



Online-Wissenstest
zu diesem Beitrag
siehe Seite 636

Restauration von Kronenfrakturen

David Sonntag, Priv.-Doz. Dr. med. dent.

Praxis für Endodontie
Wilhelm-Busch-Straße 42, 35039 Marburg
E-Mail: sonntag@med.uni-marburg.de

Indizes

Frontzahntrauma, Kronenfraktur, Reattachment, Restauration

Zusammenfassung

Beim Frontzahntrauma treten insbesondere an Oberkieferinzisivi häufig Schmelz-Dentin-Absprengungen auf, die mit erheblichen ästhetischen, aber auch funktionellen Einbußen verbunden sind. Ist das frakturierte Zahnfragment noch vorhanden, kann die adäquate Versorgung dieser Hartsubstanzdefekte durch eine adhäsive Wiederbefestigung erfolgen. Bei fehlendem oder unvollständigem Fragment erscheint ein konventioneller Aufbau mit Komposit zumeist als einzig zeitgemäße Soforttherapie. Für das so genannte Reattachment ist die Anwendung von Mehrkomponenten-Adhäsivsystemen mit einem Komposit geringer Viskosität besonders günstig. Ebenso kann eine interne Dentinpräparation die Fragmentstabilität gegenüber anderen Präparations-techniken erhöhen. Bei Beachtung der idealen Indikationsstellung und Anwendung einer die Oberfläche vergrößernden Präparation können 5-Jahres-Überlebensraten von 90 % erreicht werden.

Einleitung

In der bleibenden Dentition stellen Kronenfrakturen mit 26 bis 76 % aller Zahnverletzungen die häufigste Verletzungsform dar¹. Sie werden bei Kindern und Erwachsenen meist durch Sportunfälle, Stürze sowie tätliche Auseinandersetzungen verursacht^{5,17,31}.

Die Restauration von Zahnkronen nach traumatisch bedingten Zahnhartsubstanzdefekten erfolgte häufig durch Kompositfüllungen, Veneers oder Kronen^{7,36}. Eine weitere, seltener genutzte Therapiemöglichkeit zur Wiederherstellung von Zahnform und Kaufunktion ist das so genannte Reattachment des frakturierten Zahnfragments: Das Schmelz-Dentin-Fragment wird adhäsiv an der verbliebenen Zahnhartsubstanz befestigt. Diese Therapievariante kann als konservierendste Möglichkeit der Wiederherstellung angesehen werden. Erstmals wurde 1964 in einer Kasuistik das Reattachment einer Zahnkrone beschrieben⁹. Die Befestigung erfolgte hier mit Zinkoxidphosphatzement und

einem gegossenen Metallstift, der zu einer Stabilisierung führen sollte.

In verschiedenen In-vitro-Studien wurde die adhäsive Wiederbefestigung von Zahnfragmenten nach Befestigung mit unterschiedlichsten Techniken und Materialien bezüglich der Bruchfestigkeit untersucht^{16,20,24,44}. Klinische Studien ergaben gute Resultate bei den kurz- und mittelfristigen Nachkontrollen, aber aussagekräftige Langzeitergebnisse stehen zurzeit noch aus^{31,40}.

In der vorliegenden Übersicht werden sowohl verschiedene Vorgehensweisen diskutiert als auch unterschiedlichen Materialien, Vor- und Nachteile sowie die Erfolgsaussichten des Reattachments erörtert.

Beschaffenheit des Kronenfragments

Für das adhäsive Reattachment von Kronenfragmenten sind der Frakturverlauf, die Reponierbarkeit, die Größe und

