

Die Therapie von Kronenfrakturen bei Frontzähnen – Reattachment statt Restauration?

Zusammenfassung

Kronenfrakturen zählen zu den häufigsten Verletzungen bei Frontzahntraumata. Die Wiederbefestigung des autologen Zahnfragments an den frakturierten Zahn (Reattachment) stellt eine minimalinvasive, ästhetische und kostengünstige Therapieoption dar, welche alternativ zu den etablierten restaurativen Versorgungsmöglichkeiten (Kompositrestauration, Veneer oder Krone) angewendet werden kann. Die Fragmenthaftung kann durch eine geeignete Präparation und Konditionierung der betroffenen Zahnhartsubstanz deutlich verbessert werden. Bei genauer Passung zwischen Fragment und Frakturfläche oder bei endodontisch behandelten Zähnen wird die Präparation interner Dentinareale empfohlen. Hingegen können Abspaltungen am Rand der Frakturflächen in eine Schmelzanschrägung oder Verbreiterung des Frakturspaltes integriert werden. Die verwendeten Haftvermittler und Kompositmaterialien sollten aufeinander abgestimmt sein, beeinflussen die Fragmenthaftung allerdings weniger stark als die Präparationsform. Bislang weisen selbstätzende Einflaschen-Haftvermittler allerdings eine geringere Haftfestigkeit auf als Mehrflaschen-Adhäsivsysteme.

Der klinische Erfolg von Reattachment-Restaurationen ist in zahlreichen Einzelfallbeschreibungen und einigen klinischen Studien dokumentiert. Weitere In-vivo-Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Präparationsformen und Befestigungsmaterialien auf die Überlebensrate von Reattachment-Restaurationen stehen allerdings noch aus.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 115: 1172–1181 (2005)

Schlüsselwörter: Frontzahntrauma, Kronenfraktur, Reattachment, Restauration

Zur Veröffentlichung angenommen: 29. August 2005

Korrespondenzadresse:

Dr. Annette Wiegand
Abt. Zahnerhaltung, Präventive Zahnheilkunde und Parodontologie
Georg-August-Universität Göttingen, Robert-Koch-Str. 40,
D-37075 Göttingen
Tel. 0049-551-392895, Fax 0049-551-392037
E-Mail: Annette.Wiegand@med.uni-goettingen.de

ANNETTE WIEGAND, TINA RÖDIG und
THOMAS ATTIN

Abteilung Zahnerhaltung, Präventive Zahnheilkunde und Parodontologie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Georg-August-Universität Göttingen

Einleitung

Frontzahntraumata stellen sowohl im Milch- und Wechselgebiss als auch in der bleibenden Dentition eine häufige Verletzung dar. Die Prävalenz wird in epidemiologischen Untersuchungen der permanenten Dentition mit 10,7–34% angegeben, wobei in der Regel das männliche Geschlecht 1,5- bis 3,3-mal häufiger betroffen ist und sich die Patienten meistens in der zweiten bis vierten Lebensdekade befinden (TRAEBERT et al. 2003; HAMDAN & RAJAB 2003; ZERMAN & CAVALLERI 1993; DA SILVA et al. 2004; TAPIAS et al. 2003; RAJAB 2003; TOVO et al. 2004; BASTONE et al. 2000;

HAMILTON et al. 1997). Aufgrund ihrer prädisponierten Lage sind die mittleren Oberkiefer-Inzisivi (52–90%) am häufigsten betroffen und die dentalen Verletzungen stellen sich meistens als unkomplizierte (44–62,5%), d. h. ohne Pulpaeröffnung, oder komplizierte (15–28%) Schmelz-Dentin-Frakturen mit Pulpaexposition dar (TOVO et al. 2004; ZERMAN & CAVALLERI 1993; RAJAB 2003; TAPIAS et al. 2003; BASTONE et al. 2000).

Die Therapie dieser Zahnhartsubstanzfrakturen erfolgte in der Vergangenheit häufig durch prothetische Restaurationen, wie z. B. Kronen oder Veneers, oder durch Kompositfüllungen, die adhäsiv oder mittels parapulpärer Stifte befestigt wurden. In Einzelkasuistiken wurde jedoch bereits seit 1964 die Wiederbefestigung des Schmelz- bzw. Schmelz-Dentin-Fragments an den frakturierten Zahn beschrieben (CHOSAK & EIDELMAN 1964; STARKEY 1979; SIMONSEN 1982). Dieses sog. «Reattachment» des Zahnfragments ist seit einigen Jahren Gegenstand zahlreicher In-vitro-Studien, die verschiedene Techniken und Materialien zur Wiederbefestigung untersucht und die Bruchfestigkeit der mit autologen Zahnfragmenten restaurierten Zähne analysiert haben. Obwohl bislang nur wenige klinische Untersuchungen zu den Langzeiterfolgen dieser Methode vorliegen, wird das Wiederbefestigen des Zahnfragments zunehmend als Alternative zu den etablierten prothetischen oder konservierenden Massnahmen empfohlen.

Die vorliegende Übersicht diskutiert daher klinische Entscheidungsparameter und beschreibt Techniken und Materialien, die zum Wiederbefestigen des Zahnfragments eingesetzt werden können. Die mechanischen Haftfestigkeiten und klinischen Erfolgsaussichten von Reattachment-Versorgungen werden im Vergleich zu Kompositrestaurationen bewertet und die praktische Durchführung des Verfahrens anhand von klinischen Bildern erläutert.

Vorteile der Reattachment-Restauration

Das Reattachment der frakturierten Zahnhartsubstanz stellt ein minimalinvasives Therapiekonzept dar, welches sowohl als temporäre Massnahme als auch als langfristige Versorgung geeignet ist. Dabei können ästhetische, funktionelle und ökonomische Aspekte den Therapieentscheid zugunsten dieser Versorgung beeinflussen (MURCHISON et al. 1999). Die Wiederbefestigung des autologen Fragments führt in der Regel zu einem sehr guten ästhetischen Ergebnis, da der natürliche Zahn in Farbe und Form wiederhergestellt wird. Kosmetische Einbussen können sich ergeben, wenn ein bereits ausgetrocknetes und somit farblich verändertes Fragment wiederbefestigt wird oder wenn es aufgrund einer insuffizienten Konditionierung der Frakturflächen zu einer Verfärbung des kompositverstärkten Frakturspalts kommt.

Bei genauer Repositionierung des Fragments sind keine Korrekturen der Okklusions- oder Laterotrusionskontakte notwendig. Weiterhin zeigt diese Restauration im Vergleich zu einer Komposit- oder Keramikversorgung die gleiche Abrasionsstabilität wie der natürliche Zahn.

Auch aus ökonomischen Gesichtspunkten stellt das Wiederbefestigen des Fragments eine interessante Therapiealternative dar. Die Behandlung ist meist weniger zeit- und belastungsintensiv und mit weniger Material- und Kostenaufwand verbunden als die Versorgung des Zahnes mit einer Restauration. Die Anfertigung von umfangreicheren direkten oder indirekten Restaurationen scheint somit zumindest mittelfristig vermeidbar. Schliesslich wird diese Therapie auch in emotionaler Hinsicht von den Patienten häufig besser akzeptiert als eine konventionelle Re-

stauration, da es sich bei dem wiederbefestigten Fragment um die eigene Zahnhartsubstanz handelt.

Techniken der Reattachment-Restauration

Die erfolgreiche Wiederbefestigung des Fragments setzt eine adäquate Präparation und Konditionierung der Zahnhartsubstanz voraus. Gegebenenfalls ist zunächst eine Kariesexkavation im Bereich der Frakturflächen vorzunehmen. Aufgrund der Techniksensitivität von Kompositmaterialien ist grundsätzlich die absolute Trockenlegung des Arbeitsbereichs mittels Kofferdampplapplikation indiziert, um während der Konditionierung eine Kontamination der Frakturfläche mit Speichel, Blut o. Ä. zu vermeiden.

