

Endodontische Therapie nach unfallbedingter Avulsion und Intrusion von Zähnen

Susanne Naumann, Dr. med. dent.

Klinik für Zahnärztliche Chirurgie, - Radiologie, Mund- und Kieferheilkunde
Zentrum für Zahnmedizin der Universität Basel

Yango Pohl, Dr. med. dent.

Poliklinik für Chirurgische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Bonn

Andreas Filippi, Priv.-Doz. Dr. med. dent.

Klinik für Zahnärztliche Chirurgie, - Radiologie, Mund- und Kieferheilkunde
Zentrum für Zahnmedizin der Universität Basel
Hebelstrasse 3, CH-4056 Basel

Korrespondenz an Priv.-Doz. Dr. Andreas Filippi

E-Mail: andreas.filippi@unibas.ch

Indizes

Zahntrauma, Avulsion, Intrusion, Wurzelkanalbehandlung, retrograde Stiftinsertion

ZUSAMMENFASSUNG

Zahntraumata sind Kombinationsverletzungen, die unterschiedliche Gewebe betreffen. Mundschleimhaut und Alveolarknochen regenerieren binnen weniger Tage bis Wochen, und frakturierte Zahnhartsubstanz (Kronenfraktur) lässt sich innerhalb kurzer Zeit ersetzen. Die Regeneration von Pulpa und Parodont kann jedoch deutlich länger dauern: Beide Gewebe bestimmen somit die Langzeitprognose des unfallverletzten Zahnes. Heute existieren gut dokumentierte therapeutische und prophylaktische Konzepte, die Einfluss auf die Regeneration

und/oder die Infektionsfreiheit dieser beiden Gewebe haben. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Wurzelkanalbehandlung nach schweren Zahnverletzungen (Avulsion, Intrusion), die alters- und unfallbedingt hohe Anforderungen an Behandler und Patient stellt. Da der Zahn nach Avulsion und Intrusion (mit chirurgischer Reposition) auch extraoral endodontisch behandelbar ist, werden die verschiedenen Möglichkeiten der Wurzelkanalbehandlung dargestellt und diskutiert.

Einleitung

Verschiedene Zahnverletzungen beeinträchtigen die Pulpa ganz unterschiedlich. Die Häufigkeit von Ersatzgewebsbildungen (z. B. Kanalobliteration) oder Pulpanekrosen hängt vom Einfluss der Verletzung auf die Gefäßversorgung und vom Durchmesser des

Foramen apicale ab^{6,7,32}. Letzterer steht in direktem Zusammenhang mit dem Entwicklungsstadium der Wurzel^{1,2} (Tab. 1).

Eine Pulpanekrose bzw. eine infizierte Nekrose nach Karies führt bei Nichtbehandlung zur Parodontitis apicalis: Austrittsstellen für Mikroorganismen und Toxine sind das Foramen apicale oder eventuell vorhandene

Tabelle 1 Häufigkeit von Ersatzgewebsbildungen und Nekrosen der Pulpa in Abhängigkeit von der Art der Zahnverletzung und dem Wurzelwachstum^{1,2}

Verletzung	Klinik	Ersatzgewebe		Pulpanekrose	
		Wurzelwachstum nicht abgeschlossen	Wurzelwachstum abgeschlossen	Wurzelwachstum nicht abgeschlossen	Wurzelwachstum abgeschlossen
Konkussion	Erschütterung ohne Dislokation oder Lockerung, Zahn ist perkussionsempfindlich	3 %	6 %	selten	4 %
Lockerung	Erhöhte Beweglichkeit ohne Dislokation, Pulpa möglicherweise gedehnt	12 %	8 %	selten	16 %
Extrusion	Zahn partiell aus der Alveole gehoben, Pulpa gedehnt oder zerrissen	62 %	19 %	7 %	65 %
Laterale Dislokation	Krone nach palatinal, Wurzel nach vestibulär verlagert, Pulpa gedehnt oder zerrissen	71 %	9 %	10 %	79 %
Intrusion	Zahn in den Knochen hineingetrieben, Zerstörung der Strukturen am Foramen apicale	25 %	selten	63 %	100 %
Avulsion	Zahn vom Organismus getrennt, Pulpa abgerissen und apikal kontaminiert	Zeit und Medium extraoral?	selten	Zeit und Medium extraoral?	100 %

Seitenkanäle. Zahnverletzungen gehen hingegen immer auch mit Zementoblasten- und Zementschäden auf der Wurzeloberfläche einher, die zum Teil bis ins Dentin

