

Michael Arnold

# Intentionelle Replantation bei externen infektionsbedingten Resorptionen nach Avulsion

## Ein Fallbericht

### INDIZES

externe Resorption, infektionsbedingte Resorption, Ersatzresorption, Ankylose, Avulsion, intentionelle Replantation, MTA

### ZUSAMMENFASSUNG

Als Folge eines dentalen Traumas des 15-jährigen männlichen Patienten traten 3 Monate nach Avulsion und Repositionierung der Zähne 11, 21 und 22 infektionsbedingte Resorptionen an den Wurzelaußenseiten auf, die darüber hinaus mit einer Fistel assoziiert waren. Zusätzlich zu der antimikrobiellen endodontischen Therapie wurde deshalb eine antiresorptive Therapie erforderlich. Die gingivanahe Ausdehnung der resorptiven Defekte an den Zähnen 11 und 21 erforderte einen Verschluss mit MTA, der minimalinvasiv extraoral durch eine intentionelle Replantation erfolgte.

### Einleitung

Die Avulsion eines Zahnes als Folge eines dentalen Traumas tritt bei 0,5–16 % aller dentalen Traumata auf<sup>1–4</sup>. Am häufigsten sind Kinder zwischen 7 und 10 Jahren betroffen<sup>3</sup>. Im Zusammenhang mit einer Avulsion und Replantation eines Zahnes können unterschiedlich ausgeprägte Nekrosen der Pulpa, des Wurzelzements und des Desmodonts, Verletzungen der Schleimhaut, der Muskulatur und des Alveolarknochens diagnostiziert werden<sup>5–7</sup>.

Die externe infektionsbedingte Resorption ist eine mögliche Komplikation nach einem dentalen Trauma mit mikrobieller Infektion und führt am betroffenen Zahn zu einem irreversiblen Verlust an Dentin und Zement. Je jünger die Patienten sind, desto schneller und aggressiver können sich die Resorptionen an den betroffenen Zähnen ausdehnen, sodass der Verlust des Zahnes nicht immer vermieden werden kann<sup>8</sup>.

Intrusionen und Avulsionen mit nachfolgender Replantation zählen zu den häufigsten Ursachen

externer infektionsbedingter Wurzelresorptionen<sup>9</sup>. Ersatzresorptionen treten mit 51 % am häufigsten nach Avulsion und Replantation auf; in 20–40 % der Fälle mit Avulsionen kommt es zu infektiösen Resorptionen<sup>10,11</sup>. Chappius & Arx beobachteten nach Replantation von 45 avulsierten Zähnen in 42 % der Fälle externe Wurzelresorptionen<sup>12</sup>.

Die Nekrose der Zementoblasten und des Parodontalligaments induziert eine Reparaturleistung und die gleichzeitige Verletzung des Alveolarknochens regt eine erhöhte Osteoklastenaktivität an. An Wurzeln mit externer Wurzelresorption wurde vermehrt die Expression von Metalloproteinase MMP9/TIMP2 (MMP/TIMP: matrix metalloproteinase/tissue inhibitor of metalloproteinase) und MMP2/TIMP2 nachgewiesen<sup>13</sup>. Je nach Dimension und Ausprägung der Wurzelschädigung wird der Defekt mit Zement im Verlauf einer transienten Resorption oder mit Knochen als Ersatzresorption aufgefüllt, sodass der Zahn mit dem Alveolarknochen ankylotisch verbunden ist<sup>14</sup>.

Eine mikrobielle Infektion der Pulpa und Nekrose können durch Lipopolysaccharide und Stoffwechselprodukte über die denudierten Dentinkanälchen und Seitenkanäle die Aktivität der Osteoklasten stimulieren. Die von Makrophagen exprimierten Toll-like-Rezeptoren (TLRs) 2 und 4 dienen der Früherkennung von grampositiven (TLR2) und gramnegativen Bakterien (TLR4). Sie führen zur verstärkten Freisetzung von Entzündungsmediatoren und initiieren die Bildung von Osteoklasten<sup>15,16</sup>. Die bis zu 100 µm großen mehrkernigen Zellen entwickeln sich aus Progenitorzellen, die sich im Periodontalligament und Knochenmark befinden. Durch die Verschmelzung mehrerer einkerniger Zellen entstehen die mehrkernigen Osteoklasten. Nach Stimulation der Zelldifferenzierung und Fusion der Vorläuferzellen zu Odontoklasten kommt es zur Anlagerung am mineralisierten Gewebe. Durch die Freisetzung von Säure erfolgt bei einem pH-Wert von ca. 4,5 die Auflösung der Kalziumverbindungen und proteolytische Enzyme werden zum Abbau organischer Bestandteile von den Osteoklasten freigesetzt<sup>17,18</sup>.

Die Pathogenese der externen infektionsbedingten Resorption ist nicht vollständig geklärt. Einfluss auf die Ausprägung dieser entzündlichen Resorption haben einerseits das Alter des Patienten und andererseits der Zeitpunkt der Wurzelkanalbehandlung. Ab einem Alter von 16 Jahren verbessert sich die Prognose für den Erhalt der betroffenen Zähne<sup>8,19</sup>. Sowohl die Dauer als auch die Art der extraalveolären Lagerung beeinflussen den Krankheitsverlauf<sup>20</sup>. Während bei einer extraalveolären Lagerung von 15 Minuten eine Reparatur der parodontalen Strukturen nachzuweisen ist, führt die extraorale unphysiologische Lagerung von mehr als 30 Minuten zur Ausbildung von Ankylosen<sup>20,21</sup>. Die Gabe eines Antibiotikums kann die initiale Entzündung im Periodontalligament reduzieren<sup>21</sup>. Die fünfminütige Lagerung in einer antibiotischen Lösung verminderte im Vergleich zu einer Lagerung nur in Kochsalzlösung die Ausbildung einer Ankylose nicht<sup>22</sup>. Die Lagerung avulsierter Zähne in Milch scheint die Prognose im Vergleich zur trockenen Lagerung zu verbessern<sup>19</sup>. Eine einfache und sichere Art der extraoralen Lagerung avulsierter Zähne gelingt mit einer Zahnrettungsbox<sup>23,24</sup>.

Ob nach primär erfolgreicher antimikrobieller Wurzelkanalbehandlung die Zahnhartsubstanzdefekte einer externen Wurzelresorption mit Zement oder Knochen ersetzt werden, ist zum Zeitpunkt der initialen Therapie nicht vorhersagbar, sodass prophylaktisch antiresorptive Therapien empfohlen werden und kurz- und langfristige Röntgenkontrollen notwendig sind<sup>25,26</sup>. Die prophylaktische systemische Gabe von Antibiotika soll einerseits eine Wundinfektion verhindern und andererseits die Ausbildung einer Resorption hemmen<sup>21,27</sup>.