Grundsätzlich ist zunächst abzuwägen, ob zusätzliche Frakturen (z. B. horizontale Wurzelfrakturen im mittleren Wurzeldrittel, vertikale Kronen-Wurzelfrakturen) vorliegen, die die Prognose des betroffenen Zahnes beeinträchtigen oder einen langfristigen Zahnerhalt ausschliessen (Tab. I). Ferner muss festgestellt werden, ob vor der definitiven Restauration eine endodontische Therapie, chirurgische Kronenverlängerung oder orthodontische Extrusion des Zahnes notwendig sein sollte. In diesen Fällen kann zunächst auch eine provisorische Versorgung vorgenommen werden. Falls langfristig das Wiederbefestigen des autologen Zahnfragments beabsichtigt ist, sollte diese provisorische Restauration allerdings einfach zu entfernen sein, um eine passgenaue Reposition des Fragments zu ermöglichen. Die im Folgenden beschriebenen und diskutierten Techniken und Materialien sind als Empfehlungen zum klinischen Vorgehen bei Reattachment-Restaurationen in Tabelle II zusammengefasst.

Präparation der Zahnhartsubstanz

In der Literatur werden verschiedene Präparationstechniken (Abb. 1) beschrieben, die durch eine Vergrösserung der Frakturoberflächen oder das Anlegen zusätzlicher retentiver Flächen zur Verbesserung der durch den Haftvermittler oder das Befestigungsmaterial hervorgerufenen Adhäsion zwischen Fragment und Frakturfläche beitragen können (REIS et al. 2004).

Der klinische Erfolg von Reattachment-Restaurationen mit unterschiedlichen Präparationen der Frakturflächen (Abb. 1) ist in zahlreichen Patientenkasuistiken dokumentiert (BARATIERI et al. 1990; BARATIERI et al. 1994; BURKE 1991). Allerdings liegen nur wenige In-vitro-Studien vor, welche die mechanischen Haftwerte dieser Techniken im Vergleich zu nicht präparierten Frakturflächen oder mit Kompositrestaurationen versorgten Schmelz-Dentin-Frakturen untersucht haben (REIS et al. 2001; DE SANTIS et al. 2001; DEMARCO et al. 2004; LOGUERICO et al. 2004). Hierbei zeigte sich, dass die Retention von nur mit Haftvermittlern befestigten Fragmenten ohne zusätzliche Präparation der Frakturflächen (Abb. 1a) im Vergleich zu Kompositrestaurationen um 55–70% reduziert ist (LOGUERICO et al. 2004; REIS et al. 2001). Eine zirkuläre Schmelzanschrägung (Abb. 1b) des Fragments und der Frakturfläche des traumatisierten Zahnes bewirkt eine grössere Retentionsfläche für das Befestigungskomposit und eine deutliche Verbesserung der Haftfestigkeit, wobei die Haftwerte einer Kompositrestauration bzw. die Frakturstabilität eines gesunden Zahnes allerdings nicht erreicht werden (REIS et al. 2001; DE SANTIS et al. 2001; DEMARCO et al. 2004; LOGUERICO et al. 2004). Mit Präparationen des Frakturspalts in Form von Schmelzkerben (Abb. 1c) bzw. oberflächlichen Schmelzrinnen (Abb. 1d, anschliessend leichte Überkonturierung des Befestigungsmaterials) oder internen Dentinpräparationen (Abb. 1e) können nach Wiederbefestigung mit einem Kompositmaterial hingegen die Haft-

Tab. I Ausgangsbefunde vor Therapie der Kronenfraktur, die die Entscheidung zur Reattachment-Restauration beeinflussen

	☝	☞	☹
Fragment	Fragment liegt als einzelnes Bruchstück vor Fragment gut repositionierbar Extraorale Lagerung in Wasser	Vorliegen multipler Bruchstücke Fragment schwer repositionierbar Extraorale trockene Lagerung > 24 h	Fragment liegt nicht vor Fragment nicht repositionierbar
Frakturierter Zahn	Endodontisch behandelter Zahn Endodontische Vorbehandlung notwendig	Bestehende grossflächige Kompositrestauration Chirurgische, parodontale oder orthodontische Vorbehandlung notwendig (z. B. Kronenverlängerung, Extrusion) Provisorische Versorgung mit Kalziumhydroxid Kofferdamapplikation nicht möglich	Zahnerhalt nicht möglich (z. B. vertikale Kronen-Wurzelfraktur, horizontale Wurzelfraktur im mittleren Wurzeldrittel)
Fragment und frakturierter Zahn	< 1/3 der klinischen Krone frakturiert Unregelmässige Frakturflächen mit minimalen Aussprengungen	> 1/3 der klinischen Krone frakturiert Glatte Frakturflächen	

☝: sehr geeignet ☞: bedingt geeignet ☹: nicht geeignet für Reattachment-Restauration

Tab. II Empfehlungen zum klinischen Vorgehen bei Reattachment-Restaurationen. Aufgrund der geringen Zahl an klinischen Studien beziehen sich die Empfehlungen weitestgehend auf die Ergebnisse der im Text diskutierten In-vitro-Untersuchungen.

Fragment	Frakturierter Zahn
Trockene extraorale Lagerung von mehr als 24 Stunden → vor Reattachment mind. 24 Stunden in Wasser lagern	Evtl. vorliegende provisorische Versorgung entfernen und Dentin leicht anfrischen, ggf. Dentinwundverband applizieren
Präparation in Abhängigkeit des Defekts: Präparation bei Frakturen mit ausgeprägter Schmelzabsprengung: b, c oder d Interne Präparation bei Frakturen ohne Schmelzabsprengungen und mit endodontischer Versorgung oder medikamentöser Abdeckung des Dentins: e, f, oder g Konditionierung von Schmelz und Dentin in Abhängigkeit von dem verwendeten Adhäsivsystem (Mehrfaschen-Systeme mit separater Schmelz- oder Schmelz- und Dentin-Ätzung empfohlen)	
Applikation eines auf das Adhäsivsystem abgestimmten (fliessfähigen) Komposits Abschliessende Bewertung der Ästhetik, evtl. Versorgung mit einem Veneer notwendig?	

werte einer Kompositrestauration erzielt werden (REIS et al. 2001; LOGUERICO et al. 2004).

Im Gegensatz zu diesen Untersuchungen konnten WORTHINGTON et al. (1999) durch verschiedene Präparationsformen (Abb. 1b, f, g) die Fragmenthaftung gegenüber nicht präparierten Frakturflächen nicht verbessern. Insgesamt geht man heute davon aus, dass die primäre Passung zwischen Zahnfragment und frakturiertem Zahn und die mechanische Retention der Frakturflächen die Haftfestigkeit wesentlich stärker beeinflussen als die zur Befestigung verwendeten Haftvermittler oder Kompositmaterialien. In diesem Zusammenhang konnte gezeigt werden, dass sich Unterschiede in der (Mikro-)Morphologie der Frakturfläche unterschiedlich auf den Erfolg von verschiedenen Präparationstechniken auswirken (LOGUERICO et al. 2004). Während die Haftung eines adhäsiv befestigten Fragments an einer artifiziellen (d. h. mit minimalen Aussprengungen versehenen) Bruchfläche durch Schmelzanschrägung, die Präparation einer Kerbe oder oberflächlichen Rinne im Frakturspalt oder das Anlegen von internen Dentinrillen (Abb. 1b–e) signifikant verbessert werden konnte, konnte keine der genannten Präparationsformen die Haftung des Fragments an einer glatten Zahnhartsubstanzfläche verbessern. In Abhängigkeit von der Präparationsform ist die Fragmenthaftung an einer unregelmässigen Frakturfläche mit den Haftwerten einer Kompositrestauration nahezu identisch, während nach Befestigung des Fragments an einer glatten Schmelz-Dentin-Fläche nur 35–55% der Haftkraft einer Kompositrestauration erreicht wurden. Da bei grösseren Zahnhartsubstanzverlusten eine exakte Repositionierung des Fragments häufig nicht möglich ist, könnte die Fragmenthaftung in diesen Fällen in grösserer Masse von dem verwendeten Befestigungsmaterial abhängig sein.