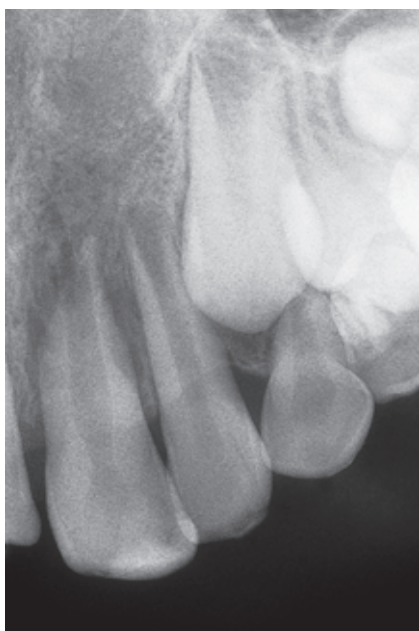


Abb. 1 Infektionsbedingte externe Wurzelresorption an Zahn 21 8 Wochen nach lateraler Dislokation

resorbiert werden^{3,5,27,40}. Daraus resultieren teilweise großflächige Verbindungen zwischen Pulpa und Parodont^{3,5,27,41}. Mikroorganismen oder Toxine aus dem Wurzelkanal führen dann zu infektionsbedingten externen Wurzelresorptionen^{5,21,31,40,41} (Abb. 1). Osteoklasten werden aktiviert, die innerhalb weniger Tage Wurzelhartsubstanz und Alveolarknochen zerstören^{5,21,41}. Wird nicht rasch, adäquat und konsequent behandelt, ist der Zahnerhalt meist nicht mehr möglich.

Die Qualität der Wurzelkanalfüllung nach Zahntrauma ist besonders wichtig: Sie muss nicht nur apikal, sondern auch entlang des gesamten Wurzelkanals eine Kontamination des Parodonts verhindern können. Reste von Pulpagewebe im Wurzelkanal sind mit einer infektionsbedingten externen Wurzelresorption korreliert⁸. Dies gilt insbesondere für schwere Zahnverletzungen (Intrusion, Avulsion), die mit einer großflächigen Zerstörung von Zementoblasten und Zement einhergehen (Abb. 2).

Betrachtet man die Häufigkeit von Pulpanekrosen nach Avulsion und Intrusion wurzelreifer Zähne (Tab. 1), besteht keine Chance auf Revaskularisation. Bei wur-

zelunreifen Zähnen mit realistischer Möglichkeit auf Revaskularisation (Tab. 1) kann zunächst engmaschig kontrolliert werden. Sensibilitäts-, Perkussions- und Periotest-Untersuchungen, aber auch Verfärbungen und vor allem Röntgenuntersuchungen geben Hinweise auf Pulpanekrosen oder infektionsbedingte externe Wurzelresorptionen bzw. auf die Revaskularisation der Pulpa^{15,19,31}.



Abb. 2 Zahntrauma mit einer Intrusion des Zahnes 11 und einer Avulsion des Zahnes 21