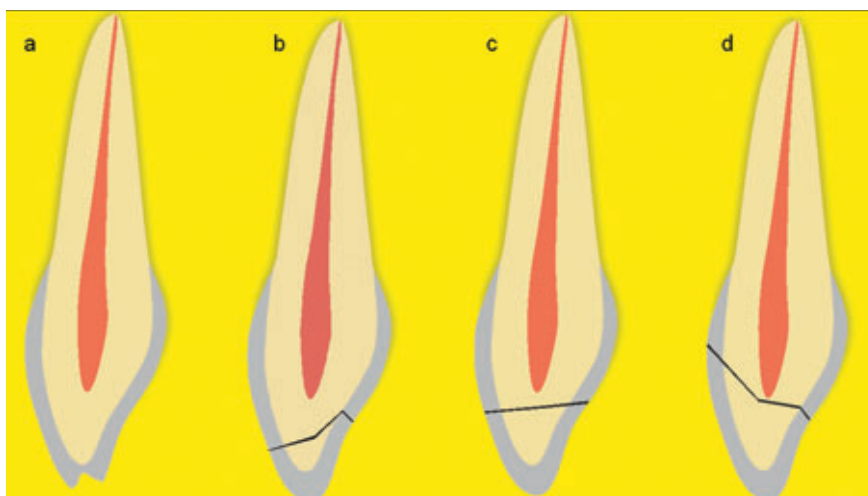


Abb. 1 Frakturverläufe bei Frontzahntrauma. a: Schmelzfraktur; b: Schmelz-Dentin-Fraktur – typischer, für das Reattachment wenig vorteilhafter Frakturverlauf; c: Schmelz-Dentin-Fraktur – für das Reattachment unvorteilhafter Frakturverlauf; d: Schmelz-Dentin-Fraktur – für das Reattachment günstiger Frakturverlauf

Anzahl der Kronenfragmente sowie die Lagerung des Fragments von entscheidender Bedeutung. Bei ausgedehnten Schmelz-Dentin-Frakturen kann die Pulpa eröffnet sein, so dass eine direkte Überkappung oder Pulpotomie erfolgen muss, bevor das Fragment adhäsiv wiederbefestigt wird. Bei reinen Schmelzabsprengungen ist die adhäsive Befestigung des Fragments hingegen nicht erforderlich, so dass die scharfen Kanten am Zahn durch eine punktuelle Applikation eines niedrigviskosen Komposits ausreichend versorgt werden können.

Der Frakturverlauf kann für die Reponierbarkeit des Fragments und die Langlebigkeit des Reattachments entscheidend sein. Bei einer Analyse von Falldarstellungen wurde festgestellt, dass in 80 % der Fälle ein schräger Frakturverlauf von koronal-bukkal nach palatinal-apikal vorliegt²⁹ (Abb. 1). Dieser Frakturverlauf ist jedoch ungünstig, wenn Kräfte von labial auf das adhäsiv befestigte Fragment wirken¹⁴. Bei einem annähernd horizontalen Frakturverlauf besteht eine noch geringere Resistenz gegen labial auftretende Kräfte, da in diesem Fall nur eine kleine Adhäsivfläche für den Verbund vorhanden ist³⁵. Der günstigste Verlauf für ein dauerhaftes Reattachment liegt bei einer Schrägfraktur nach bukkal-apikal in palatinal-koronaler Richtung vor, denn bei einer erneuten frontalen Kräfteinwirkung kann eine gute Unterstützung des Fragments durch die intakte Zahnhartsubstanz gewährleistet werden¹⁴.

Wenn multiple Fragmente vorliegen, ist die Fragmentbefestigung zumeist mit ästhetischen Einschränkungen verbunden und daher eine adhäsive Restauration mit Kom-

positmaterialien vorzuziehen. Soll dennoch ein Reattachment durchgeführt werden, sind zunächst die einzelnen Bruchstücke miteinander zu verbinden, bevor das gesamte Fragment an dem Zahn befestigt wird. Wenn die extraorale Verbindung der Fragmente gelungen ist, muss die Passung am Zahnstumpf erneut geprüft werden. Bei dieser Überprüfung ist vom Behandler die Entscheidung zu treffen, ob die Passgenauigkeit und die voraussichtliche Ästhetik für ein Reattachment ausreichen oder ob eine andere Restaurationsart gewählt werden sollte.

Unabhängig vom Frakturverlauf ist eine sehr gute Reponierbarkeit die Grundlage eines dauerhaften, ästhetisch ansprechenden Verbundes zwischen Zahn und Fragment. Aufgrund individuell extrem unterschiedlich verlaufender Frakturlinien fällt die ideale Einschubrichtung für jedes Fragment verschieden aus. Es empfiehlt sich, das Reponieren eines Fragments nach Anlegen von Kofferdam auch bei guter Passung unbedingt mehrfach durchzuführen. Erst wenn die exakte Reposition vorhersagbar gelingt, sollte mit der Vorbereitung der adhäsiven Wiederbefestigung begonnen werden. Obwohl die Adhäsivtechnik mit heutigen Werkstoffen bei relativer Trockenheit hervorragend gelingt, bietet der Kofferdam zweifellos den besten Schutz vor Ingestion, Aspiration sowie Herunterfallen und Suchen der Fragmente. Bei der Kontrolle der Reponierbarkeit des Fragments kann ein makroskopisch spaltfreier Sitz vorliegen, es können aber unter Umständen auch Absprengungen im Randbereich des Hauptfragments zu Spaltbildungen führen, die ohne optische Vergrößerung nicht erkennbar sind. Für den Umgang mit vorhandenen Spalten

