

Fallpräsentation für den VDZE Endo Award in der Kategorie „Dentales Trauma“

Endodontisches und restauratives Management eines 35-jährigen Patienten mit Avulsion von fünf Schneidezähnen



Korrespondenz

Dr. med. dent. Florin Eggmann
Klinik für Parodontologie, Endodontologie und Kariologie
Zahnunfallzentrum
Universitäres Zentrum für Zahnmedizin Basel UZB
Universität Basel
Mattenstrasse 40
CH-4058 Basel
+41 (0)61 267 26 80
florin.eggmann@unibas.ch
www.uzb.ch

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Anamnese.....	1
Spezielle Anamnese	1
Befund	2
Pulpale und apikale Diagnosen gemäß AAE-Consensus	2
Therapie.....	2
Epikrise	15
Informiertes Einverständnis	19
Danksagung.....	19
Literaturverzeichnis	19

Allgemeine Anamnese

Der Patient mit Jahrgang 1982 war zum Zeitpunkt der Erstvorstellung am Zahnunfallzentrum des Universitäres Zentrums für Zahnmedizin Basel UZB im Juli 2017 35-jährig. Er berichtete, an einer saisonalen allergischen Rhinokonjunktivitis zu leiden. Sonstige Allergien oder Unverträglichkeiten waren keine bekannt.

Spezielle Anamnese

Ende Juli 2017 verunfallte der Patient mit dem Fahrrad im Urlaub in Norditalien. Auf einem Kiesweg stürzte er, wobei er sich schwergradige dentoalveoläre Verletzungen, eine Rissquetschwunde der Gesichtshaut unterhalb der Unterlippe und leichte Hauterosionen zuzog. Zeichen oder Symptome eines Schädelhirntraumas lagen zu keinem Zeitpunkt vor. Gemeinsam mit Freunden, die mit ihm auf der Fahrradtour waren, sammelte er vier von fünf avulsierten Zähnen ein und lagerte diese in einer Zahnrettungsbox (Dentosafe, Medice Arzneimittel Pütter, Iserlohn, Deutschland). Die Zeit zwischen dem Unfallereignis und der Lagerung der Zähne in der Zahnrettungsbox schätzte der Patient auf ungefähr 20 Minuten. Ein avulsierter Zahn wurde am Unfallort nicht gefunden.

In einer ortsnahen Notfallstation wurde dem Patienten eine Tetanusboosterimpfung und eine intravenöse Infusion mit 12,5 g Glukose und 1,0 g Paracetamol verabreicht. Anschließend wurde er in ein größeres Krankenhaus gewiesen, wo nach einer Bildgebung mit einer Panoramaschichtaufnahme die avulsierten Zähne 12, 21 und 22 replantiert wurden (Abb. 1). Die Oberkieferfrontzähne wurden mit einer Titantraumaschiene (TTS), die sich von Zahn 14 bis 24 erstreckte, adhäsiv geschient [1]. Die Verletzungen der Mundschleimhaut wurden mit Einzelknopfnähten versorgt. Der Zahn 42 wurde im Krankenhaus über längere Zeit trocken aufbewahrt und nicht replantiert. Dem Patienten wurde die dreimal tägliche Einnahme von Amoxicillin/Clavulansäure (875 mg bzw. 125 mg) über einen Zeitraum von sechs Tagen und eine Bedarfsanalgesie mit Ibuprofen (600 mg, 1-1-1) verordnet.



Abb. 1 Panoramaschichtaufnahme, die am Unfalltag alio loco angefertigt wurde.

Befund

Am Tag nach dem Frontzahnunfall stellte sich der Patient am Zahnunfallzentrum des UZB vor. Er berichtete von Schmerzen bei Zahn 21, der einen störenden Kontakt zum Antagonisten aufwies, und Empfindlichkeiten auf Kältereize, insb. bei Zahn 43 (Abb. 2). Die Sensibilitätsprobe mit CO₂-Schnee bei den Zähnen 13, 23, 33, 32, 31, 32 und 43 war normal positiv. Der klinische Befund zeigte neben den oben beschriebenen Haut- und Mundschleimhautverletzungen Kronenfrakturen ohne Pulpabeteiligung bei den Zähnen 43, 42 und 41 (Abb. 3). Die TTS wurde vom Oralchirurgen am UZB als insuffizient eingestuft, da Zahn 22 sich in leicht extrudierter Position befand und der Zahn 21 nach palatinal gekippt stand, was einen inzisialen Vorkontakt verursachte (Abb. 3). Der Zustand der Gingiva wies auf eine gute häusliche Mundhygiene hin. Der Patient war kariesfrei. Die Zähne 26, 37, 36, 46 und 47 wiesen Kompositrestaurationen der Klasse I oder erweiternde Fissurenversiegelungen auf.

Pulpale und apikale Diagnosen gemäß AAE-Consensus

Auf der Grundlage der Anamnese, der klinischen und röntgenologischen Befunde wurden bei den Frontzähnen die pulpale und apikale Diagnosen gestellt, die in Tabelle 1 aufgeführt sind. Das Wurzelwachstum und die Größe der Kronenpulpa der avulsierten Zähne waren altersentsprechend. Hinweise auf endodontische Besonderheiten im Sinne von starken Krümmungen des Wurzelkanals, ausgeprägte laterale Kanäle, Invaginationen oder ähnlichem ergaben sich in den Zahnfilmen der avulsierten Zähne nicht (Abb. 2). Die avulsierten Zähne 12 und 21 wiesen Kronenfrakturen auf. Alle vorhandenen Zähne einschließlich des Zahnes 42, der bei der Primärversorgung nicht replantiert worden war, wurden als erhaltungswürdig eingestuft.

Tab. 1 Pulpale und apikale Diagnosen gemäß AAE Consensus [2]

Zahn	Pulpale Diagnose gemäß AAE Consensus	Zahnverletzung
13, 23, 33, 32, 31, 32	<i>Normal pulp, normal apical tissues</i>	Konkussion
12, 11, 21, 22, 42	<i>Pulp necrosis, normal apical tissues</i>	Avulsion
43	<i>Reversible pulpitis, normal apical tissues</i>	Kronenfraktur

Therapie

1 Tag nach dem Frontzahnunfall

In Lokalanästhesie wurde die TTS in einem Fluoreszenz-unterstütztem Verfahren entfernt [3]. Die Zähne 21 und 22 wurden in den Alveolen repositioniert, bevor eine punktuelle Konditionierung der labialen Schmelzflächen mit Phosphorsäure durchgeführt wurde und eine TTS (TTS, Medartis, Basel, Schweiz) mit einem Universaladhäsiv (Scotchbond Universal, 3M, St. Paul, MN, USA) und fließfähigem Komposit (Tetric EvoFlow, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein) befestigt wurde [1].

Das Wurzelzement von Zahn 42 wurde mit einer Universalkürette entfernt und es erfolgte eine extraorale orthograde chemomechanische Wurzelkanalbehandlung mit reziprozierenden Feilen (Reciproc, VDW, München, Deutschland) und 1% Natriumhypochlorit (NaOCl), die Obturation mit einem Sealer auf Epoxid-Aminharz-Basis (2Seal Easymix, VDW) und einem Guttaperchastift („matched-taper single-cone“ Technik) und der adhäsive Verschluss der Zugangskavität (Abb. 4). Die Alveole von Zahn 42 wurde mit physiologischer Kochsalzlösung gespült, um das Blutkoagulum zu entfernen. Der Zahn 42 wurde im Anschluss replantiert und in diesem Fall starr adhäsiv geschient (Abb. 5). Die Dentinwunde von Zahn 43 wurde dabei mit dem Universaladhäsiv ohne vorherige Konditionierung mit Phosphorsäure versiegelt.

