

Avulsion bleibender Zähne: Diagnostische, klinische und therapeutische Aspekte

Thomas von Arx, Andreas Filippi und Daniel Buser
Klinik für Oralchirurgie, Zahnmedizinische Kliniken
der Universität Bern

Schlüsselwörter: Zahntrauma, Avulsion, Zahnrettungsbox,
Replantation, Schienung

Korrespondenzadresse:
Klinik für Oralchirurgie
Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern
Freiburgstrasse 7, 3010 Bern
Tel. 031/632 25 66, Fax 031/632 98 84
E-Mail: thomas.vonarx@zmk.unibe.ch

(Texte français voir page 739)

Da bei Traumata bleibender Zähne hauptsächlich die Oberkiefer-Inzisiven verletzt werden, hat die Avulsion eines betroffenen Zahnes neben funktionellen vor allem ästhetische Konsequenzen. Da eine brückenprothetische oder implantologische Versorgung beim Kind bzw. Jugendlichen mit der grössten Inzidenz an Avulsionen wegen noch nicht abgeschlossenem Kieferwachstum kontraindiziert ist, kommt der Replantation eines avulsierten Zahnes grösste Bedeutung zu. Die Problematik der Replantation besteht in der parodontalen Langzeitprognose, welche im Wesentlichen von den beiden Faktoren «Zeitdauer» und «Medium» der extraoralen Lagerung des avulsierten Zahnes bestimmt wird. Aber auch die eigentliche Replantation mit Schienenstabilisierung sowie endodontische Aspekte beeinflussen die Einheilung. Der vorliegende Artikel beschreibt im Detail die diagnostischen, klinischen und therapeutischen Aspekte bei der Avulsion eines bleibenden Zahnes. Ausführlich wird auch die Frage der Lagerung des Zahnes im Intervall vom Unfall- bis zum Behandlungszeitpunkt diskutiert. In einer Folgearbeit sollen die Spätfolgen nach Replantation avulsierten Zähne beschrieben werden.

Einleitung

Verletzungen der bleibenden Zähne sind vor allem bei Kindern und Jugendlichen ein häufiges Ereignis und in letzter Zeit auch bei Erwachsenen wegen verändertem Freizeitverhalten (Risikosportarten) im Zunehmen begriffen (ANDREASEN 1990, BARRITT & KENNY 1997a). Aus verschiedenen (ausländischen) epidemiologischen Studien geht hervor, dass die Prävalenz für Verletzungen der bleibenden Zähne bei Kindern und Jugendlichen 20–35% beträgt (Tab. 1). Hingegen gibt es kaum Daten über die Prävalenz von Zahnverletzungen bei Erwachsenen. Eine 1996 publizierte Studie des «National Institute of Dental Research» (NIDR) aus den USA berichtete über eine retrospektive

Untersuchung von 7500 Personen im Alter von sechs bis 50 Jahren (KASTE et al. 1996). Dabei wurden mittels Anamnese und klinischer Untersuchung, jedoch ohne Röntgenaufnahmen, die bleibenden Inzisiven auf Unfallfolgen untersucht. Insgesamt betrug die Prävalenz für die untersuchte Bevölkerungsgruppe 25%; in der Altersgruppe 6–20 Jahre 18% und in der Altersgruppe 21–50 Jahre 28%. Diese Zahlen zeigen, dass in etwa 10% der (amerikanischen) Bevölkerung das Zahntrauma erst im Erwachsenenalter auftrat. Für die Schweiz fehlen aktuelle epidemiologische Daten.

Die Zahnavulsion (andernorts auch als Exartikulation oder Totluxation bezeichnet) gehört zu den Luxations-Verletzungen (besser: Dislokations-Verletzungen), welche von Fraktur-Ver-

Tab. 1 Übersicht aktuelle epidemiologische Studien bezüglich Prävalenz von Zahntraumata

Studie	Studienart	n Patienten	Altersgruppe der Untersuchten	Prävalenz Zahntraumata
KASTE et al. 1996	Retrospektive Studie; nur Inzisiven klinisch und anamnestisch abgeklärt, keine Röntgenbilder	7569	6–50 Jahre (6–20 Jahre) (21–50 Jahre)	24,9% (18,4%) (28,1%)
PETTI & TARSITANI 1996	Retrospektive Studie; klinische und radiologische Untersuchung	824	6–11 Jahre	20,3%
BORSSEN & HOLM 1997	Retrospektive Studie; Krankengeschichten-Analyse	3007	16 Jahre	35%
HAMILTON et al. 1997	Retrospektive Studie; klinische Untersuchung ohne Röntgenbilder	2022	11–14 Jahre	34,4%

letzungen bzw. kombinierten Fraktur-Dislokations-Verletzungen unterschieden werden. Der Begriff «Luxation» impliziert das Vorliegen eines Gelenkes, was beim Zahnhalteapparat jedoch nicht der Fall ist. Im Hinblick auf therapeutische und prognostische Aspekte wird heute empfohlen, diese vereinfachte Klassifikation durch eine ausführliche Diagnostik (ZEPAG-Klassifikation, Tab. 2) der einzelnen verletzten Gewebe der dento-alveolären Einheit zu ergänzen (EBELESSEDER & GLOCKNER 1999).

