

Korrekturfüllung – Möglichkeiten und Durchführung

Zusammenfassung

Für die Durchführung von Korrekturen an plastischen oder Ein-Stück-Restaurationen sind in den letzten Jahren Verfahren und Materialien entwickelt und untersucht worden, die einen Verbund der unterschiedlichen Oberflächen erlauben und einen angemessenen Langzeiterfolg erwarten lassen. Als universelles Reparaturmaterial ist Komposit gut geeignet. Plastische Füllungen aus Komposit und Amalgam können intraoral mit Aluminiumoxid-Pulver abgestrahlt, die Vorbehandlung der Zahnhartsubstanzen in der Kavität konventionell mit Schmelz-Ätz-Technik vorgenommen werden. An metallischen und keramischen Restaurationen können konventionelle Methoden keine mikroretentive Oberfläche erzeugen. Intraorales Abstrahlen mit Siliziumoxid-Pulver und Auftragen eines Silans können einen dauerhaften Verbund stabilisieren. Die Vorbehandlung der Zahnhartsubstanzen erfolgt zusätzlich mit konventionellen Methoden. Für den Langzeiterfolg ist nicht entscheidend, ob das ursprüngliche Material verwendet wurde. Das Adhäsiv muss jedoch dem Reparaturkunststoff angepasst sein. Bei Anwendung der Abstrahlverfahren sollten Hygiene- und Vorsichtsmassnahmen eingehalten werden.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 114: 1003–1011 (2004)

Schlüsselwörter: Korrekturfüllung, Aluminiumoxid-Pulver, intraorales Abstrahlen, Silikatisierung, Silanisierung

Zur Veröffentlichung angenommen: 25. Juni 2004

MAGDALENA FOITZIK und THOMAS ATTIN

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

Literaturübersicht

Einleitung

Eine wissenschaftliche Betrachtung zahnärztlicher Füllungsreparaturen sowie die Erstellung eines Leitfadens zur Durchführung von Korrekturfüllungen (Synonym in der Literatur: Füllungsreparatur, Reparaturfüllung) vor dem Hintergrund evidenzbasierter Zahnmedizin erscheint äusserst schwierig. Seit Jahren weisen In-vitro-Studien sehr uneinheitliche Ergebnisse auf. Bedingt durch die unterschiedlichen Ansätze und verwendeten Materialien, die den Studienverlauf entsprechend prägen, ist es schwierig, Studien miteinander zu vergleichen. Zudem existieren kaum Ergebnisse aus In-vivo-Studien, mit Ausnahme einiger Erfahrungsberichte und Einzelfalldarstellungen, welche aber regelmässig publiziert wurden (LACY et al. 1988; LACY 1989; KERN et al. 1991a, b; RIVERA-MORALES et al. 1992; MILLER 1997; MARGEAS 2002). In der Ausbildung der Studierenden werden Füllungsreparaturen im unterschiedlichen Rahmen unterrichtet, z.B. in England, Irland, Deutschland oder Skandinavien (BLUM et al. 2003).

Korrespondenzadresse:

ZÄ Dr. M. Foitzik

Abteilung Zahnerhaltung, Präventive Zahnheilkunde und Parodontologie, Georg-August-Universität Göttingen,