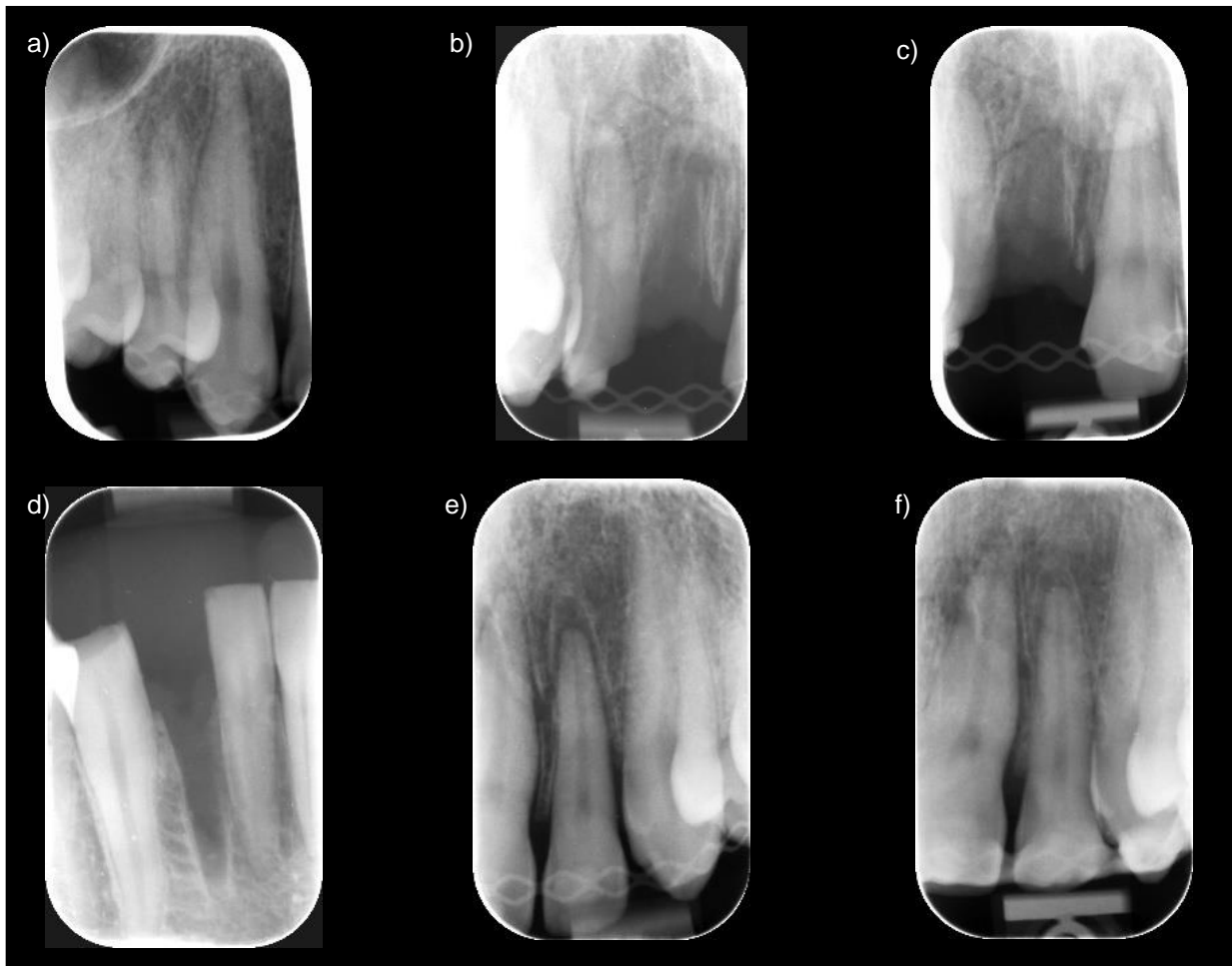


Abb. 2 Mundfilme der replantierten Zähne 12, 21, 22 (**a-e**) und der Alveole des Zahnes 42 (**f**)

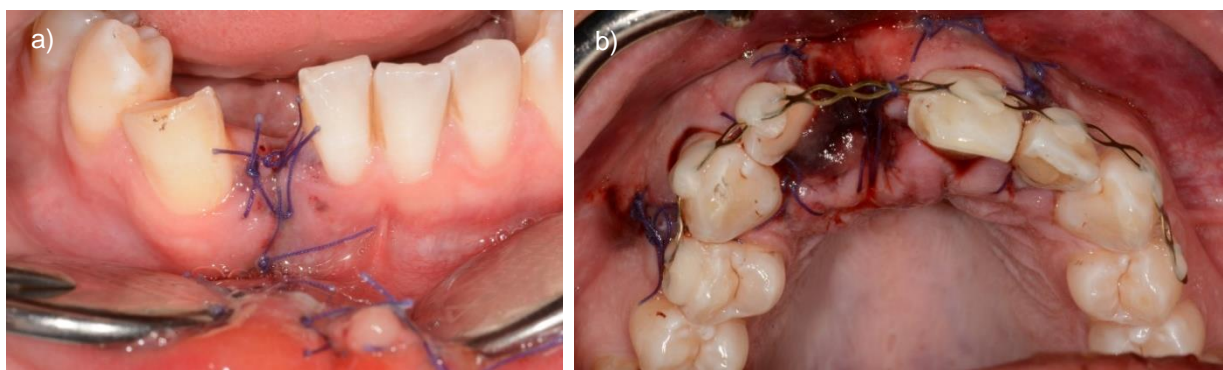


Abb. 3 Intraorale Fotoaufnahme der Unterkieferschneidezähne mit Nähten im Bereich der Rissquetschwunde und über der Alveole des Zahnes 42, der bei der Primärversorgung nicht replantiert wurde (**a**). Intraorale Fotoaufnahme der alio loco geschienten Oberkieferfrontzähne (**b**) (Fotos: Dr. med. dent. Khaled Mukaddam, mit freundlicher Genehmigung).

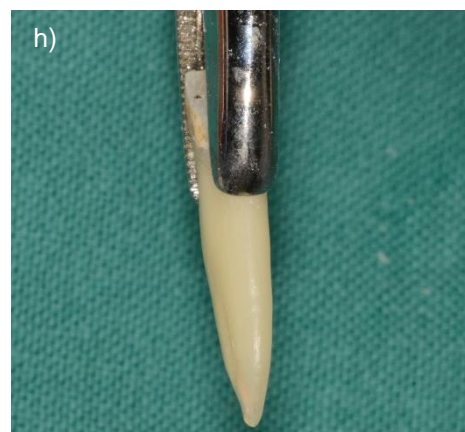


Abb. 4 Extraorale Behandlung des Zahnes 42 vor der Replantation. Bestimmung der Arbeitslänge **(a)**, maschinelle Wurzelkanalaufbereitung **(b)**, Einprobe des Masterpoints aus Guttapercha **(c)**, Obturation des Wurzelkanalsystems **(d)**, adhäsiver Verschluss der Zugangskavität **(e)**, vollständige Entfernung des nekrotischen Wurzelzements mit Handinstrumenten **(f)**, Ansicht des Zahnes nach Wurzelkanal und Entfernung des Wurzelzements von mesial **(g)** und lingual **(h)** (Fotos: Dr. med. dent. Khaled Mukaddam, mit freundlicher Genehmigung).

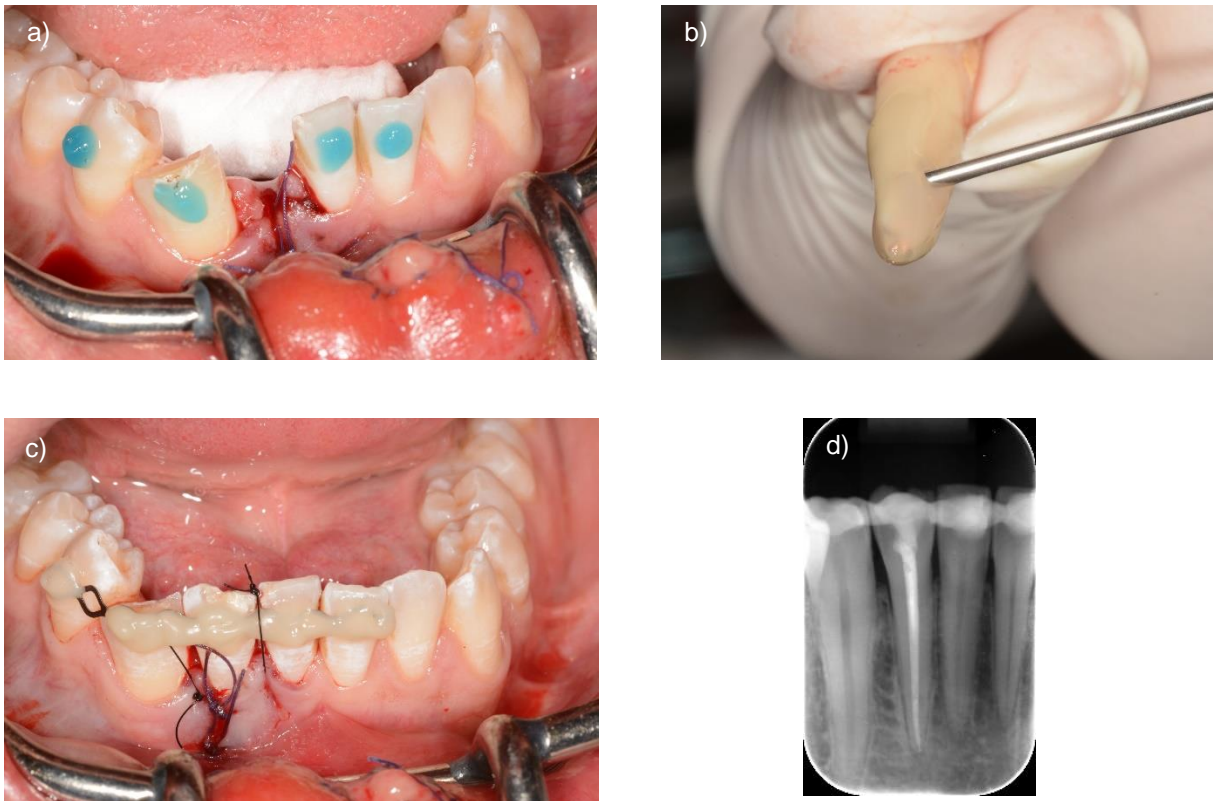


Abb. 5 Punktuelle Schmelzconditionierung mit Phosphorsäuregel **(a)**, Applikation eines Gels mit Schmelzmatrixproteinen (Emdogain, Straumann, Basel, Schweiz) auf die Wurzeloberfläche zur Reduktion des Risikos von zervikalen Wurzelresorptionen **(b)**, starre Schienung des replantierten Zahnes mit einer TTS und Komposit **(c)**, Zahnfilm des Zahnes 42 nach Replantation **(d)** (Fotos: Dr. med. dent. Khaled Mukaddam, mit freundlicher Genehmigung).

2 Tage nach dem Frontzahnunfall, Behandler Dr. Florin Eggmann

Der Patient gab an, dass das Analgetikum eine ungenügende Schmerzlinderung erzielte. Deshalb wurde ihm eine Bedarfsanalgesie durch kombinierte Einnahme von Ibuprofen (600 mg) und Paracetamol (500 mg) bis zu viermal täglich über einen Zeitraum von maximal zehn Tage verordnet [4].