Abb. 3a bis c Antiresorptiv-regenerative Therapien



Abb. 3a Lagerung avulsierter Zähne in Dentosafe®

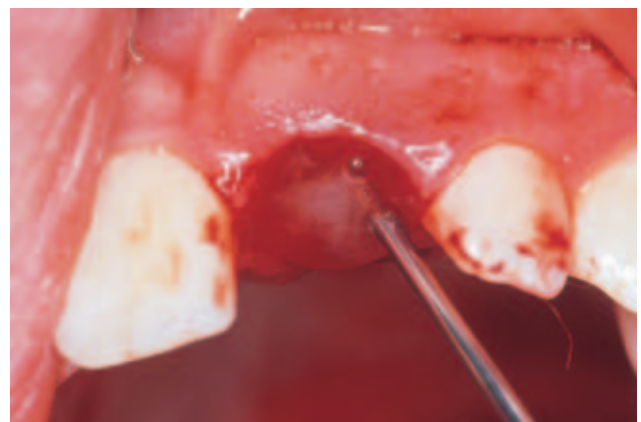


Abb. 3b Applikation von Emdogain® in die Alveole

Endodontische Therapie

Nach Avulsion oder Intrusion wurzelreifer Zähne steht die Notwendigkeit einer Wurzelkanalbehandlung bereits zum Zeitpunkt der Erstversorgung fest. Intrudierte Zähne werden heute vorzugsweise chirurgisch reponiert^{16,31}, da ein Spontandurchbruch im bleibenden Gebiss in der Regel nicht zu erwarten ist. Als Alternative wird auch ein kieferorthopädisches Einordnen diskutiert. Nachteil dieses Verfahrens ist die teilweise deutlich subgingivale Lage der Palatinalfläche intrudierter Zähne zu Beginn der endodontischen Therapie (Abb. 2) – diese ist dann nur erschwert oder gar nicht möglich³¹. Chirurgische Reposition heißt, den intrudierten Zahn vorsichtig mit einer Zange aus seiner verkeilten Zwangsposition zu lösen und zu extrahieren. Wegen der hohen Schädigung parodontaler Gewebe bei der Intrusion empfehlen sich anti-resorptiv-regenerative Therapien zum Erhalt und zur Regeneration unfallgeschädigter Zementoblasten und zur Hemmung resorptiver Aktivität vor der Replantation. Wichtige regenerative Konzepte umfassen

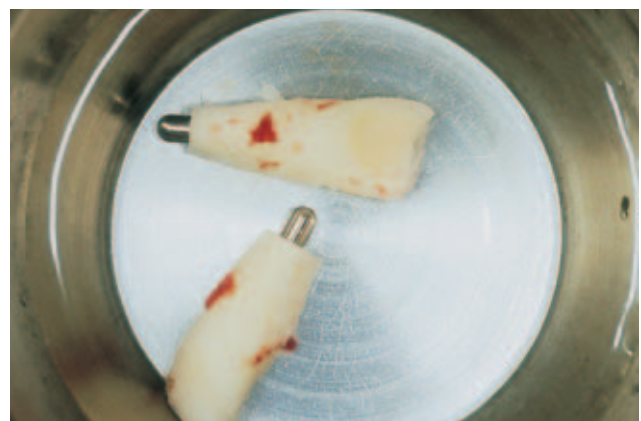


Abb. 3c Lokale Applikation von Doxzyklin (1 mg auf 20 ml NaCl-Lösung) durch Einlegen des Zahnes für 5 Minuten in die Lösung

das Einlegen des Zahnes für etwa 30 Minuten in ein zellphysiologisches Medium (Dentosafe®, Fa. Medice, Iserlohn), um Toxine und Gewebszerfallsprodukte unter optimalen Bedingungen auszuschwemmen, so-

Abb. 4a bis c Konventionelle Endodontie nach Avulsion des Zahnes 21



Abb. 4a Extraorales Abmessen des Zahnes zur Bestimmung der Arbeitslänge



Abb. 4b Kontrollröntgenaufnahme während der endodontischen Therapie

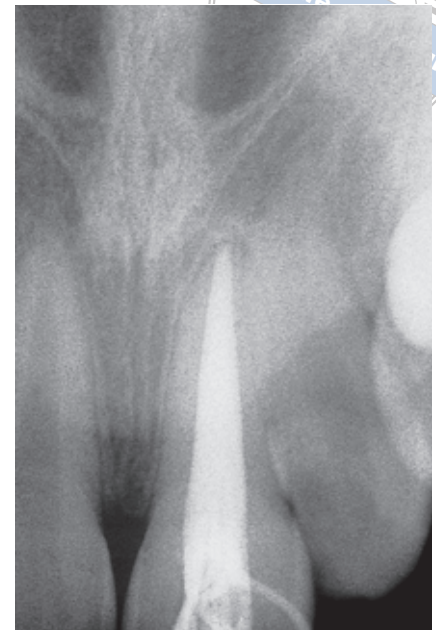


Abb. 4c Kontrollröntgenbild unmittelbar nach Wurzelkanalfüllung

wie die Applikation von Emdogain® (Fa. Biora, Malmö, Schweden) auf die Wurzeloberfläche und in die Alveole (Abb. 3a und b). Antiresorptive Behandlungen sind die Applikation von Doxzyklin (lokal, systemisch) (Abb. 3c) und ggf. von Steroiden (lokal: Dexamethason). Detaillierte Informationen zu diesen Therapiekonzepten finden sich in der aktuellen Literatur^{11,20,22,26,31,34,36-38,42}. Auch avulsierte Zähne werden heute identisch behandelt.

Bei isolierten Zähnen gibt es grundsätzlich drei Möglichkeiten, eine Wurzelkanalbehandlung durchzuführen: intraoral nach Replantation im Sinne einer konventionellen Wurzelkanalbehandlung, extraoral von orthograd via koronale Trepanationsöffnung oder extraoral mit retrograder Stiftinsertion.