Verschiedene prophylaktische medikamentöse intrakanaläre Gaben von Ledermix oder Aminfluorid und Tetracyclin oder die extraradikuläre Applikation von Emdogain konnten in Einzelfällen die Prognose positiv beeinflussen und den Prozess der Resorption verlangsamen oder verhindern.

In einer tierexperimentellen Studie wurden bei Beagel-Hunden Schneidezähne eine Stunde trocken gelagert und replantiert. Die Anwendung von Platelet-rich Fibrin (PRF) erbrachte keine signifikante Verbesserung der Heilung nach unphysiologischer extraoraler Lagerung<sup>28</sup>.

In einer weiteren tierexperimentellen Studie gelang es, den resorptiven Verlust an Zahnhartsubstanz zu verringern und die Heilung mit einer Kombination eines Kortikoidsteroids und einem antibiotischen Anteil zu verbessern. Die Nutzung von Triamcinolonacetonid und Demethylchlortetracyclin (Ledermix, Fa. Riemser, Riems) verringerte im Vergleich zur alleinigen Gabe von Kalziumhydroxid (Ca[OH]<sub>2</sub>) die Ersatzresorption<sup>29-31</sup>. In einer Multicenter-Studie ließ sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen Kalziumhydroxid und Ledermix nachweisen<sup>32</sup>.

Bei Auftreten einer externen Wurzelresorption wird die Applikation von Ledermix für einen Zeitraum von 1–2 Wochen und nachfolgend Ca(OH)<sub>2</sub> für einen Gesamtzeitraum von 4 Wochen empfohlen<sup>25,26</sup>.

## Fallbericht

Als Folge eines Orthostase-Syndroms fiel der 15-jährige Patient in einer Arztpraxis mit dem Gesicht auf den Fuß eines Infusionsständers. Die Zäh-

ne 11, 21 und 22 wurden durch den Aufprall nach labial disloziert und avulsiert. Fixiert waren die Zähne mit Brackets an einem Labialbogen, sodass die avulsierten Zähne 11 und 21 trotz Avulsion in der Mundhöhle verblieben (Abb. 1). Der avulsierte Zahn 22 löste sich durch den Sturz von der kieferorthopädischen Apparatur, wurde für den Zeitraum von 10 Minuten trocken und anschließend in einer Zahnrettungsbox gelagert. In der Region 12 und 22 kam es zu einer vertikalen Ruptur der Gingiva auf einer Länge von 3 cm und an der Unterlippe zu einer 4 cm langen Platzwunde mit Lazeration unterhalb des Lippenrots auf einer Länge von 2,5 cm als Folge der Perforation der Inzisalkanten der Zähne 11 und 21 durch den M. orbicularis oris (Abb. 2).

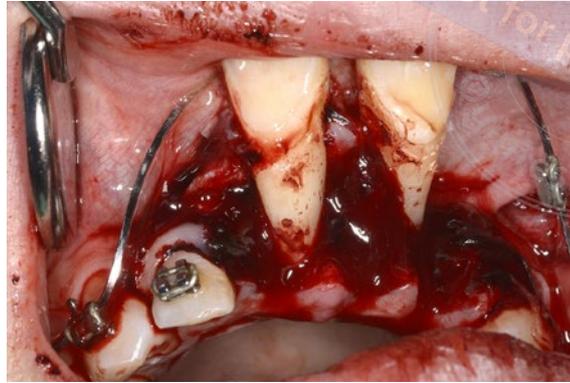
### Erstversorgung in der Notfallaufnahme

Im Rahmen der Notfalltherapie wurden die Weichteilverletzungen desinfiziert und mit Einzelknopfnähten versorgt. Die Reposition der Zähne 11, 21 und 22 gelang nach Entfernung der kieferorthopädischen Apparatur und einer zwischenzeitlichen Lagerung der Zähne in einer Zahnrettungsbox. Die Zähne wurden mithilfe einer flexiblen Titanium-Trauma-Schiene (Titanium Trauma Splint, Fa. Medartis, Basel, Schweiz) von 13–23 in ihrer Position fixiert (Abb. 3). Die extraalveoläre Verweildauer der avulsierten Zähne wurde mit 3 Stunden angegeben.

Zur Infektionsprophylaxe wurde Amoxicillin 1.000 mg (Amoclav 500, Fa. Hexal, Holzkirchen) in zwei Tagesdosen für die Dauer von 5 Tagen verordnet. Zusätzlich wurden der Patient und die Eltern über eine optimale Zahnreinigung und Desinfektion mit Chlorhexamed instruiert.

Der Patient wurde entlassen mit der Maßgabe einer kurzfristigen Nachkontrolle und regelmäßiger Sensibilitätstests beim Hauszahnarzt. Es wurde aufgrund der schnellen Reposition und den noch weiten apikalen Foramina davon ausgegangen, dass eine Reparatur der unterbrochenen Gefäßversorgung der Pulpa möglich sei.

Über einen Zeitraum von 3 Monaten erfolgten regelmäßige Sensibilitätstests mit Kältespray. Weil der Patient positiv auf den Test reagierte, wurden



**Abb. 1** 2 Stunden nach dem Unfall sind die Zähne 11 und 21 noch in der Mundhöhle durch die kieferorthopädische Apparatur fixiert.



**Abb. 2** Platzwunde unterhalb der Unterlippe mit Perforation.



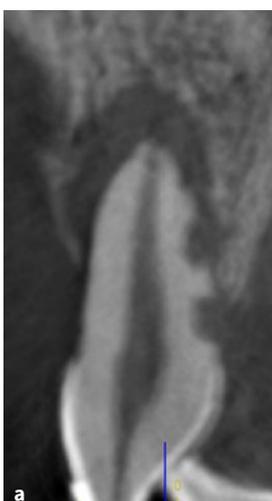
**Abb. 3** Zustand 1 Woche nach Erstversorgung mit TTS-Schiene und Naht der Riss- und Platzwunden.

keine Röntgenaufnahmen angefertigt und es wurde von einer Wurzelkanalbehandlung abgesehen. Erst mit dem Auftreten einer Fistel und dem röntgenologischen Nachweis von apikalen Aufhellungen wurde der Patient mit der Fragestellung überwiesen, ob die betroffenen Zähne 11, 21 und 22 erhalten werden können (Abb. 4 und 5).



**Abb. 4** 4 Monate nach Avulsion und Repositionierung ist an Zahn 11 eine Fistel zu erkennen.

**Abb. 5** Multiple Aufhellungen an den Zähnen 11, 21 und 22 weisen auf eine infektionsbedingte externe Resorption hin.



**Abb. 6a bis c** Sagittale Projektionsebene der Zähne 11 (a), 21 (b) und 22 (c) mit ausgedehnten periapikalen Aufhellungen und resorptiven Defekten auf der Wurzeloberfläche.