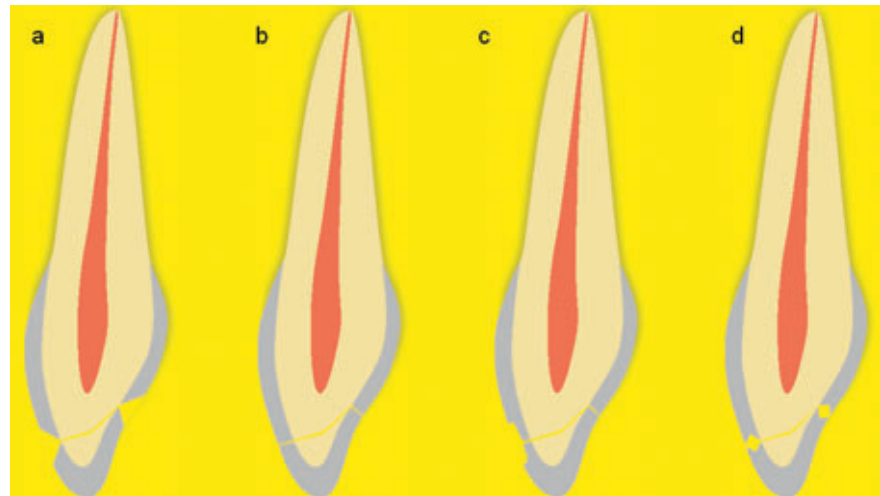


Abb. 2 Schmelz-Dentin-Fragmente vor adhäsivem Reattachement. a: zirkumferente Ansträngung des Schmelzes; b: Reattachement ohne jegliche Präparation; c: Schmelznut für die Aufnahme von Komposit zur Überschichtung des Frakturspalts; d: interne Schmelzpräparation

zwischen Zahn und Fragment wurden verschiedene minimalinvasive Präparationstechniken beschrieben, die im Folgenden dargestellt werden.

Erscheint eine exakte Adaptation nicht möglich, sollte der Zahn mit einer Kompositrestauration oder einem Veneer versorgt werden^{23,25}. Ein weiterer Einflussfaktor für ein erfolgreiches Reattachement ist die Lagerung des Fragments vor der Reposition. Eine 1-stündige trockene Lagerung verursacht noch keine Reduktion der Haftfestigkeit¹⁸, bei längerer trockener Lagerung kommt es jedoch durch die Dehydratation zum Kollabieren der Kollagenfasern. Wurde das Fragment über mehrere Stunden trocken gelagert, sollte es nach Reinigung mit Chlorhexidinlösung für 24 Stunden in steriler Kochsalzlösung gelagert werden, um den Feuchtigkeitsverlust zu kompensieren^{10,18}. Auch ohne eine zuverlässige Auskunft des Patienten zur Fragmentlagerung ist ein ausgetrocknetes Fragment sofort daran zu erkennen, dass es erheblich heller als der in der Mundhöhle verbliebene Zahnstumpf erscheint.

Vorbereitung von Kronenfragment und Zahn

Es wurden verschiedene Präparationstechniken beschrieben, die eine Vergrößerung der Adhäsionsfläche von Zahn und Fragment bewirken und damit zu einer verbesserten Haltbarkeit der Kronenfragmente führen sollen.

Über die zirkumferente Schmelzanschrägung von Kronenfragment und Zahnstumpf wird in mehreren

Falldarstellungen berichtet (Abb. 2). Sie dient sowohl einer Vergrößerung der potenziellen Retentionsfläche als auch einer qualitativ verbesserten Haftung durch schräg angeschnittene Schmelzprismen^{36,42}. Diese Technik scheint insbesondere bei unregelmäßig verlaufendem Frakturrand empfehlenswert zu sein³⁵.

Eine weitere Präparationstechnik besteht im Anlegen einer V-förmigen Kerbe nur im Schmelz³⁷. Diese eher theoretisch anmutende Technik ist schwierig durchzuführen, da die Dicke des Schmelzes von Frontzähnen sich schlecht einschätzen lässt und kaum reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen sind³⁵.