gungen versehenen) Bruchfläche durch Schmelzanschrägung, die Präparation einer Kerbe oder oberflächlichen Rinne im Frakturspalt oder das Anlegen von internen Dentinrillen (Abb. 1b–e) signifikant verbessert werden konnte, konnte keine der genannten Präparationsformen die Haftung des Fragments an einer glatten Zahnhartsubstanzfläche verbessern. In Abhängigkeit von der Präparationsform ist die Fragmenthaftung an einer unregelmässigen Frakturfläche mit den Haftwerten einer Kompositrestauration nahezu identisch, während nach Befestigung des Fragments an einer glatten Schmelz-Dentin-Fläche nur 35–55% der Haftkraft einer Kompositrestauration erreicht wurden. Da bei grösseren Zahnhartsubstanzverlusten eine exakte Repositionierung des Fragments häufig nicht möglich ist, könnte die Fragmenthaftung in diesen Fällen in grösserer Masse von dem verwendeten Befestigungsmaterial abhängig sein.

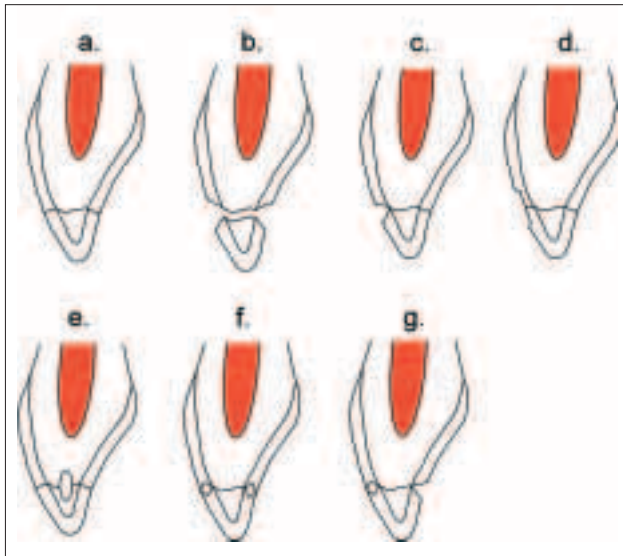


Abb. 1 Mechanische Konditionierung der Frakturflächen vor Wiederbefestigung des Fragments: (a) keine Präparation; (b) zirkuläre Schmelzanschrägung; (c) externe V-förmige Schmelzkerbe; (d) oberflächliche Verbreiterung des Frakturspaltes mit anschliessender leichter Überkonturierung des Befestigungskomposits; (e) interne Dentinpräparation; (f) interne V-förmige Schmelzkerben; (g) Kombination aus externer und interner V-förmiger Schmelzkerbe.

Trotz zahlreicher In-vitro-Untersuchungen liegt bislang nur eine klinische Studie vor, welche den Einfluss einer zusätzlichen Präparation der Frakturfläche auf den Langzeiterfolg der Reattachment-Versorgung analysiert. Reattachment-Restaurationen, bei welchen der Frakturspalt oberflächlich verbreitert und anschliessend mit Komposit verstärkt wurde (Abb. 1d), wiesen jedoch keine grössere Überlebensrate auf als Reattachment-Versorgungen ohne zusätzliche Präparation (ANDREASEN et al. 1995).

In der klinischen Durchführung wird die Wahl der Präparationsform von mehreren Parametern beeinflusst. Neben Art, Lokalisation und Ausmass der Fraktur ist die Präparationsform auch von der Passung und der Qualität des Fragments sowie von einer möglicherweise notwendigen endodontischen Versorgung des Zahnes abhängig (REIS et al. 2004; SPINAS 2004). Interne Retentionen in Schmelz und/oder Dentin bieten sich an, wenn die Frakturflächen eine optimale Passung aufweisen oder wenn aufgrund endodontischer Massnahmen zusätzliche Präparationen der Zahnhartsubstanz notwendig werden (Abb. 2). Bei Vorliegen einer komplizierten Schmelz-Dentin-Fraktur (Abb. 2a) muss in Abhängigkeit vom Ausmass und von der Dauer der Pulpaexposition eine medikamentöse Abdeckung, Pulpotomie oder eine Vitalexstirpation mit anschliessender Wurzelkanalbehandlung durchgeführt werden. Bei wurzelkanalbehandelten Zähnen kann das ehemalige Pulpakavum zur Insertion von Komposit genutzt und somit zur Verbesserung der Adhäsion herangezogen werden (BARATIERI et al. 1990; KOPARAL & İLGENLI 1999; TRUSHKOWSKY 1998; CHU et al. 2000). In einzelnen Fällen ist die Wiederbefestigung grosser Kronenfragmente an endodontisch behandelte Zähne erst durch das Einbringen eines intrakanalären Stiftes möglich. Dieses Vorgehen erfordert eine geeignete Präparation des korrespondierenden Dentinareals, um eine genaue Repositionierung des Fragments zu ermöglichen (BARATIERI et al. 1990; TURGUT et al. 2004). Auch nach einer direkten oder

indirekten Überkappung der Pulpa mit Kalziumhydroxid-Präparaten (Abb. 2c) kann eine interne Präparation des Dentins notwendig werden (Abb. 2d), um ein ausreichendes Platzangebot für den Zement und zusätzlich für das Befestigungsmaterial zu schaffen (BARATIERI et al. 1990; BARATIERI et al. 1994). Die Präparation interner Dentinareale bietet gegenüber externen Präparationen im Schmelz insgesamt den Vorteil, dass das Ausmass des der Mundhöhle exponierten Komposit-Zahn-Interfaces deutlich reduziert wird und somit z.B. das Risiko einer potenziellen Verfärbung der Fügefuge minimiert wird.

Eine ausgeprägte Schmelzanschrägung (Abb. 3) oder die oberflächliche Verbreiterung des Frakturspaltes ist hingegen sinnvoll, wenn Absprengungen am Schmelzrand der Frakturflächen vorliegen, die in die Präparation integriert werden können. Durch Applikation eines entsprechenden Komposits in diese oberflächlichen Präparationen kann der eigentliche Frakturspalt maskiert werden und eine ästhetische Optimierung der Versorgung erfolgen.

Das Vorliegen von multiplen Fragmentbruchstücken kann die Repositionierung an die Frakturfläche allerdings deutlich erschweren. MAIA et al. (2003) und HALL (1998) empfehlen, zuerst die einzelnen Fragmenteile miteinander zu verbinden und dann das gesamte Fragment an der frakturierten Krone zu befestigen. Sollte eine exakte Repositionierung nicht mehr möglich sein, ist eine Restauration des betroffenen Zahnes mit Komposit oder einem Keramik-Veneer in Betracht zu ziehen.

Insgesamt kann die Fragmenthaftung in Abhängigkeit von der makro- und mikromechanischen Retentionsform von Fragment und Frakturfläche deutlich verbessert werden, wobei bislang allerdings klinische Untersuchungen fehlen, welche die notwendigen Mindesthaftwerte für den Langzeiterfolg einer Reattachment-Restauration belegen.