Tab. 2 ZEPAG-Klassifikation der Verletzungen der dento-alveolären Einheit

Gewebeeinheit	Verletzungen
Z Zahnhartsubstanz	Substanzdefekte (Infraktur, Fraktur) von Schmelz und Dentin
E Endodont	Erschütterung/Quetschung/Ruptur der Pulpa; Eröffnung von Pulpa/Dentintubuli
P Parodont	Erschütterung/Quetschung/Ruptur der Parodontalfasern
A Alveolarknochen	Quetschung, Aussprengung, Fraktur der Alveolarwand; Blutung; Fremdkörper
G Gingiva	Abriss, Ablederung, Rissquetschwunde; Blutung; Fremdkörper

Innerhalb der Dislokationsverletzungen machen Avulsionen etwa 7–23% aus und sind somit deutlich seltener als Subluxationen, laterale oder extrusive Dislokationen (ANDREASEN 1994). Nur Intrusionen sind weniger häufig als Avulsionen. In den meisten Fällen sind die Inzisiven des Oberkiefers, deutlich seltener die des Unterkiefers, betroffen.

Die Problematik der Avulsion eines bleibenden Zahnes besteht hauptsächlich in der parodontalen (Langzeit-) Prognose (VON ARX et al. 1998, EBELESSEDER et al. 1998). Diese ist im Wesentlichen abhängig von der Dauer und vom Medium der extraoralen Lagerung des avulsierten Zahnes (ANDERSSON & BODIN 1990, ANDREASEN et al. 1995, BARRETT & KENNY 1997b). Bei unsachgemässer bzw. ausgedehnter Lagerung kann es zu schwerwiegenden Komplikationen kommen, welche insbesondere die parodontale Einheilung bzw. Erhaltung des Zahnes gefährden bzw. unmöglich machen. Verschiedene Autorengruppen haben deshalb für die Avulsion bleibender Zähne neue Therapiekonzepte empfohlen (KRASNER & RANKOW 1995, KIRSCHNER et al. 1998, WEIGER et al. 1999). In der vorliegenden Arbeit sollen einerseits die einzelnen Schritte der Diagnostik beschrieben werden und andererseits neue Aspekte aus der Forschung zusammenfassend und möglichst praxisnah dargestellt werden.

Diagnostische Aspekte

Die Abklärung nach einer Zahnavulsion soll nach dem bewährten Schema Anamnese - Untersuchung - Diagnosestellung erfolgen. Anhand der ausführlichen Befragung und Befunderhebung wird bezüglich der einzelnen verletzten Gewebe der dento-alveolären Einheit eine Diagnose oder Verdachtsdiagnose gestellt.

Anamnese

Bei einer Zahnverletzung steht die Unfallanamnese an erster Stelle. Dabei wird der Patient bzw. dessen Begleiter über Ort, Zeitpunkt und Ursache (wo, wann, wie = WWW-Fragen) befragt. Wichtig sind auch Fragen zum Intervall zwischen Unfall und Untersuchung bezüglich Allgemeinzustand (siehe unten) und natürlich über Verbleib und Lagerung des avulsierten Zahnes. Die Unfallanamnese muss mit einer allgemeinmedizinischen Anamnese (Risikoanamnese) ergänzt werden, um Informationen über Erkrankungen, medizinische Behandlungen und Medikationen zu erhalten. Dabei ist auch die Tetanus-Immunsierung abzuklären und gegebenenfalls zu ergänzen (siehe Therapie). Schliesslich ist bei einer Zahnverletzung auch die zahnmedizinische Anamnese von Bedeutung; insbesondere laufende oder geplante parodontale, rekonstruktive sowie kieferorthopädische Behandlungen müssen bei der Therapieentscheidung berücksichtigt werden.

Extraorale Untersuchung

Bei der extraoralen Untersuchung soll zuerst der Allgemeinzustand des Patienten beurteilt werden. Bei allen Unfällen mit Kopfbeteiligung müssen zentrale Schädigungen des Gehirns ausgeschlossen werden. Bei Bewusstseinsverlust (Somnolenz, Amnesie), Erbrechen oder starken Kopfschmerzen besteht der dringende Verdacht einer Gehirnerschütterung (*Commotio cerebri*). Weitere Hinweise für Schädel-Hirn-Verletzungen können Blutungen aus Nase und Ohren, eine unilateral abweichende Pupillenreaktion sowie Wahrnehmungs- bzw. Ausdrucksstörungen sein. Liegen klinisch und/oder anamnestisch Hinweise für eine zerebrale oder für eine andere bedrohliche Verletzung im Vordergrund, muss der Patient unverzüglich zum Notfallarzt oder in das Spital eingeliefert werden. Die zahnärztliche Therapie beschränkt sich in einem solchen Fall nur auf das Allernotwendigste und soll aufgeschoben werden. Bei der extraoralen Untersuchung soll auf Verletzungen, Blutungen, Schwellungen, Asymmetrien und Stufenbildungen im Gesichts-Schädelbereich geachtet werden. Ebenfalls ist eine einfache neurologische Abklärung der wichtigsten Gesichtsnerven (N. facialis, N. trigeminus) indiziert. Im Weiteren soll die Unterkiefer-Beweglichkeit (Mundöffnung, Pro- und Laterotrusion)

Tab. 3 Mittel zur intraoralen Untersuchung verletzter Gewebe gemäss ZEPAG-Klassifikation

ZEPAG	Inspektion	Palpation	Transillumination	Sensibilitäts-test	Perkussions-test	Periotest	Röntgenbild
Zahnhartsubstanz	×	×	×				×
Endodont	×			×			
Parodont	×	×			×	×	×
Alveolarknochen	×	×					×
Gingiva	×						

überprüft werden. Diese liefert wichtige Hinweise für eine möglicherweise vorliegende Kieferköpfchenfraktur; ein nach Sturz auf das Kinn nicht selten vorliegendes Ereignis.