Das Anlegen einer fazialen Nut an der Frakturlinie nach dem Reattachement wird ebenfalls beschrieben^{2,11} (vgl. Abb. 2, Figur c). Nach der Präparation erfolgt ein Befüllen dieser Rinne mit Komposit und somit eine Stabilisierung des Fragments. Auch eine Überkonturierung an der fazialen Glatfläche ohne vorherige Präparation wird von einigen Klinikern angewendet, um einerseits einen voraussichtlich sichtbaren Frakturspalt nach dem Reattachement zu maskieren und andererseits die Stabilität des Fragments zu erhöhen³⁴.

Eine weitere Präparationsmethode stellt das Anlegen einer internen Dentinaushöhlung dar^{4,42}. Diese Technik bietet sich an, um die Adhäsionsfläche des Fragments zu erhöhen und/oder ein ausreichendes Platzangebot für die Präparate einer indirekten oder direkten Überkappung zu schaffen^{5,6}. Des Weiteren kann mit dieser Präparation die Zahnfarbe durch Verwendung geeigneter Komposite modifiziert werden⁴.



Abb. 3a Klinisches Bild einer komplizierten Schmelz-Dentin-Fraktur nach Sturz auf eine Steintreppe. Die 20-jährige Patientin erschien aufgrund der palatinal tiefen Frakturlinie mit den Fragmenten in situ



Abb. 3b Röntgenologische Darstellung der frakturierten Zahnkrone mit deutlich erkennbarer tiefer Frakturlinie unter Beteiligung der Pulpa

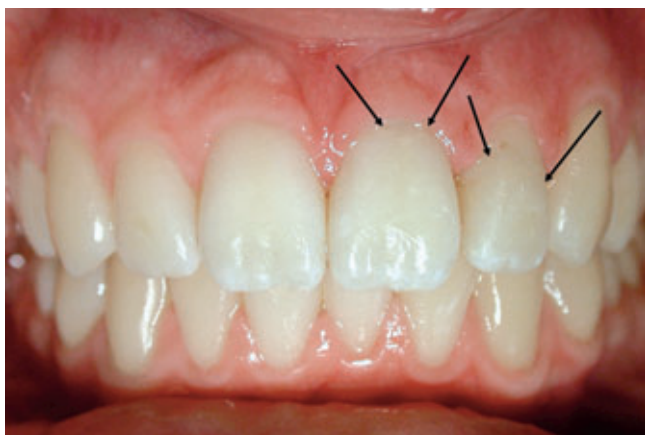


Abb. 3c Klinische Situation 1 Jahr nach Reattachment der am Schmelz nicht veränderten, unbeschiffenen Fragmente. Die Gingiva ist reizlos, die Fragmente befinden sich in situ. Trotz minimal erkennbarer Frakturlinien konnte eine hervorragende Ästhetik gewährleistet werden



Abb. 3d Röntgenologische Darstellung 1 Jahr nach Reattachment mit niedrigviskösem Komposit. Die interne Dentinaushöhlung ist anhand des erhöhten Röntgenkontrasts des Komposit deutlich erkennbar

Manche Autoren bevorzugen ein Reattachment ohne jegliche Präparation, wobei diese Möglichkeit vorzugsweise bei gut reponierbaren Schmelz-Dentin-Flächen Anwendung finden sollte^{26,30} (Abb. 3a bis d).

Angesichts dieser zahlreichen Vorschläge zur Wiederbefestigung stellt sich die Frage, ob es eine allgemein empfehlenswerte Technik gibt.

Im Vergleich zu intakten, nicht restaurierten Zähnen beträgt die Frakturresistenz nach Reattachment von nicht präparierten Fragmenten lediglich 50 bis 60 %^{28,39,44}. Gegenüber Kompositrestaurationen ist die Frakturresistenz

wiederbefestigter Fragmente ohne Präparation um 55 bis 70 % reduziert. Die Präparation einer zirkumferenten Schmelzanschrägung an Fragment und traumatisiertem Zahnstumpf erhöhte die Haftfestigkeit, die jedoch nicht die Werte einer Kompositrestauration oder eines gesunden Zahnes erreicht^{13,24,33}. Die Dentinaushöhlung und die Überkonturierung zeigten zwar die höchste Belastbarkeit nach Reattachment, ohne jedoch die gleiche Stabilität wie bei gesunden Zähnen zu erreichen, die beispielsweise mit Kompositaufbauten erlangt werden konnte¹⁰. Im Gegensatz zu den bisher vorgefundenen Ergebnissen stellten Reis