Zum Zeitpunkt der Erstvorstellung knapp 4 Monate nach dem Trauma war der Patient schmerzfrei. Die allgemeine Anamnese war unauffällig. Die Titanium-Trauma-Schiene (TTS) befand sich in situ. An Zahn 11 lag 3 mm paramarginal eine erhabene Fistel mit einem auf die Wurzel von Zahn 11 ausgerichteten Kanalverlauf vor. An Zahn 11 mesial und an Zahn 22 inzisal wurden Schmelz-Frakturen mit oberflächlicher Freilegung des Dentins diagnostiziert. Die Zähne 11 und 21 reagierten auf den axialen Perkussionstest positiv, der thermische und elektrische Sensibilitätstest fielen für die Zähne 11, 21 und 22 negativ aus. Die Beweglichkeit der drei Zähne war mit Grad II im Vergleich zum Gesamtgebiss erhöht.

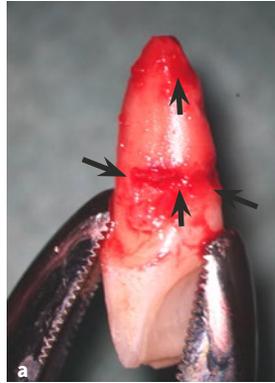
### Radiologische Befunde

Auf der intraoralen Röntgenaufnahme der überweisenden Praxis waren an den Zähnen 11, 21 und

22 apikale Aufhellungen mit resorptiver Erweiterung der apikalen Foramina zu erkennen. Die Wurzeloberflächen der drei Zähne wiesen mehrere Konturunterbrechungen auf, die typisch für externe infektionsbedingte Resorptionen sind (Abb. 5). An den Zähnen 11 und 21 ließen sich resorptive Defekte nahe der Grenze des Alveolarknochens zum gingivalen Sulkus vermuten.

Die von den Zähnen 13–23 angefertigte digitale Volumentomografie (DVT) bestätigte das Vorhandensein der apikalen Aufhellungen und der multiplen resorptiven Defekte. Defektgröße und Lage der Resorptionen an den Zähnen 11 und 21 ließen vermuten, dass eine Reparatur mit Zement nicht zu erwarten war. Insbesondere für die unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze (SZG) liegenden Defekte bestand die Gefahr einer weiteren Vergrößerung und Superinfektion über den gingivalen Sulkus (Abb. 6a bis c).

**Abb. 7** Röntgenkontrollaufnahme nach apikalem Verschluss der entzündlich erweiterten apikalen Foramina mit MTA.



**Abb. 8a und b** Zahn 21 nach Extraktion. Mehrere teilweise kreisrunde resorptive Defekte sind auf der lateralen (a) und palatinalen Wurzeloberfläche (b) zu erkennen (Pfeile).

## Therapie

Die drei Zähne wurden am Tag der Befundaufnahme unter Kofferdam ohne Lokalanästhesie trepaniert. Die nekrotische Pulpa ließ sich vollständig mit einem MicroDebrider (Fa. Maillefer, Ballaigues, Schweiz) der ISO-Größe 30 entfernen. Die weitelumigen Wurzelkanäle wurden mit Gates-Glidden-Bohrern in absteigender Größe geringfügig mechanisch erweitert, unter kontinuierlicher Desinfektion mit 3 % Natriumhypochlorit (NaOCl). Die apikale Erweiterung erfolgte nach elektrometrischer Längenbestimmung mit rotierenden NiTi-Instrumenten (ProFile, Fa. Maillefer) in den Größen 45/.04 und 60/.04. Im Anschluss an eine ultraschallaktivierte Spülung mit NaOCl und Trocknung wurden die Wurzelkanäle mit frisch angemischtem Kalziumhydroxid gefüllt und mit Komposit verschlossen. 14 Tage später war der Patient beschwerdefrei und die Fistel abgeheilt. Für eine zusätzliche anti-resorptive Therapie wurde unter Kofferdam die medikamentöse Einlage mit einer ultraschallaktivierten Spülung mit NaOCl entfernt. Zur Entfernung der Schmierschicht kamen zusätzlich je Wurzelkanal für 20–30 Sekunden Zitronensäure 10 % und abschließend NaOCl bei gleichzeitiger Nutzung einer Self-Adjusting-File 2.0 (SAF, Fa. Redent, Ra'anana, Israel) zur Anwendung. Nach Trocknung der Wurzelkanäle wurden diese mit Ledermix-Paste bis zur Schmelz-Zement-Grenze aufgefüllt und provisorisch mit Cavit (Fa. Espe, Seefeld) und Komposit verschlossen.

Nach 2 Wochen wurden die Wurzelkanäle unter absoluter Trockenlegung mit einer SAF-Feile gereinigt und abschließend für jeweils 20 Sekunden

pro Lösung und Wurzelkanal mit NaOCl 3 %, Zitronensäure 10 %, Ethanol 70 % und Chlorhexidindigluconat 2 % desinfiziert. Die resorptiv erweiterten apikalen Foramina und Wurzelkanäle wurden mit ProRoot MTA (Fa. Dentsply Sirona, Bensheim) verschlossen (Abb. 7). 3 mm unterhalb der SZG wurden die Wurzelkanäle und die endodontische Zugangskavität nach Säure-Ätzung mit Komposit verschlossen.

Die Zähne 11 und 21 wurden zusätzlich einer extraoralen Therapie mit Eukleation der Resorptionslakunen unterzogen. Die intentionelle Replantation erfolgte für die Zähne 11 und 21 an einem separaten Termin in einem Abstand von 2 Monaten. Die drucklose Reposition und Fixation der Zähne erforderte die Anfertigung eines Silikonschlüssels von 14–24 unter Einschluss der Inzisalkanten. Nach lokaler Infiltrationsanästhesie mit 2x 1,7 ml Ubistesin (Fa. Espe, Seefeld) mit Adrenalin 1:200.000 wurde im gingivalen Sulkus bis zum Alveolarknochen das Epithel mit einer Mikro-Skalpellklinge SM69 (Fa. ADS, Vaterstetten) durchtrennt. Die Extraktion der vorgelockerten Zähne gelang durch geringe Rotation bei abgestützter Zugkraft mit einer Oberkieferzange Anatomica DH 702R (Fa. Braun, Melsungen). Die Extraktionswunde wurde mit einem in Kochsalz getränkten sterilen Tupfer abgedeckt. Extraoral gelang es, die muldenförmigen Resorptionslakunen mit einem Exkavator stumpf auszuschälen. Das durchblutete Weichgewebe lag glatt am Dentin an und ließ sich vollständig ablösen und entfernen (Abb. 8a und b). Die durch Resorptionen unregelmäßig geformten Wurzelspitzen wurden diskret mit einem flammenförmigen Diamanten 8863, Größe 012 (Fa. Komet, Lemgo), reseziert, sodass



**Abb. 9** Nach Entfernung des resorptiven Gewebes wurden die Defekte mit MTA aufgefüllt. Die Wurzeloberfläche wurde mit einem in Kochsalz getränkten sterilen Tupper befeuchtet.