Intraorale Untersuchung

Die Mittel der intraoralen Untersuchung allgemein nach Zahntrauma sind Inspektion, Palpation, Transillumination, Perkussionstest, Periotest und Sensibilitätstest (Tab. 3). Bei der intraoralen Abklärung wird zuerst der Zahnstatus (numerisch) erhoben und bei Kindern die Wechselgebissphase notiert. Danach werden die verletzten Zähne genau untersucht und gemäss ZEPAG-Dokumentation die Verletzungen der einzelnen Gewebe der dento-alveolären Einheit notiert (Details, siehe klinische Aspekte). Auch scheinbar unverletzte Nachbarzähne und Antagonisten sollen in die Untersuchung miteinbezogen werden. Neben der Gingiva müssen auch die zahnfernen Weichgewebe auf Verletzungen (Rissquetschwunden, Ablederungen, Blutungen, Fremdkörper, Lippenperforation, etc.) kontrolliert werden (Abb. 1). Verletzungen des Kieferknochens (Stufenbildungen, Sequester, Knochensplinter, etc.) müssen ebenfalls beachtet und weiter abgeklärt werden.

Röntgenuntersuchung

Bei Zahnverletzungen ist die Einzelzahnaufnahme das Röntgenbild der Wahl (Abb. 2). Im Oberkiefer-Frontzahnbereich mit der grössten Frequenz an Zahnverletzungen liefert die Oberkiefer-Aufbissaufnahme als Abbildung in der zweiten Ebene häufig zusätzliche Informationen. Schädelübersichts- oder Panoramaaufnahmen sind nur bei ausgedehnten Zahnverletzungen bzw. bei Verdacht auf das Vorliegen von Kiefer- oder Schädelfrakturen indiziert. Gleiches trifft für die konventionelle Computertomografie zu. Oro-faziale Einzeltomografien können selektiv



Abb. 1 Typische Weichteilverletzung bei Avulsion: Rissquetschwunde der Unterlippe.

Fig. 1 Blessure classique du tissu mou lors d'une avulsion: plaie contuse de laèvre inférieure.



Abb. 2 Einzelzahn-Aufnahme mit Darstellung der leeren Alveole nach Avulsion von 21 bei einem 10-jährigen Knaben.

Fig. 2 Radiographie de dent isolée avec visualisation de l'alvéole vide de la dent 21 chez un garçon de 10 ans.

tiv bei bestimmten Indikationen hilfreich sein; zum Beispiel bei vertikalen Wurzelfrakturen.

Fotodokumentation

Im Hinblick auf forensische oder versicherungstechnische Fragen ist es sinnvoll, zumindest den Anfangsbefund fotografisch festzuhalten (Abb. 3). Bei Nachkontrollen, insbesondere bei mehrjährigem Verlauf, dienen weitere Aufnahmen zur Dokumentation von relevanten Veränderungen.

Klinische Aspekte

Wie bereits erwähnt, sollen in der modernen Zahntraumatologie Zahnverletzungen nicht mehr nur nach ihrer Art der Fraktur



Abb. 3 Mit Koagulum gefüllte Alveole nach Avulsion 21 mit Papillenrupturen bei einer 22-jährigen Patientin.

Fig. 3 Alvéole avec caillot de sang après une avulsion de la dent 21 avec rupture des papilles chez une patiente de 22 ans.

oder Dislokation beschrieben werden, sondern die einzelnen verletzten Komponenten der dento-alveolären Einheit dokumentiert werden. Im Folgenden werden die typischen klinischen Befunde einer Avulsionsverletzung anhand der ZEPAG-Klassifikation beschrieben.

Die Zahnavulsion ist definiert als die vollständige Durchtrennung des Zahnhalteapparates, wobei der Zahn vielleicht noch lose in der Alveole liegt (dann zu unterscheiden von einer Extrusion), meist jedoch vollständig aus dem Alveolenfach herausgeschleudert wurde.

Zahnhartsubstanz (ZEPAG)

Bei einer Avulsion sind gleichzeitig vorliegende Verletzungen der Zahnhartsubstanzen eher selten, da in der Regel ein stumpfes Schlagtrauma bzw. Tempotrauma die Zahnverletzung verursacht. Falls trotzdem Defekte der Zahnhartsubstanz vorliegen, sind deren Ausdehnung und Verlauf exakt festzuhalten. Bei kleinen fehlenden Partikeln muss eine Dislokation in die Alveole oder in Weichteilwunden (meist Unterlippe, seltener Oberlippe oder Zunge) ausgeschlossen werden.

Endodont (ZEPAG)

Durch den Verletzungsmechanismus kommt es zu einem kompletten Abriss der Pulpa im Bereich des *Foramen apicale*. Je nach Stadium des Wurzelwachstums bzw. der Apexifikation besteht apikal eine punktförmige bis flächige Exposition der Pulpa (Abb. 4). Bei einer gleichzeitig vorliegenden Dentinfraktur im Kronenbereich werden viele Dentinkanälchen eröffnet.

Parodont (ZEPAG)

Die Parodontalfasern sind bei einer Avulsion vollständig zerrissen, weshalb eine meist komplette Dislokation des Zahnes aus der Alveole heraus resultiert. Reste des parodontalen Gewebes bedecken die Wurzeloberfläche (Abb. 5) sowie die Alveolenwand. Der Zustand des Restdesmodonts auf der Wurzeloberfläche wird im Wesentlichen durch die extraorale Verweildauer bzw. das Aufbewahrungsmedium determiniert (siehe therapeutische Aspekte).

Alveolarknochen (ZEPAG)

Nach vollständiger Dislokation des Zahnes ist die Alveole in der Regel mit einem frischen Blutkoagulum gefüllt (Abb. 3). Fraktu-



Abb. 4 Die Aufsicht auf den Apexbereich eines avulsierten 22 eines 9-jährigen Patienten zeigt ein noch weit offenes Foramen apicale.

Fig. 4 Vue de la région apicale de la dent 22 expulsée d'un patient de 9 ans montrant un Foramen apical encore largement ouvert.