et al.³³ allerdings fest, dass sowohl die Überkonturierung nach Reattachment als auch die Dentinaushöhlung vor dem Reattachment zu einer ähnlichen Frakturresistenz wie bei gesunden Zähnen führen. Keinen Einfluss der Präparationstechnik auf die Verbundfestigkeit zwischen Fragment und Zahn stellten *Worthington et al.*⁴⁴ fest. Diese heterogenen Ergebnisse von In-vitro-Untersuchungen sind auf unterschiedliche Testverfahren, Frakturausdehnungen und Frakturverläufe zurückzuführen, deren Vergleich miteinander kaum möglich erscheint. Bis heute liegt nur eine klinische Untersuchung vor, die ein Reattachment mit und ohne zirkumferente Schmelzpräparation vergleicht². Keine der beiden hier untersuchten Versuchsgruppen konnte eine Überlegenheit gegenüber der anderen Gruppe aufweisen.

Die vielschichtige Datenlage zeigt, dass die Frage, mit welcher Präparationstechnik die besten Haftwerte und die größte Frakturresistenz erzielt werden können, nicht eindeutig zu beantworten ist. Ein wesentlicher Einflussfaktor für erneut auftretende Frakturen scheint jedoch die Anprallgeschwindigkeit eines Gegenstandes auf das Fragment zu sein. Für die meisten Verbindungen gilt somit: Je höher die Geschwindigkeit eines Fremdkörpers, der auf das befestigte Fragment trifft, umso geringer der Widerstand gegen eine erneute Fraktur¹⁹.

Anwendung und Auswahl von Dentinadhäsiven

Die zahlreichen auf dem Markt verfügbaren Adhäsivsysteme führen zwangsläufig auch zu einer hohen Materialvielfalt im Bereich der adhäsiven Fragmentbefestigung, die eine valide Anwendungsempfehlung stark erschwert. Einzelne Untersuchungsgruppen verwendeten zum Reattachment ausschließlich ein Adhäsivsystem ohne zusätzliche Anwendung eines Kompositwerkstoffs^{1,28,32}. Bei vollständigem Verzicht auf Kompositwerkstoffe erreichten befestigte Fragmente lediglich 40 bis 60 % der Frakturresistenz gesunder Zähne^{3,20}. Beim Vergleich zwischen der alleinigen Verwendung eines Adhäsivsystems und dem zusätzlichen Einsatz von Komposit konnten bei guter Primärpassung zwischen Fragment und Zahnkrone jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den ermittelten Haftwerten festgestellt werden³⁴. Eine klinische Untersuchung, in der zwischen einer selektiven Schmelzätzung ohne Dentinkonditionierung sowie einer Schmelz- und Dentinkonditionierung verglichen wurde, führte zu dem Ergebnis, dass das Vorgehen

ohne Dentinkonditionierung mit einer signifikant geringeren Überlebensrate verbunden war².

Das verwendete Adhäsivsystem kann einen Einfluss auf die langfristige Verbundfestigkeit haben. Mehrflaschen-Adhäsivsysteme mit separater Ätzung von Schmelz bzw. Schmelz und Dentin bewirkten eine bessere Fragmenthaftung als Einflaschen-Adhäsivsysteme oder selbststän-dende Haftvermittler^{22,32}. Bei Untersuchungen an Klasse-V-Kavitäten führten dreischrittige ethanol- oder wasserbasierte Adhäsive (z. B. Optibond oder Scotchbond MP) zu den besten Ergebnissen in Bezug auf Haltbarkeit und Langlebigkeit. Gleichzeitig erbrachten einschrittige All-in-one-Adhäsive (z. B. Prompt-L-Pop) eine nur geringe dauerhafte Haltbarkeit und erscheinen somit zurzeit wenig empfehlenswert^{12,41}.

Selbstverständlich spielt auch die Beachtung der Herstellerempfehlungen bei der Anwendung der Adhäsivsysteme eine wichtige Rolle. So ist beispielsweise beim Auftrag des Adhäsivsystems der Verwendung einer Microbrush gegenüber einem normalen Pinsel bei Benetzung des Dentins der Vorzug zu geben²¹. Eine unzureichende Adhäsion kann zu Undichtigkeiten (leakage), Randverfärbungen, Randabbrüchen bis hin zum Füllungsverlust bei stark beanspruchten, wenig makroretentiven Kavitäten führen²⁷.

