

# Verletzungen der bleibenden Zähne – Teil 3: Therapie der Wurzelfrakturen

Thomas von Arx<sup>1</sup>, Vivianne Chappuis<sup>1</sup> und Stefan Hänni<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie

<sup>2</sup> Klinik für Zahnerhaltung

Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern

Korrespondenzadresse:

PD Dr. Thomas von Arx, OA

Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie

Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern

Freiburgstrasse 7, 3010 Bern

Tel. 031 632 25 66, Fax 031 632 25 03

E-Mail: thomas.vonarx@zmk.unibe.ch

Die Diagnostik und Therapie von Zahnverletzungen gehört nicht zu den Routinarbeiten in der zahnärztlichen Praxis. Zudem handelt es sich meistens um Notfälle, die oft ausserhalb der üblichen Praxiszeiten zur Behandlung kommen. Ziel dieser vierteiligen Arbeit ist, der Leserin und dem Leser die aktuell an der Universität Bern gültigen Therapiekonzepte der Zahnverletzungen bleibender Zähne zu vermitteln. Die fruchtbare Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Zahntraumatologie der Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie sowie der Klinik für Zahnerhaltung (mit Kinderzahnmedizin und Endodontie) gründet auf der gemeinsamen Sprechstunde für Zahntraumatologie, die vor vier Jahren eingerichtet worden ist. Aus der Diskussion und Evaluation der an unseren Kliniken behandelten Fälle und unter Berücksichtigung der aktuellen Literatur aus Klinik und Forschung wurden die in den bereits publizierten und nachfolgenden Arbeiten vorgestellten Konzepte erarbeitet. Im 3. Teil dieser Serie wird die Therapie der Wurzelfrakturen erläutert.

(Texte français voir page 145)

## Einleitung

Wurzelfrakturen betreffen sowohl die Zahnhartsubstanz (Dentin, Zement) wie auch die parodontalen und pulpalen Gewebe und müssen deshalb als komplexe Traumata angesehen werden. Epidemiologische Daten zur Häufigkeit von Wurzelfrakturen gibt

es keine. Innerhalb der Zahntraumata selber beträgt die Häufigkeit von Wurzelfrakturen für bleibende Zähne 0,5 bis 7% und für Milchzähne 2 bis 4% (ANDREASEN & ANDREASEN 1994). Wurzelfrakturen betreffen hauptsächlich die zentralen (68%) und lateralen (27%) Oberkiefer-Inzisiven. Mit 5% sind die Unterkiefer-Inzisiven deutlich seltener betroffen (CALSIKAN & PEHLIVAN 1996). Wurzelfrakturen resultieren nach hoher Krafteinwirkung mit Kompressionszonen im Wurzelbereich. Die auftretenden Scherkräfte bestimmen den Frakturverlauf im Wurzelbereich. Durch die Separation wird der Zahn in ein koronales (peripheres) und in ein apikales (proximales) Fragment getrennt. Die Differenzierung der Wurzelfrakturen erfolgt einerseits in Bezug auf das Frakturniveau und andererseits auf den Dislokationsgrad des koronalen Fragmentes (Abb. 1–3). Die Besprechung des therapeutischen Vorgehens berücksichtigt im Wesentlichen diese beiden Aspekte, wie auch das Alter des Patienten bzw. das Stadium des Wurzelwachstums.



Schematische Darstellung der Wurzelfrakturen mit Fragmentdislokation bei Frakturverlauf im mittleren Wurzeldrittel.

Représentation schématique des fractures radicaires avec dislocation des fragments, lors de fractures dans le tiers moyen de la racine.

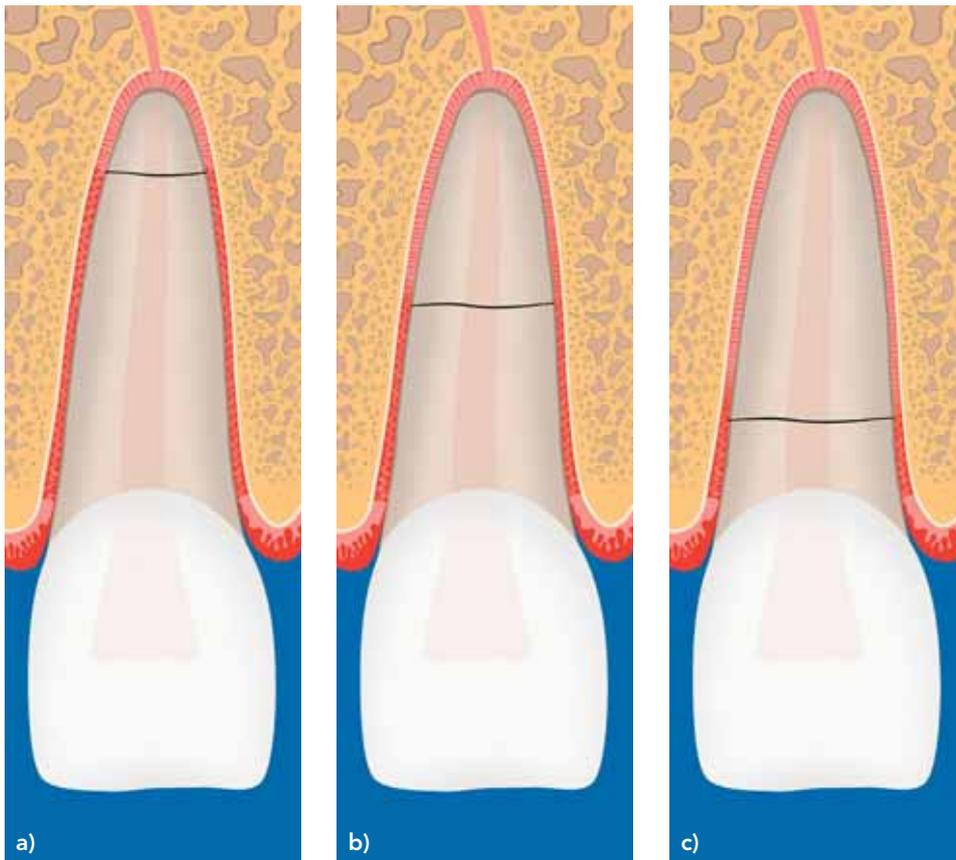


Abb. 1 Schematische Darstellung der Wurzelfrakturen ohne Fragmentdislokation mit Frakturverlauf im apikalen (1a), im mittleren (1b) und im zervikalen Wurzel Drittel (1c).

Fig. 1 Représentation schématique des fractures radiculaires sans dislocation des fragments, avec trait de fracture situé au niveau du tiers apical (1a), moyen (1b) et cervical (1c) de la racine.