Abb. 5 Dieser histologische Schnitt zeigt von unten nach oben das Wurzelzement mit angeschnittenen Dentintubuli und Odontoblastenfortsätzen, das Wurzelzement und darüber das desmodontale Gewebe mit Zementoblasten, Fibroblasten und Sharpey' Fasern.

Fig. 5 Coupe histologique montrant du bas vers le haut la dentine radiculaire avec tubuli dentinaires et prolongements d'odontoblastes endommagés, le ciment radiculaire et le tissu desmodontal avec cimentoblastes, fibroblastes et fibres Sharpey.

ren oder Aussprengungen der Alveolenwände werden bei einer Zahnavulsion eher selten beobachtet, hingegen muss von einer Dehnung oder Quetschung des Knochens ausgegangen werden. Gerade bei jungen Patienten weist der Alveolarknochen ei-

ne gewisse Elastizität auf, welche einem Riss oder Bruch des Knochens entgegen wirkt.

Gingiva (ZEPAG)

Im Bereich des suprakrestalen Attachments kommt es zum Abreißen der Gingiva vom Zahn. Die Gingiva bleibt jedoch in der Regel noch am Alveolarknochen haften. Häufiger sind Rupturen der interdentalen Papillen (Abb. 3). Bei einer allenfalls vorhandenen Aussprengung oder Fraktur der fazialen Alveolenwand kann die Gingiva vertikal eingerissen sein.

Therapeutische Aspekte

Da die Prognose des avulsierten bleibenden Zahnes im Wesentlichen vom Infektionsschutz bzw. von der Regenerationsfähigkeit der Pulpa und des Parodonts abhängt, kommt diesen beiden Faktoren und Geweben bei der Therapie entscheidende Bedeutung zu. Während des Intervalls vom Unfall bis zur Versorgung werden Infektionsschutz und Regenerationsfähigkeit von Pulpa und Parodont von zwei Faktoren beeinflusst: (1) Zeitfaktor und (2) Medium der Lagerung.

Da durch endodontische Massnahmen innerhalb der ersten zehn Tage nach dem Unfall (Trepanation und medikamentöse Einlagen oder primäre Wurzelkanalbehandlung) Komplikationen seitens der pulpalen Gewebe meist vermieden werden können, richtet sich das Augenmerk heute vor allem auf die Massnahmen, welche die parodontale Einheilung bzw. die Regeneration des parodontalen Attachments begünstigen. Dies hängt hauptsächlich von der Überlebensrate der Zementoblasten auf der Wurzeloberfläche ab. Es muss deshalb alles unternommen werden, diese Zellen zu schützen und vital zu erhalten. Bei trockener Lagerung über 30 Minuten, aber auch bei feuchter Lagerung in ungeeigneten Medien kommt es zum Absterben der Ligamentzellen mit massiver Einschränkung der parodontalen Regenerationsfähigkeit.

Ideal wäre die sofortige Replantation des avulsierten Zahnes zurück in die Alveole. Ob diese Empfehlung dem Patienten bzw. anwesenden Laien jedoch zugemutet werden darf, bleibt fraglich. Auch besteht hier die Gefahr des Einbringens von Schmutzpartikeln in die Alveole. Die Lagerung des Zahnes in der Mundhöhle (im Vestibulum oder unter der Zunge) auf dem Weg zum Zahnarzt soll wegen Verschluckungs- oder Aspirationsgefahr und Kontamination durch Mundhöhlenkeime nicht mehr empfohlen werden. Diese Keime provozieren eine rasche Schädigung und Zerstörung der Zementoblasten.

Aufbewahrungsmedien

Das Einbringen des Zahnes in Wasser ist lediglich eine zeitlich sehr begrenzte Notlösung: Wasser ist nicht isoton; sowohl die Zellen der Wurzeloberfläche (Zementoblasten, parodontale Fibroblasten) als auch der Pulpa (Odontoblasten) «platzen» unter dem osmotischen Druckgefälle. Daher kann eine Lagerung des Zahnes in Wasser grundsätzlich nicht empfohlen werden. Besser, aber in der Regel nur in Apotheke, Klinik oder (Zahn-) Arztpraxis verfügbar, sind Ringer-Lactat- oder sterile Kochsalzlösung. Sie gewährleisten durch die Isotonie ein längeres Überleben der Zellen, enthalten jedoch keine Zell-Nährstoffe. Daher ist die Lagerung in diesen Medien auf etwa 2-3 Stunden limitiert. Deutlich bessere Eigenschaften besitzt Milch, die zumindest bei Unfällen in häuslicher Umgebung weitgehend verfügbar ist (ASHKENAZI et al. 1999). Milch ist vergleichsweise isoton und besitzt ausreichend Nährstoffe, die ein Überleben der Zellen bis zu 6 Stunden ermöglichen (NASJLETI et al. 1975,

BLOMLÖF 1981, TROPE & FRIEDMAN 1992). Es ist jedoch wichtig, dass einerseits kalte und zum anderen am besten ultrahocherhitzte Milch verwendet wird (LEKIC et al. 1996). Letztere enthält selbst keine Mikroorganismen, die durch rasche Vermehrung den pH-Wert zelltoxisch verändern würden. Kalte Milch hat den Vorteil, die rasche Vermehrung der mit dem Zahn eingebrachten Bakterien zu verlangsamen. Kommen andere Milchsorten wie Frisch- oder Pastmilch zum Einsatz, sind die Überlebenszeiten der Zellen deutlich kürzer, da grundsätzlich der limitierende Faktor bei Milch das bakteriell induzierte Absinken des pH-Werts ist.