Robert-Koch-Str. 40, D-37075 Göttingen

Telefon +49-551-3912731/+49-551-2877

Fax +49-551-2037

E-Mail: Magdalena.Foitzik@med.uni-goettingen.de

Zur Füllungsreparatur werden zumeist Kompositwerkstoffe eingesetzt. Mit Hilfe der in den letzten Jahren untersuchten und vorgestellten Verfahren und Materialien ist eine Reparatur aus funktionellen, ästhetischen und finanziellen Gesichtspunkten gerechtfertigt und der Verbund des Reparaturkomposits selbst zwischen vorhandenem Komposit und Metall sowie Keramik möglich (KERN et al. 1991a, b; BELDNER & MARX 1992; KERN & THOMPSON 1994; GOHARIAN et al. 2002). Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die Reparatur einer vorhandenen Restauration einer Neuanfertigung im Einzelfall vorzuziehen. Zwar erreichen Füllungsreparaturen nicht die Langzeitergebnisse «unreparierter» Füllungen oder Restaurationen (PENNING 2001) und werden als temporäre Lösung betrachtet (LANG & GRAMSCH 2003). Andererseits wurde aber gezeigt, dass z. B. die Verbundfestigkeit von Reparaturkomposit an «älterem Komposit» ca. 60–70% der geforderten Haftkräfte einer neu gelegten Füllung an Schmelz entsprechen (SWIFT et al. 1992, 1994). Dies bedeutet, dass durchaus von einem ausreichend starken kohäsiven Verbund «des neuen Komposits am alten Komposit» ausgegangen werden kann. Auch die Ausweitung der Indikation der Reparatur auf Farbkorrekturen vorhandener Restaurationen nach Bleichtherapie oder die Füllungstherapie in der Geriostomatologie (ETTINGER 1990) und Kinderzahnheilkunde (CROLL 1997) (zeitl. Belastungsfaktor) macht Reparaturen zu einem künftig wichtigen Bestandteil des zahnärztlichen Leistungsspektrums. In diesem Zusammenhang ist es von Bedeutung, dass auch Kompomere, die häufig in der Kinderzahnheilkunde zum Einsatz kommen, ausreichend für einen begrenzten Zeitraum repariert werden können (PUCKETT et al. 1991; YAP et al. 1998). Zur Reparatur von Glasionomerefüllungen liegen keine Untersuchungen vor, möglich wäre aber eine Korrektur einer durch die Füllung verlaufenden Fraktur (KAMANN & GÄNGLER 2000). Dieser Therapieansatz könnte z. B. im Rahmen der Behandlung von Kindern mit geringer Compliance das Therapiespektrum im gegebenen Fall erweitern. Amalgamfüllungen sollten immer wenn möglich zuerst «repariert» werden, da hierdurch nicht nur der vermeidliche Zahnhartsubstanzverlust vermieden (BARBAKOW et al. 1989), sondern auch die Halbwertszeit von 4,25 Jahren auf 10,5 Jahre durch Unterhalt erhöht werden kann (ELDERTON 1977). Praktische und ökonomische Gesichtspunkte, wie Zeit- und Kostenersparnis, machen Reparaturen sowohl für den Zahnarzt als auch für den Patienten interessant. Darüber hinaus wurde gezeigt, dass es beim Füllungs austausch in der Regel zu einer Verbreiterung bzw. Vergrößerung der ursprünglichen Kavität kommt (ELDERTON 1977, KREJCI et al. 1998). Vor allem bei farblich gut an die Zahnfarbe angepassten, zumeist adhäsiv-verankerten Restaurationen ist die komplette Entfernung des Restaurationsmaterials erheblich erschwert und führt zu einer zum Teil ungünstigen Vergrößerung des Kavitätensvolumens.

Klinische Studien zeigten, dass sich Füllungsreparaturen bei sorgfältiger Durchführung über einen Zeitraum von bis zu acht Jahren bewähren können (CROLL 1990). Sie sollten daher heute nicht mehr als Pfusch abgestempelt werden, wie dies in früheren Jahren der Fall war. KAMANN & GÄNGLER (2000) unterscheiden die Füllungsreparatur (Polituren oder okklusale Adjustierungen) von der Reparaturfüllung, welche durch zusätzliche Präparationsmassnahmen als zentrale oder periphere Reparaturfüllung gekennzeichnet ist. Auch ihre Einteilung hinsichtlich der Materialien (homo- und heterotype Reparatur) und des Zeitpunktes (Früh- oder Spätreparatur) kann als klinischer Parameter betrachtet werden und hat Einfluss auf die Qualität und Langzeitprognose der Reparatur sowie auf das praktische Vorgehen.