Konventionelle intraorale Wurzelkanalbehandlung

Entscheidet man sich für eine intraorale endodontische Therapie, sollte vor der Replantation die Länge des Zahnes gemessen und somit die Arbeitslänge bestimmt werden: Dies erspart den meist jungen Patienten mindestens eine Röntgenaufnahme (Abb. 4a). Die Trepanation sollte etwa 7 bis 10 Tage nach Replantation des Zahnes erfolgen^{5,10,43}. Zu diesem Zeitpunkt befindet sich die Pulpa im Stadium einer ischämischen Nekrose, ist aber noch nicht oder nur geringgradig infiziert⁴¹. Für den Patienten ist die Be-

handlung komfortabler, solange der Zahn noch geschieht ist²¹. Zu frühes Behandeln erhöht die Gefahr parodontaler Schäden durch Austreten von in den Wurzelkanal eingebrachten Substanzen (Kalziumhydroxid) in das heilende Parodont⁴, und eine deutlich spätere Trepanation erhöht das Risiko einer infektionsbedingten externen Wurzelresorption mit drohendem Zahnverlust^{21,31,43}.

Nach der Trepanation wird das ischämische bzw. nekrotische Gewebe entfernt und der Wurzelkanal unter Spülungen vorzugsweise mit steriler isotoner Kochsalzlösung gereinigt. Auf desinfizierende Spüllösungen, wie sonst in der Endodontie üblich, muss aufgrund der Kommunikation zwischen Pulpa und Parodont verzichtet werden. Eine temporäre Kalziumhydroxid-Einlage, beispielsweise mit isotoner Kochsalzlösung oder 0,1%igem Chlorhexidin angemischt, hat sich bewährt^{14,16}. Um Lufteinschlüsse weitgehend zu verhindern, wird das Einbringen mittels Spritzensystem oder Lentulo empfohlen³⁹. Die Paste sollte zusätzlich mit umgedrehten Papierspitzen kondensiert werden¹³.

Bei der definitiven Wurzelkanalfüllung hat sich die laterale Kondensation mit Sealer und Guttapercha bewährt (Abb. 4b und c), wodurch eine ausreichende apikale Dichtigkeit erreicht werden kann¹². Wie bereits beschrieben, ist nach einem Zahntrauma auch eine optimale Behandlung entlang des gesamten Wurzelkanals äußerst wichtig; Residuen von Pulpagewebe müssen vermieden werden.

Abb. 5a bis c Extraorale orthograde Endodontie nach Avulsion des Zahnes 21



Abb. 5a Gewebeschonende Fixation des avulsierten Zahnes in der Zange



Abb. 5b Trepanationsöffnung mit Wurzelkanalinstrument in situ



Abb. 5c Situation nach extraoraler Wurzelkanalfüllung von orthograd

Extraorale orthograde Wurzelkanalbehandlung

Diese Technik wird in der Literatur vergleichsweise selten beschrieben^{4,5}, was vermutlich an der technisch schwierigen Durchführung liegt. Die Trepanation erfolgt extraoral unter koronaler Fixation in einer Zange, die keinesfalls die Wurzeloberfläche tangieren darf (Abb. 5a). Die Aufbereitung mit Hand- oder maschinengeführten Instrumenten wird unter intermittierender Spülung vorzugsweise mit steriler Kochsalzlösung durchgeführt (Abb. 5b). Andere Präparate können irreversible Zementblastenschäden auf der Wurzeloberfläche hervorrufen, die zur Ankylose und letztlich zum Zahnverlust führen. Während der gesamten extraoralen Behandlung müssen die Zellen der Wurzeloberfläche feucht gehalten werden. Nach Aufbereiten und Trocknen mit sterilisierten Papierspitzen wird der Wurzelkanal konventionell mit Guttapercha und Sealer unter lateraler Kondensation gefüllt (Abb. 5c). Die Handhabung der Instrumente ist jedoch durch die Fixation des Zahnes in der Zange deutlich behindert. Um die Qualität der Füllung zu kontrollieren, können noch extraoral Röntgenaufnahmen in mesiodistaler und vestibulooraler Richtung angefertigt werden; eine Korrektur ist durch den noch nicht abgebundenen Sealer problemlos möglich²⁸. Die palatinale Trepanationsöffnung wird extraoral zunächst temporär verschlossen. Schließlich wird der Zahn replantiert und geschient. Zu einem späteren

Zeitpunkt erfolgt dann der definitive Verschluss der Trepanationsöffnung.