**Abb. 10a und b** Ansicht Zahn 21 lateral (a) und palatinal (b) nach Verschluss der Defekte mit MTA. Die Wurzelspitze wurde vor der Replantation minimal gekürzt.



**Abb. 11** Zur exakten und drucklosen Repositionierung wurde ein Silikonsschlüssel genutzt.

eine drucklose Reposition der Zähne gewährleistet war. Nach einer zweiminütigen Zwischenlagerung im Dentosafe wurden die Resorptionslakunen mit ProRoot MTA aufgefüllt und die Zähne erneut für 3 Minuten im Dentosafe geschwenkt (Abb. 9 und 10). Die Replantation erfolgte nach Entfernung des Blutkoagels aus der Alveole nach 23 Minuten für Zahn 21 respektive 22 Minuten für Zahn 11. Mithilfe des Silikonsschlüssels gelang es, die reponierten Zähne drucklos mit einer TTS-Schiene an den Nachbarzähnen zu fixieren (Abb. 11). Am ersten Tag postoperativ wurde mit dem Abklingen der Anästhesiewirkung die Einnahme von Ibuprofen 400 2x 1 Tablette im Abstand von 5 Stunden verordnet. Zusätzlich zur Zahnpflege erhielt der Patient eine Chlorhexidin-Mundspülung zur Anwendung an den folgenden 3 Tagen.

Die TTS-Schiene wurde nach 10 Tagen bei reizlosen Wundverhältnissen entfernt. Die Heilung ver-

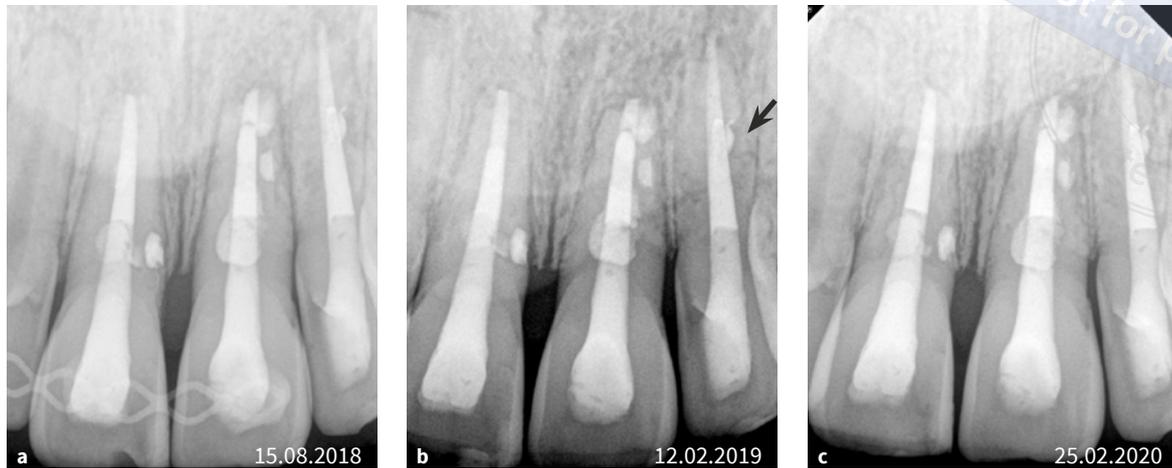
lief nach Angabe des Patienten komplikationslos und ohne Schmerzen.

Zur Kontrolle des Heilungsverlaufs wurden klinische und röntgenologische Nachuntersuchungen nach 6, 12, 24 Monaten und 5 Jahren vereinbart.