Materialien zur Wiederbefestigung des Fragments

Eine Vielzahl von Adhäsivsystemen und Kompositmaterialien ist zur chemischen Konditionierung der Frakturflächen und adhäsiven Befestigung von Zahnfragmenten eingesetzt worden (ANDREASEN et al. 1993; DEAN et al. 1998; DEAN et al. 2004; FARIK et al. 1998a; FARIK et al. 2002; REIS et al. 2002; GORACCI et al. 2004; PAGLIARINI et al. 2000). Schmelz und Dentin des Fragments und des frakturierten Zahnes müssen geeignet konditioniert werden (Abb. 2e), wobei sich grundsätzlich keine Unterschiede in der Vorbehandlung der jeweils korrespondierenden Schmelz- und Dentinflächen ergeben.

In einer klinischen Langzeituntersuchung konnte nachgewiesen werden, dass Reattachment-Restaurationen, bei welchen die Frakturflächen nur durch selektive Schmelzätzung und ohne Dentinkonditionierung vorbehandelt wurden, eine geringere Überlebensrate aufweisen als wiederbefestigte Fragmente, bei welchen Schmelz und Dentin konditioniert wurden (ANDREASEN et al. 1995). Ferner wird die Fragmenthaftung von der Zusammensetzung des applizierten Adhäsivsystems beeinflusst (GORACCI et al. 2004; PAGLIARINI et al. 2000; SENGUN et al. 2003; DEMARCO et al. 2004). Auch konnten GORACCI et al. (2004) und PAGLIARINI et al. (2000) nachweisen, dass Mehrflaschen-Adhäsivsysteme mit separater Ätzung von Schmelz bzw. Schmelz und Dentin zu einer besseren Fragmenthaftung führten als Einflaschen-Adhäsive oder selbstätzende Haftvermittler. Zwischen verschiedenen Mehrflaschen-Adhäsivsystemen konnten ANDREASEN et al. (1993), FARIK et al. (2002), FARIK et al. (1998a) und BADAMI et al. (1995) allerdings keine Unterschiede hinsichtlich der Fragmenthaftung feststellen. Bei der totalen Ätztechnik kommt es durch Phosphorsäureätzung des Dentins (Abb. 2e) zum Kollabieren der Kollagenfasern.

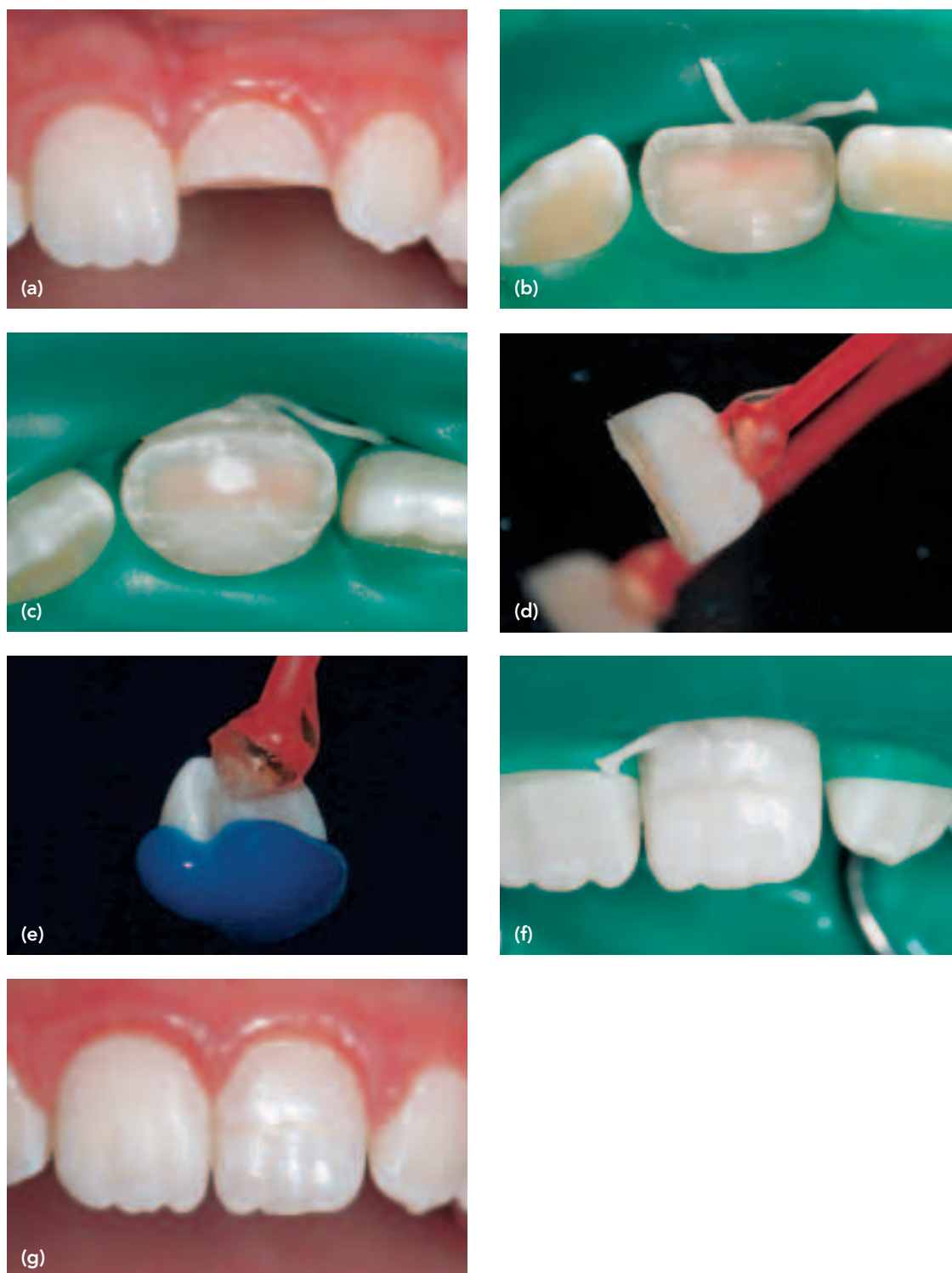


Abb. 2 Reattachment-Versorgung einer komplizierten Schmelz-Dentin-Fraktur. (a) Komplizierte Schmelz-Dentin-Fraktur des Zahnes 21. (b) Darstellung des Defekts unter Kofferdam. Die minimale Exposition der Pulpa ist sichtbar. (c) Applikation eines nicht erhärtenden Kalziumhydroxid-Präparats nach Durchführung einer partiellen Pulpotomie. Anschliessend erfolgte die Abdeckung mit einem erhärtenden Kalziumhydroxid-Zement. (d) Da eine exakte Repositionierung der Frakturflächen möglich war, wurde auf eine Schmelzanschrägung verzichtet und eine interne Dentinpräparation vorgenommen. Durch die interne Ausbuchtung des Dentins wurde ein ausreichendes Platzangebot für die Kalziumhydroxid-Präparate und das Befestigungskomposit geschaffen. (e) «Total-Etching» des Fragments und der Frakturfläche. Anschliessend wurde für 30 sec. ein «Rewetting» der Dentinareale durchgeführt. (f) Das Fragment wurde mit Syntac classic (Vivadent, Schaan, Liechtenstein) und Spectrum TPH (Dentsply, Konstanz, Deutschland) wiederbefestigt. (g) Sechs Monate nach Wiederbefestigung des Fragments stellt sich der Zahn 21 weiterhin klinisch unauffällig dar (Sensibilität positiv, Perkussion negativ, Sondierungstiefe zirkulär 2 mm).