Bei Kindern und Jugendlichen ist eine zellphysiologische Zahnrettung besonders wichtig. Im wachsenden Kieferknochen gibt es keine definitive Alternative zur Replantation, da festsitzender Zahnersatz oder Implantate erst nach Abschluss des Kieferwachstums durchgeführt werden sollten. Ausgedehnten Zellschäden der Wurzeloberfläche folgt häufig die Ankylose des Zahnes mit nachfolgender externer Wurzelresorption (Typ Ersatzresorption), die einerseits den Verlust des Zahnes zur Folge haben kann, andererseits - noch folgenschwerer - das lokale Kieferknochen-Wachstum beeinträchtigt. Betroffene Zähne erscheinen klinisch «kürzer», da die unverletzten Nachbarzähne zusammen mit dem Kieferknochen weiter vertikal wachsen. Nicht zuletzt ist auch der volkswirtschaftliche Schaden mit sämtlichen Folgekosten nach unfallbedingtem Zahnverlust erheblich.

Zahnrettungsbox

Um die Rettung avulsierter Zähne zu optimieren und um eine bessere Verfügbarkeit zellphysiologischer Transportmedien an Schulen, Sport- und Spielstätten aber auch im Haushalt zu ermöglichen, wurde nach umfangreicher Grundlagenforschung die Zahnrettungsbox DENTOSAFE® (Fa. Medice, Iserlohn, Deutschland, Vertrieb in der Schweiz: Fa. Mephem, Baar) entwickelt (Abb. 6) (Kirschner et al. 1992, Kirschner et al. 1998, Pohl et al. 1999). DENTOSAFE® enthält ein physiologisches Zell-Nährmedium, welches ursprünglich für die Transplantation von Inselzellen (Pankreas) bei Diabetes mellitus Typ-I entwickelt wurde, sowie als Modifikation für den zahnärztlichen Einsatz ein komplexes Puffersystem zur Stabilisierung des pH-Werts und einen Farbindikator, der bei Absinken des pH-Werts in zelltoxische Bereiche das rosafarbene Medium gelb färbt (Tab. 4). Die Zahnrettungsbox garantiert das Überleben von Zementoblasten und Odontoblasten bis zu 25 Stunden bei Zim-



Abb. 6 Zahnrettungsbox «DENTOSAFE®»

Fig. 6 Flacon de conservation de dent «DENTOSAFE®»

Tab. 4 Zusammensetzung des Nährmediums der Zahnrettungsbox DENTOSAFE®

RPMI*-Medium (= Basismaterial)
Anorganische Salze
Aminosäuren
Glukose
Vitamine
Puffer und Indikator (pH-Wert)

* Roswell Park Memorial Institute

meremperatur. Nach Angaben des Herstellers wird eine Lagerung des Mediums im Kühlschrank nicht empfohlen. Muss der avulierte Zahn im Einzelfall längere Zeit extraoral aufbewahrt werden, kann der Zahn nach 25 Stunden in eine neue Rettungsbox überführt werden: eine Lagerung von insgesamt bis zu 50 Stunden ist möglich. Die Handhabung der Rettungsbox ist einfach. Nach Avulsion wird der Zahn ohne weitere Manipulation in die Rettungsbox gelegt und der Deckel verschraubt. Trotz der langen Überlebenszeit der Zellen sollte umgehend ein Zahnarzt aufgesucht werden. Das Zellnährmedium der Rettungsbox ermöglicht aber auch bei anderweitig schweren Verletzungen zunächst einen Arzt oder eine Notfallklinik aufzusuchen. Längere Zeitintervalle können dadurch ohne Prognoseverschlechterung für die physiologische Einheilung des avulsierten Zahnes überbrückt werden. Verglichen mit einer sofortigen Replantation scheint das Einbringen des Zahnes nach Avulsion in ein solches Spezial-Nährmedium dessen Langzeitprognose zu verbessern (KRASNER & PERSON 1992, TROPE & FRIEDMAN 1992, KRASNER & RANKOW 1995, KIRSCHNER et al. 1998).

Die Zahnrettungsbox DENTOSAFE® wird bei Raumtemperatur gelagert und ist drei Jahre haltbar (Verfalldatum). In Deutschland und Österreich wurden durch die Unfallversicherungen bereits Schulen, Schwimmbäder und Sporthallen mit der Rettungsbox ausgestattet. Dadurch konnte das Bewusstsein für Zahnunfälle von Aufsichtspersonen und Lehrern deutlich verbessert werden, die Zahnrettung optimiert werden und die (teilweise lebenslangen) Folgekosten der Unfallversicherungen deutlich reduziert werden. Während die Verteilung in den genannten öffentlichen Einrichtungen in Deutschland bisher lediglich partiell erfolgt ist, sind in Österreich sämtliche Primarschulen mit der Rettungsbox ausgestattet worden. Die flächendeckende Verteilung in Sporthallen und Schwimmbädern soll in den nächsten Monaten nachfolgen. Aktuelle Untersuchungen in Frankfurt belegen den Erfolg dieser Methode der Zahnrettung (FILIPPI et al. 1999).

Vorgehen am Unfallort

Der avulierte Zahn wird so schnell wie möglich in die Zahnrettungsbox gelegt. Ist eine solche nicht vorhanden, empfiehlt sich eine Feuchtlagerung in kalter Milch (aus Kühlschrank) oder als Notlösung in kaltem Wasser (keine Zugabe von Salz oder anderen Substanzen). Der Zahn darf nur im Kronenbereich unter Schonung des Zahnhalsbereichs und der Wurzeloberfläche angefasst werden. Eine mechanische Reinigung der verschmutzten Wurzel ist obsolet. Nun soll der Patient unverzüglich einen Zahnarzt aufsuchen.