Extraorale Wurzelkanalbehandlung von retrograd

Die extraorale endodontische Therapie von retrograd erfolgt heute meist nach der Methode der Stiftinsertion^{18,29,31}. Der Zahn wird während der Intervention ebenfalls in einer Extraktionszange fixiert. Auch hier darf die Wurzeloberfläche keinesfalls berührt werden und ist stets feucht zu halten³⁵. Zunächst wird die Wurzelspitze unter intensiver Kühlung mit steriler Kochsalzlösung ca. 3 mm abgesetzt (Abb. 6a). Anschließend erfolgt die Aufbereitung des Wurzelkanals von retrograd bis in die Kronenpulpa hinein mit normierten, intensiv gekühlten Bohrern (Retro-post[®], Fa. Brasseler-Komet, Lemgo) (Abb. 6b). Analog zur Implantologie werden Bohrer mit aufsteigendem Durchmesser verwendet. Dies verhindert unphysiologische Temperaturerhöhungen und die Gefahr einer Perforation; der Wurzelkanal gibt den Weg der Aufbereitung zuverlässig vor. Nicht nur die Pulpa, sondern auch Anteile des umgebenden Dentins werden durch weiltumige Präparation rotierend entfernt, um Residuen auch im zervikalen Bereich und somit eine infektionsbedingte externe Wurzelresorption zu vermeiden. Daher sollte eine Dentinwandstärke von etwa 0,5 mm an der Resektionsfläche angestrebt wer-

Abb. 6a bis f Extraorale retrograde Endodontie mittels Stiftinsertion nach Avulsion des Zahnes 21



Abb. 6a Absetzen der Wurzelspitze



Abb. 6b Retrograde Entfernung der Pulpa und von Anteilen des Dentins (apikale Aufsicht)



Abb. 6c Zuletzt verwendeter Bohrer mit passendem zylindrischem Titanstift (Retropost®)



Abb. 6d Nach dem Zementieren des Titanstifts (apikale Aufsicht)



Abb. 6e Nach dem Zementieren des Titanstifts (laterale Aufsicht)

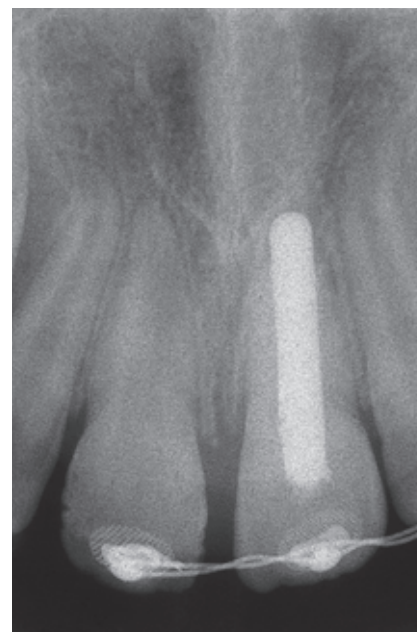


Abb. 6f Röntgenkontrollaufnahme nach Replantation und unmittelbar nach Schienung

den³¹. Nach Trocknen des erweiterten Wurzelkanals wird ein dem zuletzt verwendeten Bohrer identischer und apikal abgerundeter Titanstift (Abb. 6c) so weit gekürzt, dass der Zahn etwa auf seine ursprüngliche Länge ergänzt wird. Dies schafft zusätzliche Stabilität, da der Drehpunkt des Replantats nach apikal

verschoben wird. Der Stift wird mit einem biokompatiblen Zement (z. B. Diaket, Fa. 3M Espe, Seefeld) befestigt (Abb. 6d und e). Die endodontische Therapie ist damit sofort und definitiv abgeschlossen. Es folgen die Replantation und die Schienung des Zahnes (Abb. 6f).

Diskussion

Nach Intrusion und Avulsion wurzelreifer Zähne stehen bereits zum Unfallzeitpunkt der Verlust der Pulpa-vitalität und die Notwendigkeit einer Wurzelkanalbe-handlung definitiv fest¹. Da sich der Zahn temporär extraoral befindet, besteht hier auch die Möglichkeit der extraoralen endodontischen Therapie. Entscheidungshilfen bei der Wahl der endodontischen Therapie sind die erzielbare Qualität der Wurzelkanalfüllung und die Behandelbarkeit des Patienten. Avulsion und Intrusion sind Zahnverletzungen mit schweren Zementoblastenschäden und Zementdefekten auf der Wurzeloberfläche^{5,41}. Qualitative Mängel resultieren hier in einer infektionsbedingten externen Wurzelre-sorption mit drohendem Zahnverlust. Zusätzlich kann gerade bei Kindern die Behandlungsfähigkeit einge-schränkt sein: Ob hier mehrfach ggf. zeitaufwändige Behandlungen unter Kofferdam durchführbar sind, ist in der Unfallsituation nicht immer leicht abzuschät-zen.