Für die Wurzelkanalbehandlung der Zähne 12, 21 und 22 wurde eine Lokalanästhesie mit Articain durchgeführt. Das Arbeitsfeld wurde mit Kofferdam isoliert, der im Bereich der Frontzähne geschlitzt und mit Gewebekleber (Histoacryl, B. Braun, Melsungen, Deutschland) befestigt wurde. Nach Präparation der Zugangskavitäten wurden die Zähne mit NaOCl desinfiziert. Die Aufbereitung schloss sich an, wobei für den Gleitfad K-Feilen der Grösse ISO 10 und ISO 15 und für die maschinelle Aufbereitung reziprokierende Feilen (R25, Reciproc, VDW) verwendet wurden. Die kontinuierliche Spülung erfolgte mit NaOCl. Die Aufbereitung wurde „crown down“ durchgeführt, initial bis auf 2/3 der anhand der Zahnfilme geschätzten Arbeitslängen. Nach der endometrischen Bestimmung der Arbeitslängen wurden orientierende Röntgenmessaufnahmen angefertigt, die die Arbeitslängen bestätigten (Abb. 7). Es erfolgte eine Schlusspülung mit NaOCl, 17% Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) und NaOCl (je 10 ml), bevor die Wurzelkanäle mit sterilen Papierspitzen getrocknet wurden. Für die intrakanalären Einlagen wurde eine Paste auf Zinkoxid-Basis, die 5% Clindamycinhydrochlorid und 1% Triamcinolonacetonid (ein synthetisches Kortikosteroid) enthält, verwendet (Odontopaste, Australian Dental Manufacturing, Brisbane, Australien) [5, 6]. Für den Verschluss der Zugangskavitäten wurde eine provisorische Verschlussmasse gewählt (Cavit, 3M) (Abb. 6).

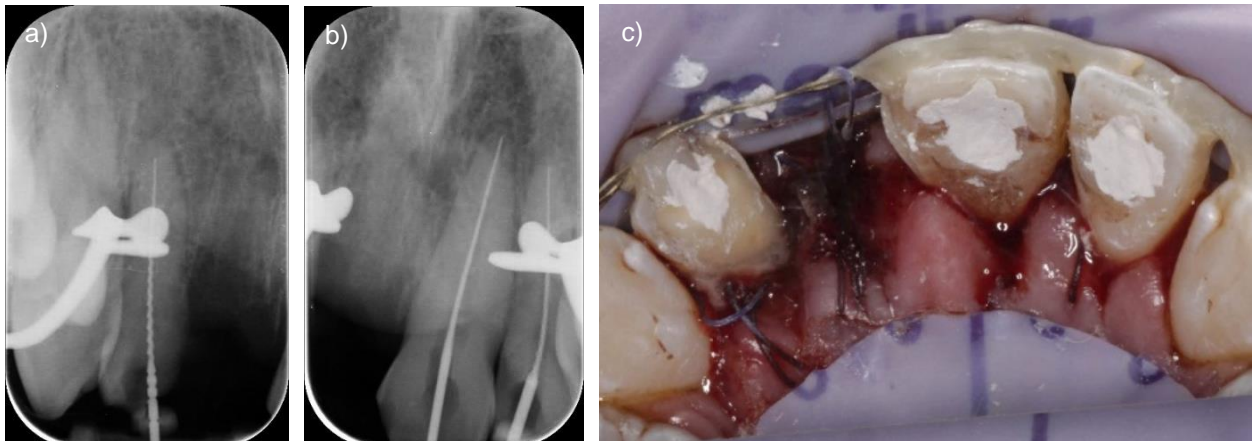


Abb. 6 Orientierende Röntgenmessaufnahmen bei den Zähnen 12 **(a)** und 21 und 22 **(b)** sowie intraorale Fotoaufnahme, die den provisorischen Verschluss der Zugangskavitäten zeigt **(c)**.

8 Tage nach dem Frontzahnunfall

Der Patient war schmerzfrei. Die Einzelknopfnähte wurden entfernt (Abb. 7). Eine provisorische Versorgung der Frontzahnücke regio 11 war dem Patienten zu diesem Zeitpunkt noch nicht wichtig.

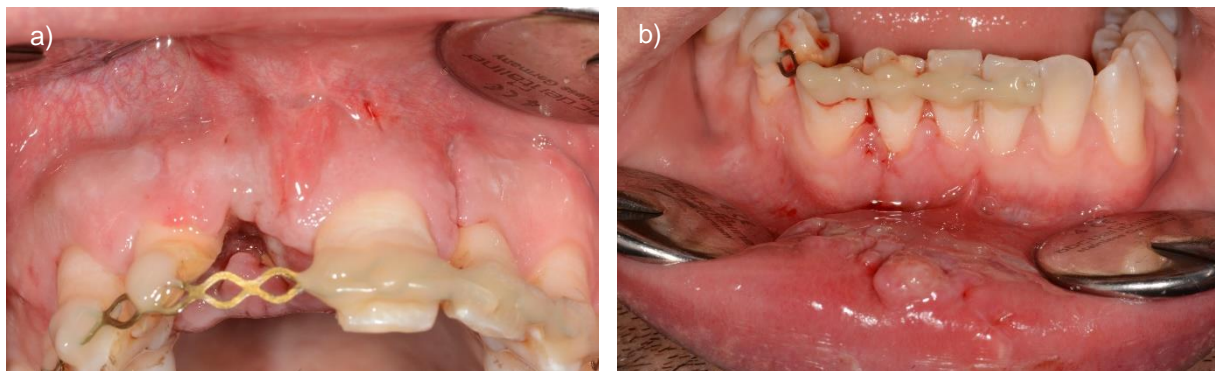


Abb. 7 Intraorale Fotoaufnahmen unmittelbar nach der Entfernung der Nähte im Oberkiefer **(a)** und Unterkiefer **(b)** (Fotos: Dr. med. dent. Khaled Mukaddam, mit freundlicher Genehmigung)

14 Tage nach dem Frontzahnunfall, Behandler Dr. Florin Eggmann

Nach Applikation des Lokalanästhetikums wurde das Arbeitsfeld mit Kofferdam isoliert und die provisorische Verschlussmasse wurde mit einer Ultraschallspitze aus den Zugangskavitäten entfernt. Die Zähne wurden mit NaOCl desinfiziert und die intrakanalären Einlagen wurden durch Spülung mit NaCOI entfernt. Um die Einlagen möglichst vollständig zu entfernen, erfolgte zusätzlich eine wiederholte Schallaktivierung der Spüllösung mit flexiblen Polyamidspitzen (EDDY, VDW), die bis 1 mm vor Arbeitslänge in die Wurzelkanäle eingeführt wurden [7]. In die getrockneten Wurzelkanäle wurde Kalziumhydroxid (UltraCal XS, Ultradent, South Jordan, UT, USA) appliziert. Der Verschluss der Zugangskavitäten erfolgte wiederum mit einer provisorischen Verschlussmasse (Abb. 8).



Abb. 8 Intraorale Fotoaufnahme in der Sitzung des Wechsels der intrakanalären Einlagen

19 Tage nach dem Frontzahnunfall

In Lokalanästhesie wurden die TTS mit Hilfe eines Fluoreszenz-unterstützten Verfahrens entfernt [3], wobei die Dauer der Schienung der avulsierten Oberkieferschneidezähne etwas über der empfohlenen Schienungszeit von 1 bis 2 Wochen lag und die Dauer der Schienung von Zahn 42 etwas kürzer als die in solchen Fällen übliche Schienungszeit von 4 Wochen war. Zahn 42 wies zu diesem Zeitpunkt keine Lockerung auf. Zum Perkussionsgeräusch gibt es keine Aktennotiz.

23 Tage nach dem Frontzahnunfall, Behandler Dr. Florin Eggmann

Die Sensibilitätsprobe mit CO₂-Schnee war bei den Zähnen 13, 23, 33, 32, 31, 41 und 43 normal positiv. Nach Applikation des Lokalanästhetikums erfolgten die Isolation und Desinfektion des Arbeitsfeldes im Oberkiefer wie in den vorherigen Sitzungen. Die intrakanalären Kalziumhydroxideinlagen wurden durch Spülung mit NaOCl entfernt. Die Spülflüssigkeit wurde dabei aktiviert (EDDY, VDW) [7]. Guttaperchastifte, die auf die Form der maschinellen Feile abstimmt waren, wurden für die Masterpoint-Aufnahme verwendet. Nach diesen Röntgenaufnahmen erfolgte die Schlusspülung, wobei NaOCl, EDTA und NaOCl (je 10 ml) mit Schallaktivierung eingesetzt wurden [8, 9]. Die Trocknung der Wurzelkanäle mit sterilen Papierspitzen war problemlos möglich. Die Obturation der Wurzelkanäle erfolgte mit erwärmter Guttapercha durch eine vertikale Kompaktionstechnik (Alpha & Beta, B&L Biotech, Fairfax, VA, USA) (Abb. 10). Die Zugangskavitäten wurden anschließend mit in Ethanol getränkten Microbrushes gereinigt, mit Phosphorsäure konditioniert und einem Universaladhäsiv (Scotchbond Universal, 3M) und Komposit (Filtek Supreme XTE, 3M) verschlossen [10].