Vorgehen an einer medizinischen, jedoch nicht-zahnärztlichen Institution

Der vom Patienten mitgebrachte avulierte Zahn wird, soweit nicht schon geschehen, sofort in die Zahnrettungsbox, wenn

nicht vorhanden, in sterile Ringer- oder in physiologische Kochsalzlösung (0.9%) eingelegt. Für das Anfassen und Reinigen des Zahnes gelten die oben erwähnten Empfehlungen. Nun wird der Patient für die weitere Behandlung dem Zahnarzt zugewiesen.

Vorgehen beim Zahnarzt

Der vom Patienten mitgebrachte avulierte Zahn wird, wenn nicht schon in der Zahnrettungsbox transportiert, sofort in eine solche eingelegt. Da eine Lagerung des Zahnes in der Box die Prognose der Einheilung eher verbessert (siehe oben), kann ohne Zeitdruck die Untersuchung und die Planung der eigentlichen Therapie des avulsierten Zahnes durchgeführt werden.

Die Versorgung der traumatisierten dento-alveolären Einheit geschieht grundsätzlich in folgender Reihenfolge «Alveolarknochen – Gingiva – Parodont – Endodont».

Alveolarknochen

Ist die Alveole mit einem Koagulum gefüllt, muss dieses vor der Replantation schonend entfernt werden, um Platz für die Wurzel zu schaffen. Die Alveole wird mittels Spülung, jedoch niemals durch Curettage gereinigt. Dadurch bleiben die an der Alveolenwand noch haftenden Resten des parodontalen Ligamentes erhalten. Sichtbare Schmutzpartikel und lose Knochenfragmente werden mit feinen Pinzetten, z.B. Splitterpinzetten, entfernt. Noch periostal fixierte Knochenstücke sollen nicht entfernt werden. Knochenaussprengungen nach bukkal werden digital durch vorsichtige Kompression reponiert.

Gingiva

Wunden der Gingiva werden gereinigt und gespült. Zur Entfernung kleiner Fremdkörper eignen sich Exkavator, Splitterpinzette oder kleine zahnärztliche Löffel sowie sterile Spülflüssigkeiten (physiologische Kochsalz- oder Ringerlösung). Falls notwendig, wird die Wunde mit Einzelknopfnähten versorgt. Rupturierte Papillen sollten grundsätzlich nahtfixiert werden. Kleine vertikale Einrisse der Gingiva bedürfen meist keiner Nahtadaptation. Für die nachfolgende Schienung ist auf eine ausreichende Blutstillung zu achten.

Parodont

Die initiale parodontale Behandlung besteht in der Vitalerhaltung der auf der Wurzeloberfläche haftenden Zementoblasten. Dies geschieht durch die Feuchtlagerung in einem zellphysiologischen Medium. Je nach Zeitdauer und Art der extraoralen Lagerung sowie unter Berücksichtigung endodontischer Faktoren wird der avulierte Zahn bzw. dessen Wurzeloberfläche unterschiedlich behandelt. Danach erfolgt die Replantation bzw. Stabilisierung mittels Draht-Komposit-Schiene. Wenn möglich werden beidseits des zu replantierenden Zahnes je ein bis zwei nicht gelockerte Zähne in den Schienenverband miteinbezogen. Entsprechend soll der Schienungsdraht (Vierkant-Draht, Ringbogen-Schiene nach Krenkel) zugeschnitten und vollständig passiv an die fazialen Kronenflächen (Abb. 7 und 8) angebogen werden. Der avulierte Zahn wird nun schonend replantiert. Eine erste Überprüfung der Okklusion soll nun durchgeführt werden. Anschliessend werden die bukkalen Kronenflächen mit 37% Phosphorsäure während 30 Sekunden geätzt, danach während einer Minute mit Wasser gespült und anschliessend vorsichtig trocken geblasen. Mittels Auftragen von lighthärtendem Komposit wird die Schiene zuerst an den endständigen und dann an den unmittelbar benachbarten Zähnen geklebt. Die Fixation des avulsierten Zahnes soll als letztes und



Abb. 7 Draht-Komposit-Schiene

Fig. 7 Contention fil-composite

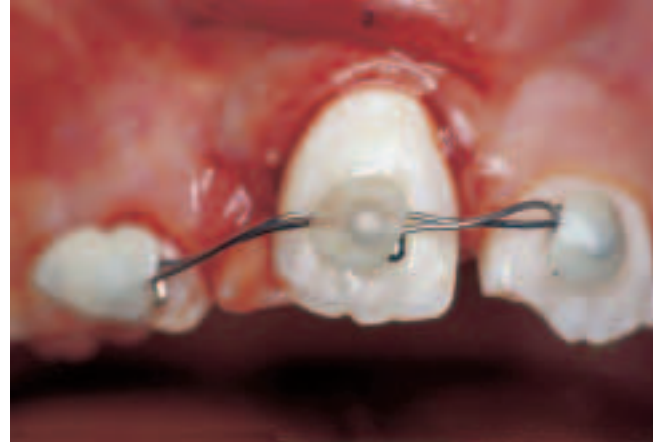


Abb. 9 Bracket-Schiene

Fig. 9 Contention à bagues (bracket)



Abb. 8 Ringklebe-Schiene nach Krenkel

Fig. 8 Contention avec boucles selon Krenkel

unter Okklusionskontrolle erfolgen. Neben der Stabilität bei erhaltener Beweglichkeit des replantierten Zahnes ist darauf zu achten, das marginale Parodont sowie die Interdentalräume einer optimalen Zahnpflege zugänglich zu machen. Alternativ kommt eine Brackettschiene in Frage, deren Applikation im Munde relativ einfach ist (Abb. 9). Der weiche Haltedraht wird in Achterschlingen um die Knopfbrackets gelegt. Ein intraorales Vorbiegen des Drahtes ist dabei nicht erforderlich. Drahtende und Knopfbrackets werden abschliessend mit lichthärtendem Komposit bedeckt.