Die extraorale endodontische Therapie von orthograd hat sich nicht bewährt: Hauptkritikpunkt ist die schwie-rige technische Durchführbarkeit, da die Zange den Zahn dort hält, wo die Intervention stattfindet. Auch speziell für diesen Zweck entwickelte Fixatoren³³ ha-ben sich nicht durchgesetzt. Sie gewährleisten keine stabile Halterung, eine kontrollierte Aufbereitung des Wurzelkanals ist erschwert, und spätestens bei der lateralen Kondensation rutscht der Zahn nicht selten aus der Zange oder dem Fixator; vermeidbare zusätz-liche Zementoblastenschäden sind die Folge. Mit der Technik ist auch ein vermeidbarer, hoher Zeitauf-wand verbunden; der extraorale Vitalitätserhalt der

Zementoblasten ist zeitlich begrenzt und sollte nicht unnötig prolongiert werden. Insgesamt kann die ex-traorale endodontische Behandlung via Trepanations-öffnung nicht empfohlen werden (Abb. 7 und 8).

Im Gegensatz dazu ist die extraorale retrograde Stift-insertion technisch leicht und rasch durchführbar: Der Zeitaufwand beträgt für den Geübten etwa 10 bis 15 Minuten. Die sichere Entfernung von Pulpagewebe und angrenzendem Dentin verhindert zuverlässig das Auftreten einer infektionsbedingten externen Wurzel-resorption³⁵. Das geringgradige apikale Überstehen des Stifts dient nur der Rekonstruktion der ursprüng-lichen Wurzellänge und ist nicht mit einer transden-talen Fixation zu verwechseln. Weder der Stiftüber-stand noch die kurze extraorale gewebeschonende Behandlung beeinträchtigen die parodontale Regene-ration oder erhöhen die Gefahr einer Ankylose^{17,35}. Die beschriebene Methode sichert sofort und in einer Behandlung den endodontischen Therapieerfolg.

Im Vergleich dazu ist die konventionelle Wurzelkanal-behandlung eine verzögerte, initial temporäre Thera-pie, für die je nach Verlauf zwei bis vier Sitzungen unter Kofferdam notwendig sind. Der höhere Zeit-aufwand führt im Vergleich zu höheren Sozialkos-ten^{24,25}. Nach retrograder Stiftinsertion werden durch die sofortige Intervention grundsätzlich keine infek-tionsbedingten externen Wurzelresorptionen beobach-tet³⁶, so dass von einer vollständigen Wurzelkanal-füllung auszugehen ist. Die vollständige Füllung des Wurzelkanals ist konventionell vergleichsweise schwieriger zu erzielen⁹.

Ursprünglich wurde nach retrograder Stiftinsertion und Schienung eine Trepanation der Krone mit voll-ständigem Ausräumen der Kronenpulpa gefordert³⁰.

Abb. 7 Röntgenaufnahme unmittel-bar nach Avulsion, extraoraler ortho-grader endodontischer Therapie, Replantation und Schienung. Erkennbare Lufteinschlüsse zeigen die Mängel der Wurzelkanalfüllung



Abb. 8 11 Monate später: infek-tionsbedingte externe Wurzelresorption durch unvollständige Kanalfüllung und/oder verbliebenes Pulpagewebe. Der Zahn kann nicht erhalten werden



Nachuntersuchungen haben jedoch gezeigt, dass dies nicht notwendig ist: Infektionen oder Verfärbungen werden definitiv nicht beobachtet¹⁸; auf die zusätzliche Schwächung der Krone und ein mögliches „coronal leakage“ durch eine Zugangskavität kann verzichtet werden. Zahnverfärbungen nach Trauma und konventioneller Wurzelkanalbehandlung werden hingegen sehr häufig beobachtet¹⁶. Die Stiftinsertion verhindert somit auch eine Zweitintervention mit zusätzlichem Zeit- und Kostenaufwand zur Bleichung oder zur Anfertigung von Veneers bzw. Kronen, wobei speziell das Bleichen nach Zahntrauma zusätzliche Risiken externer Wurzelresorptionen in sich birgt²³.

Während die intraorale Wurzelkanalbehandlung mehrere Röntgenaufnahmen erforderlich macht, entfallen diese bei extraoraler Stiftinsertion. Dies dient der Strahlenreduktion bei den meist jungen Patienten. Für die retrograde Stiftinsertion ist die Mitarbeit des Patienten nicht erforderlich. Die eigentliche Behandlung am Patienten erstreckt sich lediglich auf die

ohnehin erforderliche Lokalanästhesie, die Wundversorgung sowie die Replantation und Schienung avulsierter oder intrudierter Zähne. Nach Stiftinsertion sind spätere kieferorthopädische Zahnbewegungen uneingeschränkt möglich³⁵.

