic intrusion on pulpal vitality of previously traumatized maxillary permanent incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:12–17.
- Bauss O, Schäfer W, Sadat-Khonsari R, Knösel M. Influence of orthodontic extrusion on pulpal vitality of traumatized maxillary incisors. *J Endod* 2010;36:203–207.
- Brin I, Ben-Bassat Y, Heling I, Engelberg A. The influence of orthodontic treatment on previously traumatized permanent incisors. *Eur J Orthod* 1991;13:372–377.
- Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M. Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *Am J Orthod* 1982;82:487–491.
- Alves Otelakoski B, Magno Gonçalves F, Marques de Mattos de Araujo B et al. Comparison of orthodontic root resorption of root-filled and vital teeth: A meta-analysis. *J Am Dent Assoc* 2022;153:532–541.e7.
- Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod* 2010;36:190–202.
- Danwittayakorn S, Banomyong D, Ongchavalit L, Ngoenwiwatkul Y, Porkaew P. Comparison of the effects of intraradicular materials on the incidence of fatal root fracture in immature teeth treated with Mineral Trioxide Aggregate apexification: A retrospective study. *J Endod* 2019;45:977–984.e1.
- Robertson A, Andreasen FM, Bergholtz G, Andreasen JO, Norén JG. Incidence of pulp necrosis subsequent to pulp canal obliteration from trauma of permanent incisors. *J Endod* 1996;22:557–560.



Different sequelae of a dental trauma Treatment and pathogenetic considerations

KEY WORDS

dental trauma, immature root growth, CBCT, MTA, calcification, resorption, postendodontic restoration, orthodontics

ABSTRACT

Depending on the type of injury, the individual stage of development of the teeth and the quality of the initial treatment, trauma to the adolescent dentition can result in late sequelae such as pulp necrosis, calcification, developmental arrest, or resorption. These negative long-term effects can manifest anytime between a few months to several years after the occurrence of the traumatic event and represent a therapeutic challenge due to complex and unpredictable healing and repair processes of the affected tissues. This case report highlights the various consequences of early tooth trauma on the development of the different dental tissues and reports the endodontic treatment of a central incisor with immature root growth.



Stefano De Sanctis

Dr. med. dent., M.SC.
Deitermann & De Sanctis
Zahnärzte in Mainz-Kostheim
Anton-Hehn-Straße 17
55246 Mainz-Kostheim
E-Mail: info@zahnaerzte-mainz.net