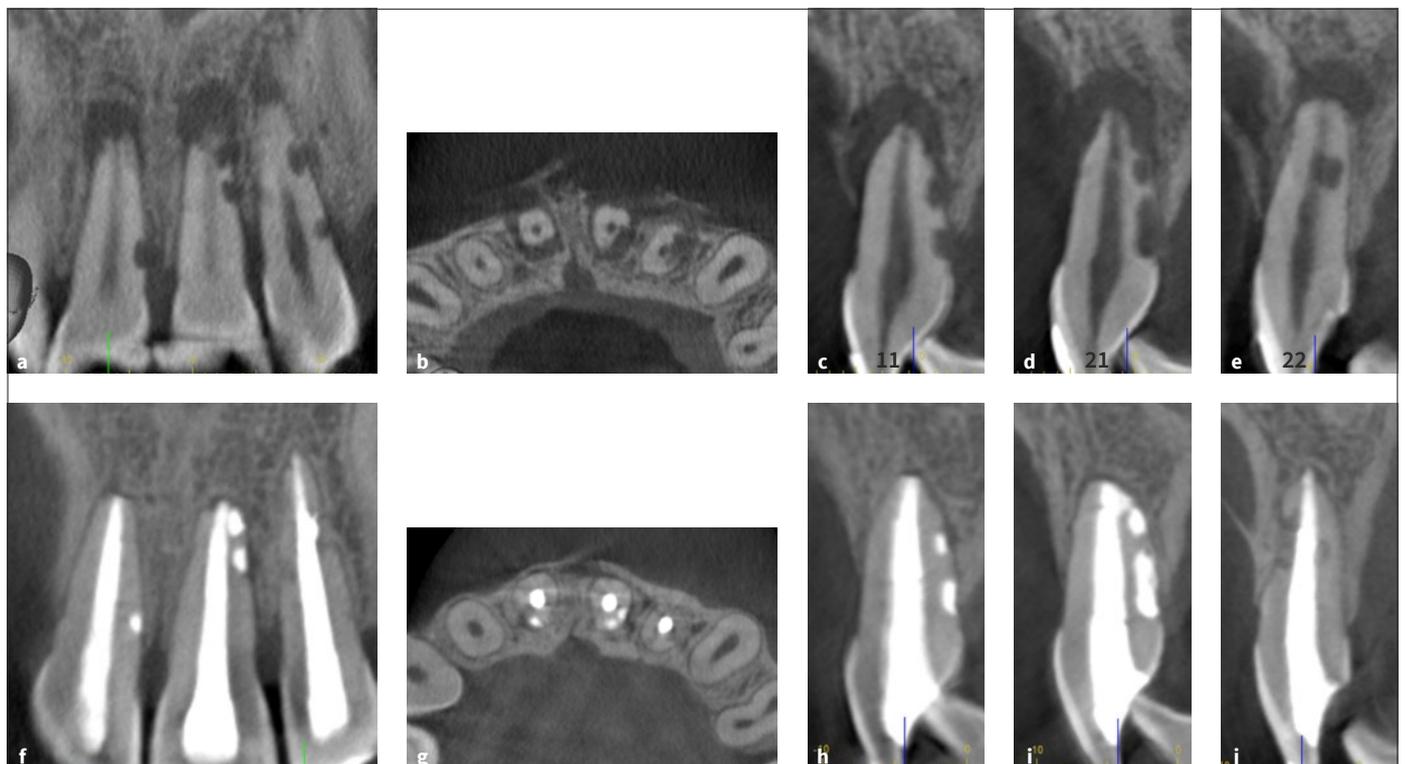
## Epikrise

Nach Entfernung der nekrotischen Pulpa, Desinfektion mit NaOCl und intrakanalärer  $\text{Ca(OH)}_2$ -Einlage heilte die intraorale Fistel bereits nach wenigen Tagen ab. Die zusätzliche antimikrobielle und anti-resorptive Therapie verfolgte das Ziel, die infektionsbedingte externe Wurzelresorption zu stoppen, eine Reparatur mit Zementbildung zu induzieren und eine Ersatzresorption zu verhindern. Die krestale Lage der resorptiven Defekte an den Zähnen 11 und 21 mit der potenziellen Gefahr einer Superinfektion über den gingivalen Sulkus begründete den erneuten invasiven Eingriff der intentionellen Replantation mit extraoralem Verschluss der Resorptionslakunen. Unter Abwägung der Risiken des traumatischen Eingriffs sollte zusätzlich die Gefahr einer Ersatzresorption mit Ankylose und Wachstumshemmung verringert werden.

Vier Jahre nach Abschluss der Therapie weisen die Zähne 11 und 21 im Vergleich zu den nicht betroffenen Zähnen eine physiologische Zahnbeweglichkeit auf. Im Gegensatz zu den Zähnen 11 und 21 ist am Zahn 22 ein heller Klopfeschall bei fehlender Beweglichkeit nachweisbar.



**Abb. 12a bis c**  
Die Röntgennachkontrollen nach 6 (a), 12 (b) und 24 Monaten (c) zeigen den Heilungsprozess an den Zähnen 11, 21 und 22. Am Zahn 22 lässt sich bereits 1 Jahr postoperativ eine Ersatzresorption vermuten (Pfeil).



**Abb. 13a bis j** Gegenüberstellung der Projektionsebenen koronal (a, f), axial (b, g) und sagittal (c bis e, h bis j) der Situation vor und 2 Jahre nach Abschluss der Therapie.

Auf den intraoralen Röntgenkontrollaufnahmen nach 6, 12 und 24 Monaten ist apikal keine Aufhellung mehr zu erkennen (Abb. 12a bis c). Auf der nach 2 Jahren angefertigten DVT-Aufnahme bestätigte sich, dass die ausgedehnten apikalen Aufhellungen vollständig abgeheilt waren und die antimikrobielle intrakanaläre Therapie erfolgreich war (Abb. 13a bis j). Unterschiede in den Ergebnissen der antiresorptiven Therapie wurden am

Zahn 22 deutlich. Während an den Zähnen 11 und 21 ein normaler Desmodontalspalt wieder nachzuweisen war, zeigten sich die ungefüllten Resorptionslakunen am Zahn 22 mit Alveolarknochen aufgefüllt. Das ehemals entzündliche Resorptionsgeschehen an Zahn 22 hatte sich hin zum Prozess der Ersatzresorption verändert.

Fünf Jahre postoperativ ist der Patient beschwerdefrei. Die Gingiva ist reizlos und die Sulkus-



**Abb. 14** 5 Jahre nach antiinfektöser und anti-resorptiver Therapie mit intentioneller Replantation der Zähne 11 und 21 ist die Fistel an Zahn 11 narbig abgeheilt.

**Abb. 15** Röntgenografisch lässt sich an Zahn 22 eine zunehmende Ersatzresorption 5 Jahre nach Abschluss der Therapie erkennen (Pfeile).

sondierungswerte sind ohne pathologischen Befund. In Höhe der ehemals vorhandenen Fistel ist ein leicht erhabener narbiger Gewebeanteil mit einem Durchmesser von 1 mm zu erkennen (Abb. 14). Zahn 11 und 21 weisen eine physiologische Zahnbeweglichkeit auf. Am Zahn 22 bestätigt sich mit dem hellen Klopfeschall bei fehlender Zahnbeweglichkeit die fortbestehende Ankylose. Radiologisch sind die Zähne 11 und 21 unauffällig. Am Zahn 22 ist im Übergang vom apikalen zum mittleren Wurzeldrittel der Desmodontalspalt nicht mehr nachzuweisen. Eine knochendichte Struktur bis zur Wurzelkanalfüllung lässt sich mesial und distal erkennen (Abb. 15).

## Diskussion

Der bei Kindern und Jugendlichen sehr rasch fortschreitende Prozess der infektionsbedingten Resorption wird häufig aufgrund des asymptomatischen Verlaufs erst spät erkannt. Im Fall der infektionsbedingten Resorption, Ersatzresorption und fortschreitenden Ankylose können je nach Alter des Patienten die Extraktion, Resektion, Dekoronation oder alleinige Verlaufskontrollen folgen. Besonders dramatisch ist die nachfolgende Wachstumshemmung des Alveolarfortsatzes, die eine über Jahre und Jahrzehnte andauernde funktionelle und ästhetische Rehabilitation nach sich ziehen kann<sup>33-35</sup>.

Eine engmaschige Kontrolle wird vor allem nach einem dentalen Trauma mit Dislokationsverletzung empfohlen, um rechtzeitig auf pathologische Befunde aufmerksam zu werden. Zusätzlich

zu Röntgenaufnahmen werden thermische und elektrische Sensibilitätstests empfohlen<sup>36</sup>. Kinder und Jugendliche können thermische und auch elektrische Reize nicht zweifelsfrei differenzieren<sup>37</sup>. Ursache können hier die noch sehr weiten, mit Dentinliquor gefüllten Dentintubuli sein, sodass thermisch und elektrisch eine Reizweiterleitung bis zu den Desmodontalfasern möglich wird und dort eine Signalantwort ausgelöst werden kann. Es können auch sensible Fasern im bereits nekrotischen Pulpagewebe noch über einen längeren Zeitraum erhalten bleiben.

Entscheidend für den Erhalt der Pulpa ist die Blutgefäßversorgung. Pulsoximeter sowie Laser- oder Ultraschall-Doppler-Durchflussmessungen können die Durchblutung der Pulpa ermitteln<sup>38</sup>. Eine Verbreitung in der Praxis haben die Geräte jedoch bis heute aufgrund der erhöhten Kosten und begrenzten Sensitivität nicht erreicht.

Bei weitem apikalem Foramen oder nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum und kurzer extraoraler physiologischer Lagerung soll zunächst auf eine Wurzelkanalbehandlung verzichtet werden, um eine mögliche Revaskularisierung der Pulpa abzuwarten<sup>26</sup>. Dazu werden engmaschige Röntgenkontrollen nach 2, 4, 8, 12 Wochen, 6 Monaten, 1 und 5 Jahren empfohlen, um rechtzeitig Hinweise auf eine externe Wurzelresorption erkennen zu können. Im Fall einer Avulsion ist selbst bei nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum in über 78 % der Fälle mit einer infizierten Pulpanekrose zu rechnen. Nur bei einer extraalveolären Lagerung von weniger als 15 Minuten und nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum besteht eine Chance auf eine Revaskularisierung<sup>39</sup>.