Schlussbetrachtung

Die konventionelle Wurzelkanalbehandlung ist und bleibt bei den meisten Unfallverletzungen der Zähne mit eingetretener oder vorhersagbarer Pulpanekrose die Therapie der Wahl. Befindet sich der Zahn jedoch extraoral, sollte die extraorale retrograde Stiftinsertion als Alternative zur konventionellen Wurzelkanalbehandlung in Erwägung gezogen werden. Sie ist effizient und hat Vorteile, die eine konventionelle Therapie nicht zuverlässig bieten kann. Die Komplikationsrate bei korrekter Durchführung ist äußerst niedrig und die Belastung für den Patienten gering.

LITERATUR

1. *Andreasen, F.M., Vestergaard Pedersen, B.*: Prognosis of luxated permanent teeth – the development of pulp necrosis. *Endod Dent Traumatol* 1, 207-220 (1985).
2. *Andreasen, F.M., Zhijie, Y., Thomsen, B.L., Andersen, P.K.*: Occurrence of pulp canal obliteration after luxation injuries in the permanent dentition. *Endod Dent Traumatol* 3, 103-115 (1987).
3. *Andreasen, J.O.*: Analysis of pathogenesis and topography of replacement root resorption (ankylosis) after replantation of mature permanent incisors in monkeys. *Swed Dent J* 4, 231-240 (1980).
4. *Andreasen, J.O.*: Atlas of Replantation and Transplantation of Teeth. Mediglobe, Fribourg 1992.
5. *Andreasen, J.O., Andreasen, F.M.*: Avulsions. In: *Andreasen, J.O., Andreasen, F.M.*: Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth. Munksgaard, Copenhagen 1994, pp 383-425.
6. *Andreasen, J.O., Borum, M.K., Andreasen, F.M.*: Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 3. Factors related to root growth. *Endod Dent Traumatol* 11, 69-75 (1995).
7. *Andreasen, J.O., Borum, M.K., Jacobsen, H.L., Andreasen, F.M.*: Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 2. Factors related to pulpal healing. *Endod Dent Traumatol* 11, 59-68 (1995).
8. *Andreasen, J.O., Hjørting-Hansen, E.*: Replantation of teeth. II. Histological study of 22 replanted anterior teeth in humans. *Acta Odontol Scand* 24, 287-306 (1966).
9. *Buckley, M., Spångberg, L.S.W.*: The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 79, 92-100 (1995).
10. *Cvek, M.*: Endodontic management of traumatized teeth. In: *Andreasen, J.O., Andreasen, F.M.*: Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth. Munksgaard, Copenhagen 1994, pp 517-585.
11. *Cvek, M., Cleaton-Jones, P., Austin, J., Kling, M., Lownie, J., Fatti, P.*: Effect of topical application of doxycycline on pulp revascularisation and periodontal healing in reimplanted monkey incisors. *Endod Dent Traumatol* 6, 170-176 (1990).
12. *De Moor, R.J.G., Martens, L.C.*: Apical mikroleakage after lateral condensation, hybrid guttapercha condensation and Soft-Core obturation: an in vitro evaluation. *Endod Dent Traumatol* 15, 239-243 (1999).
13. *Deveaux, E., Dufour, D., Boniface, B.*: Five methods of calcium hydroxide intracanal placement – an in vitro evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 89, 349-355 (2000).
14. *Ebeleseder, K.A., Friehs, S., Ruda, C., Pertl, C., Glockner, K., Hulla, H.*: A study of replanted permanent teeth in different age groups. *Endod Dent Traumatol* 14, 274-278 (1998).
15. *Ebeleseder, K.A., Glockner, K.*: Folgen des dentalen Traumas. *Endodontie* 8, 113-124 (1999).
16. *Ebeleseder, K.A., Santler, G., Glockner, K., Hulla, H., Pertl, C., Quehenberger, E.*: An analysis of 58 traumatically intruded and surgically extruded permanent teeth. *Endod Dent Traumatol* 16, 34-39 (2000).
17. *Ebensberger, U., Pohl, Y., Filippi, A.*: PCNA-expression of cementoblasts and fibroblasts in human periodontium after extraoral rinsing for decontamination. *Dent Traumatol* 18, 329-334 (2002).
18. *Filippi, A., Kirschner, H.*: Nachuntersuchungen auto-alloplastisch replantierter Zähne. *Z Zahnärztl Implantol* 8, 117-121 (1992).
19. *Filippi, A., Pohl, Y., von Arx, T.*: Das Verhalten der Pulpa nach Zahntrauma. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 111, 38-56 (2001).
20. *Filippi, A., Pohl, Y., von Arx, T.*: Treatment of replacement resorption with Emdogain – a prospective clinical study. *Dent Traumatol* 18, 138-143 (2002).
21. *Filippi, A., von Arx, T., Buser, D.*: Externe Wurzelresorptionen nach Zahntrauma: Diagnose, Konsequenzen, Therapie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 110, 712-729 (2000).
22. *Filippi, A., Weber, C., Obijou, 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).
23. *Fuss, Z., Szajkis, S., Tagger, M.*: Tubular permeability to calcium hydroxide and to bleaching agents. *J Endod* 15, 362-364 (1989).
24. *Glendor, U., Halling, A., Andersson, L., Andreasen, J.O., Klitz, I.*: Type of treatment and estimation of time spent on dental trauma – a longitudinal and retrospective study. *Swed Dent J* 22, 47-60 (1998).
25. *Glendor, U., Halling, A., Bodin, L., Andersson, L., Nygren, A., Karlsson, G., Koucheiki, B.*: Direct and indirect time spent on care of dental trauma: a 2-year prospective study of children and adolescents. *Endod Dent Traumatol* 16, 16-23 (2000).
26. *Hammarström, L.*: Enamel matrix, cementum development and regeneration. *J Clin Periodontol* 24, 658-668 (1997).
27. *Hupp, J.G., Mesaros, S.V., Aukhil, I., Trope, M.*: Periodontal ligament vitality and histologic healing of teeth stored for extended periods before transplantation. *Endod Dent Traumatol* 14, 79-83 (1998).