Zu welchen der beiden Formen die füllungs- oder restaurations-erhaltende Massnahme definitionsgemäss auch gehören mag, spielt aus therapeutischer Sicht keine wesentliche Rolle, solange die zahnärztliche Behandlung Folgeschäden (s.o.) minimiert (DALLARI & ROVATTI 1988; LÖE 1994) und die Bedingungen, welche zum Scheitern der ursprünglichen Restauration geführt haben, vorausschauend analysiert (MCLEAN 1990) und beseitigt werden. Auch im Hinblick auf den heutigen Kenntnisstand in der Prävention und des Kariesrisikos muss eine einen Randspalt aufweisende Füllung bei niedrigem Kariesrisiko nicht komplett erneuert werden (KAMANN & GÄNGLER 2000). Als wichtige Voraussetzung für die Indikation zur Reparaturfüllung gilt es, dass durch die Reparatur Folgeschäden vom Zahn abgewendet werden. Dies impliziert vor allem, dass kariöse Bereiche sicher exkaviert und anschliessend wieder versiegelt werden können. Eine Langzeitstudie verglich den Zehnjahreserfolg minimaler Restaura-tionen mit der Fragestellung, ob Karies vollständig entfernt werden muss (MERTZ-FAIRHURST et al. 1998). Die Ergebnisse ergaben, dass die vollständige Entfernung von Karies die Überlebensdauer einer Restauration um 12% verlängert. Ausschlaggebend scheint ein dichter Randschluss zu sein.

Der Versuch vollständiger Kariesentfernung ist trotz dieser Erkenntnisse unerlässlich. In den meisten Fällen handelt es sich um Sekundärkaries oder Randspalten (undichte Füllungs- oder Gussfüllungsränder). Zusätzlich zur üblichen Kariesdiagnostik können bei schwer einsehbaren Bereichen (z. B. approximal) vor Behandlung Röntgenaufnahmen (Bissflügelaufnahmen) angefertigt und eine Kaltlichtsonde zu Hilfe genommen werden. Vorteilhaft ist es, während der Kariesentfernung die Kavität so zu gestalten, dass eine direkte Sicht auf die zu exkavierende Karies und ein leichter Zugang der Instrumente besteht. Die Kavitätengrösse der Korrekturfüllung kann deshalb vielseitig variieren, wobei die Indikation bei sehr ausgedehnten (v.a. mehrflächigen) Defekten nicht mehr gegeben ist.

Trotz guter Reparaturmöglichkeiten muss beachtet werden, dass Einstückrestaurationen dauerhafter sind als Reparaturen (PENNING 2001).

Der folgende Übersichtsartikel stellt eine Auswertung der bisherigen Studienergebnisse, Fallberichte und Übersichtsartikel zu diesem Thema dar.

Reparaturmaterial

Als universelles Reparaturmaterial eignet sich Komposit. Für den Langzeiterfolg ist es nicht entscheidend, ob die Reparatur mit dem gleichen Komposit ausgeführt wird wie die bereits bestehende Füllung (ELI et al. 1988), und ob die chemische Zusammensetzung des Reparaturkomposits (GREGORY et al. 1990) und Grösse der Füllerpartikel (GREGORY & MOSS 1990; SWIFT et al. 1992) denen des bereits vorhandenen Komposits ähneln. Ein Hybridkomposit weist jedoch als Reparaturmaterial höhere Frakturresistenz auf als ein Mikrofüllerkomposit (GREGORY & MOSS 1990; FARID & ABDEL-MAWLA 1995; AHLERS et al. 1996). Für besonders schmale Defekte eignen sich Versiegelungsmaterialien oder hochvisköse Komposite (ANDERSON 1993; MjÖR 1993). Eine Amalgamfüllung kann durchaus auch mit Amalgam abgedichtet bzw. repariert werden. Die Grenzfläche der beiden unterschiedlichen Amalgame ist zwar für korrosive Prozesse anfällig. Dies sei jedoch ohne klinische Bedeutung (CHEN et al. 1977). CIPRIANO & SANTOS (1995) konnten in ihrer In-vivo-Studie nach zweijähriger Beobachtungszeit keine Korrosionserscheinungen an der Kontaktstelle der beiden Amalgame feststellen und stuften 98% der Füllungsreparaturen als klinisch erfolgreich ein. Allerdings schwankt die Bruchfestigkeit der Grenzfläche intakter Restaura-