Bei allen endodontischen Therapiemaßnahmen wurde ein Dentalmikroskop als Vergrößerungshilfe eingesetzt. Alle Spülflüssigkeiten wurden bei Zimmertemperatur angewendet. Die Spülflüssigkeiten wurden immer mit seitlich geöffneten Spülkanülen (G25 und G30) appliziert, die maximal auf 1 mm koronal der Arbeitslänge in den Wurzelkanal eingeführt wurden [11]. Die Polyamidspitzen für die Ultraschallaktivierung der Spülflüssigkeiten wurden ebenfalls nie weiter als 1 mm vor der Arbeitslänge eingeführt. Das Aircaler-Handstück (KaVo Sonicflex, KaVo Dental, Biberach, Deutschland), das für die

Schallaktivierung verwendet wurde, wurde in der höchsten Leistungsstufe betrieben [12]. Die in der Endodontie üblichen sterilen Kautelen wurden peinlich eingehalten.

Der Patient teilte mit, dass er wieder vorsichtig mit den Frontzähnen abbeißen und kauen könne. Wegen des fehlenden Frontzahns 11 war allerdings die Bildung von Zischlauten gestört, was eine Beeinträchtigung bei telefonischen Kundenkontakten in seinem Berufsalltag darstellte. Deshalb wurden die Kronenfrakturen der Zähne 12 und 21 mit provisorischen direkten Kompositrestaurationen versorgt und es erfolgte ein provisorischer Lückenschluss mit Komposit (Filtek Supreme XTE, 3M) und vorimprägnierten, unidirektionalen Glasfasern (Everstick Perio, GC, Tokio, Japan), die im Sinne einer direkten Adhäsivbrücke an den benachbarten Zähnen befestigt wurden (Abb. 9).

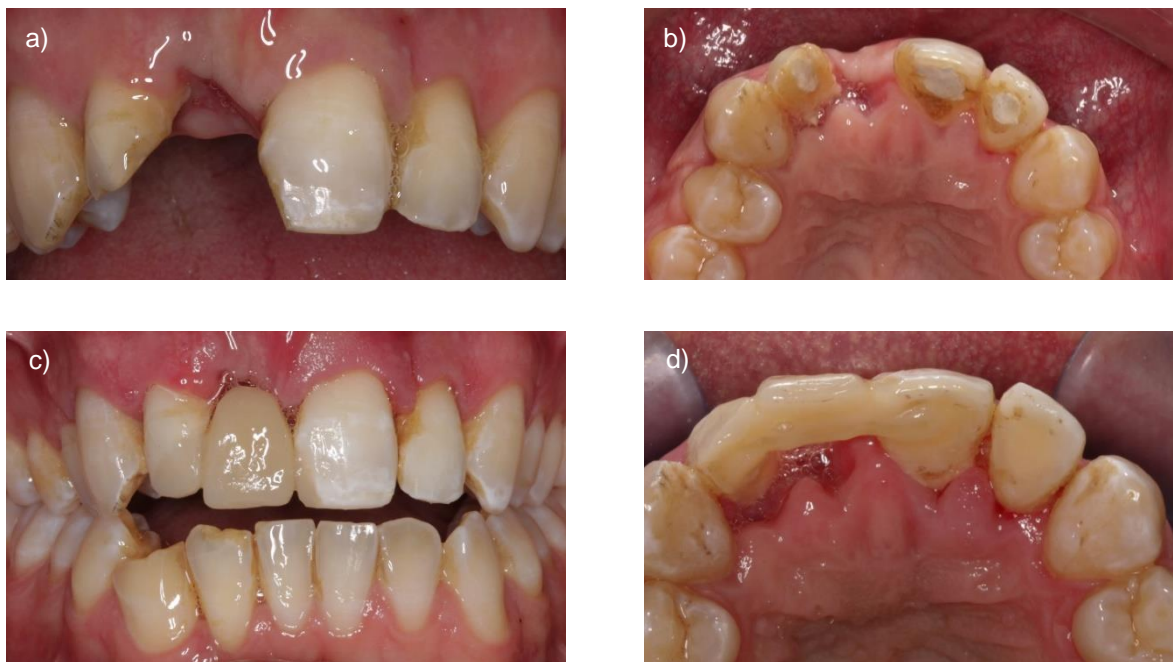


Abb. 9 Intraorale Fotoaufnahmen, die den Zustand vor der Wurzelkanalfüllung von labial (a) und inzisal (b) sowie den provisorischen Lückenschluss mit einer direkten Adhäsivbrücke zeigen (c, d).



Abb. 10 Masterpoint-Röntgenaufnahmen bei Zahn 12 (a), 21 und 22 (b) sowie die Röntgenkontrollaufnahmen nach Obturation der Wurzelkanäle und dem adhäsiven Verschluss der Zugangskavitäten (c, d)

3 Monate nach dem Frontzahnunfall, Behandler Dr. Florin Eggmann

Der Patient berichtete, das Abbeißen, Kauen und Bilden von Zischlauten seien nun problemlos möglich. Bei der klinischen Untersuchung fielen jedoch das Fehlen der physiologischen Zahnmobilität und ein helles, metallisches Geräusch auf axiale Perkussion bei den Zähnen 12, 21 und 22 auf. Der Patient wurde aufgeklärt, dass dies klare Hinweise auf eine Ankylose verursacht durch eine Ersatzgewebsresorption der betroffenen Unfallzähne seien. Die Implikationen für die Prognose der Zähne wurden ausführlich besprochen. In einem Prozess der partizipativen Entscheidungsfindung wurde gemeinsam mit dem Patienten beschlossen, dass der Lückenschluss mit einer konventionellen Brücke trotz beginnender Ersatzgewebsresorption die bevorzugte Therapievariante darstellte [13, 14]. In dieser Sitzung erfolgte zudem die direkte Kompositrestauration von Zahn 43 (Abb. 11).

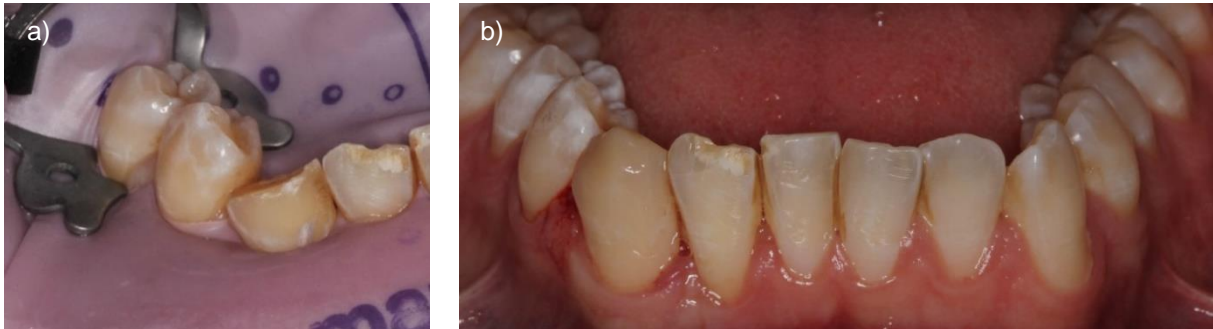


Abb. 11 Intraorale Fotoaufnahme des mit Kofferdam isolierten Arbeitsfelds (a) und der direkten Kompositrestauration der Kronenfraktur von Zahn 43 (b)

6 Monate nach dem Frontzahnunfall, Behandler Dr. Florin Eggmann

Die Zähne 12 und 21 wurden mit einer zirkulären Schulterpräparation für die geplante Versorgung mit einer konventionellen Brücke vorbereitet (Abb. 12). Ein laborgefertigtes Eierschalenprovisorium mit palatinaler Metallverstärkung diente dem provisorischen Lückenschluss und erlaubte die Konditionierung der Mundschleimhaut im Bereich des Zwischengliedes in darauffolgenden Sitzungen (Abb. 12).

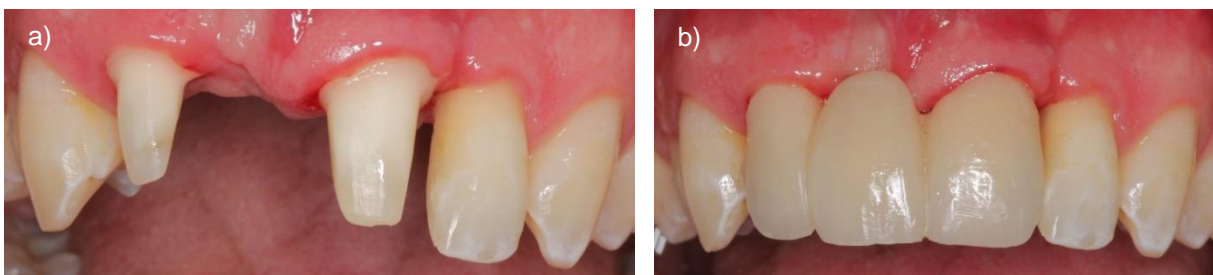


Abb. 12 Zirkuläre Schulterpräparation der Zähne 12 und 21 (a) und mit Eugenol-freiem Zement befestigtes Eierschalenbrückenprovisorium (zahn technische Arbeit von Clemens Gessner, Gessner Dentaltechnik AG, Basel) (b)

8 Monate nach dem Frontzahnunfall, Behandler Dr. Florin Eggmann

Eine laborgefertigte Brücke mit Zirkoniumdioxidgerüst und silikatkeramischer Verblendung im Bereich der Labialflächen wurde mit selbstadhäsivem Befestigungskomposit (RelyX Unicem2 Aplicap, 3M) auf den präparierten Zähnen 12 und 21 befestigt (Abb. 13).