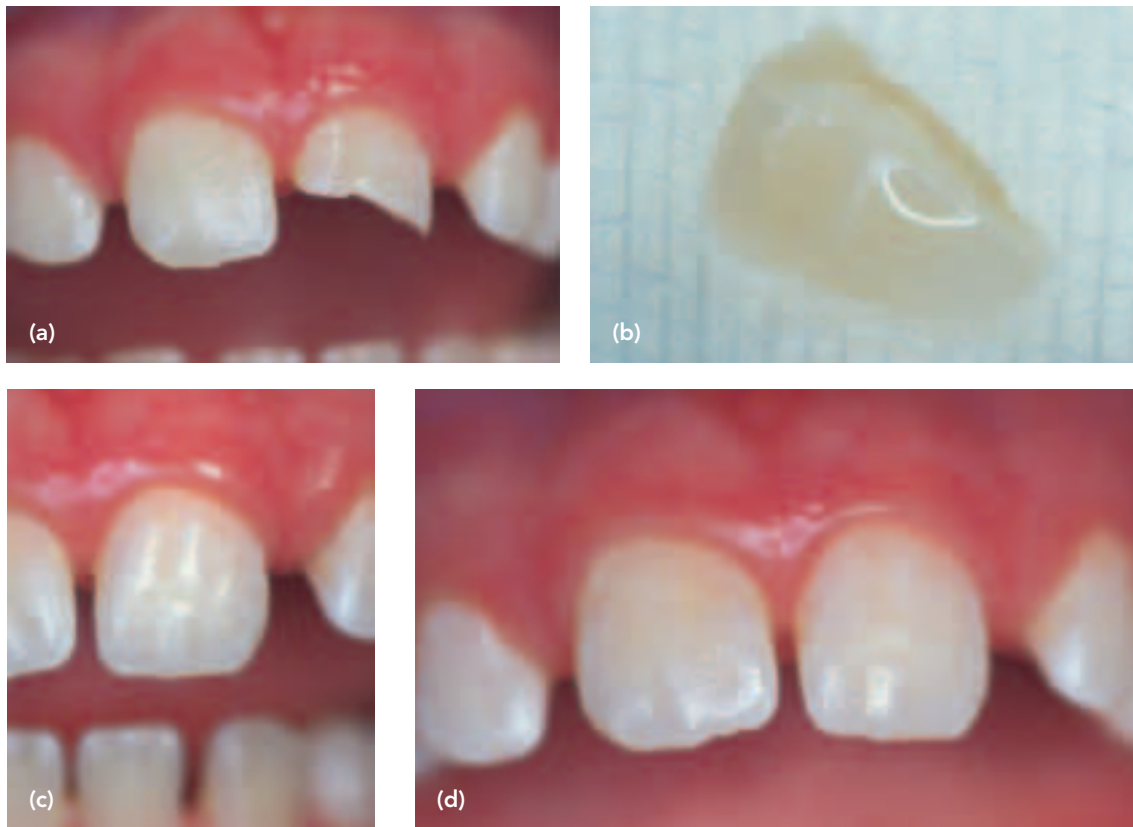


Abb. 3 Reattachment-Restoration bei unkomplizierter Schmelz-Dentin-Fraktur (a) Zehnjähriger Patient mit unkomplizierter Kronenfraktur des Zahnes 21. Die Labialfläche des frakturierten Zahnes weist am Rand der Frakturfläche multiple Schmelzabsprengung auf. (b) Um die Aussprengungen in die Präparation zu integrieren, wurde eine zirkuläre Schmelzanschrägung des Fragments und des frakturierten Zahnes vorgenommen. (c) Zahn 21 unmittelbar nach Wiederbefestigung des Fragments mit Prime & Bond NT und Esthet-X (Dentsply, Konstanz, Deutschland). (d) Reattachment-Restoration drei Jahre nach Frontzahntrauma.

Um ein Wiederaufrichten der Kollagenfasern und damit eine bessere Penetration des Haftvermittlers zu ermöglichen, muss das Dentin beider Frakturflächen anschliessend für mind. 10 sec. wieder angefeuchtet («Rewetting») werden (FARIK et al. 1998b). Diese für Restaurationen mit Kompositmaterialien allgemein bekannte Vorgehensweise sollte natürlich auch bei der Wiederbefestigung von Fragmenten Beachtung finden.

Neben den unterschiedlichen Haftvermittlern sind ferner verschiedene Befestigungsmaterialien (z. B. fließfähige oder hochviskose Komposite bzw. licht- und dualhärtende Kompositmaterialien) eingesetzt worden, um den Haftverbund des Fragments weiter zu optimieren und eventuell vorliegende Zahnhartsubstanzdefekte auszugleichen. REIS et al. (2002) konnten bei guter Primärpassung von Fragment und frakturiertem Zahn durch die zusätzliche Applikation von Kompositmaterialien die Haftung von nicht präparierten und nur mit einem Adhäsivsystem konditionierten Frakturflächen jedoch nicht signifikant verbessern. Auch FARIK et al. (1998a) und DEAN et al. (1998) konnten zwischen verschiedenen Kompositen keine Unterschiede hinsichtlich der Fragmenthaftung nachweisen, sofern die Frakturflächen nicht mechanisch präpariert waren.

Hingegen konnten DEMARCO et al. (2004) bessere Haftwerte für einen chemisch härtenden und einen lichterhärtenden Komposit feststellen als für ein dualhärtendes Kompositmaterial. Generell sollten die verwendeten Adhäsivsysteme und Befestigungsmaterialien aufeinander abgestimmt sein (REIS et al. 2004). So können z. B. die sauren Monomere aus selbstätzenden Adhäsivsystemen

mit den Katalysatoren chemisch härtender Komposite interagieren und eine Hemmung der Polymerisation bewirken, sodass diese Materialien nicht zusammen eingesetzt werden sollten.

Als weitere Möglichkeit zur Verstärkung der wiederbefestigten Fragmente ist die zusätzliche Restauration des betroffenen Zahnes mit Keramik-Veneers vorgeschlagen worden (ANDREASEN et al. 1991; ANDREASEN et al. 1992; CHU et al. 2000). In vitro konnte nachgewiesen werden, dass die Frakturstabilität von Reattachment-Restaurationen durch die zusätzliche Befestigung labialer Keramik-Veneers nahezu verdoppelt wird und die Stabilität von intakten Frontzähnen mit Veneer-Restauration erreicht. Ein Keramik-Veneer mit Einbeziehung des Zahnhartsubstanzdefektes war der Versorgung mit wiederbefestigtem Fragment und zusätzlichem Veneer jedoch überlegen (ANDREASEN et al. 1991; ANDREASEN et al. 1992). Auch die palatinale Verstärkung des wiederbefestigten Fragments mit einem Metall-Veneer ist diskutiert worden (CHU et al. 2000). Untersuchungen zur Festigkeit dieser Versorgung liegen bislang allerdings noch nicht vor. Insgesamt kann allerdings festgehalten werden, dass bei mangelhafter Ästhetik des wiederbefestigten Fragments eine labiale Veneer-Restauration des Zahnes möglich ist, ohne das Fragment zuvor durch eine Kompositfüllung zu ersetzen.