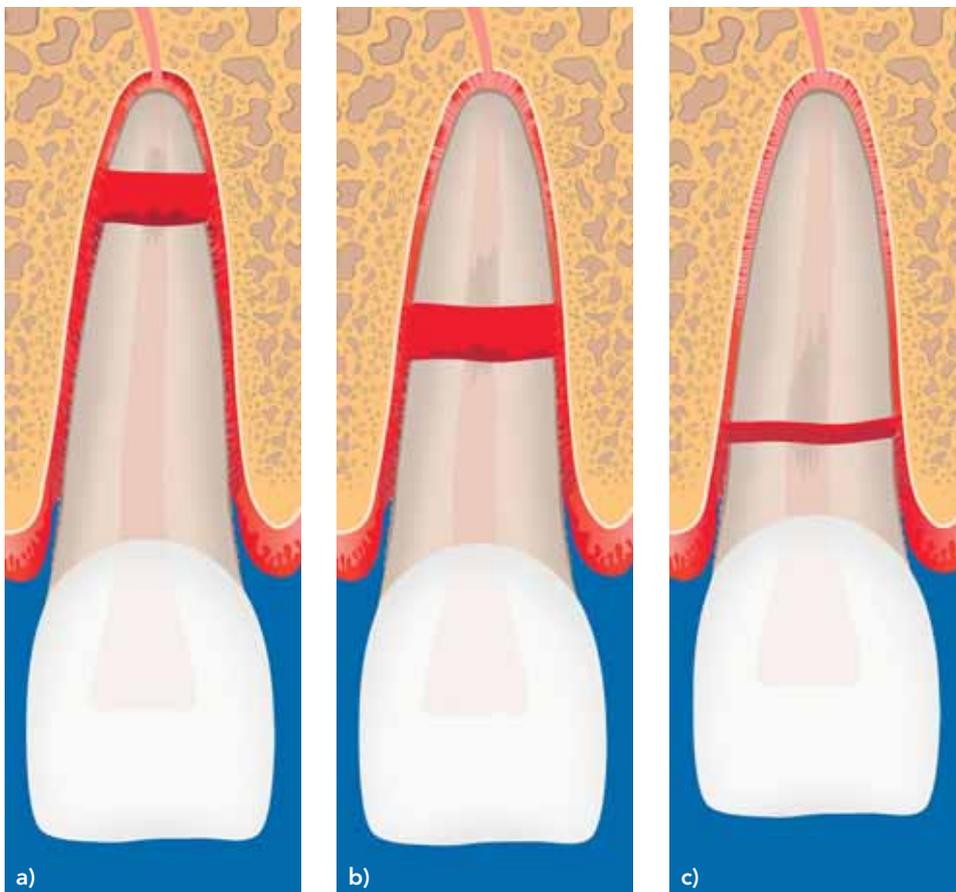


Abb. 2 Schematische Darstellung der Wurzelfrakturen mit Fragmentdislokation bei Frakturverlauf im apikalen (2a), im mittleren (2b) und im zervikalen Wurzel Drittel (2c).

Fig. 2 Représentation schématique des fractures radiculaires avec dislocation des fragments, avec trait de fracture situé au niveau du tiers apical (2a), moyen (2b) et cervical (2c) de la racine.

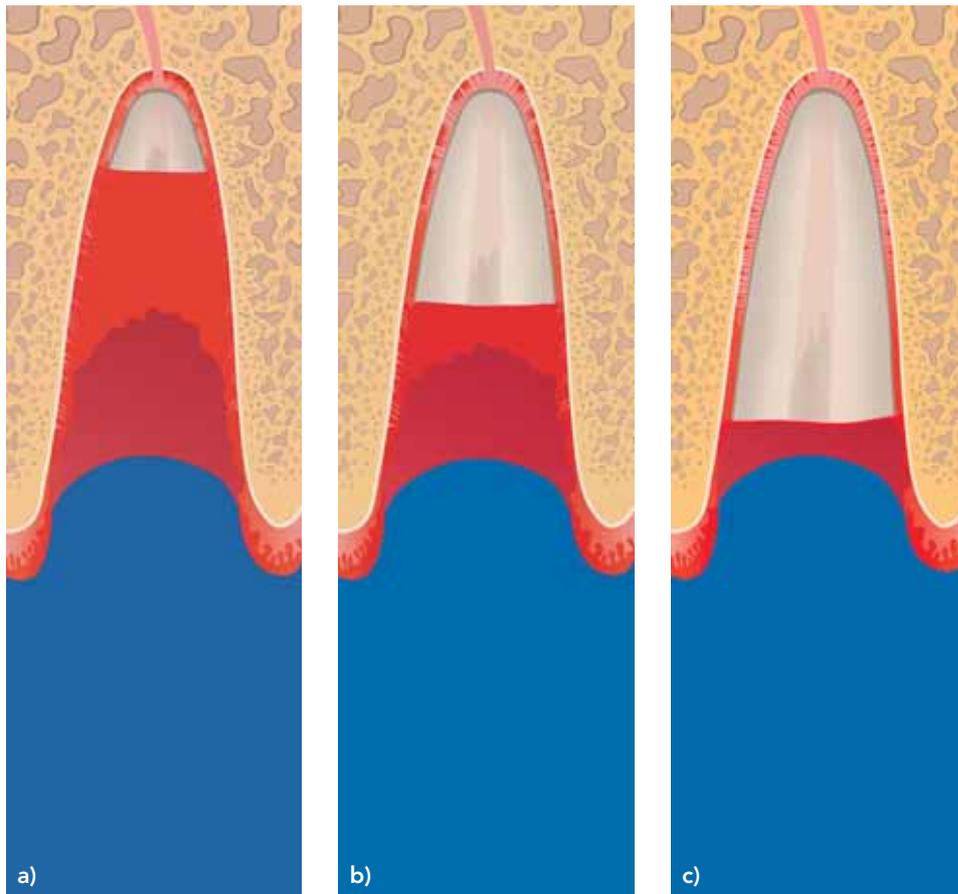


Abb. 3 Schematische Darstellung der Wurzelfrakturen mit Avulsion des koronalen Fragmentes bei Frakturverlauf im apikalen (3a), im mittleren (3b) und im zervikalen Wurzelf Drittel (3c).

Fig. 3 Représentation schématique des fractures radiculaires avec avulsion du fragment coronaire, avec trait de fracture situé au niveau du tiers apical (3a), moyen (3b) et cervical (3c) de la racine.

## Allgemeines

Unabhängig von der Art der Wurzelfraktur werden zuerst allgemeine Therapierichtlinien besprochen, um danach spezifisch auf die einzelnen Formen der Wurzelfrakturen bleibender Zähne einzugehen. Ganz wichtig sind die neuen Hinweise aus der Literatur, dass Wurzelfrakturen nach Aspekten der Dislokationsverletzungen und nicht per se als Frakturverletzungen zu behandeln sind. So konnte gezeigt werden, dass die parodontale Heilung bzw. (Spät-)Komplikationen nach Wurzelfrakturen ähnlich verlaufen wie diejenigen nach Dislokationsverletzungen (CVEK et al. 2001, WELBURY et al. 2002, ANDREASEN et al. 2004a/b). Allgemein konnte gezeigt werden, dass folgende Faktoren für die pulmale und/oder parodontale Heilung nach Wurzelfraktur günstig sind: junger Patient, noch nicht abgeschlossenes Wurzelwachstum, positiver Sensibilitätstest zum Unfallzeitpunkt, fehlende Dislokation bzw. keine erhöhte Mobilität des koronalen Fragmentes (YATES 1992, CVEK et al. 2001, WELBURY et al. 2002, FEELY et al. 2003, ANDREASEN et al. 2004a). Wurzelfrakturen im zervikalen Drittel haben generell eine schlechte Langzeitprognose (CVEK et al. 2002, WELBURY et al. 2002).