Endodont

Freiliegende Dentinflächen werden mit einem $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Zement abgedeckt, auch wenn der Zahn später trepaniert wird. Dadurch kann ein Nachschub an Bakterien und Toxinen über eröffnete Dentintubuli vermieden werden. Falls eine endodontische Therapie (Wurzelkanal-Behandlung) indiziert ist, soll diese innerhalb von sieben bis zehn Tagen erfolgen. In Einzelfällen kann eine sofortige extraorale Wurzelkanalbehandlung von retrograd indiziert sein (ZIMMERMANN et al. 1991, FILIPPI & KIRSCHNER 1992). Um die parodontale Einheilung nicht zu stören, sollte die Trepanation vor der Schienenentfernung durchgeführt werden. Im Weiteren gibt es in der Literatur Hinweise, dass $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Einlagen in der Frühphase (1–3 Wochen) die parodontale Regeneration stören (erhöhte Ankylosegefahr mit Er-

satzresorption) und deshalb auf eine Antibiotika-Kortikosteroid-Paste (Ledermix®, Lederle, Zug) ausgewichen werden soll (VANDERAS 1993, GREGORIOU et al. 1994). Nach der parodontalen Einheilung können dann die Einlagewechsel mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ erfolgen.

Medikation

Eine systemische Antibiose wird in der Regel bei einem Avulsionstrauma empfohlen (Amoxycillin- oder Tetrazyklin-Präparate). Inwiefern eine solche die parodontale Regeneration begünstigt (im Gegensatz zur lokalen Applikation), bleibt umstritten. Wegen einer möglichen Keimverschleppung von der kontaminierten Wurzel (Pulpa und Wurzeloberfläche) über eröffnete alveoläre Blutgefässe hat die Antibiose auch prophylaktische Bedeutung (Lokal- und Systemprophylaxe). Zur Schmerzbekämpfung genügen in der Regel Paracetamol-Präparate. Zur Unterstützung der mechanischen Mundhygiene wird 0,1% Chlorhexidin-Diglukonat-Lösung empfohlen. Feucht-kalte Umschläge zur Schwellungsminderung während 2–3 Tagen unterstützen das Wohlbefinden des Patienten. Bezüglich der Ernährung sollten besonders harte Nahrungsmittel gemieden werden. Die Einnahme ausschliesslich purierter oder weicher Nahrung ist aus funktionellen Gründen sowie zur Vermeidung einer übermässigen Plaqueakkumulation abzulehnen. Der Patient muss zudem in der Schienenhygiene instruiert werden, um die parodontale Einheilung nicht zu kompromittieren.

Tetanus

Die (aktive) Grundimmunisierung der Neugeborenen gegenüber Tetanus erfolgt in der Schweiz durch die Kinderärzte, wobei drei Impfungen im Alter von zwei, vier und sechs Monaten erfolgen (BAG 1996). Sogenannte Boosterimpfungen werden mit 15 Monaten, sieben Jahren und zwölf Jahren durchgeführt. Danach genügen Auffrischimpfungen alle zehn Jahre. Bei einem so geimpften Patienten muss bei einer Zahnverletzung nur eine Injektion gegen Tetanus erfolgen, wenn die letzte Impfung mehr als fünf Jahre zurückliegt. Bei inadäquater Grundimmunisierung soll mit dem behandelnden (Kinder-) Arzt Rücksprache genommen werden. Da die Inkubationszeit bei Tetanus mindestens drei Tage, in der Regel jedoch zehn Tage beträgt, besteht kein Grund zu überstürztem Handeln. Aus forensischen Gründen kommt der Nachfrage durch den Zahnarzt bezüglich Tetanus-Immunsierung grosse Bedeutung zu.

Nachsorge

Die initiale Nachsorge soll intensiv sein, um eine mögliche Infektion rasch erkennen und behandeln zu können. Dies bedeutet, dass der Patient zwei bis drei Tage nach der Replantation bzw. Schienung bereits für eine erste Nachkontrolle einbestellt wird. Nach sieben bis zehn Tagen kann die oben erwähnte endodontische Therapie begonnen werden. Die Draht-Komposit- oder Bracket-Schiene wird ebenfalls nach dieser Zeit entfernt, verbleibt also maximal zwei Wochen in situ. Regelmässige klinische und radiologische Kontrollen nach drei und sechs Wochen, dann nach drei, sechs und zwölf Monaten sind nach einem Avulsionstrauma indiziert. Dabei soll insbesondere auf entzündliche periradikuläre Veränderungen sowie auf interne oder externe Wurzelresorptionen geachtet werden. Bezüglich pulparer Veränderungen wird in Zukunft die echte Vitalitätsprüfung (Laser-Doppler-Flowmetrie), d.h. eine Kontrolle der (Re-)Vaskularisation der Pulpa einen grossen Fortschritt bedeuten. Zur Zeit sind allerdings die entsprechenden Untersuchungsmethoden noch nicht praxisreif.

Die möglichen Spätfolgen sowie deren Diagnostik und Therapie nach Replantation eines avulsierten bleibenden Zahnes werden in einem Folgeartikel detailliert besprochen.