Obwohl die Ausgangsbedingungen für eine Revascularisierung im vorliegenden Fall scheinbar gut aussahen, muss berücksichtigt werden, dass die tatsächliche Dauer der extraoralen Lagerung und die mikrobielle Kontamination der Wurzeloberfläche gegen eine Revascularisierung sprachen. Das Risiko einer infektionsbedingten Resorption war als hoch einzuschätzen. Empfohlen wird deshalb bei abgeschlossenem Wurzelwachstum eine Wurzelkanalbehandlung eine Woche nach der Replantation<sup>40</sup>. Unterbleibt dies, sind bereits nach 4 Wochen erste entzündliche Reaktionen mit Resorptionen histologisch nachzuweisen. Die Art der Resorption ist dabei abhängig von der Fläche und der Anzahl der zerstörten Zementoblasten<sup>41</sup>. Die Entfernung nekrotischer Gewebeanteile des Desmodonts scheint langfristig keinen Einfluss auf die Ausbildung oder Verhinderung einer Ersatzresorption und Ankylose zu haben. Lediglich die Menge an nekrotischen Zementoblasten ist für die Ausbildung der Ersatzresorption verantwortlich<sup>42</sup>.

Die erfolgreichen Ergebnisse der antiresorptiven Therapie an den Zähnen 11 und 21 unterschieden sich vom Ergebnis der Ersatzresorption am Zahn 22. Die intrakanaläre antimikrobielle Therapie führte an allen drei Zähnen mit dem identischen Protokoll zum gleichen Ergebnis: Eine apikale Aufhellung lässt sich radiologisch nach einem Kontrollzeitraum von 5 Jahren nicht nachweisen. Nach dem extraoralen Verschluss der resorptiven Läsionen an den Zähnen 11 und 21 wurden die denudierten Dentinoberflächen wieder mit Zement bedeckt, sodass die Größe der oberflächlichen Zementverletzung verringert wurde. Dies kann der entscheidende Grund für die ausgebliebene Ersatzresorption an den Zähnen 11 und 21 gewesen sein. Die intentionelle Replantation unter klinisch aseptischen Bedingungen führt zwar erneut zu einer Verletzung des Desmodonts, aber die kurze Zeit und optimale Lagerung in der Zahnrettungsbox sicherten den Erhalt der Zementoblasten als Grundlage für eine resorptionsfreie Einheilung. Die Nutzung der intentionellen Replantation kann vor allem bei inoperablen Defekten genutzt werden, um resorptive Läsionen zu füllen<sup>43</sup>. Die intentionelle Replantation ist dann erfolgreich, wenn sie aseptisch und in kurzer Zeit erfolgt<sup>44,45</sup>. Die Erfolgsraten

können zwischen 88 und 95 % liegen<sup>46</sup>. Die extraorale Zeit variierte in den Studien zwischen 3 und 30 Minuten<sup>9,47,48</sup>. Im vorliegenden Fall befanden sich die Zähne 21 und 11 23 bzw. 22 Minuten extraoral, die Wurzeln wurden jedoch während der mechanischen Bearbeitung konstant mit einem in Kochsalz getränkten Tupfer feucht gehalten. Abzüglich der Zeit in der Zahnrettungsbox betrug die extraorale Dauer damit etwa 15 Minuten und entsprach der aktuellen Empfehlung<sup>49</sup>. Je geringer die Luxations- und Torsionsbewegungen sind, desto weniger Verluste an Zementoblasten und Resorptionen treten auf. Grundsätzlich werden deshalb atraumatische Extrusionstechniken empfohlen<sup>50,51</sup>. Demgegenüber ist zur atraumatischen Extraktion die Insertion intrakanalärer Schrauben als Hilfsmittel für die Zugkräfte (Benex, Fa. Helmut Zepf Medizintechnik, Tuttlingen, und Fa. Hager & Meisinger, Neuss) erforderlich, wobei jedoch als Folgen Spannungen im Dentin und die Ausbildung von Rissen auftreten können<sup>52</sup>. Eine Risikoabschätzung und Methodenauswahl erfolgte unter dem Aspekt der klinischen Zahnbeweglichkeit. Als Folge der mikrobiellen Infektion waren die Zähne mit einer Beweglichkeit Grad II stark vorgelockert und ließen sich ohne zusätzliche Insertion eines Schraubensystems weitgehend atraumatisch entfernen. Die Alveole selbst wurde nicht mehr kurettiert; lediglich das Koagulum wurde passiv mit einem scharfen Löffel entfernt, sodass gering mineralisierte Anteile des Alveolarknochens nicht geschädigt wurden.

Als Füllungsmaterial wurde ProRoot MTA verwendet, weil die resorptiven Kavitäten leichte Unterschnitte aufwiesen und das Material nach Applikation eine gute primäre Formstabilität aufweist. Bessere Haftwerte am Dentin können mit Biodentine (Fa. Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Frankreich) erreicht werden, sodass sich auch flache Defekte langfristig erfolgreich verschließen lassen<sup>53,54</sup>.

Kontrovers werden aktuell die Verfahren zur regenerativen Therapie diskutiert<sup>55</sup>. Nach der antiinfektiösen Therapie konnte mit einer apikal induzierten Blutung ein regenerativ reparativer Prozess initiiert werden. Im Ergebnis wurden die Ersatzresorptionen gestoppt und Hartgewebeneubildun-

gen nachgewiesen<sup>56</sup>. Die Applikation von PRF in die Extraktionsalveole nach einstündiger extraoraler Lagerung der avulsierten Zähne zeigte in einer tierexperimentellen Studie 8 Wochen nach der Therapie verringerte infektiöse Resorptionen<sup>28,57</sup>. In einer weiteren Fallserie gelang es unter Verwendung einer antimikrobiellen Therapie mit PRF, den Fortschritt einer Ersatzresorption zu stoppen<sup>58</sup>. Inwieweit PRF oder bereits die antimikrobielle Therapie den Resorptionsprozess beendet hat, kann in den bisherigen Fallserien nicht beurteilt werden.

Als eine weitere Methode, das Wachstum des Alveolarfortsatzes durch die in Ersatzresorption befindlichen Wurzeln nicht zu behindern, wird die Dekoronation der betroffenen Zähne empfohlen<sup>59,60</sup>. Die Dekoronation wird bei Jungen bis zu einem Alter von 14 Jahren und bei Mädchen von 13 Jahren empfohlen, sodass der Kieferkamm in der horizontalen und vertikalen Dimension erhalten werden kann<sup>61,62</sup>. Nachteilig ist, dass über einen langen Zeitraum ein Zahnersatz getragen werden muss. In dem vorgestellten Fall wurde diese Therapie nicht zur Anwendung gebracht, weil der Patient zum Zeitpunkt des Therapiebeginns bereits 16 Jahre alt war und die Resorptionen weniger als 20 % der Wurzeloberfläche betrafen. Mit der intentionellen Replantation und dem Verschluss der resorptiven Läsionen bestand damit eine gute Wahrscheinlichkeit, eine Ankylose zu vermeiden. Der Verschluss der Defekte mit MTA verringerte damit nicht nur die Fläche des freiliegenden Dentins, sondern ermöglichte zusätzlich eine osteoinduktive Wirkung<sup>63</sup>.