## Diagnostik

Bei der Abklärung von Patienten mit Verdacht auf Wurzelfraktur sind klinisch ähnliche Verletzungen wie eine Extrusion oder palatinale Dislokation, aber auch eine Alveolarfortsatzfraktur differenzial-diagnostisch abzugrenzen (SCHMIDT & STERN 1996). Da Wurzelfrakturen bei fehlender Dislokation bzw. nur diskret erhöhter Beweglichkeit des koronalen Fragmentes sowohl klinisch wie auch radiologisch leicht übersehen werden können,

wird nochmals auf die Notwendigkeit einer bildgebenden Darstellung in zwei Ebenen hingewiesen (Einzelzahnaufnahme in Paralleltechnik sowie halbaxiale Oberkiefer-Aufbissaufnahme) (VON ARX et al. 2005a). Optimal für die Diagnostik wäre zudem eine Darstellung des Zahnes in oro-fazialer Richtung. Seit der Verfügbarkeit der digitalen Volumentomografie an unserer Klinik zeigt sich, dass der schräge Verlauf von labial-apikal nach palatinal-zervikal sehr oft zu einer Kommunikation der Wurzelfraktur mit dem marginalen Parodontium bzw. palatinalen Sulkus führt (Abb. 4). Die bisherige (und noch gültige) Einteilung der Wurzelfrakturen bezüglich deren Lage im zervikalen, mittleren und apikalen Wurzelf Drittel berücksichtigt allerdings nicht die dritte Dimension des Frakturverlaufs. Aus prognostischer und therapeutischer Sicht könnte jedoch diese Kenntnis in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

## Wundversorgung/Medikamente

Analog der Versorgung von Weichteilwunden nach Dislokationsverletzungen soll auch bei Wurzelfrakturen vorgegangen werden. Weichteilwunden sind jedoch bei Wurzelfrakturen seltener und weniger ausgeprägt, da durch die Zahnfragmentierung bereits Kräfte absorbiert worden sind. Bei notwendigen Schienungen soll die Wundversorgung zuerst durchgeführt werden, weil damit die Blutung reduziert und eine zusätzliche Stabilisierung der traumatisierten Zähne durch die adaptierten Weichteile erzielt wird. Tetanus-Auffrischimpfungen sollen nach den gültigen Richtlinien des BAG erfolgen (BAG 2000). Die Abgabe von Antiseptika, Analgetika und Antibiotika wird analog der Therapie der Dislokationsverletzungen durchgeführt (VON ARX et al. 2005b).

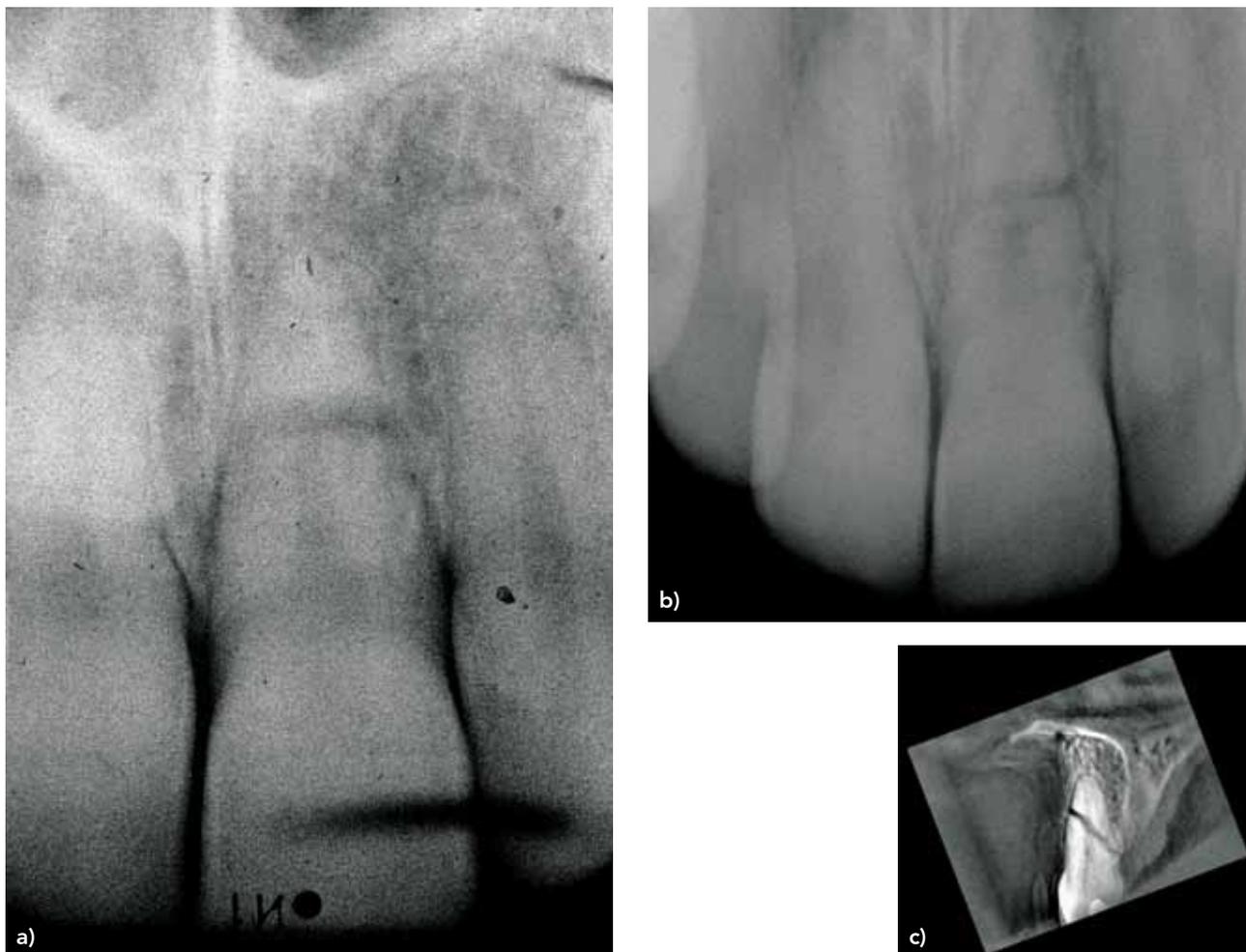


Abb. 4 24-jähriger Patient mit Wurzelfraktur nach Schlägerei. Die konventionellen Röntgenbilder (Zahnfilmaufnahme [4a] und Okklusalaufnahme [4b]) zeigen einen Frakturverlauf im mittleren Wurzel Drittel. Hingegen zeigt die 3-D-Volumentomografie (4c) ganz deutlich den schrägen Verlauf der Wurzelfraktur in oro-fazialer Richtung und zusätzlich die Kommunikation der Fraktur mit dem marginalen Parodontium auf der palatinalen Seite.

Fig. 4 Patient âgé de 24 ans ayant subi une fracture radicaire lors d'une bagarre. La radiographies conventionnelles (cliché apical [4a] et occlusal [4b]) montrent un trait de fracture dans le tiers moyen de la racine. Par contre, l'imagerie tridimensionnelle par tomographie volumique numérique (4) met nettement en évidence le trajet oblique de la fracture dans un axe vestibulo-palatin (oro-facial) et révèle en outre une communication entre la fracture et le parodonte marginal du côté palatin.