Neben den materialspezifischen Eigenschaften der Haftvermittler und Komposite wird der Haftverbund auch von der Austrocknung des Zahnfragments und der Dauer und Art der extraoralen Lagerung beeinflusst (FARIK et al. 1998b; FARIK et al. 1999). Eine Austrocknung des Fragments von bis zu einer Stunde hat bei korrekter Durchführung der Phosphorsäureätzung mit Wieder-

anfeuchten und Adhäsivapplikation keinen Einfluss auf die Fragmenthaftung. Im Gegensatz dazu erfordert eine extraorale trockene Lagerung für 24 Stunden oder länger eine mindestens 24 Stunden andauernde Wasserlagerung, um die gleichen Haftwerte wie nicht ausgetrocknete Fragmente zu erzielen (FARIK et al. 1999). Da viele Patienten mit kleineren schmerzlosen Zahnhartsubstanzfrakturen nicht unmittelbar nach dem Trauma, sondern erst Tage oder Wochen nach dem Ereignis in der zahnärztlichen Praxis vorstellig werden (ZUHAL et al. 2005; GABRIS et al. 2001), ist vor Repositionierung eine ausreichend lange Wässerung des Fragments vorzunehmen. Auch wenn eine Wiederbefestigung aufgrund einer endodontischen, parodontalen oder orthodontischen Behandlung nicht unmittelbar nach dem Trauma erfolgen kann, muss das Fragment in diesem Zeitraum feucht gelagert werden. Zum Schutz der Pulpa sollte bei vitalen Zähnen in jedem Fall ein provisorischer Dentinwundverband appliziert werden. Bei fehlender temporärer Dentinabdeckung einer unkomplizierten Schmelz-Dentin-Fraktur ist das Risiko einer Pulpanekrose deutlich erhöht (RAVIN 1981).

Allerdings kann sich auch die temporäre Abdeckung der Dentinwunde mit einem Kalziumhydroxid-Zement negativ auf die Haftung des Schmelz-Dentin-Fragments auswirken. FARIK et al. (2000) applizierten für drei Wochen einen Kalziumhydroxid-Zement auf artifizielle Frakturflächen. Nach Entfernung des Zements und chemischer Konditionierung mit Phosphorsäure und Haftvermittler war die Fragmenthaftung im Vergleich zu Zahnhartsubstanzoberflächen, welche zuvor nicht abgedeckt waren, deutlich reduziert (FARIK et al. 2000). Eventuell empfiehlt sich in einem solchen Fall eine vorsichtige Anfrischung des Dentins vor Adhäsivapplikation.

Klinische Erfolgsaussichten von Reattachment-Restaurationen

Trotz einer Vielzahl an Einzelfalldarstellungen, die den Erfolg von Reattachment-Restaurationen belegen, liegen bislang nur wenige klinische Studien vor, welche die Überlebensrate von

wiederbefestigten Fragmenten evaluiert haben (SPINAS 2004; ANDREASEN et al. 1995).

In einer skandinavischen Multicenter-Studie wurden 334 Schmelz-Dentin-Frakturen von permanenten Frontzähnen durch eine Wiederbefestigung des Fragments therapiert und über einen Beobachtungszeitraum von zehn Jahren nachuntersucht. Bei nur mit Schmelzätzung konditionierten Fragmenten lag die 50%-Überlebensrate bei 12 Monaten und die 25%-Überlebensrate bei 6,5 Jahren. Fragmente, die mit Schmelz- und Dentinkonditionierung wiederbefestigt wurden, wiesen eine 50%-Überlebensrate von 30 Monaten und eine 25%-Überlebensrate von 7,5 Jahren auf (ANDREASEN et al. 1995). Bei 20 Patienten lagen zwei Kronenfrakturen vor, die mit Komposit bzw. dem autologen Zahnfragment restauriert wurden. Im Vergleich zur Überlebensrate der Reattachment-Restaurationen (im Mittel: 784 Tage) wiesen die Klasse-IV-Kompositrestaurationen eine durchschnittliche Überlebensrate von 701 Tagen auf. Dieser Unterschied war statistisch allerdings nicht signifikant (ANDREASEN et al. 1995). Histologisch konnte ferner nachgewiesen werden, dass die Pulpareaktion nach unkomplizierten Schmelz-Dentin-Frakturen nicht von der Art der gewählten Versorgung (Reattachment- bzw. Kompositrestauration) abhängig ist (ROBERTSON et al. 1998).

Aufgrund der geringen Datenlage und der Unterschiede hinsichtlich des Studiendesigns, der klinischen Vorgehensweise (z. B. separate Schmelzkonditionierung oder Schmelz-Dentin-Konditionierung) und der verwendeten Adhäsivsysteme und Kompositmaterialien ist ein Vergleich zwischen den klinischen Studien zur Überlebensrate von Komposit- und Reattachment-Restaurationen (Tab. III) schwierig. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte kann zurzeit jedoch angenommen werden, dass Reattachment- und Kompositrestaurationen eine ähnliche Prognose aufweisen.

ANDREASEN et al. (1995) analysierten weiterhin verschiedene Parameter, die den Erfolg der Restauration beeinflussen könnten. Hierbei zeigte sich, dass das zeitliche Intervall zwischen Trauma und Wiederbefestigung des Fragments keine Auswirkungen auf

Tab. III Untersuchungen zur Lebensdauer von Reattachment-Restaurationen und Kompositrestaurationen der Klasse IV. Klinische Studien, bei denen keine Differenzierung zwischen Klasse-III- und Klasse-IV-Restaurationen erkennbar war, wurden nicht berücksichtigt.

Untersuchung	Material	Anzahl der versorgten Zähne	Studiendesign	Beobachtungszeitraum	Überlebensrate (%)	Mittlere Überlebensdauer	Jährliche Versagensrate (%)
SMALES & GERKE 1992	Komposit	38	Longitudinalstudie	5 Jahre	42		11,6
JOKSTAD et al. 1994	Komposit	72	Querschnittuntersuchung	> 10 Jahre	*	7 Jahre	*
BURKE et al. 1999	Komposit	151	Querschnittuntersuchung	*	*	3,9 Jahre	*
ROBERTSON et al. 1998	Komposit	106	Longitudinalstudie	15 Jahre	0	*	*
ANDREASEN et al. 1995	Fragment	334	Longitudinalstudie	6,9 Jahre	47	2,5 Jahre	*
ANDREASEN et al. 1995	Komposit	20	Split-Mouth-Design	*	65	701 Tage	*
	Fragment	20			35	784 Tage	
SPINAS 2004	Komposit	70	Longitudinalstudie	7 Jahre	4 Jahre: 39	*	
	Fragment	20			7 Jahre: 0		
					4 Jahre: 65		
					7 Jahre: 0		

* Zielparame-ter nicht verfügbar

den klinischen Erfolg hatte. Ebenso hatten die Ausdehnung der Fraktur sowie die Verstärkung des Frakturspaltes mit Komposit (Abb. 1d) in dieser Studie keinen Einfluss auf den klinischen Erfolg der Reattachment-Restauration. Im Gegensatz dazu konnte SPINAS (2004) beobachten, dass sich kleinere Schmelz-Dentin-Frakturen besser mit einem Reattachment des Fragments therapieren lassen als Zähne, bei denen mehr als ein Drittel der klinischen Krone frakturiert war. Während nach einem Beobachtungszeitraum von drei Jahren noch alle wiederbefestigten Fragmente der kleineren Schmelz-Dentin-Frakturen in situ waren, mussten bereits 61% der grösseren Fragmente durch eine Kompositrestauration ersetzt oder ein zweites Mal wiederbefestigt werden. In der Vergleichsgruppe wurden Schmelz-Dentin-Frakturen mit Kompositrestaurationen versorgt. Nach drei Jahren waren noch 53% der kleineren und 72% der grösseren Restaurationen intakt. Nach sieben Jahren war jedoch bei allen Komposit- und Reattachment-Restaurationen eine Neuanfertigung erforderlich (SPINAS 2004).

Generell weisen Klasse-IV-Restaurationen von Schmelz-Dentin-Frakturen, deren Frakturlinie schräg von koronal-bukkal nach palatinal-apikal verläuft, eine geringere Stabilität gegenüber einer erneuten frontalen Krafteinwirkung auf als horizontale oder von bukkal-apikal nach palatinal-koronal verlaufende Frakturen (REIS et al. 2004). Es ist zu daher vermuten, dass die Frakturresistenz von Reattachment-Restaurationen ebenso vom Verlauf der Frakturlinie beeinflusst wird.