Abb. 13 Fotoaufnahmen unmittelbar nach der Befestigung der laborgefertigten Brücke mit selbstadhäsivem Befestigungskomposit (zahntechnische Arbeit von Clemens Gessner, Gessner Dentaltechnik AG, Basel) **(a, c)** und Zahnfilme zur Beurteilung der Randqualität und der Kontrolle der Entfernung von überschüssigem Befestigungskomposit **(b, d)**

1 Jahr und 3 Monate nach dem Frontzahnunfall, Behandler Dr. Florin Eggmann

Der Patient war beschwerdefrei. Die Sensibilitätsprobe der Frontzähne ohne Wurzelkanalfüllung war normal positiv, und es lag bei keinem Zahn eine Dolenz auf Perkussion vor. Die Restaurationen waren intakt. Röntgenologisch zeigten sich bei allen replantierten Frontzähnen Diskontinuitäten des Parodontalspalts (Abb. 14). Bei Zahn 42 war die Ersatzgewebsresorption erwartungsgemäß am weitesten vorangeschritten (Abb. 14).

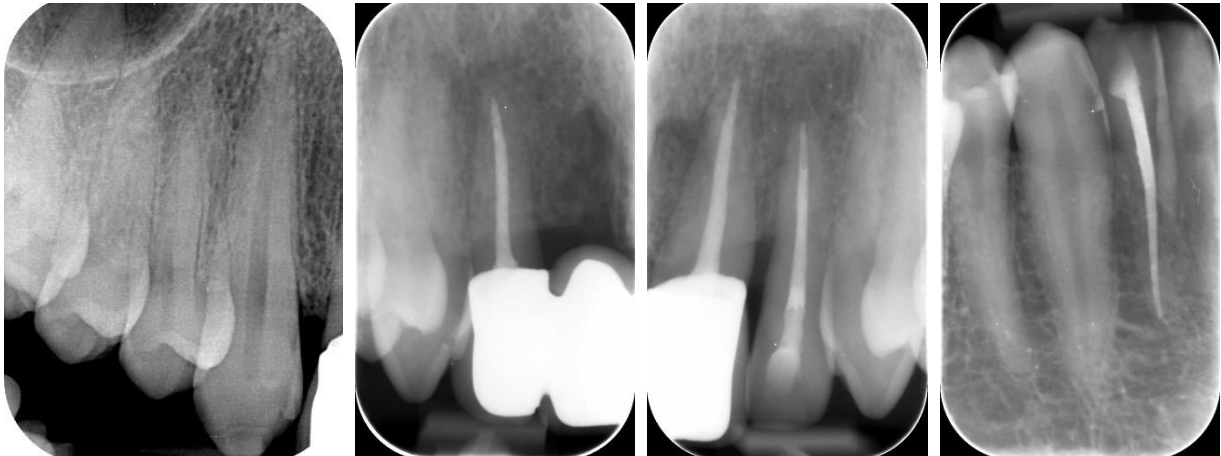


Abb. 14 Zahnfilme der Frontzähne 15 Monate nach dem Zahntrauma. Unterbrüche des Parodontalspalts waren röntgenologische Zeichen der Ersatzgewebsresorption der Zähne 12, 21, 22 und 42.

2 Jahre und 2 Monate nach dem Frontzahnunfall, Behandler Dr. Florin Eggmann

Der Patient war weiterhin beschwerdefrei und ästhetisch und funktionell zufrieden mit dem Zustand der Frontzähne. Die Sensibilitätsprobe mit CO₂-Schnee war bei allen Zähnen ohne Wurzelkanalfüllung positiv. Alle Zähne waren nicht dolent auf axiale Perkussion, wobei bei den replantierten Zähnen aufgrund der einsetzenden Ersatzgewebsresorptionen unverändert ein helles, metallisches Geräusch bemerkbar war. Der parodontale Zustand war abgesehen von einer lokalisierten Biofilm-induzierten Gingivitis und einer geringfügigen Gingivarezession bei den Zähnen 12 und 21 labial unauffällig. Erhöhte Sondierungswerte lagen keine vor. Die Restaurationen waren intakt (Abb. 15). Eine restaurative Versorgung der inzisalen Schmelzfraktur bei Zahn 42 wünschte der Patient weiterhin nicht.



Abb. 15 Intraorale Fotoaufnahmen der Frontzähne 2 Jahre und 2 Monate Jahre nach dem Frontzahnunfall

3 Jahre und 1 Monat nach dem Frontzahnunfall, Behandler Dr. Florin Eggmann

Die klinischen Befunde zeigten keine Veränderungen zur letztmaligen Kontrolle. Der Patient gab an, weiterhin sehr zufrieden zu sein. Röntgenologisch waren in den Zahnfilmen ein beginnendes apikales Remodelling bei Zahn 21 und die Wurzelresorption sichtbar (Abb. 16). Bei allen replantierten Zähnen wies die Verlaufsbeurteilung auf eine eher langsam voranschreitende Ersatzgewebsresorption hin.

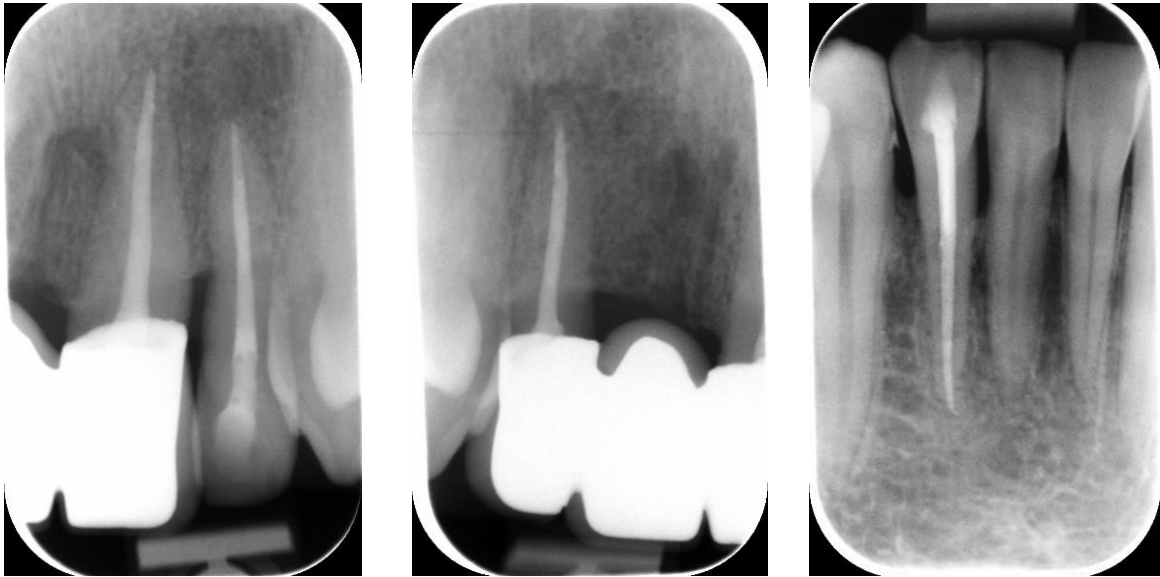


Abb. 16 Zahnfilme der replantierten Zähne 12, 21, 22 und 42, die 3 Jahre und 1 Monat nach dem Frontzahnunfall angefertigt wurden.

3 Jahre und 3 Monate nach dem Frontzahnunfall, Behandler Dr. Florin Eggmann

Im Rahmen der regulären Jahreskontrolle zeigten die Mundhygieneindizes einen Plaqueindex von 14% und einen Blutungsindex von 17%. Parodontal lagen eine Sondierungswerte >4 mm vor, Bluten auf Sondieren trat an 13% aller Sites auf. Der Patient war beschwerdefrei, und die Restaurationen waren intakt.

5 Jahre und 9 Monate nach dem Frontzahnunfall, Behandler Dr. Florin Eggmann

Der Patient hatte keinerlei Beschwerden. Für die Mundhygiene wendet der Patient zweimal täglich eine Handzahnbürste und diverse fluoridhaltige Zahnpasten an. Interdentalraumbürsten verwendet der Patient mehrmals wöchentlich, jedoch nicht täglich. Die Mundschleimhaut war unauffällig. Regio 11 wies der Alveolarfortsatz ein leichtes Volumenminus auf (Abb. 17). Parodontal lagen keine Sondierungswerte >3 mm vor. Bei den Schneidezähnen wurden Gingivarezessionen von ≤ 2 mm gemessen (Abb. 18). Sämtliche Schneidezähne waren nicht dolent auf Perkussion, wobei bei den Zähne 12, 21, 22 und 42 aufgrund der Ersatzresorption unverändert das helle, metallische Perkussionsgeräusch auffiel. Die Sensibilitätsprobe mit CO_2 -Schnee bei den Zähne 13, 23, 33, 32, 31, 41 und 43 war positiv. Die Restaurationen waren intakt. In den Zahnfilmen ist im Oberkiefer – insb. bei Zahn 22 mesial – ein horizontaler Knochenverlust erkennbar (Abb. 19). Periapikal liegen abgesehen von dem Remodelling im Bereich des Apex, das bei den Zähnen 21 und 42 am ausgeprägtesten ist, unauffällige Verhältnisse vor. Die Ersatzgewebsresorption ist erwartungsgemäß bei Zahn 42 am weitesten fortgeschritten.



Abb. 17 Intraorale Fotoaufnahmen, die 5 Jahre und 9 Monate nach dem Frontzahnunfall angefertigt wurden.