Literatur

- ANDERSSON L, BODIN I: Avulsed human teeth replanted within 15 minutes – a long-term clinical follow-up study. *Endod Dent Traumatol* 6: 37–42 (1990)
- ANDREASEN JO, ANDREASEN FM: Dental traumatology; quo vadis. *Endod Dent Traumatol* 6: 78–80 (1990)
- ANDREASEN JO, ANDREASEN FM: Classification, etiology and epidemiology. In: *Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth* (eds. J O ANDREASEN, F M ANDREASEN). Munksgaard 3rd edition, Kopenhagen pp 151–180 (1994)
- ANDREASEN JO, BORUM MK, JACOBSEN HL, ANDREASEN FM: Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 4. Factors related to periodontal ligament healing. *Endod Dent Traumatol* 11: 76–89 (1995d)
- ASHKENAZI M, SARNAT H, KEILA S: In vitro viability, mitogenicity and clonogenic capacity of periodontal ligament cells after storage in six different media. *Endod Dent Traumatol* 15: 149–156 (1999)
- BAG Bundesamt für Gesundheitswesen: Infektionskrankheiten. Richtlinien zur Bekämpfung übertragbarer Krankheiten. Tetanus (Starrkrampf) p141 (1996)
- BARRETT EJ, KENNY DJ: Avulsed permanent teeth: a review of the literature and treatment guidelines. *Endod Dent Traumatol* 13: 153–163 (1997a)
- BARRETT EJ, KENNY DJ: Survival of avulsed permanent maxillary incisors in children following delayed replantation. *Endod Dent Traumatol* 13: 269–275 (1997b)
- BLOMLÖF L: Milk and saliva as possible storage media for traumatically exarticulated teeth prior to replantation. *Swed Dent J Suppl* 8: 1–26 (1981)
- BORSSÉN E, HOLM AK: Traumatic dental injuries in a cohort of 16-year-olds in northern Sweden. *Endod Dent Traumatol* 13: 276–280 (1997)
- EBELESEDER KA, FRIEHS S, RUDA C, PERTL C, GLOCKNER K, HULLA H: A study of replanted teeth in different age groups. *Endod Dent Traumatol* 14: 274–278 (1998)
- EBELESEDER KA, GLOCKNER K: Diagnostik des dentalen Traumas – Erstuntersuchung und Verletzungsarten. *Endodontie*; 8: 101–111 (1999)
- FILIPPI A, KIRSCHNER H: Nachuntersuchungen auto-alloplastisch replantierter Zähne. *Z Zahnärztl Implantol* 8: 117–121 (1992)
- FILIPPI A, WEBER C, OBJOU C, ROTTER C, POHL Y, KIRSCHNER H: Dental trauma – prevention and rescue: a multidisciplinary study in Germany (Abstract). *Int J Paediatr Dent* 9 (Suppl 1), 23 (1999)
- GREGORIOU AP, JEANSONNE BG, MUSSELMAN RJ: Timing of calcium hydroxide therapy in the treatment of root resorption in replanted teeth in dogs. *Endod Dent Traumatol* 10: 268–275 (1994)
- HAMILTON FA, HILL FJ, HOLLOWAY PJ: An investigation of dentoalveolar trauma and its treatment in an adolescent population. *Br Dent J* 182: 91–95 (1997)
- KASTE LM, GIFT HC, BHAT M, SWANGO PA: Prevalence of incisor trauma in persons 6 to 50 years of age: United States, 1988–1991. *J Dent Res* 75: 696–705 (1996)
- KIRSCHNER H, BURKARD W, PFÜTZ E, POHL Y, OBJOU C: Frontzahntrauma. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102: 209–214 (1992)
- KIRSCHNER H, BOLL M, FILIPPI A, FOERSTER W, KRAUS U, OBJOU C, POHL Y, POHL Y, ROBERT F, TEKIN U: Frontzahnverletzungen – Vorbeugen und Retten. *Oralprophylaxe* 20: 101–106 (1998)
- KRASNER P, PERSON P: Preserving avulsed teeth for replantation. *J Am Dent Assoc* 123: 80–88 (1992)
- KRASNER P, RANKOW HJ: New philosophy for the treatment of avulsed teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 79: 616–623 (1995)
- LEKIC PC, KENNY DJ, BARRETT EJ: The influence of storage conditions on the clonogenic capacity of periodontal ligament cells: implications for tooth replantation. *Int Endod J* 31: 137–140 (1998)
- NASJLETI CE, CASTELLI WA, BLANKENSHIP JR: The storage of teeth before reimplantation in monkeys. A histologic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 39: 20–29 (1975)
- PETTI S, TARSITANI G: Traumatic injuries to anterior teeth in Italian schoolchildren: prevalence and risk factors. *Endod Dent Traumatol* 12: 294–297 (1996)
- POHL Y, TEKIN U, BOLL M, FILIPPI A, KIRSCHNER H: Investigations on a cell culture medium for storage and transportation of avulsed teeth. *Aust Endod J* 25: 70–75 (1999)
- TROPE M, FRIEDMAN S: Periodontal healing of replanted dog teeth stored in Viaspan, milk, and Hanks's balanced salt solution. *Endod Dent Traumatol* 8: 183–188 (1992)
- VANDERAS AP: Effects of intracanal medicaments on inflammatory resorption or occurrence of ankylosis in mature traumatized teeth: a review. *Endod Dent Traumatol* 9: 175–184 (1993)
- VON ARX T, WENGER P, HARDT N: Spätfolgen nach Traumata bleibender Zähne bei Kindern. Klinische und radiologische Befunde einer retrospektiven Untersuchung. *Acta Med Dent Helv* 3: 196–202 (1998)
- WEIGER R, KALWITZKI M, LÖST C: Der avulsierte Zahn. *Endodontie* 8: 165–179 (1999)
- ZIMMERMANN M, NENTWIG GH, HUSEL S: Nachuntersuchungsergebnisse zur Replantationstherapie nach traumatischer Zahnluxation mit Keramikstift. *Z Zahnärztl Implantol* 7, 212–216 (1991)