Anwendung von Befestigungsmaterialien

Neben den unterschiedlichen Adhäsivsystemen wird die Anwendung verschiedener Befestigungsmaterialien wie fließfähiger oder hochvisköser Komposite bzw. licht- oder dualhärtender Kompositmaterialien empfohlen, um den Haftverbund zwischen Fragment und Zahn zu verbessern und Zahnhartsubstanzdefekte auszugleichen. *Farik et al.*²⁰ und *Dean et al.*¹⁵ konnten keine Unterschiede bei der Verwendung unterschiedlicher Komposite hinsichtlich der Haftwerte feststellen, sofern keine zusätzliche Präparation stattfand.

Beim Einsatz dualhärtender Kompositmaterialien resultierten geringere Haftwerte im Vergleich zu chemisch härtendem und lichthärtendem Komposit¹⁶. Allerdings wurde bei der Verwendung von chemisch oder dualhärtenden Kompositen im Gegensatz zu lichthärtenden Kompositen über eine Verfärbung des Frakturspalts berichtet³⁵. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Kompatibilität zwischen dem Adhäsivsystem und dem Befestigungsmaterial³⁵. Eine Hemmung der Polymerisation könnte z. B. auftreten, wenn



die sauren Monomere aus selbststützenden Adhäsivsystemen mit den Katalysatoren chemisch härtender Komposite reagieren⁴³. Ein weiterer Nachteil bei der Anwendung chemisch und dualhärtender Komposite besteht in dem teilweise noch erforderlichen manuellen Anmischen der Komponenten (Base und Katalysator). Daraus können sowohl Mischungsfehler als auch Luftsinschlüsse resultieren³⁵.

Retrospektive Langzeituntersuchungen

Trotz zahlreicher Falldarstellungen, die ein erfolgreiches Reattachment belegen, existieren nur wenige klinische Studien zur Überlebensrate derartiger Restaurationen^{2,8}.

In einem Beobachtungszeitraum von 10 Jahren wurden in einer skandinavischen multizentrischen Studie 334 mittels Reattachment versorgte Schmelz-Dentin-Frakturen nachuntersucht². Bei alleiniger Schmelzätzung der Fragmente betrug die 50%-Überlebensrate 12 Monate und die 25%-Überlebensrate 6,5 Jahre. Für die Schmelz- und Dentinkonditionierung ergaben sich eine 50%-Überlebensrate von 30 Monaten und eine 25%-Überlebensrate von 7,5 Jahren. Bei 20 Patienten wurden sowohl eine direkte Kompositrestauration als auch ein Reattachment durchgeführt. Hier betrug die Überlebensdauer des wiederbefestigten Fragments im Mittel 784 Tage und die der Kompositrestauration im Mittel 701 Tage. Allerdings war dieser Unterschied statistisch nicht signifikant².

In einer weiteren retrospektiven Studie wurden 84 Zähne nach Frontzahntrauma nachuntersucht. Bei 10 Zähnen erfolgte ein Reattachment, bei 74 Zähnen eine Kompositrestauration. 9 der 10 adhäsiv befestigten Fragmente waren nach 5 Jahren noch in situ⁸.

Spinas³⁸ zeigte in einer Studie, dass bei kleineren Schmelz-Dentin-Frakturen ein Reattachment erfolgreicher ist als bei Zähnen, bei denen mehr als ein Drittel der Krone frakturierte. Nach einem Beobachtungszeitraum von 3 Jahren waren noch alle kleineren adhäsiv befestigten Fragmente in situ, während bei den größeren Fragmenten schon 61 % durch eine Kompositrestauration ersetzt werden mussten oder ein erneutes Reattachment notwendig war. In der Vergleichsgruppe, in der die Frakturen mit Kompositrestaurationen versorgt wurden, waren nach 3 Jahren 53 % der kleineren und 72 % der größeren Versorgungen intakt.

Eine Überlebensrate von 100 % der wiederbefestigten Fragmente publizierten *Yilmaz et al.*⁴⁵. Der Beobachtungszeitraum beschränkte sich bei der Fallserie von 11 Patienten jedoch auch auf 1 bis 24 Monate.