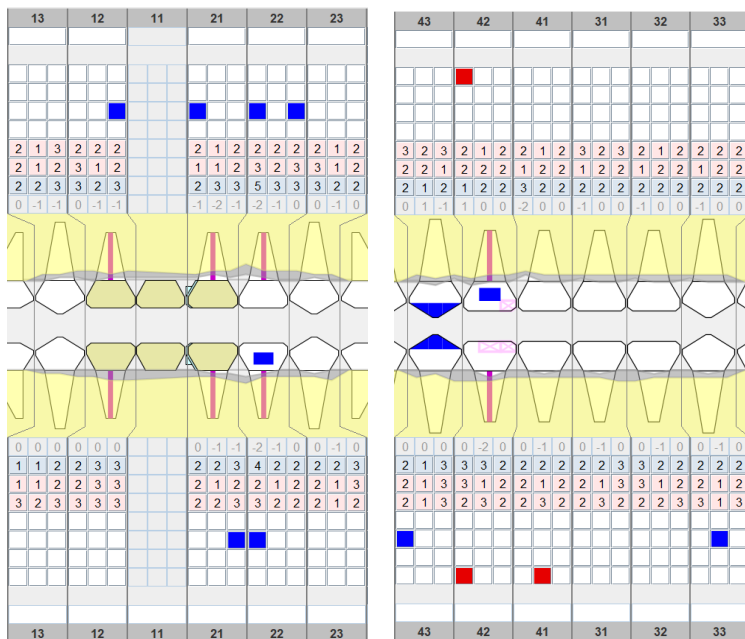


Abb. 18 Parodontalstatus des 2. und 5. Sextanten 5 Jahre und 9 Monate nach dem Frontzahnunfall

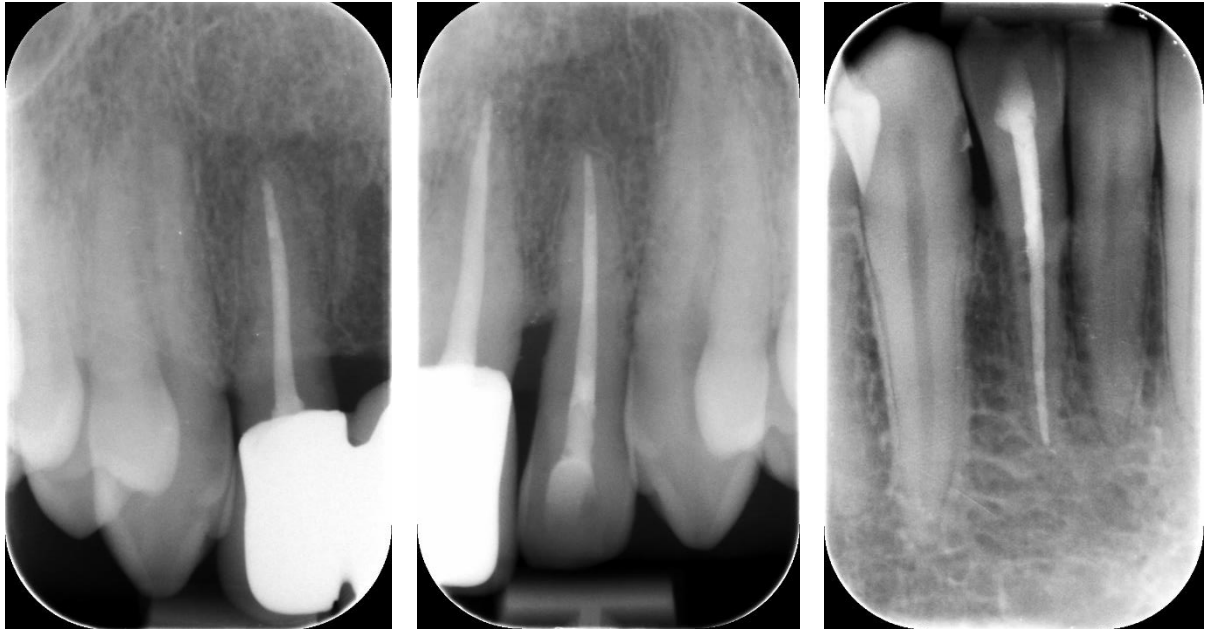


Abb. 19 Zahnfilme der replantierten Zähne 12, 21, 22 und 42, die 5 Jahre und 9 Monate nach dem Frontzahnunfall angefertigt wurden.

Epikrise

Avulsion mehrerer Frontzähne

Zahnunfälle haben eine hohe Lebenszeitprävalenz. Epidemiologische Studien weisen drauf hin, dass ungefähr 30% der Bevölkerung mindestens einmal im Leben einen Zahnunfall erleidet. Eine retrospektive Studie, die an einem Zahnunfallzentrum in Brasilien durchgeführt wurde, zeigte auf der Grundlage von Daten von 93 Patienten mit Avulsionen, dass Avulsionen häufiger bei Männern als bei Frauen vorkamen, am häufigsten im Zusammenhang mit Fahrradunfällen auftraten, in 60% der Fälle begleitende Weichteilverletzungen und Schäden an den benachbarten Zähnen vorhanden waren und 20% der avulsierten Zähne am Unfallort nicht gefunden wurden [15]. Der vorliegende Fall bestätigt viele dieser Ergebnisse, einschließlich dem Anteil der nicht auffindbaren avulsierten Zähne. Andererseits ist die gleichzeitige Avulsion von vier und mehr Zähnen wie im vorgestellten Fall sehr selten, denn eine solche Verletzung tritt gemäß der brasilianischen Untersuchung nur in 3% der Avulsionsfälle auf. Ein vormaliges Zahntrauma, ein bedeutender Risikofaktor für Zahnunfälle, hatte der vorgestellte Patient keines.

Rettungskette der avulsierten Zähne

Die sogenannte Rettungskette ist für die Prognose avulsierter Zähne entscheidend. Die Zeitdauer und das Medium der extraoralen Lagerung spielen dabei eine wichtige Rolle [13, 16]. Im vorliegenden Fall ist die Rettungskette als nicht optimal aber auch nicht als katastrophal zu bewerten, denn die „dry time“, d.h. die Zeit, in der sich Zähne außerhalb der Alveole und in keinen geeigneten Lagerungsmedium befanden, betrug ungefähr 20 Minuten. Der Patient, dessen Bruder Zahnarzt ist, hatte eine Zahnrettungsbox, bei sich, worin die avulsierten Zähne aufbewahrt wurden. Die Zahnrettungsbox enthält ein Organtransplantationsmedium, worin die parodontalen Zellen auf der Wurzeloberfläche bei Raumtemperatur mindestens 24 h überleben. Wird ein avulsierter Zahn innerhalb von wenigen Minuten in einen Zahnrettungsbox gelegt, können großflächige Zementdefekte im Regelfall vermieden werden; es besteht die Möglichkeit der parodontalen Heilung nach Replantation. Die Ersatzgewebsresorption der Oberkieferfrontzähne im vorgestellten Fall lieferte klare Hinweise, dass es bei der ausgedehnten „dry time“ zu Zementdefekten gekommen sein muss, die zu groß und ausgeprägt für eine desmodontale Regeneration waren.

Primärversorgung

Die Primärversorgung komplexer Zahnunfälle ist anspruchsvoll. Die Avulsion ist dabei wohl für alle Beteiligten die spektakulärste Zahnverletzung. Der Ausschluss eines Schädel-Hirn-Traumas hat bei der Initialbehandlung von Zahnunfällen die oberste Priorität. Aufgrund der verunreinigten Weichteilwunden war im vorliegenden Fall zudem eine Auffrischung der Tetanusimmunisierung notwendig, die im Rahmen der Primärversorgung im Krankenhaus durchgeführt wurde [13]. Der Patient lagerte die avulsierten Zähne bereits am Unfallort in der Zahnrettungsbox. Die Zähne befanden sich also bereits in einem zellphysiologischen Medium, bevor er im Krankenhaus war. Es bestand folglich keine Eile, die Zähne zu replantieren. Um Mikroorganismen, Toxine und Gewebszerfallsprodukte von der Wurzeloberfläche wegzuschwemmen, ist es sogar vorteilhaft, wenn avulsierte Zähne 30 Minuten oder länger in einer Zahnrettungsbox gelagert werden.

Dass die Oberkieferfrontzähne bei der initialen Replantation am Unfalltag in eine leichte Fehlstellung gebracht wurden, kann möglicherweise im Zusammenhang mit unvollständig entfernten Blutkoagula in den Alveolen stehen. Bei der Avulsion benachbarter Zähne fehlen zudem anatomische Landmarken für die Zahnachse und die Höhe der Inzisalkante, was die Replantation zusätzlich erschwert. Obschon die Replantation und Schienung möglicherweise nicht ganz optimal durchgeführt wurden, ist die Tatsache, dass diese überhaupt zeitnah erfolgten, im Hinblick auf den Zahnerhalt als vorbildlich zu bezeichnen. Die Trockenlagerung des Zahnes 42 hingegen ist nicht nachvollziehbar.