tionen zwischen 50% und 79% und ist stark von der Verarbeitung abhängig. Ein anderer Typ Amalgam und kontaminierte Oberflächen während der Behandlung senken die Bruchfestigkeit der Grenzfläche (HADAVI et al. 1992). Die Gestaltung der Kavität sollte in Abhängigkeit vom Reparaturwerkstoff beachtet werden (KAMANN & GÄNGLER 2000). Eine Reparatur mit Komposit führt bei Amalgam- und Kompositfüllungen zum gleichen Vorgehen (PENNING 2001). Trotz Vorschlägen in der Literatur, auch andere Füllungsmethoden wie z.B. die Goldhämmerfüllung zur Reparatur von Trepanationsöffnungen oder kleineren Randdefekten anzuwenden (JUNG & KOCKAPAN 1993; KAMANN 1996), ist diese Methode nicht uneingeschränkt empfehlenswert. Trepanationskavitäten überschreiten oft die Dimensionen, die mit einer Goldhämmerfüllung beherrschbar sind. Zudem kann die Hämmertechnik bei kleinen Randdefekten einer Restauration zu Schäden an den Füllungs- bzw. Kavitätenrändern führen.

Vorbehandlungen der zu reparierenden Oberfläche

Wie bereits oben erwähnt, variieren nicht nur Materialien, Lagerungsmethoden der Materialien und Untersuchungszeiträume in den erschienenen Studien, sondern ebenso die Art der Vorbehandlung der zu reparierenden Oberfläche. Die Behandlung sollte sich jedoch immer nach den vorliegenden exponierten Materialien und Zahnhartsubstanzen richten, da hierdurch die Haftungsmechanismen und die Versiegelung der Kavität bestimmt werden.

Während die Vorbereitung einer In-vivo-Reparatur eine saubere Präparation der Kavität oder Oberfläche mit Unterschüssen mit einem Diamanten, soweit dies möglich ist (KUPIEC et al. 1996; BROSH et al. 1997; DENEHY et al. 1998; ROBBINS 1998), umfasst, werden die Zahnproben in den meisten In-vitro-Studien mit Siliziumkarbidpapier angeraut (BARKMEIER & ERICKSON 1994; BARKMEIER et al. 1994; BERKSUN & SAGLAM 1994; BERRY & WARD 1995; AHLERS et al. 1996; BOUSCHLICHER et al. 1997; COBB et al. 2000). Die Vorbehandlung mit einem Diamantschleifer wird vor allem bei Keramikreparaturen empfohlen (HATIBOVIC-KOFMANN et al. 1998; Robbins 1998). Auch bei einer Amalgamfüllungsreparatur ist sie ausreichend, wie eine Zweijahresstudie publiziert (CIPRIANO & SANTOS 1995). Sie wird in der Gussfüllungsreparatur angeraten, um neben der Vorbehandlung des Gussobjektes gleichzeitig einen Kavitätenzugang zu erhalten. Bei der Reparatur von Kompositfüllungen werden mit dem Diamantschleifer die Anstragungen im Schmelz präpariert.