## Literatur

- Lam R. Epidemiology and outcomes of traumatic dental injuries: a review of the literature. *Aust Dent J* 2016;61:4–20.
- Glendor U, Halling A, Andersson L, Eilert-Peterson E. Incidence of traumatic tooth injuries in children and adolescents in the county of Västmanland, Sweden. *Swed Dent J* 1996;20:15–28.
- Trope M. Avulsion and replantation. *Refuat Hapeh Vehashinayim* 2002;19:6–15.
- Fouad AF, Abbott PV, Tsilingaridis G et al. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2020;36:331–342.
- Andreasen JO, Hjorting-Hansen E. Replantation of teeth. I. Radiographic and clinical study of 110 human teeth replanted after accidental loss. *Acta Odontol Scand* 1966;24:263–286.
- Kinirons MJ, Gregg TA, Welbury RR, Cole BO. Variations in the presenting and treatment features in reimplanted permanent incisors in children and their effect on the prevalence of root resorption. *Br Dent J* 2000;189:263–266.
- Trope M. Luxation injuries and external root resorption—etiology, treatment, and prognosis. *J Calif Dent Assoc* 2000;28:860–866.
- Bastos JV, Ilma de Souza Côrtes M, Andrade Goulart EM, Colosimo EA, Gomez RS, Dutra WO. Age and timing of pulp extirpation as major factors associated with inflammatory root resorption in replanted permanent teeth. *J Endod* 2014;40:366–371.
- Andreasen JO, Borum MK, Jacobsen HL, Andreasen FM. Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 4. Factors related to periodontal ligament healing. *Endod Dent Traumatol* 1995;11:76–89.
- Hecova H, Tzigkounakis V, Merglova V, Netolicky J. A retrospective study of 889 injured permanent teeth. *Dent Traumatol* 2010;26:466–475.
- Souza BDM, Dutra KL, Kuntze MM et al. Incidence of root resorption after the replantation of avulsed teeth: A Meta-analysis. *J Endod* 2018;44:1216–1227.
- Chappuis V, von Arx T. Replantation of 45 avulsed permanent teeth: a 1-year follow-up study. *Dent Traumatol* 2005;21:289–296.
- Lima TCDS, Amaro RG, Dos Santos LCM et al. Expression of matrix metalloproteinases 2 and 9 in replanted teeth with external root resorption: A cross-sectional study. *Arch Oral Biol* 2021;129:105194.
- Andreasen JO. Relationship between cell damage in the periodontal ligament after replantation and subsequent development of root resorption. A time-related study in monkeys. *Acta Odontol Scand* 1981;39:15–25.
- Chung YH, Chang EJ, Kim SJ et al. Lipopolysaccharide from *Prevotella nigrescens* stimulates osteoclastogenesis in cocultures of bone marrow mononuclear cells and primary osteoblasts. *J Periodontol Res* 2006;41:288–296.
- Lin YP, Love RM, Friedlander LT, Shang HF, Pai MH. Expression of Toll-like receptors 2 and 4 and the OPG-RANKL-RANK system in inflammatory external root resorption and external cervical resorption. *Int Endod J* 2013;46:971–981.
- Nakamura I, Gailit J, Sasaki T. Osteoclast integrin  $\alpha$ v $\beta$ 3 is present in the clear zone and contributes to cellular polarization. *Cell Tissue Res* 1996;286:507–515.
- Wada N, Maeda H, Tanabe K et al. Periodontal ligament cells secrete the factor that inhibits osteoclastic differentiation and function: the factor is osteoprotegerin/osteoclastogenesis inhibitory factor. *J Periodontol Res* 2001;36:56–63.
- Coste SC, Silva EFE, Santos LCM et al. Survival of replanted permanent teeth after traumatic avulsion. *J Endod* 2020;46:370–375.
- Wang G, Wang C, Qin M. A retrospective study of survival of 196 replanted permanent teeth in children. *Dent Traumatol* 2019;35:251–258.
- Hammarström L, Blomlöf L, Lindskog S. Dynamics of dentoalveolar ankylosis and associated root resorption. *Endod Dent Traumatol* 1989;5:163–175.
- Tsilingaridis G, Malmgren B, Skutberg C, Malmgren O. The effect of topical treatment with doxycycline compared to saline on 66 avulsed permanent teeth—a retrospective case-control study. *Dent Traumatol* 2015;31:171–176.
- Pohl Y, Filippi A, Kirschner H. Results after replantation of avulsed permanent teeth. II. Periodontal healing and the role of physiologic storage and antiresorptive-regenerative therapy. *Dent Traumatol* 2005;21:93–101.