Die häufigste Ursache (ca. 50%) für den Verlust von wiederbefestigten Schmelz-Dentin-Fragmenten stellt ein erneutes Trauma dar (ANDREASEN et al. 1995). Als prädisponierende Faktoren hierfür gelten ein vergrösserter Overjet sowie ein inkompletter Lippenschluss (AL KHATEEB et al. 2005; Soriano et al. 2004; TRAEBERT et al. 2003). Weitere 15% der Misserfolge sind auf eine unphysiologische Nutzung der restaurierten Zähne (z.B. Öffnen von Flaschen) zurückzuführen. Bei nur einem Viertel der erneut frakturierten Fragmente tritt der Verlust spontan oder durch physiologische Krafteinwirkung beim Kauen oder Abbeißen auf (ANDREASEN et al. 1995).

Ausblick

Zahlreiche Patientenkasuistiken dokumentieren den klinischen Erfolg von Reattachment-Restaurationen. In vitro sind ferner verschiedene Parameter zur praktischen Durchführung der Fragmentwiederbefestigung untersucht worden, wobei aufgrund der multiplen Präparationstechniken und eingesetzten Materialien sowie der verschiedenen Auswertungsverfahren Vergleiche zwischen den unterschiedlichen Studien schwierig sind. Ausgehend von den Ergebnissen neuerer In-vitro-Untersuchungen kann bislang jedoch festgestellt werden, dass einige Präparationsformen (interne Dentinpräparation, Schmelzanschragung, externe Schmelzrinnen und -kerben) sowie geeignete Haftvermittler mit hohen Haftwerten (Mehrflaschen-Adhäsivsysteme) die Erfolgsaussichten der Reattachment-Restaurationen deutlich steigern können. Obwohl der Erfolg dieser Restaurationen auch klinisch belegt ist, sind weitere klinische Untersuchungen zu Präparationsformen, Befestigungsmaterialien sowie praxisrelevanten Parametern (z.B. Frakturverlauf, Qualität der Zahnhartsubstanz, Einfluss endodontischer Massnahmen) notwendig, um den Langzeiterfolg dieser Versorgung zu optimieren.

Insgesamt ist die Therapie von Kronenfrakturen durch Reattachment-Restaurationen zu befürworten, da in der Regel auch bei einem erneuten Verlust des Fragments noch eine Kompositrestauration möglich ist.

Summary

WIEGAND A, RÖDIG T, ATTIN T: **Treatment of crown fractured incisors: reattachment instead of restoration?** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 115: 1172–1181 (2005)

Crown fractures are the most common form of traumatic dental injuries in the permanent dentition. Reattachment of the coronal fragment to the remaining tooth structure may offer a conservative, esthetic and cost-effective restorative option which has been shown to be an accepted alternative to conventional restoration (resin composite build-up, veneer or crown) of the fractured teeth.

Fragment retention is significantly influenced by reattachment techniques and materials. Regarding reattachment techniques, placement of an internal groove seems advisable when the remnant and the fragment fit well, while an overcontouring should be used when the partial loss of hard tissue must be compensated. Materials used for reattachment seem to be less important than technique for a successful treatment, but adhesives and composite resin materials should correspond to each other. However, up to now, self-etching adhesives have shown less fracture strength of the reattachment than multi-bottle adhesives.

Since many case reports and several clinical studies reported clinical success, further studies are recommended to analyse the impact of reattachment techniques and materials on the long-term survival of fragment bonding.

Résumé

Les fractures coronaires des incisives représentent la forme la plus fréquente des traumatismes en denture définitive. Le collage du fragment dentaire au reste de la dent s'offre comme solution thérapeutique conservatrice et peu coûteuse, alternative à la restauration par résine composite, aux facettes céramiques ou aux couronnes.

La technique autant que le matériel utilisé auront un impact sur la rétention du fragment collé. Il serait judicieux de réaliser une rainure interne au fragment dentaire et au reste de la dent, lorsque ces deux parties s'ajustent bien. Un léger surcontour de composite compensera les pertes de substance dentaire au niveau de la ligne de fracture. Le procédé technique semble plus important que le matériel utilisé, pour autant que l'adhésif et la résine soient compatibles.

Cependant, si on utilise un adhésif automordant («self-etching adhesive»), la stabilité du fragment rattaché semble inférieure à celle obtenue par des adhésifs «multi-bottle».

A ce jour, plusieurs études et «case reports» documentent un succès clinique de cette thérapie. Il est cependant recommandé de faire une évaluation à long terme des techniques de rattachement d'éléments dentaires fracturés.

Literaturverzeichnis

- AL KHATEEB S, AL NIMRI K, ALHAJJA E A: Factors affecting coronal fracture of anterior teeth in North Jordanian children. Dent Traumatol 21: 26–28 (2005)
- ANDREASEN F M, DAUGAARD-JENSEN J, MUNKSGAARD E C: Reinforcement of bonded crown fractured incisors with porcelain veneers. Endod Dent Traumatol 7: 78–83 (1991)
- ANDREASEN F M, FLUGGE E, DAUGAARD-JENSEN J, MUNKSGAARD E C: Treatment of crown fractured incisors with laminate veneer restorations. An experimental study. Endod Dent Traumatol 8: 30–35 (1992)