Schlussfolgerungen

Hinweise auf eine erhöhte Fragmentfestigkeit nach Dentinaushöhlung lassen diese Präparationstechnik aufgrund einer uneingeschränkten Ästhetik als am besten geeignet erscheinen. Die Anwendung der Schmelz- und Dentinadhäsivtechnik mit einem Dreikomponenten-Adhäsivsystem lässt sich ohne Vorbehalte empfehlen. Das neben dem Adhäsivsystem verwendete lighthärtende Kompositmaterial sollte auf Kompatibilität mit dem Adhäsivsystem geprüft sein.

Der Erfolg der adhäsiven Fragmentbefestigung konnte in zahlreichen Falldarstellungen belegt werden. Das adhäsive Reattachment erscheint somit als minimalinvasive Soforttherapie empfehlenswert.

Literatur

1. Andreasen FM, Andreasen JO. Crown fractures. In: Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L (eds). Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. 4. ed. Copenhagen: Munksgaard, 2007:280-313.
2. Andreasen FM, Noren JG, Andreasen JO, Engelhardt S, Lindh-Stromberg U. Long-term survival of fragment bonding in the treatment of fractured crowns: a multicenter clinical study. *Quintessence Int* 1995;26:669-681.
3. Badami AA, Dunne SM, 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* 1995;11:129-135.
4. Baratieri LN, Monteiro S Jr, Andrada MA. Esthetics – Direct adhesive restorations on fractured anterior teeth. Chicago: Quintessence, 1998:135-205.
5. Baratieri LN, Monteiro S Jr, Caldeira de Andrada MA. Tooth fracture reattachment: case reports. *Quintessence Int* 1990;21:261-270.
6. Baratieri LN, Monteiro JS, de Albuquerque FM, Vieira LC, de Andrada MA, Melo Filho JC. Reattachment of a tooth fragment with a „new“ adhesive system: a case report. *Quintessence Int* 1994;25:91-96.
7. Buonocore MG, Davila J. Restoration of fractured anterior teeth with ultraviolet-light-polymerized bonding materials: a new technique. *J Am Dent Assoc* 1973;86:1349-1354.
8. Cavalleri G, Zerman N. Traumatic crown fractures in permanent incisors with immature roots: a follow-up study. *Endod Dent Traumatol* 1995;11:294-296.
9. Chosack A, Eidelmann E. Rehabilitation of a fractured incisor using the patient's natural crown: Case report. *J Dent Child* 1964;31:19-21.
10. Chu FC, Yim TM, Wei SH. Clinical considerations for reattachment of tooth fragments. *Quintessence Int* 2000;31:385-391.
11. Davis MJ, Roth J, Levi M. Marginal integrity of adhesive fracture restorations: chamfer versus bevel. *Quintessence Int Dent Dig* 1983;14:1135-1146.
12. De Munck J, van Landuyt K, Peumans M et al. A critical review of the durability of adhesion