24. Filippi C, Kirschner H, Filippi A, Pohl Y. Practicability of a tooth rescue concept--the use of a tooth rescue box. *Dent Traumatol* 2008;24:422-429.
25. Andersson L, Andreasen JO, Day P et al. Guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. *Pediatr Dent* 2017;39:412-419.
26. Krastl G, Weiger R, Filippi A et al. European Society of Endodontology position statement: endodontic management of traumatized permanent teeth. *Int Endod J* 2021;54:1473-1481.
27. Sae-Lim V, Wang CY, Trope M. Effect of systemic tetracycline and amoxicillin on inflammatory root resorption of replanted dogs' teeth. *Endod Dent Traumatol* 1998;14: 216-220.
28. Behnaz M, Izadi SS, Mashhadi Abbas F et al. The impact of platelet-rich fibrin (PRF) on delayed tooth replantation: A preliminary animal study. *Aust Endod J* 2021;47:457-466.
29. Thong YL, Messer HH, Siar CH, Saw LH. Periodontal response to two intracanal medicaments in replanted monkey incisors. *Dent Traumatol*. 2001;17:254-259.
30. Bryson E, Levin L, Banchs F, Abbott P, Trope M. Effect of immediate intracanal placement of Ledermix paste on healing of replanted dog teeth after extended dry times. *Dent Traumatol* 2002;18:316-321.
31. Chen H, Teixeira FB, Ritter AL, Levin L, Trope M. The effect of intracanal anti-inflammatory medicaments on external root resorption of replanted dog teeth after extended extra-oral dry time. *Dent Traumatol* 2008;24:74-78.
32. Day PF, Gregg TA, Ashley P et al. Periodontal healing following avulsion and replantation of teeth: a multi-centre randomized controlled trial to compare two root canal medicaments. *Dent Traumatol* 2012;28:55-64.
33. Andersson L, Bodin I. Avulsed human teeth replanted within 15 minutes—a long-term clinical follow-up study. *Endod Dent Traumatol* 1990;6:37-42.
34. Andersson L, Malmgren B. The problem of dentoalveolar ankylosis and subsequent replacement resorption in the growing patient. *Aust Endod J* 1999;25:57-61.
35. Gerdts TA, Lauridsen E, Ahrensburg SS, Andreasen JO. The dental trauma internet calculator. *Dent Traumatol* 2012; 28:351-357.
36. Fuss Z, Trowbridge H, Bender IB, Rickoff B, Sorin S. Assessment of reliability of electrical and thermal pulp testing agents. *J Endod* 1986;12:301-305.
37. Bürklein S, Sabandal M, Dammaschke T, Donnermeyer D. Pulpdiagnostik – Vitalität und Sensibilität. *Endodontie* 2021;30:135-146.
38. Abd-Elmeguid A, Yu DC. Dental pulp neurophysiology: part 2. Current diagnostic tests to assess pulp vitality. *J Can Dent Assoc* 2009;75:139-143.
39. Amaro RG, Dos Santos LCM, Lima TCDS et al. Pulp healing in immature replanted permanent teeth: A competing risk analysis. *Dent Traumatol* 2021;37:447-456.
40. Flores MT, Andreasen JO, Bakland LK et al.; International Association of Dental Traumatology. Guidelines for the evaluation and management of traumatic dental injuries. *Dent Traumatol* 2001;17:193-198.
41. Andreasen JO, Kristerson L. The effect of limited drying or removal of the periodontal ligament. Periodontal healing after replantation of mature permanent incisors in monkeys. *Acta Odontol Scand* 1981;39:1-13.
42. Maslamani M, Joseph B, Gabato S, Andersson L. Effect of periodontal ligament removal with gauze prior to delayed replantation in rabbit incisors on rate of replacement resorption. *Dent Traumatol* 2018;34:182-187.
43. Patel K, Foschi F, Pop I et al. The use of intentional replantation to repair an external cervical resorptive lesion not amenable to conventional surgical repair. *Prim Dent J* 2016;5:78-83.
44. Nasjleti CE, Caffesse RG, Castelli WA. Replantation of mature teeth without endodontics in monkeys. *J Dent Res* 1978;57: 650-658.
45. Grzanich D, Rizzo G, Silva RM. Saving natural teeth: intentional replantation-protocol and case series. *J Endod* 2017;43:2119-2124.
46. Becker BD. Intentional replantation techniques: A critical review. *J Endod* 2018;44:14-21.
47. Kratchman S. Intentional replantation. *Dent Clin North Am* 1997;41:603-617.
48. Abid WK. Post-surgical outcomes and prognosis of intentionally replanted lower posterior teeth. *Al-Rafidain Dent J* 2010;10:332-340.
49. Jang Y, Lee SJ, Yoon TC, Roh BD, Kim E. Survival rate of teeth with a C-shaped canal after intentional replantation: A study of 41 cases for up to 11 years. *J Endod* 2016;42: 1320-1325.
50. Oikarinen KS, Stoltze K, Andreasen JO. Influence of conventional forceps extraction and extraction with an extrusion instrument on cementoblast loss and external root resorption of replanted monkey incisors. *J Periodontal Res* 1996;31:337-344.
51. Krug R, Soliman S, Krastl G. Intentional replantation with an atraumatic extraction system in teeth with extensive cervical resorption. *J Endod* 2019;45:1390-1396.
52. Muska E, Walter C, Knight A et al. Atraumatic vertical tooth extraction: a proof of principle clinical study of a novel system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2013; 116:e303-e310.
53. Nagas E, Cehreli ZC, Uyanik MO, Vallittu PK, Lassila LV. Effect of several intracanal medicaments on the push-out bond strength of ProRoot MTA and Biodentine. *Int Endod J* 2016;49:184-188.
54. Chaniotis A, Kouimtzi TH. Intentional replantation and Biodentine root reconstruction. A case report with 10-year follow-up. *Int Endod J* 2021;54:988-1000.
55. Lee C, Song M. Failure of regenerative endodontic procedures: Case analysis and subsequent treatment options. *J Endod* 2022;48:1137-1145.
56. Lu J, Liu H, Lu Z, Kahler B, Lin LM. Regenerative endodontic procedures for traumatized immature permanent teeth with severe external root resorption and root perforation. *J Endod* 2020;46:1610-1615.
57. Zhao YH, Zhang M, Liu NX et al. The combined use of cell sheet fragments of periodontal ligament stem cells and platelet-rich fibrin granules for avulsed tooth reimplantation. *Biomaterials* 2013;34:5506-5520.
58. Yoshpe M, Einy S, Ruparel N, Lin S, Kaufman AY. Regenerative endodontics: A potential solution for external root resorption (Case series). *J Endod* 2020;46:192-199.
59. Filippi A, Pohl Y, von Arx T. Decoronation of an ankylosed tooth for preservation of alveolar bone prior to implant placement. *Dent Traumatol* 2001;17:93-95.
60. Cohenca N, Stabholz A. Decoronation - a conservative method to treat ankylosed teeth for preservation of alveolar ridge prior to permanent prosthetic reconstruction: literature review and case presentation. *Dent Traumatol* 2007;23:87-94.
61. Lin S, Schwarz-Arad D, Ashkenazi M. Alveolar bone width preservation after decoronation of ankylosed anterior incisors. *J Endod* 2013;39:1542-1544.
62. Malmgren B, Tsilingaridis G, Malmgren O. Long-term follow up of 103 ankylosed permanent incisors surgically treated with decoronation--a retrospective cohort study. *Dent Traumatol* 2015;31:184-189.
63. Marão HF, Panzarini SR, Aranega AM et al. Periapical tissue reactions to calcium hydroxide and MTA after external root resorption as a sequela of delayed tooth replantation. *Dent Traumatol* 2012;28:306-313.



## Intentional replantation in teeth with external infection-related resorptions after tooth avulsion

### A case report

#### KEY WORDS

external resorption, infection-related resorption, inflammatory root resorption, replacement resorption, ankylosis, avulsion, intentional replantation, MTA

#### ABSTRACT

As a sequela of dental trauma to the 15-year-old male patient, infection-related resorptions occurred on the outside of the root 3 months after avulsion and replantation of teeth 11, 21 and 22, which were additionally associated with a fistula. Antiresorptive therapy was required in addition to antimicrobial therapy. The gingival extension of the resorptive defects on teeth 11 and 21 required filling with MTA, which was performed minimally invasively extraorally by intentional replantation.



#### Michael Arnold

Dipl.-Stom.  
Praxis für Endodontie und Zahnerhaltung  
Königstraße 9  
01097 Dresden  
E-Mail: info@rootcanal.de