28. Kielbassa, A.M., Wrbas, K.T.: Therapie eines komplexen dentalen Traumas mit einem avulsierten Zahn und mit nach palatinal luxierten bleibenden Frontzähnen. *Endodontie* 8, 229-244 (1999).
29. Kirschner, H., Bolz, U., Enomoto, S., Hüttemann, R.W., Meinel, W., Sturm, J.: Eine neue Methode kombinierter auto-alloplastischer Zahnreplantation mit partieller Al₂O₃-Keramikwurzel. *Dtsch Zahnärztl Z* 33, 594-598 (1978).
30. Kirschner, H., Burkard, W., Pfütz, E., Pohl, Y., Obijou, C.: Frontzahntrauma. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102, 209-214 (1992).
31. Kirschner, H., Pohl, Y., Filippi, A., Ebeleseder, K.: Unfallverletzungen der Zähne. Schlütersche, Hannover 2002.
32. Kling, M., Cvek, M., Mejare, I.: Rate and predictability of pulp revascularisation in therapeutically reimplanted permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 2, 83-89 (1986).
33. Lauer, H.C.: Eine Vorrichtung zur extraoralen Präparation von Zähnen für die Replantation. *Dtsch Zahnärztl Z* 40, 850-852 (1985).
34. Pettiette, M., Hupp, J., Mesaros, S., Trope, M.: Periodontal healing of extracted dogs' teeth air-dried for extended periods and soaked in various media. *Endod Dent Traumatol* 13, 113-118 (1997).
35. Pohl, Y., Filippi, A., Tekin, U., Kirschner, H.: Periodontal healing after intentional auto-alloplastic reimplantation of injured immature upper front teeth. *J Clin Periodontol* 27, 198-204 (2000).
36. 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).
37. Sae-Lim, V., Metzger, Z., Trope, M.: Local dexamethasone improves periodontal healing of replanted dogs' teeth. *Endod Dent Traumatol* 14, 232-236 (1998).
38. Sae-Lim, V., Wang, C.Y., Choi, G.W., Trope, M.: The effect of systemic tetracycline on resorption of dried replanted dogs' teeth. *Endod Dent Traumatol* 14, 127-132 (1998).
39. Staehle, H.J., Thomä, C., Müller, H.P.: Comparative in vitro investigation of different methods for temporary root canal filling with aqueous suspensions of calcium hydroxide. *Endod Dent Traumatol* 13, 106-112 (1997).
40. Tronstad, L.: Root resorption – etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol* 4, 241-252 (1988).
41. Trope, M.: Root resorption of dental and traumatic origin: classification based of etiology. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 10, 515-522 (1998).
42. Trope, M., Friedman, S.: Periodontal healing of replanted dog teeth stored in Viaspan, milk and Hank's balanced solution. *Endod Dent Traumatol* 8, 183-188 (1992).
43. Van Waes, H.J.M., Stöckli, P.W.: *Kinderzahnmedizin*. Thieme, Stuttgart 2001.