### Schienung

Die früher empfohlene mehrmonatige und/oder starre Schienung wurzelfrakurierter Zähne ist heute verlassen worden (BAKLAND & ANDREASEN 2004). Ursprünglich glaubte man, dass mittels starrer Schienung während dreier und mehr Monate eine Dentin-Kallusbildung zur Frakturheilung führen würde. Selbst Andreasen schrieb noch in der dritten Ausgabe seines Lehrbuches «*The fixation period should be 2–3 months to ensure sufficient hard tissue consolidation. However, no studies to date have established the influence of the length of the splinting period upon fracture healing*» (ANDREASEN & ANDREASEN 1994). Inzwischen sind diese Daten bekannt und publiziert (CVEK et al. 2001, WELBURY et al. 2002, ANDREASEN et al. 2004b). Zusammenfassend konnten diese Studien zeigen, dass starre Schienen bzw. Schienungszeiten länger als vier Wochen ohne (günstigen) Einfluss auf das Heilungsmuster im Bereich des Frakturspalt sind. Hingegen zeigten Schienen mit einer gewissen Flexibilität wie auch Schienen, die möglichst atraumatisch appliziert wurden, einen positiven Effekt

auf die Heilung. Aus den genannten Gründen empfehlen wir heute modifizierte Schienungszeiten je nach Typ der Wurzelfraktur (siehe unten) und verwenden bei Wurzelfrakturen keine starren Schienen mehr.

### Endodontologische Aspekte

Wurzelfrakturen welche komplett intraalveolär verlaufen – Eröffnung der Pulpa zum Parodont hin – zeigen oft einen günstigen Heilungsverlauf. Das mag damit zusammenhängen, dass im Vergleich zum apikalen Abriss der Blutversorgung die Revascularisationsfläche gross und die zu überbrückenden Distanzen klein sind. Die Therapie richtet sich nach der Lage der Fraktur, nach Art und Ausmass der Dislokation des koronalen Fragments sowie nach dem Stadium des Wurzelwachstums.

Nach intra-alveolären Wurzelfrakturen können vier verschiedene Heilungsmuster beobachtet werden (Abb. 5). Entweder kommt es, ähnlich der Brückenbildung bei koronaler Pulpaexposition, zu einer Hartgewebeverbindung der Fragmente durch einen Kallus (ANDREASEN & HJORTING-HANSEN 1967), oder im Frakturspalt wird

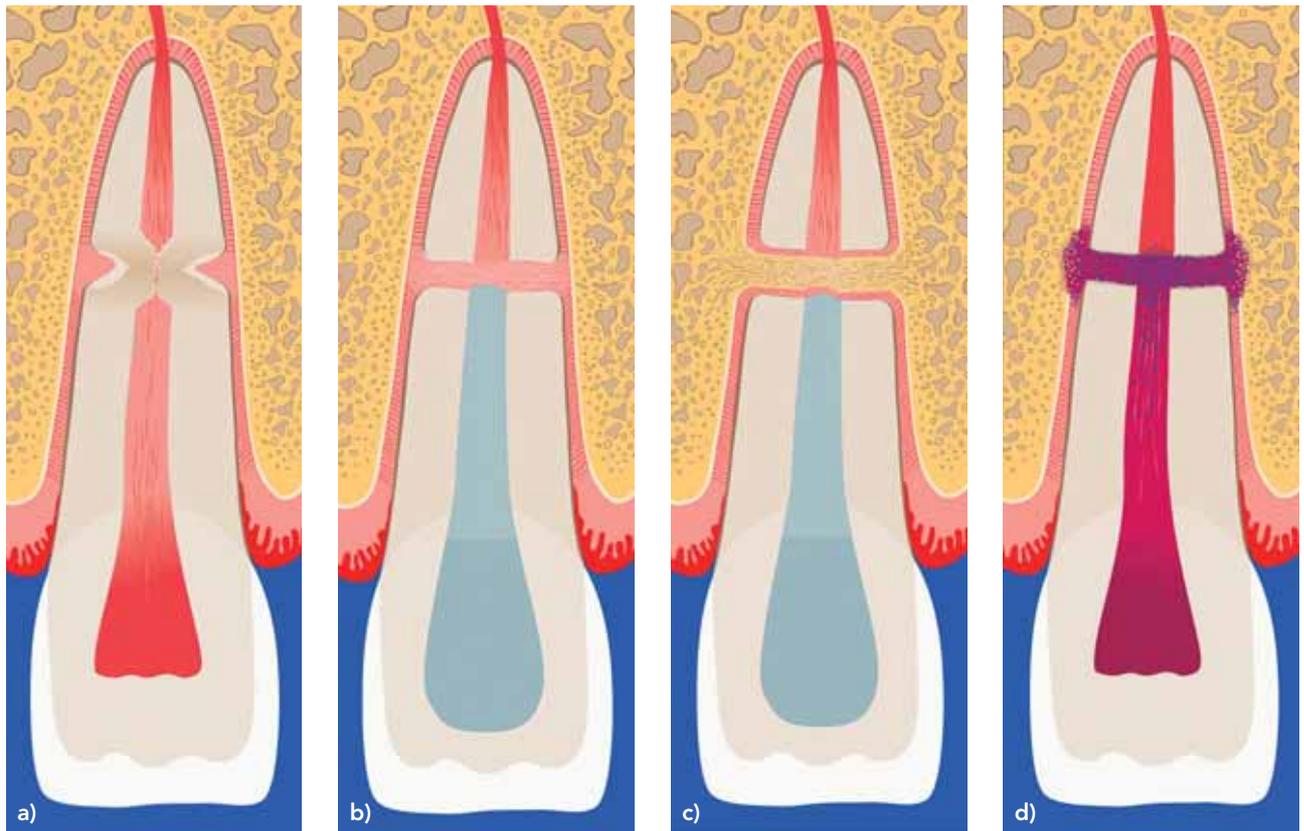


Abb. 5 Schematische Darstellung der Heilungsmuster nach Wurzelfrakturen: Bildung einer Hartgewebebrücke zwischen den beiden Fragmenten (5a), Interposition von Bindegewebe (5b), Knochenneubildung zwischen den beiden Fragmenten (5c) sowie im schlechtesten Falle Pulpanekrose im koronalen Fragment mit entzündlicher Gewebereaktion im Frakturspalt (5d).

Fig. 5 Représentation schématique des différents modes de guérison après des fractures radicaires: formation d'un pont de tissu dur entre les deux fragments (5a); interposition de tissu conjonctif (5b); néoformation osseuse entre les deux fragments (5c); et, dans le pire des cas, nécrose pulpaire dans le fragment coronaire, avec réaction inflammatoire dans l'espace fracturaire (5d).

Bindegewebe oder Bindegewebe und Knochen eingelagert; der Bruchspalt erscheint radiologisch verbreitert. Stirbt dagegen die Pulpa im koronalen Fragment ab, kommt es zum Einwachsen von Granulationsgewebe in den Bruchspalt und zu entzündlichen Veränderungen entlang der Frakturlinie; der Parodontalspalt erscheint dann im Röntgenbild verbreitert. Dieser «entzündliche Schwimmring» ist ein sicheres Zeichen einer Pulpanekrose.