- to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005;84:118-132.
13. De Santis R, Prisco D, Nazhat SN et al. Mechanical strength of tooth fragment reattachment. *J Biomed Mater Res* 2001; 55:629-636.
 14. Dean JA, Avery DR, Swartz ML. Attachment of anterior tooth fragments. *Pediatr Dent* 1986;8:139-143.
 15. Dean JA, Minutillo AL, Moore BK. A comparison of a hybrid light-cured glass-ionomer base and liner vs. a light-cured resin tooth fragment attachment. *Pediatr Dent* 1998;20:49-52.
 16. Demarco FF, Fay RM, Pinzon LM, Powers JM. Fracture resistance of re-attached coronal fragments – influence of different adhesive materials and bevel preparation. *Dent Traumatol* 2004;20:157-163.
 17. Ellis E III, Moos KF, el Attar A. Ten years of mandibular fractures: an analysis of 2,137 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985;59:120-129.
 18. Farik B, Munksgaard EC, Andreasen JO, Kreiborg S. Drying and rewetting anterior crown fragments prior to bonding. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:113-116.
 19. Farik B, Munksgaard EC, Andreasen JO, Kreiborg S. Fractured teeth bonded with dentin adhesives with and without unfilled resin. *Dent Traumatol* 2002;18:66-69.
 20. Farik B, Munksgaard EC, Kreiborg S, Andreasen JO. Adhesive bonding of fragmented anterior teeth. *Endod Dent Traumatol* 1998;14:119-123.
 21. Ferrari M, Vichi A, Grandini S, Geppi S. Influence of microbrush on efficacy of bonding into root canals. *Am J Dent* 2002;15:227-231.
 22. Goracci C, Bertelli E, Ferrari M. Bonding to worn or fractured incisal edges: shear bond strength of new adhesive systems. *Quintessence Int* 2004;35:21-27.
 23. Hall DA. Restoration of a shattered tooth. *J Am Dent Assoc* 1998;129:105-106.
 24. Loguercio AD, Mengarda J, Amaral R, Kraul A, Reis A. Effect of fractured or sectioned fragments on the fracture strength of different reattachment techniques. *Oper Dent* 2004; 29:295-300.
 25. Maia EA, Baratieri LN, de Andrada MA, Monteiro S Jr, de AE Jr. Tooth fragment reattachment: fundamentals of the technique and two case reports. *Quintessence Int* 2003; 34:99-107.
 26. Martens LC, Beyls HM, de Craene LG, d'Hauwers RF. Reattachment of the original fragment after vertical crown fracture of a permanent central incisor. *J Pedod* 1988; 13:53-62.
 27. Mjör IA, Shen C, Eliasson ST, Richter S. Placement and replacement of restorations in general dental practice in Iceland. *Oper Dent* 2002;27:117-123.
 28. Munksgaard EC, Hoytved L, Jorgensen EH, Andreasen JO, Andreasen FM. Enamel-dentin crown fractures bonded with various bonding agents. *Endod Dent Traumatol* 1991;7:73-77.
 29. Murchison DF, Worthington RB. Incisal edge reattachment: literature review and treatment perspectives. *Compend Contin Educ Dent* 1998;19:731-734,736,738.
 30. Osborne JW, Lambert RL. Reattachment of fractured incisal tooth segment. *Gen Dent* 1985;33:516-517.
 31. Öz IA, Haytac MC, Toroglu MS. Multidisciplinary approach to the rehabilitation of a crown-root fracture with original fragment for immediate esthetics: a case report with 4-year follow-up. *Dent Traumatol* 2006;22:48-52.
 32. Pagliarini A, Rubini R, Rea M, Campese M. Crown fractures: effectiveness of current enamel-dentin adhesives in reattachment of fractured fragments. *Quintessence Int* 2000; 31:133-136.
 33. Reis A, Francci C, Loguercio AD, Carrilho MR, Rodrigues Filho LE. Re-attachment of anterior fractured teeth: fracture strength using different techniques. *Oper Dent* 2001; 26:287-294.
 34. Reis A, Kraul A, Francci C et al. Re-attachment of anterior fractured teeth: fracture strength using different materials. *Oper Dent* 2002; 27:621-627.
 35. Reis A, Loguercio AD, Kraul A, Matson E. Reattachment of fractured teeth: a review of literature regarding techniques and materials. *Oper Dent* 2004;29:226-233.
 36. Simonsen RJ. Traumatic fracture restoration: an alternative use of the acid etch technique. *Quintessence Int Dent Dig* 1979;10:15-22.
 37. Simonsen RJ. Restoration of a fractured central incisor using original tooth fragment. *J Am Dent Assoc* 1982;105:646-648.
 38. Spinaz E. Longevity of composite restorations of traumatically injured teeth. *Am J Dent* 2004; 17:407-411.
 39. Stellini E, Stomaci D, Stomaci M, Petrone N, Favero L. Fracture strength of tooth fragment reattachments with postpone bevel and overcontour reconstruction. *Dent Traumatol* 2008;24:283-288.
 40. Toshihiro K, Rintaro T. Rehydration of crown fragment 1 year after reattachment: a case report. *Dent Traumatol* 2005;21:297-300.
 41. Van Meerbeek B, van Landuyt K, de Munck J et al. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J* 2005;24:1-13.
 42. Walker M. Fractured-tooth fragment reattachment. *Gen Dent* 1996;44:434-436.
 43. Wiegand A, Rödiger T, Attin T. Die Therapie von Kronenfrakturen bei Frontzähnen – Reattachment statt Restauration? *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2005;115:1172-1181.
 44. Worthington RB, Murchison DF, Vandewalle KS. Incisal edge reattachment: the effect of preparation utilization and design. *Quintessence Int* 1999;30:637-643.
 45. Yilmaz Y, Zehir C, Eyuboglu O, Belduz N. Evaluation of success in the reattachment of coronal fractures. *Dent Traumatol* 2008;24:151-158.