- ANDREASEN F M, NOREN J G, ANDREASEN J O, ENGELHARDTSEN S, LINDH-STROMBERG U: Long-term survival of fragment bonding in the treatment of fractured crowns: a multicenter clinical study. *Quintessence Int* 26: 669–681 (1995)
- ANDREASEN F M, STEINHARDT U, BILLE M, MUNKSGAARD E C: Bonding of enamel-dentin crown fragments after crown fracture. An experimental study using bonding agents. *Endod Dent Traumatol* 9: 111–114 (1993)
- BADAMI A A, DUNNE S M, SCHEER B: An in vitro investigation into the shear bond strengths of two dentine-bonding agents used in the reattachment of incisal edge fragments. *Endod Dent Traumatol* 11: 129–135 (1995)
- BARATIERI L N, MONTEIRO S JR, CALDEIRA DE ANDRADA M A: Tooth fracture reattachment: case reports. *Quintessence Int* 21: 261–270 (1990)
- BARATIERI L N, MONTEIRO J S, DE ALBUQUERQUE F M, VIEIRA L C, DE ANDRADA M A, MELO FILHO J C: Reattachment of a tooth fragment with a „new“ adhesive system: a case report. *Quintessence Int* 25: 91–96 (1994)
- BASTONE E B, FREER T J, MCNAMARA J R: Epidemiology of dental trauma: a review of the literature. *Aust Dent J* 45: 2–9 (2000)
- BURKE F J: Reattachment of a fractured central incisor tooth fragment. *Br Dent J* 170: 223–225 (1991)
- BURKE F J T, CHEUNG S W, MJÖR I A, WILSON N H F: Restoration longevity and analysis of reasons for the placement and replacement of restorations provided by vocational dental practitioners and their trainers in the United Kingdom. *Quintessence Int* 30: 234–242 (1999)
- CHOSAK A, EIDELMAN E: Rehabilitation of a fractured incisor using the patient's natural crown – A case report. *J Dent Child* 31: 19–21 (1964)
- CHU F C, YIM T M, WEI S H: Clinical considerations for reattachment of tooth fragments. *Quintessence Int* 31: 385–391 (2000)
- DA SILVA A C, PASSERI L A, MAZZONETTO R, DE MORAES M, MOREIRA R W: Incidence of dental trauma associated with facial trauma in Brazil: a 1-year evaluation. *Dent Traumatol* 20: 6–11 (2004)
- DE SANTIS R, PRISCO D, NAZHAT S N, RICCITIELLO F, AMBROSIO L, RENGÓ S, NICOLAIS L: Mechanical strength of tooth fragment reattachment. *J Biomed Mater Res* 55: 629–636 (2001)
- DEAN J A, BULLARD G, LONG R W, MOORE B K, McDONALD S M: Dental fracture fragment attachment: fracture model and luting agent comparisons. *J Indiana Dent Assoc* 83: 7–12 (2004)
- DEAN J A, MINUTILLO A L, MOORE B K: A comparison of a hybrid light-cured glass-ionomer base and liner vs. a light-cured resin tooth fragment attachment. *Pediatr Dent* 20: 49–52 (1998)
- DEMARCO F F, FAY R M, PINZON L M, POWERS J M: Fracture resistance of re-attached coronal fragments – influence of different adhesive materials and bevel preparation. *Dent Traumatol* 20: 157–163 (2004)
- FARIK B, MUNKSGAARD E C, ANDREASEN J O: Fracture strength of fragment-bonded teeth. Effect of calcium hydroxide lining before bonding. *Am J Dent* 13: 98–100 (2000)
- FARIK B, MUNKSGAARD E C, ANDREASEN J O, KREIBORG S: Drying and rewetting anterior crown fragments prior to bonding. *Endod Dent Traumatol* 15: 113–116 (1999)
- FARIK B, MUNKSGAARD E C, ANDREASEN J O, KREIBORG S: Fractured teeth bonded with dentin adhesives with and without unfilled resin. *Dent Traumatol* 18: 66–69 (2002)
- FARIK B, MUNKSGAARD E C, KREIBORG S, ANDREASEN J O: Adhesive bonding of fragmented anterior teeth. *Endod Dent Traumatol* 14: 119–123 (1998a)
- FARIK B, MUNKSGAARD E C, SUH B I, ANDREASEN J O, KREIBORG S: Adhesive bonding of fractured anterior teeth: effect of wet technique and rewetting agent. *Am J Dent* 11: 251–253 (1998b)
- GABRIS K, TARJAN I, ROZSA N: Dental trauma in children presenting for treatment at the Department of Dentistry for Children and Orthodontics, Budapest, 1985–1999. *Dent Traumatol* 17: 103–108 (2001)
- GORACCI C, BERTELLI E, FERRARI M: Bonding to worn or fractured incisal edges: shear bond strength of new adhesive systems. *Quintessence Int* 35: 21–27 (2004)
- HALL D A: Restoration of a shattered tooth. *J Am Dent Assoc* 129: 105–106 (1998)
- HAMDAN M A, RAJAB L D: Traumatic injuries to permanent anterior teeth among 12-year-old schoolchildren in Jordan. *Community Dent Health* 20: 89–93 (2003)
- HAMILTON F A, HILL F J, HOLLOWAY P J: An investigation of dento-alveolar trauma and its treatment in an adolescent population. Part 1: The prevalence and incidence of injuries and the extent and adequacy of treatment received. *Br Dent J* 182: 91–95 (1997)
- JOKSTAD A, MJÖR I A, QVIST V: The age of restorations in situ. *Acta Odontol Scand* 52: 234–248 (1994)
- KOPARAL E, ILGENLI T: Reattachment of a subgingivally fractured central incisor tooth fragment: report of a case. *J Clin Pediatr Dent* 23: 113–115 (1999)
- LOGUERCIO A D, MENGARDA J, AMARAL R, KRAUL A, REIS A: Effect of fractured or sectioned fragments on the fracture strength of different reattachment techniques. *Oper Dent* 29: 295–300 (2004)
- MAIA E A, BARATIERI L N, DE ANDRADA M A, MONTEIRO S JR, DE ARAUJO E M JR: Tooth fragment reattachment: fundamentals of the technique and two case reports. *Quintessence Int* 34: 99–107 (2003)
- MURCHISON D F, BURKE F J, WORTHINGTON R B: Incisal edge reattachment: indications for use and clinical technique. *Br Dent J* 186: 614–619 (1999)
- PAGLIARINI A, RUBINI R, REA M, CAMPESE M: Crown fractures: effectiveness of current enamel-dentin adhesives in reattachment of fractured fragments. *Quintessence Int* 31: 133–136 (2000)
- RAJAB L D: Traumatic dental injuries in children presenting for treatment at the Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, University of Jordan, 1997–2000. *Dent Traumatol* 19: 6–11 (2003)
- RAVIN J J: Follow-up study of permanent incisors with enamel cracks as result of an acute trauma. *Scand J Dent Res* 89: 117–123 (1981)
- REIS A, FRANCCI C, LOGUERCIO A D, CARRILHO M R, RODRIQUES FILHO L E: Re-attachment of anterior fractured teeth: fracture strength using different techniques. *Oper Dent* 26: 287–294 (2001)
- REIS A, KRAUL A, FRANCCI C, DE ASSIS T G, CRIVELLI D D, ODA M, LOGUERCIO A D: Re-attachment of anterior fractured teeth: fracture strength using different materials. *Oper Dent* 27: 621–627 (2002)
- REIS A, LOGUERCIO A D, KRAUL A, MATSON E: Reattachment of fractured teeth: a review of literature regarding techniques and materials. *Oper Dent* 29: 226–233 (2004)
- ROBERTSON A, ANDREASEN F M, BERGENHOLTZ G, ANDREASEN J O, MUNKSGAARD E C: Pulp reactions to restoration of experimentally induced crown fractures. *J Dent* 26: 409–416 (1998)
- SENGUN A, OZER F, UNLU N, OZTURK B: Shear bond strengths of tooth fragments reattached or restored. *J Oral Rehabil* 30: 82–86 (2003)

- SIMONSEN R J: Restoration of a fractured central incisor using original tooth fragment. *J Am Dent Assoc* 105: 646–648 (1982)
- SMALES R J, GERKE D C: Clinical evaluation of four anterior composite resins over 5 years. *Dent Mater* 8: 246–251 (1992)
- SORIANO E P, CALDAS A F JR, GOES P S: Risk factors related to traumatic dental injuries in Brazilian schoolchildren. *Dent Traumatol* 20: 246–250 (2004)
- SPINAS E: Longevity of composite restorations of traumatically injured teeth. *Am J Dent* 17: 407–411 (2004)
- STARKEY P E: Reattachment of a fractured fragment to a tooth – a case report. *J Indiana Dent Assoc* 58: 37–38 (1979)
- TAPIAS M A, JIMENEZ-GARCIA R, LAMAS F, GIL A A: Prevalence of traumatic crown fractures to permanent incisors in a childhood population: Mostoles, Spain. *Dent Traumatol* 19: 119–122 (2003)
- TOVO M F, DOS SANTOS P R, KRAMER P F, FELDENS C A, SARI G T: Prevalence of crown fractures in 8–10 years old schoolchildren in Canoas, Brazil. *Dent Traumatol* 20: 251–254 (2004)
- TRAEBERT J, ALMEIDA I C, MARCENES W: Etiology of traumatic dental injuries in 11 to 13-year-old schoolchildren. *Oral Health Prev Dent* 1: 317–323 (2003)
- TRUSHKOWSKY R D: Esthetic, biologic and restorative considerations in coronal segment reattachment for a fractured tooth: a clinical report. *J Prosthet Dent* 79: 115–119 (1998)
- TURGUT M D, GONUL N, ALTAY N: Multiple complicated crown-root fracture of a permanent incisor. *Dent Traumatol* 20: 288–292 (2004)
- WORTHINGTON R B, MURCHISON D F, VANDEWALLE K S: Incisal edge reattachment: the effect of preparation utilization and design. *Quintessence Int* 30: 637–643 (1999)
- ZERMAN N, CAVALLERI G: Traumatic injuries to permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 9: 61–64 (1993)
- ZUHAL K, SEMRA O E, HUSEYIN K: Traumatic injuries of the permanent incisors in children in southern Turkey: a retrospective study. *Dent Traumatol* 21: 20–25 (2005)