Mit einer Nekrose muss in Abhängigkeit der Dislokation des Fragments in 20% bis 44% der Fälle gerechnet werden. Obliterationen in einem oder in beiden Wurzelteilen werden in fast 70% der Fälle beobachtet (Abb. 6). Resorptionen an den Frakturrenden kommen in ca. 60% der Fälle vor (ANDREASEN & ANDREASEN 1994). Obliterationen wie auch (nichtinfektiöse) Resorptionen am Frakturspalt sind Zeichen einer vitalen Pulpa und bedingen keine endodontologische Intervention.

Nach Wurzelfraktur wird grundsätzlich nur das koronale Fragment (wenn überhaupt nötig) wurzelbehandelt, da der apikale Teil in der Regel vital bleibt (ANDREASEN & HJORTING-HANSEN 1967). Die Kanalaufbereitung und Füllung durch beide Fragmente hindurch ist obsolet (CVEK et al. 2004). Bei Komplikationen im Bereich des apikalen Fragmentes soll dieses chirurgisch entfernt werden. Bei Zähnen mit abgeschlossenem Wurzelwachstum und entsprechend engem Kanallumen kann die endodontologische Behandlung fallweise auf konventionelle Art ausgeführt werden. Bei weitlumigen Kanälen muss vor der definitiven Wurzelfüllung eine Apexifikation vorgenommen wer-

den. Diese kann entweder über Langzeit-Kalziumhydroxideinlagen oder aber über eine Apexifikation mit MTA (Mineral Trioxide Aggregate, Dentsply/Maillefer, Ballaigues, CH) erreicht werden (GOEHRING et al. 2004).

### Wurzelfrakturen ohne Fragmentdislokation (Abb. 1)

Unabhängig vom Frakturniveau muss bei Wurzelfrakturen ohne Dislokation des koronalen Fragmentes selten interveniert werden. Das Verletzungsmuster entspricht demjenigen einer Konkussion, evtl. einer Subluxation, mit fehlender oder nur geringer Fragmentbeweglichkeit. Bei einem Frakturniveau im zervikalen Wurzel Drittel mit (evtl. deutlich) erhöhter Fragmentbeweglichkeit kann zum Komfort des Patienten eine Schienung für 2 bis 3 Wochen erfolgen. Die Durchführung einer endodontologischen Behandlung ist nicht indiziert. Nachkontrollen (inklusive Röntgenbilder) sollten nach 3, 6 und 12 Monaten erfolgen. Die Prognose von Wurzelfrakturen ohne primäre Fragmentdislokation ist günstig (OEZTAN & SONAT 2001).

### Wurzelfrakturen mit Fragmentdislokation (Abb. 2)

Bei einer Fragmentdislokation richtet sich das therapeutische Vorgehen aus chirurgischer Sicht nach der Lage der Fraktur, aus

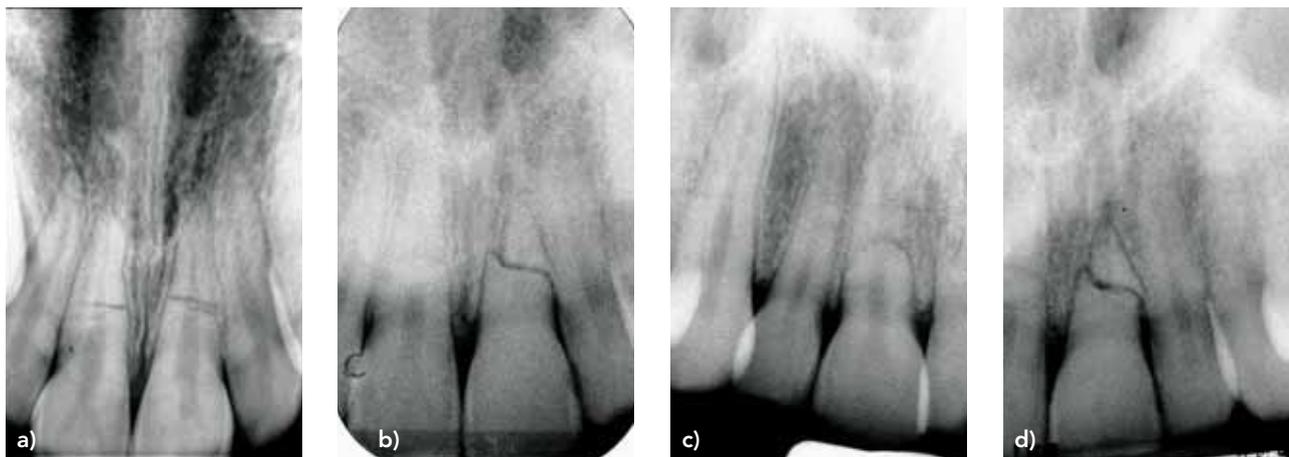


Abb. 6 11-jähriger Knabe mit Wurzelfrakturen von 11 und 21 ohne Fragmentdislokation nach Zusammenstoß mit Spielkameraden (6a). Das Röntgenbild nach 6 Jahren zeigt in beiden Fragmenten von 21 eine subtotale Pulpaobliteration (6b). Die Röntgenbilder nach 10 Jahren (6c und 6d) zeigen unveränderte, entzündungsfreie Verhältnisse im Bereich der Wurzelfrakturen von 11 und 21 (6c und 6d).

Fig. 6 Garçon âgé de 11 ans présentant des fractures radiculaires au niveau des 11 et 21, sans dislocation des fragments, après une collision avec un copain de jeu (6a). La radiographie après 6 ans montre une oblitération pulpaire subtotale dans les deux fragments de la 21 (6b). Les radiographies de contrôle après 10 ans (6c et 6d) montrent une situation inchangée, exempte d'inflammation, dans la région des fractures radiculaires des 11 et 21 (6e et 6f).