Antiresorptive, regenerative Maßnahmen

Zurzeit sind nur wenige Daten zum Einfluss von Antibiotika auf die parodontale Heilung und Wurzelresorptionen verfügbar. Die derzeitige Datenlage ist nicht eindeutig, ob topisch applizierte oder systemisch verabreichte Antibiotika eine parodontale Heilung tatsächlich begünstigen [17]. Jedoch gibt es Hinweise aus Tierstudien, dass Doxycyclin die Anzahl von Odontoklasten, Osteoklasten, Lymphozyten und Monozyten um die Zahnwurzeln reduziert und die Osteoklastogenese inhibiert und somit die Häufigkeit und den Schweregrad von Wurzelresorptionen senkt [16, 17]. Obwohl die Datenlage uneindeutig ist, empfehlen die aktuellen Leitlinien eine systemische Antibiotikagabe nach Replantation avulsierter Zähne [13]. Dem vorstellten Patienten wurde bei der Primärversorgung alio loco Amoxicillin/Clavulansäure verordnet. Im Hinblick auf das antiresorptive Wirkungsprofil wäre eine Doxzyklingabe (Indikation und Dosierung entsprechend Alter und Körpergewicht des Patienten) möglicherweise vorteilhafter gewesen [13]. Im Rahmen der initialen Therapie von Avulsionen können weitere Maßnahmen ergriffen werden, um die Chance auf eine parodontale Einheilung zu verbessern. So kann dem Zellkulturmedium der Zahnrettungsbox eine Tetrazyklin/Kortikosteroid Mischung – am Zahnunfallzentrum in Basel üblich sind 1 mg Tetrazyklin und 1 mg Dexamethason – zugesetzt werden und vor der Replantation kann ein Gel mit Schmelzmatrixproteinen (Emdogain, Straumann, Basel, Schweiz) in die Alveole und auf die Wurzeloberfläche appliziert werden. Ob solche zusätzlichen antiresorptiven, regenerativen Maßnahmen, die insb. bei nicht optimaler Rettungskette die Regeneration kleinflächiger Zementdefekte begünstigen, ergriffen wurden, geht aus der Dokumentation der Primärversorgung nicht hervor.

Endodontische Behandlung von Zahn 42

Die Wurzelkanalbehandlung des Zahnes 42 wurde von einem Kollegen auf einer oralchirurgischen Klinik extraoral durchgeführt [13]. Die Fotodokumentation jener Behandlung zeigt die sorgfältige Kontrolle der Arbeitslänge. Die maschinelle Aufbereitung und die anschließende Wurzelkanalfüllung mit der „matched-taper single-cone“ Technik beschränkten sich allerdings auf einen Wurzelkanal. Ob der Zahn 42 einen weiteren Wurzelkanal aufweist, ist nicht bekannt. Angesichts der Kontur der Wurzel (Abb. 4) und der Häufigkeit mehrerer Wurzelkanäle bei Unterkieferschneidezähnen wäre es jedoch sinnvoll gewesen, nach einem solchen durch zusätzliche Röntgenaufnahmen und ggf. eine gezielte Erweiterung der Zugangskavität nach lingual zu suchen. Die Wurzelkanalbehandlung von Zähnen ohne Chance auf eine parodontale Einheilung, die extraoral endodontisch behandelt werden, kann ohne Zeitdruck erfolgen und extraorale Röntgenaufnahmen solcher Zähne beinhalten keinerlei Strahlenbelastung für den Patienten. Solche Zähne bieten also optimale Voraussetzungen für die Wurzelkanalbehandlung, die im vorliegenden Fall nur teilweise ausgenutzt wurden.

Endodontische Behandlung der avulsierten Oberkieferschneidezähne

Bei wurzelreifen avulsierten Zähnen soll die Wurzelkanalbehandlung möglichst rasch nach der Replantation und Schienung durchgeführt werden [13, 16]. Im vorgestellten Fall erfolgte die Wurzelkanalbehandlung zwei Tage nach dem Unfall. Eine solche zeitnahe endodontische Intervention ist prognostisch wichtig, um das Risiko von infektionsbedingten Wurzelresorptionen zu reduzieren [13, 16]. Dies beinhaltet allerdings gewisse Herausforderungen. So ist die Kofferdamisolation bei geschienten Zähnen erschwert und begleitende Weichteilverletzungen und Schwellungen erfordern, dass die Behandlung besonders behutsam durchgeführt wird, um Schmerzen zu vermeiden.

Die intrakanaläre Applikation einer Kortikosteroid-haltigen Paste, deren Wirkstoffe durch Dentintubuli in Richtung Wurzeloberfläche diffundieren, kann die Osteoklastenaktivität reduzieren und somit das Risiko einer Wurzelresorption in Bereichen mit Zementdefekten verringern. Die angewendete Paste enthielt zudem ein Antibiotikum, wobei allerdings das Kortikosteroid in diesem Indikationsbereich der wichtigere Inhaltsstoff ist.

Die Sequenz der intrakanalären Einlagen – initial eine Kortikosteroid-haltige Paste und anschließend Kalziumhydroxid – wurde gemäß nachweisgestützten Therapieempfehlungen gewählt [16, 18]. In-vitro-Untersuchungen weisen darauf hin, dass die verwendete Paste, die als Wirkstoffe Clindamycinhydrochlorid und Triamcinolonacetonid enthält, ein geringeres Verfärbungspotential aufweist als das ähnliche Ledermix (Riemser Arzneimittel, Greifswald, Deutschland), eine Paste mit Demeclocyclin-Kalzium als antibiotischen Wirkstoff [18]. Die zielgenaue Applikation der Paste ausschließlich in den Wurzelkanal unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze bzw. unterhalb des Margo gingivae (im Falle von Zähnen mit Gingivarezessionen) ist eine Herausforderung, und trotz sorgfältiger Reinigung ist oft nicht möglich, sämtliche Rückstände der Paste, die auch in Dentintubli diffundiert, aus der Zugangskavität zu entfernen. Solche Rückstände können zu ästhetisch störenden Verfärbungen führen [18]. Im Hinblick auf Verfärbungen der klinischen Krone durch Rückstände der Paste im Bereich der Zugangskavität ist die verwendete Paste vorteilhaft.

Restaurative Versorgung

Die restaurative und rekonstruktive Versorgung der Unfallzähne erfolgte mit direkten Kompositrestaurationen und einer laborgefertigten, dreigliedrigen Keramikbrücke. Direkte Kompositrestaurationen erlauben eine defektorientierte Versorgung, sie weisen im Frontzahnggebiet eine gute Leistungsfähigkeit auf und zeichnen sich durch eine gute Reparaturfähigkeit aus. Die Keramikbrücke ermöglichte den Lückenschluss in Regio 11. Zudem konnte durch die Keramikbrücke der Interinzisalabstand im Bereich der zentralen Schneidezähne reduziert werden, was der Patient, der in der bleibenden Dentition immer einen frontal offenen Biss aufwies, so wünschte. In klinischen Studien wurden bei Brücken, die ein mit Silikatkeramik verblendetes Zirkoniumdioxidgerüst aufweisen, höhere Komplikationsraten festgestellt als bei Brücken aus Verbund-Metall-Keramik. Im vorliegenden Fall beschränkte sich daher die silikatkeramische Verblendung auf den labialen Anteil der Kronen und des Zwischenglieds. Diese zahntechnische Gestaltung reduziert das Risiko restaurativer Komplikationen und in der fünfjährigen Nachbeobachtungszeit traten keinerlei solche auf.

Behandlungsalternativen

Die avulsierten Zähne wurden in ihre originären Alveolen replantiert. Da der avulsierte Zahn 11 am Unfallort nicht gefunden wurde, entstand im Oberkiefer eine Frontzahnlücke. Obschon der Zahn 42 wegen der langen „dry time“ keine Chance auf eine parodontale Einheilung hatte, wäre es eine Möglichkeit gewesen, den Zahn 42 in die Alveole von Zahn 11 zu replantieren. Das hätte einige Vorteile beinhaltet. Die Lücke, die bei einem solchen Vorgehen in Regio 42 entstanden wäre, hätte beispielsweise mit einer Klebebrücke versorgt werden können, denn Zahn 41 verfügte über intakten lingualen Schmelz und günstige Okklusionskontakte. Im Oberkiefer wären dann Einzelzahnrestaurationen möglich gewesen. Im Hinblick auf die provisorische Versorgung, die Ästhetik der Restaurationen und die Flexibilität im Falle endodontischer oder restaurativer Komplikationen hätte sich eine solche maximale Segmentierung als nützlich erweisen können. Zudem hätte die langsame Ersatzgewebsresorption der Wurzel von Zahn 42 zum Erhalt des Alveolarfortsatzes in Regio 11 beigetragen. Für eine Implantatversorgung zu einem späteren Zeitpunkt wäre dies vorteilhaft gewesen. Dieser Fall zeigt, dass sich lohnt, die Replantation von avulsierten Zähnen interdisziplinär zu

besprechen. Die Replantation eines avulsierten Zahnes in eine andere Alveole – gewissermaßen eine spezielle Form der Autotransplantation – kann in gewissen Fällen vorteilhaft sein.

Die Replantation der avulsierten Zähne und die anschließende endodontische und restaurative Versorgung haben gegenüber den Behandlungsmöglichkeiten bei traumatisch bedingten Frontzahnlücken zahlreiche Vorteile [13, 16]. Eine konventionelle Brücke zum Ersatz aller avulsierten Oberkieferfrontzähne hätte die Präparation der naturgesunden Eckzähne erfordert und eine ästhetische Gestaltung im Bereich von mehreren Zwischengliedern im Frontzahnbereich stellt eine große Herausforderung dar. Die Ästhetik ist auch eine Herausforderung, wenn mehrere benachbarte Frontzahnlücken mit implantologisch-rekonstruktiven Therapiemaßnahmen versorgt werden. Im Hinblick auf die Langzeitprognose ist es immer vorteilhaft, wenn implantologisch-rekonstruktive Therapiemaßnahmen durch Zahnerhalt vermieden oder aufgeschoben werden können.