Ein weiteres häufig untersuchtes Verfahren zur Oberflächenvorbehandlung ist das Abstrahlen mit Aluminiumoxidpulver. Das Abstrahlen dient dazu, eine Aufräumung der Oberfläche und damit eine mikroretentive Verankerung an der Haftfläche zu begünstigen. Es wurde bereits nicht nur als Verfahren zur Kariesentfernung untersucht (GOLDSTEIN & PARKINS 1994, 1995; Horiguchi et al. 1998), sondern wird auch als gängiges Abstrahlverfahren im zahntechnischen Labor verwendet. Hierbei handelt es sich um abrasive Partikel, die je nach Hersteller und Verwendung unterschiedliche Grössen (30 µm–100 µm) aufweisen. Die Grösse und der Luftdruck, mit dem die Partikel beschleunigt werden, haben einen signifikanten Einfluss auf den Materialabtrag (Horiguchi et al. 1998) und die Beschaffenheit der abgestrahlten Oberfläche (Peutzfeldt & Asmussen 1996). Das Abstrahlen mit Aluminiumoxid-Partikeln bewirkt eine ausreichend raue Oberfläche nicht nur an Edelmetallen und Nichtedelmetallen (Kern & Thompson 1993; Zachrisson & Buyukyilmaz 1993; Czerw et al. 1995; Chung & Hwang 1997; Kiatsirirote et al. 1999; Taga et al. 2001), sondern auch am Amalgam (Zachrisson & Buyukyilmaz 1993; Roberts et al. 2001) und an Kompositen, weshalb dieses

Verfahren vielseitig für den intraoralen Gebrauch genutzt werden kann. Hinzu kommt, dass die Strahlpartikel auch gut in schwer zugänglichen Bereichen (z.B. in ausgedehnten Randfugen etc.) eine Anrauhung bewirken können, in denen Schleifinstrumente nur schwer Zugang haben. Intraorale Sandstrahlgeräte werden auf dem Markt angeboten (z.B. Fa. Hager & Werken, Duisburg, Deutschland; Fa. Rönvig, Daugaard, Dänemark). Das gleiche Gerät kann sowohl für Aluminiumoxid- und Siliziumoxidpulver benutzt werden. Ein Druckventil erlaubt die Dosierungskontrolle. Empfehlenswert ist ein Anschluss für den Turbinenansatz; damit kann das Gerät direkt am Behandlungsstuhl installiert werden. Mit dem Fusschalter und Druckventil wird der Sandstrahler betätigt.

In einigen Studien jedoch zeigten die mit Aluminiumoxidpulver vorbehandelten Zahnhartsubstanzen nicht nur eine Smear-Layer-Schicht von 2–3 µm (Nikaido et al. 1996), sondern teilweise höhere Microleakage-Werte als die mit einem Karbidsteinchen vorpräparierten Oberflächen (Hatibovic-Kofmann et al. 1998) sowie eine höhere Fehlerquote nach Füllungslegung (Sargison et al. 1999). Auch Olsen et al. (1997) nehmen eher Abstand vom Abstrahlen mit Aluminiumoxidpulver, weil ein irreversibler Verlust an organischen und anorganischen Partikeln aus dem Schmelz die Folge sei.

Andere Studien konnten dagegen nur mit einer sandgestrahlten Oberfläche (Turner & Meiers 1993) Haftwerte bis zu 60%–70% (Swift et al. 1992, 1994; Brosh et al. 1997) der klinisch erforderlichen Mindesthaftkräfte einer neu gelegten Füllung erzielen. Ergänzend muss betont werden, dass aber auch eine mit Karbidsteinchen angeraute Oberfläche eine ausreichende mikromechanische Retention an Komposit bewirkt und dadurch ähnliche Haftwerte erzeugt wie geätzte oder sandgestrahlte Reparaturflächen (Eli et al. 1988; Gregory et al. 1990; Brosh et al. 1997).