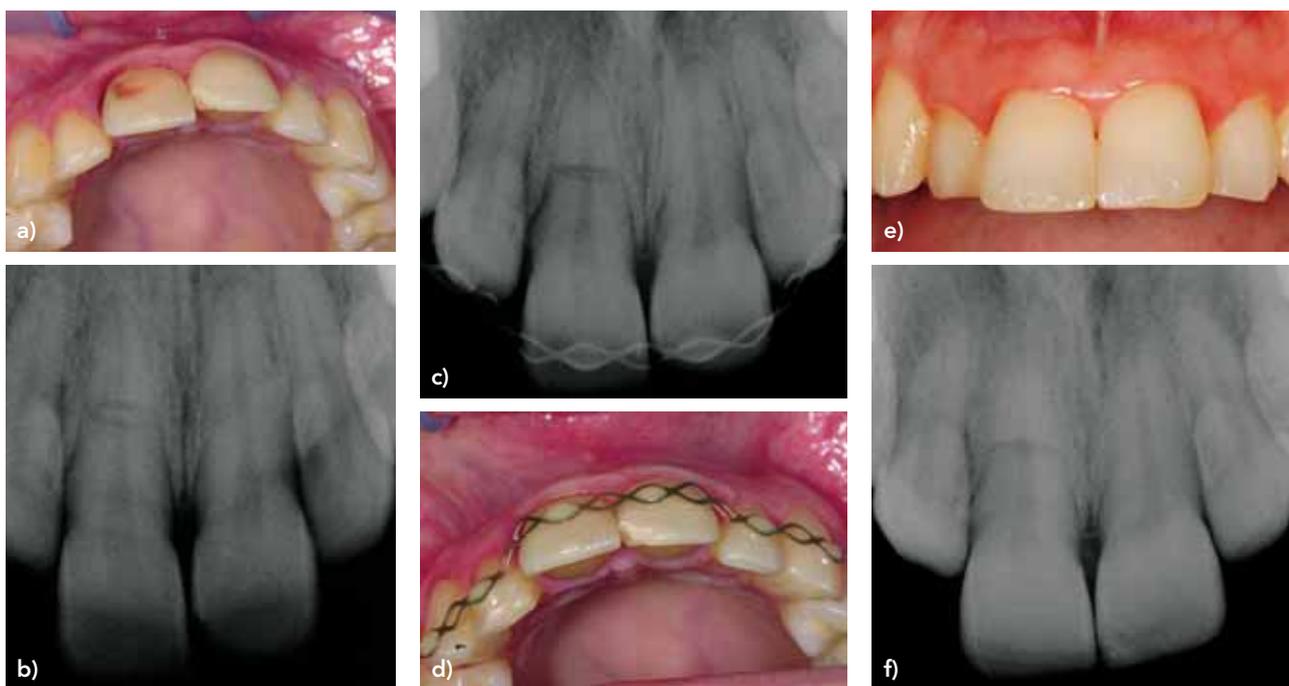


Abb. 7 39-jährige Patientin mit Wurzelfraktur 11 und nur geringer Dislokation nach Sturz auf das Gesicht (7a und 7b). Das koronale Fragment wurde reponiert und mit einer TTS-Schiene stabilisiert (7c und 7d). Wegen der geringen Dislokation wurde auf eine Wurzelbehandlung verzichtet. Die Verlaufskontrolle nach zwei Jahren zeigt bei 11 unauffällige Verhältnisse (7e und 7f).

Fig. 7 Patiente âgée de 39 ans avec une fracture radiculaire de la 11 et dislocation peu marquée après une chute sur le visage (7a et 7b). Le fragment coronaire a été repositionné et stabilisé par une attelle TTS (7c et 7d). Le contrôle de suivi deux ans plus tard montre une situation sans particularités au niveau de la 11 (7e et 7f).

endodontologischer Sicht dagegen vor allem nach dem Ausmass der Fragmentdislokation und dem Stand der Wurzelentwicklung (Abb. 7). Wir verweisen nochmals auf die Problematik des in der dritten Dimension unbekanntem Frakturverlaufs (in oro-fazialer Richtung). Liegt der radiologisch sichtbare Frakturspalt im apikalen Wurzel Drittel (Abb. 2a), soll das koronale Zahnfragment reponiert und für 3 bis 4 Wochen geschient werden. Ein stabiles (evtl. schon organisiertes) Koagulum oder eine Verkeilung des

Endes des koronalen Fragmentes vor der labialen Kortikalis können die Reposition erschweren und bedingen (in seltenen Fällen) eine chirurgische Intervention (Exploration). Andere Autoren empfehlen in diesen Fällen die peralveoläre Entfernung des apikalen Fragmentes bzw. die intentionelle Replantation des koronalen Fragmentes nach extraoraler, retrograder Stiftinsertion (KIRSCHNER et al. 2002). Die Überprüfung der Okklusion vor und nach der Reposition bzw. Schienung ist selbstverständlich; emp-

fehlenswert ist auch eine radiologische Überprüfung der Reposition des koronalen Fragmentes vor der Schienung, insbesondere bei komplexer Reposition.

Bei einer Frakturenlage im mittleren Wurzel Drittel (Abb. 2b) gelingt die manuelle Reposition meist problemlos, und der Zahn wird wiederum mit einer flexiblen Schiene stabilisiert (Abb. 8). Wegen der ungünstigeren Hebelverhältnisse empfehlen wir bei mittlerer Frakturenlage eine etwas verlängerte Schienungsdauer von 4 bis 6 Wochen. Bei den Nachkontrollen nach der Schienenentfernung soll insbesondere mit einer Parodontalsonde die parodontale Heilung überprüft und auf Taschenbildung geachtet werden (= Hinweis auf Kommunikation der Fraktur mit dem Sulkus). Liegt die Fraktur im zervikalen Wurzel Drittel (Abb. 2c) und ist gleichzeitig das koronale Fragment disloziert, sollte dieses entfernt und nicht mehr reponiert werden. Die Wurzel wird entweder (bei Kindern eher selten) für einen Stift-/Stumpfaufbau belassen oder (bei Kindern/Jugendlichen häufiger) als Platzhalter zur Kammprophylaxe verwendet (Abb. 9). Im letzteren Fall ist die Durchführung einer Wurzelbehandlung von Fall zu Fall abzuschätzen. Bei Erwachsenen mit geplanter Implantatversorgung wird die Wurzel entfernt und die Weichteilheilung über der Alveole abgewartet, bis nach etwa 6 bis 8 Wochen implantiert

werden kann. Wegen der Trauma-Aetiologie, der oft notwendigen (vestibulären) Augmentation und der Lokalisation (Oberkieferfront = ästhetische Zone) empfehlen wir keine Sofortimplantation. In seltenen Fällen kann auch die Durchführung einer kieferorthopädischen Elongation eines knapp subkrestal liegenden Wurzelfragmentes in Betracht gezogen werden (VILLAT et al. 2004, KOYUTURK & MALKOC 2005).

Eine systemische Antibiose mit Tetrazyklin wird für alle Wurzelfrakturen mit Reposition empfohlen (Dosierung, siehe VON ARX et al. 2005b). Klinische und radiologische Nachkontrollen erfolgen nach 3, 6 und 12 Monaten, anschliessend jährlich.

Art und Zeitpunkt der endodontologischen Therapie für Zähne mit Wurzelfrakturen richten sich nach dem Ausmass der Fragmentdislokation und nach dem Stadium des Wurzelwachstums. Bei geringer Dislokation soll mit einer Trepanation zugewartet werden; bei starker Dislokation und bei eindeutigen Anzeichen einer Pulpanekrose wird eine Kanalfüllung (wie im Teil 2: Therapie der Dislokationsverletzungen beschrieben) im koronalen Anteil vorgenommen. Bei noch weit offenem Foramen apicale (> 1 mm) kann mit der endodontologischen Therapie zugewartet werden (ИТОИ et al. 2005). Falls mit der Trepanation zugewartet wird, müssen die Zähne in den ersten drei Monaten je-



Abb. 8 14-jähriger Knabe mit Wurzelfraktur 11 und starker Fragmentdislokation nach palatinal nach Boxerei in der Schulpause (8a und 8b). Das koronale Fragment wurde reponiert und mit einer TTS-Schiene stabilisiert (8c und 8d). Wegen der massiven Fragmentdislokation wurde eine Wurzelbehandlung durchgeführt. Die Verlaufsbilder nach drei Jahren zeigen sowohl klinisch wie auch radiologisch unauffällige Verhältnisse (8e und 8f).

Fig. 8 Garçon âgé de 11 ans présentant une fracture radiculaire de la 11 avec dislocation importante du fragment en direction palatine suite à un pugilat pendant la récréation à l'école (8a et 8b). Le fragment coronaire a été repositionné et stabilisé par une attelle TTS (8c et 8d). En raison de la dislocation importante du fragment, un traitement endodontique a été effectué. Les radiographies de contrôle après trois ans montrent une situation sans particularités, tant sur le plan clinique que radiologique (8e et 8f).