Prognose

Bei der Ersatzgewebsresorption besiedeln Osteoblasten und Osteoklasten anstelle von Parodontalfibroblasten die Wurzeloberfläche in Bereichen mit Zementschäden. In der Folge entsteht eine Verbindung zwischen der Zahnwurzel und dem Alveolarknochen und der physiologische Knochenumbauprozess greift auf das Wurzelzement über [13, 16]. Die Geschwindigkeit dieser Ersatzgewebsresorption hängt dabei vom Patientenalter ab. Im Kindesalter kann die Ersatzgewebsresorption im Zeitraum von wenigen Jahren zur Auflösung der ganzen Wurzel und bedingt durch die Ankylose zur ausgeprägten lokalen Wachstumshemmung des Alveolarknochens führen [13]. Bei Erwachsenen hingegen können Zähne trotz fortschreitender Ersatzgewebsresorption oft über zehn Jahre und länger funktionsfähig erhalten bleiben [13]. Die Therapieoptionen bei posttraumatischer Ersatzgewebsresorption und Ankylose richten sich daher entscheidend nach dem Alter des betroffenen Patienten [13]. Beim vorgestellten erwachsenen Patienten weist die röntgenologische Verlaufsbeurteilung auf eine vergleichsweise langsame Progression der Ersatzgewebsresorption hin. Dieses Therapieergebnis ist langfristig so lange akzeptabel, wie die Gefahr einer Zahnfraktur oder einer Infektion aufgrund der Verbindung zwischen dem Resorptionsprozess und dem gingivalen Sulkus als gering eingeschätzt wird [13]. Bei Zahn 42 ist die Ersatzgewebsresorption weiter fortgeschritten als bei den Zähnen 12, 21 und 22, da bei Zahn 42 das Wurzelzement vor der Replantation vollständig entfernt wurde und somit die Ersatzgewebsresorption die ganze Wurzel erfasst hat. Obschon die eigentliche Resorptionsgeschwindigkeit bei allen Zähnen sehr ähnlich ist, führt die Ersatzgewebsresorption bei Zahn 42 voraussichtlich früher zum Zahnverlust als bei den anderen Zähnen. Hinzu kommt, dass das Wurzelvolumen von Unterkieferschneidezähnen kleiner ist als von zentralen Oberkieferschneidezähnen, was bei der Beurteilung des Resorptionsausmaßes zusätzlich zu berücksichtigen ist.

Wenn die Ersatzgewebsresorption beim vorgestellten Patienten schließlich zum Verlust der betroffenen Zähne geführt haben wird, liegen für einen implantologischen Lückenschluss deutlich günstigere Voraussetzungen vor, als wenn die avulsierten Zähne nicht replantiert worden wären. Denn durch die langsame Ersatzgewebsresorption bleibt lokal der Alveolarfortsatz erhalten. Daher sind aufwendige Augmentationsmaßnahmen im Rahmen einer geplanten Implantation oft nicht notwendig.

Mundgesundheits-bezogene Lebensqualität

Zahnunfälle können die Mundgesundheits-bezogene Lebensqualität der betroffenen Patienten erheblich beeinträchtigen. Die Dentinwunde von Zahn 43 wurde bei der Primärversorgung nicht behandelt. Die resultierende Dentinhypersensibilität war eine zentrale Beschwerde des Patienten am Tag nach dem Unfall. Dies unterstreicht die Bedeutung des adhäsiven Wundverbands solcher Dentinwunden sowohl für den Schutz der Pulpa-Dentin-Einheit vor Mikroorganismen als auch für die Reduktion von Schmerzen und Empfindlichkeiten [13]. Aufgrund der Frontzahnlucke in Regio 11 entwickelte der Patient einen Sigmatismus interdentalis, der ihn im Berufsalltag stark störte. Die gestörte Lautbildung verdeutlicht, dass Frontzahnunfälle oft alle oralen Funktionen tangieren: die Nahrungsaufnahme, die Ästhetik, die nonverbale und verbale Kommunikation usw. Bei der Behandlung von Zahnunfällen gilt es also die Gesamtheit der oralen Funktionen zu berücksichtigen, wobei die unbeeinträchtigte Mundgesundheits-bezogene Lebensqualität immer als das übergeordnete Ziel einer erfolgreichen Therapie gilt. Dieses Behandlungsziel wurde gemäß dem hier vorgestellten Patienten erreicht.

Informiertes Einverständnis

Der Patient wurde in einem persönlichen Gespräch über die Fallpräsentation für den VDZE Endo Award in der Kategorie „Dentales Trauma“ informiert und aufgeklärt. Er gab seine ausdrückliche Zustimmung für die Einreichung dieser Fallpräsentation.

Danksagung

Dem vorgestellten Patienten danke ich für das geschenkte Vertrauen bei der Behandlung und sein Plazet, mit der Fallpräsentation am Wettbewerb um den VDZE Endo Award teilzunehmen. Dr. med. dent. Khaled Mukaddam danke ich für die ausgezeichnete Zusammenarbeit und die Bereitstellung von Fotoaufnahmen. Außerdem möchte ich dem interdisziplinären Team des Zahnunfallzentrums des UZB für die stets hervorragende Zusammenarbeit danken. Clemens Gessner (Gessner Dentaltechnik AG) danke ich für seine hochwertige zahntechnische Arbeit. Den Dentalassistenten der Klinik für Parodontologie, Endodontologie und Kariologie des UZB danke ich für die exzellente Unterstützung, ohne die Behandlungserfolge nicht möglich wären.

Literaturverzeichnis

1. Filippi A, von Arx T, Lussi A (2002) Comfort and discomfort of dental trauma splints - a comparison of a new device (TTS) with three commonly used splinting techniques. *Dent Traumatol* 18:275–280. <https://doi.org/10.1034/j.1600-9657.2002.00121.x>
2. American Association of Endodontists (2013) Endodontic diagnosis. <https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/07/endodonticdiagnosisfall2013.pdf>. Accessed 28 Mar 2023
3. Dettwiler C, Meller C, Eggmann F, Saccardin F, Kühl S, Filippi A, Krastl G, Weiger R, Connert T (2018) Evaluation of a Fluorescence-aided Identification Technique (FIT) for removal of composite bonded trauma splints. *Dent Traumatol* 34:353–359. <https://doi.org/10.1111/edt.12425>
4. Abushanab D, Al-Badriyeh D (2021) Efficacy and safety of ibuprofen plus paracetamol in a fixed-dose combination for acute postoperative pain in adults: meta-analysis and a trial sequential analysis. *CNS Drugs* 35:105–120. <https://doi.org/10.1007/s40263-020-00777-7>
5. Athanassiadis M, Jacobsen N, Nassery K, Parashos P (2013) The effect of calcium hydroxide on the antibiotic component of Odontopaste and Ledermix paste. *Int Endod J* 46:530–537. <https://doi.org/10.1111/iej.12021>
6. Pierce A, Lindskog S (1987) The effect of an antibiotic/corticosteroid paste on inflammatory root resorption in vivo. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 64:216–220. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(87\)90094-6](https://doi.org/10.1016/0030-4220(87)90094-6)
7. Donnermeyer D, Wyrsh H, Bürklein S, Schäfer E (2019) Removal of calcium hydroxide from artificial grooves in straight root canals: sonic activation using EDDY versus passive ultrasonic irrigation and XPendo finisher. *J Endod* 45:322–326. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.001>
8. Neuhaus KW, Liebi M, Stauffacher S, Eick S, Lussi A (2016) Antibacterial efficacy of a new sonic irrigation device for root canal disinfection. *J Endod* 42:1799–1803. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.024>
9. Zehnder M (2006) Root canal irrigants. *J Endod* 32:389–398. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.09.014>
10. Devroey S, Calberson F, Meire M (2020) The efficacy of different cleaning protocols for the sealer-contaminated access cavity. *Clin Oral Investig* 24:4101–4107. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03283-8>
11. Boutsoukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis, Lucas W M (2010) Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod* 36:875–879. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.026>
12. Eggmann F, Vokac Y, Eick S, Neuhaus KW (2020) Sonic irrigant activation for root canal disinfection: power modes matter! *BMC Oral Health* 20:102. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01088-5>

13. Beck J, Brodt R, Dommisch H, Ebeleseder K, Eggers B, Esch, J, Frank M, Galler K, Gernhardt CR et al. Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne: S2k-Leitlinie (Langfassung). AWMF-Registernummer: 083-004. Stand: März 2022:1–81
14. Surian Herrmann S, Werner SM, Krastl G, Nolte D (2023) Update S2k-Leitlinie „Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne“: Aktuelle evidenzbasierte Empfehlungen. Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift 78:48–58
15. Mesquita GC, Soares PBF, Moura CCG, Roscoe MG, Paiva SM, Soares CJ (2017) A 12-year retrospective study of avulsion cases in a public Brazilian dental trauma service. Braz Dent J 28:749–756. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201701610>
16. Krastl G, Weiger R, Filippi A, van Waes H, Ebeleseder K, Ree M, Connert T, Widbiller M, Tjäderhane L, Dummer PMH et al. (2021) Endodontic management of traumatized permanent teeth: a comprehensive review. Int Endod J 54:1221–1245. <https://doi.org/10.1111/iej.13508>
17. Meng M, Chen Y, Ren H, Zhang Q, Chen S, Zhou X, Zou J (2021) Effect of tetracyclines on pulpal and periodontal healing after tooth replantation: a systematic review of human and animal studies. BMC Oral Health 21:289. <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01615-y>
18. Eggmann F, Rihs J, Lenherr P, Weiger R, Krastl G, Zaugg LK (2021) Spectrophotometric insights: calcium hydroxide influences tooth discolorations induced by short-term application of antibiotic/corticosteroid pastes. Clin Oral Investig 25:1141–1149. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03414-1>