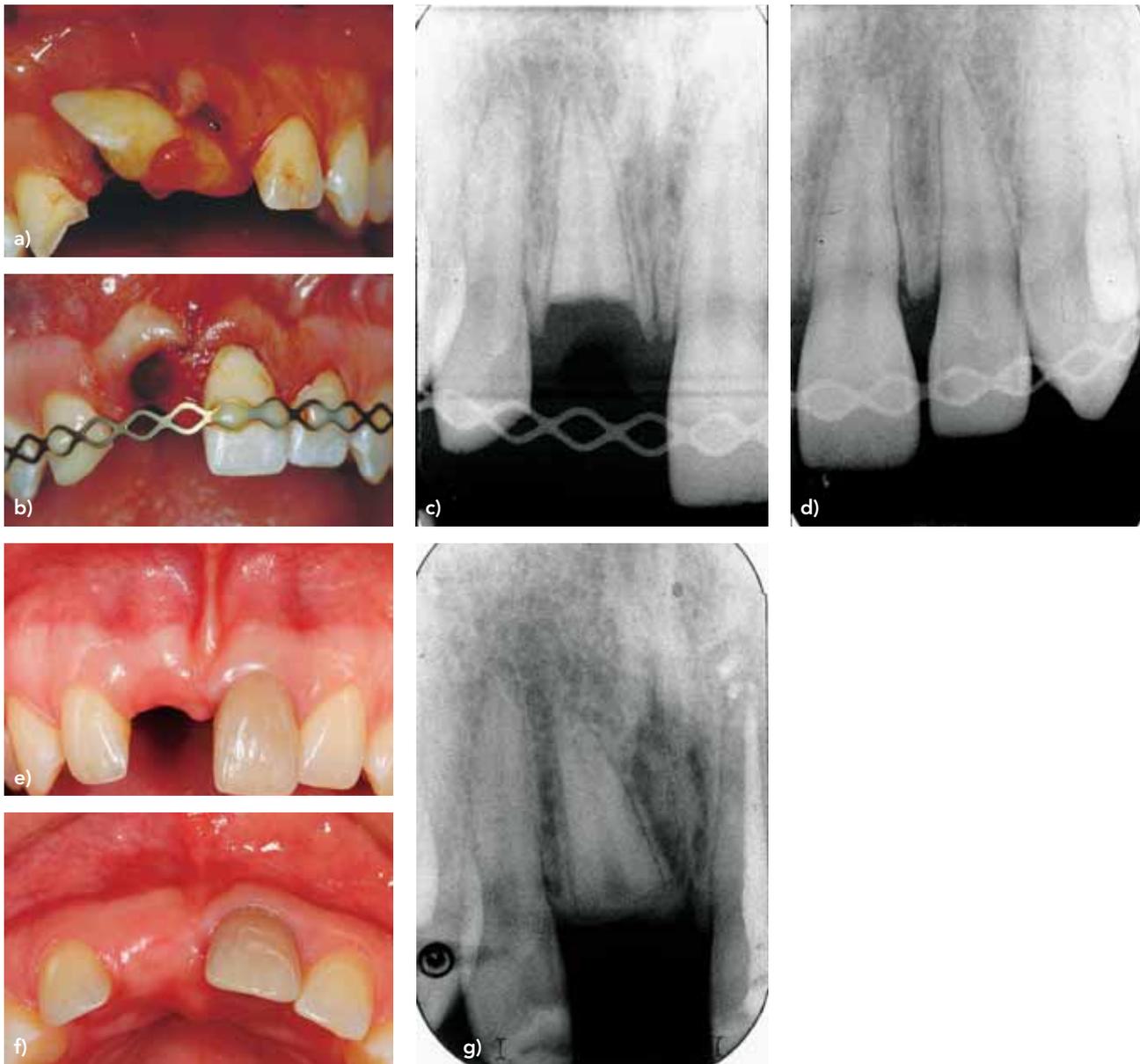


Abb. 9 13-jährige Patientin mit komplexem Oberkiefer-Frontzahntrauma nach Kletterunfall: Wurzelfraktur 11 im zervikalen Wurzel Drittel, Avulsion 21 und Schmelzdentinfraktur bei 12 (9a). 21 wurde replantiert und mit einer TTS-Schiene stabilisiert; bei 12 wurde die Dentinwunde abgedeckt. Bezüglich 11 wurde entschieden, das apikale Wurzelfragment ohne Wurzelbehandlung zur Kammprophylaxe in situ zu lassen (9b, 9c und 9d). Die klinische Situation nach 5 Jahren zeigt stabile Verhältnisse (9e und 9f). Auffällig ist die Knochenneubildung krestal des belassenen Wurzelfragmentes 11 (9g).

Fig. 9 Patiente âgée de 13 ans présentant un traumatisme complexe au niveau des dents antérieures du maxillaire supérieur après un accident de randonnée: fracture radiculaire dans le tiers cervical de la 11, avulsion de la 21 et fracture amélo-dentinaire sur la 12 (9a). La 21 a été réimplantée et stabilisée par une attelle TTS; la plaie dentinaire de la 12 a été recouverte par une restauration esthétique. Concernant la 11, il a été décidé de laisser le fragment apical de la racine in situ, sans traitement endodontique, dans le but de prévenir la résorption la crête (9b, 9c, 9d). L'examen clinique après 5 ans montre une situation stable (9e et 9f). Seul élément notable: la néoformation osseuse dans la région de la crête au-dessus du fragment radiculaire de la 11 qui a été laissé en place (9g).

doch regelmässig klinisch und radiologisch nachuntersucht werden.

### Wurzelfrakturen mit Fragmentavulsion (Abb. 3)

Bei einer Avulsion des koronalen Fragmentes richten sich die Erfolgchancen neben den bereits bei der Avulsion besprochenen Gesichtspunkten wie extraorale Lagerungsdauer und Lagerungsmedium auch nach dem Niveau der Wurzelfraktur. Bei

apikaler (Abb. 3a) oder mittlerer Lage (Abb. 3b) der Wurzelfraktur (ohne Kommunikation der Frakturlinie mit dem marginalen Parodontium) kann eine Replantation durchgeführt werden. Unter Umständen kann erst nach peralveolärer Entfernung des apikalen Fragmentes replantiert werden. Die Vorbehandlung der avulsierten Zahnfragmente ist analog derjenigen bei Avulsion des ganzen Zahnes (VON ARX et al. 2005b). Das Zahnfragment wird für 20 Minuten in die Dentosafe-Box® mit Dexamethason gelegt. Im Falle einer trockenen Lagerung bis 60 Minuten wird

zusätzlich Emdogain® verwendet. Nach Überprüfung der Okklusion und Replantation wird mit einer flexiblen Schiene für 4 bis 6 Wochen geschient. Eine systemische Antibiose mit Tetrazyklin wird für alle Wurzelfrakturen mit Replantation empfohlen. Routinekontrollen erfolgen nach 3, 6 und 12 Monaten, anschließend jährlich.

In Analogie zur Behandlung avulsierter ganzer Zähne sollte auch bezüglich einer endodontologischen Therapie avulsierter Zahnfragmente nur bei idealsten Bedingungen, d. h. rasche Feuchtlagerung oder sofortige Replantation bei Zähnen mit weit offenem Apex, mit einer Trepanation zugewartet werden. In allen anderen Fällen sieht das Berner Therapiekonzept zur Prävention von Wurzelresorptionen eine frühestmögliche, idealerweise unmittelbar nach der Replantation zu erfolgende, Ledermixeinlage vor. Diese wird nach 1 bis 2 Wochen durch die klassische Kalziumhydroxideinlage ersetzt.

Bei zervikaler Lage der Wurzelfraktur oder bei ungünstigen Bedingungen (extraorale Lagerungsdauer > 60 Minuten, nichtphysiologisches Medium) soll von einer Replantation des avulsierten Fragmentes abgesehen werden. Die im Knochen verbliebene Wurzel kann wiederum für einen Aufbau oder zur Kammprophylaxe belassen werden, ansonsten soll sie extrahiert werden (siehe oben).

### Komplexe Kronen-Wurzel-Frakturen

Bei vertikaler Fraktur oder stark diagonal verlaufender Fraktur sind die Zähne in der Regel nicht erhaltbar und müssen extrahiert werden. Bei Wurzelfrakturen mit zusätzlich vorhandener Schmelz-Dentin-Fraktur (mit oder ohne Pulpaeröffnung) und Dislokation des koronalen Fragmentes muss die Indikation zur Erhaltung des Zahnes sehr eng gestellt werden. Bei Kombinationsverletzungen ohne Dislokation des koronalen Fragmentes soll die endodontologische Therapie wegen der Dentinbeteiligung ohne Verzögerung eingeleitet werden (AL-NAZHAN et al. 1995, GOMES et al. 2001).

### Abstract

VON ARX T, CHAPPUIS V, HÄNNI S: **Injuries to permanent teeth. Part 3: Therapy of root fractures** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 117: 135–144 (2007)

Diagnostic and therapeutic interventions following dental injuries are not part of the routine practice in the dental office. Quite often, these patients are emergency cases who seek treatment after normal office hours. The objective of this and the future papers is to present the current treatment concepts in dental traumatology at the School of Dental Medicine, University of Berne. The fruitful cooperation in the field of dental traumatology between the Department of Oral Surgery and Stomatology, and the Department of Conservative Dentistry (including pediatric dentistry and endodontology), is based on the interdisciplinary approach that has been established four years ago. Following discussion and evaluation of such treated cases, and considering current clinical and experimental studies, the said concepts have been worked out. The present paper describes the therapeutic approach for root fractures.

### Verdankung

Für die Anfertigung der schematischen Illustrationen danken wir Ueli Iff, Zeichner, Foto-Multimedia-Atelier, Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern, ganz herzlich. Die Dokumentation

der klinischen Fälle verdanken wir unseren Mitarbeiter/innen Dres. Chappuis, Dähnhardt, Germanier, Ingimarsson und Kammermann.

### Literatur

- AL-NAZHAN S, ANDREASEN J O, AL-BAWARDI S, AL-ROUQ S: Evaluation of the effect of delayed management of traumatized permanent teeth. *J Endod* 21: 391–393 (1995)
- ANDREASEN J O, HJORTING-HANSEN E: Intraalveolar root fractures: radiographic and histologic study of 50 cases. *J Oral Surg* 25: 414–426 (1967)
- ANDREASEN F M, ANDREASEN J O: Root fractures. In: Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth (editors Andreasen J O & Andreasen F M), 3rd edition, Munksgaard – Kopenhagen 1994, pp 279–314
- ANDREASEN J O, ANDREASEN F M, MEJÅRE I, CVEK M: Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 1. Effect of pre-injury and injury factors such as sex, age, stage of root development, fracture type, location of fracture and severity of dislocation. *Dent Traumatol* 20: 192–202 (2004a)
- ANDREASEN J O, ANDREASEN F M, MEJÅRE I, CVEK M: Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 1. Effect of treatment factors such as treatment delay, repositioning, splinting type and period and antibiotics. *Dent Traumatol* 20: 203–211 (2004b)
- BAKLAND L K, ANDREASEN J O: Dental traumatology: essential diagnosis and treatment planning. *Endod Topics* 7: 14–34 (2004)
- CALISKAN M K, PEHLIVAN Y: Prognosis of root-fractured permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 12: 129–136 (1996)
- CVEK M, ANDREASEN J O, BORUM M K: Healing of 208 intra-alveolar root fractures in patients aged 7–17 years. *Dent Traumatol* 17: 53–62 (2001)
- CVEK M, MEJÅRE I, ANDREASEN J O: Healing and prognosis of teeth with intra-alveolar fractures involving the cervical part of the root. *Dent Traumatol* 18: 57–65 (2002)
- CVEK M, MEJÅRE I, ANDREASEN J O: Conservative endodontic treatment of teeth fractured in the middle or apical part of the root. *Dent Traumatol* 20: 261–269 (2004)
- FEELY L, MACKIE I C, MACFARLANE T: An investigation of root-fractured permanent incisor teeth in children. *Dent Traumatol* 19: 52–54 (2003)
- GÖHRING K S, LEHNERT B, ZEHNDER M: Indikationsbereiche von MTA, eine Übersicht. Teil 2: Klinische Anwendung. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 114: 223–230 (2004)
- GOMES A P M, ARAUJO E A F, GONCALVES S E P, KRÄFT R: Treatment of traumatized permanent incisors with crown and root fractures: a case report. *Dent Traumatol* 17: 236–239 (2001)
- ITO H T, KOJIMA Y, NISHIOKA T, MAKI K, KIMURA M: Root fracture in immature anterior teeth followed for 15 years. *Dent Traumatol* 21: 229–233 (2005)
- KIRSCHNER H, FILIPPI A, POHL Y, EBELSEDER K: Wurzelfrakturen. In: Unfallverletzungen der Zähne. Schlütersche – Hannover 2002, pp 54–58
- KOYUTURK A E, MALKOC S: Orthodontic extrusion of subgingivally fractured incisor before restoration. A case report: 3-years follow-up. *Dent Traumatol* 21: 174–178 (2005)
- OEZTAN M D, SONAT B: Repair of untreated horizontal root fractures: two case reports. *Dent Traumatol* 17: 240–243 (2001)
- SCHMIDT B L, STERN M: Diagnosis and management of root fractures and periodontal ligament injury. *Can Dental Assoc J* 24: 51–55 (1996)

VILLAT C, MACHTOU P, NAULIN-IFI C: Multidisciplinary approach to the immediate esthetic repair and long-term treatment of an oblique crown-root fracture. *Dent Traumatol* 20: 56–60 (2004)

VON ARX T, KÄLIN C, HÄNNI S: Verletzungen der bleibenden Zähne. Teil 1: Diagnostik der Zahnverletzungen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 115: 133–139 (2005a)

VON ARX T, CHAPPUIS V, HÄNNI S: Verletzungen der bleibenden Zähne. Teil 2: Therapie der Dislokationsverletzungen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 115: 1057–1067 (2005b)

WELBURY R R, KINIRONS M J, DAY P, HUMPHREYS K, GREGG T A: Outcomes for root-fractured permanent incisors: a retrospective study. *Pediatr Dent* 24: 98–102 (2002)

YATES J A: Root fractures in permanent teeth: a clinical review. *Int Endod J* 25: 150–157 (1992)