Im Vergleich zur Ätzung mit Flusssäure (Robbins 1998) oder Phosphorsäure (Olsen et al. 1997) an keramischen oder Kompositoberflächen weisen weitere Studien deutlich bessere (Brosh et al. 1997; Shahdad & Kennedy 1998; Hagge et al. 2002) oder ähnliche (Swift et al. 1992, 1994; Aida et al. 1995; Lucena-Martin et al. 2001) Ergebnisse der Scherhaftfestigkeit bei sandgestrahlten Oberflächen auf. Dies gilt insbesondere dann, wenn es sich um Aluminiumoxid-Keramik handelt, die nach dem Abstrahlen mit einem Adhäsiv beschichtet wird (Boyer et al. 1984; Shahdad & Kennedy 1998; Hagge et al. 2002; Oztas et al. 2003). Kern & Thompson (1993, 1994) dagegen stellten lediglich an Edelmetallen und Aluminiumoxidkeramik einen optimalen Substanzabtrag nach Abstrahlen fest. Feldspatkeramik wies eine 36-mal höhere Abrasionsrate auf bei gleich langer Behandlung und gleicher Partikelgrösse. Mit Aluminiumoxid-Partikeln abgestrahlte metallische Oberflächen weisen allerdings eine veränderte Oberflächenzusammensetzung auf. So wurden vermehrt Aluminiumoxid-Partikel auf sandgestrahlten Metalloberflächen nachgewiesen (Kern & Thompson 1993). Dabei kam es bei Edelmetallen zu einer grösseren Verformung als bei Nichtedelmetallen, weshalb beide mit den minimal möglichen Luftdrücken bearbeitet werden sollten (Peutzfeldt & Asmussen 1996). Taga et al. (2001) schlugen für die Bearbeitung von NEM ein gemischtes Pulver vor, welches abrasiver sei und die Bearbeitungszeit verkürzen würde.

Ein anderer Ansatz zur Erhöhung der Oberflächenrauigkeit stellt das Ätzen von Keramik- und Kompositoberflächen dar (Lacy et al. 1988; Müller 1988; Bertolotti et al. 1989; Suliman et al. 1993; Roulet et al. 1995). Zahlreiche Studien belegten, dass die Haftung von Komposit als Reparaturmaterial auf geätzten keramischen Oberflächen (Suliman et al. 1993; Roulet et al. 1995; Kamada et al. 1998) und Zahnhartsubstanzen (Jahn et al. 1999)

deutlich effektiver ist als auf Oberflächen und Zahnhartsubstanzen, die mit Aluminiumoxid-Pulver abgestrahlt wurden. Dies gilt, obwohl eine geätzte Schmelzoberfläche ähnliche Rauigkeiten aufweist, wie abgestrahlte Oberflächen (REISNER et al. 1997). Mit der Schmelz-Ätz-Technik können am Schmelz aber höhere Haftwerte erzielt werden als mit Abstrahlen (ROEDER et al. 1995; SARGISON et al. 1999; HANNIG et al. 2003). Die Konditionierung der Zahnoberfläche mit Phosphorsäure ist jedoch ein wesentlicher Schritt während der Korrekturfüllung (ROEDER et al. 1995; JAHN et al. 1999) und kann keinesfalls erübrigt werden, vor allem, wenn der zu reparierende Defekt an Zahnhartsubstanzen grenzt. Studien, die Reparaturmöglichkeiten keramisch verblendeter Metallrestorationen untersuchten, zeigten, dass die Haftkräfte an metallischen Oberflächen durch Abstrahlen und an keramischen durch Ätzung (LATA & BARKMEIER 2000), aber auch durch Abstrahlen erhöht werden können (CHUNG & HWANG 1997). Problematisch erscheint die Ätzung nicht nur von glasinfiltrierten Aluminiumoxidkeramiken, sondern auch von aufgebrannten und gepressten keramischen Oberflächen, da sie gegenüber intraoral applizierbaren Ätzmedien weitestgehend inert sind (CALAMIA & SIMONSEN 1984; STANGEL et al. 1987; SCHÄFFER et al. 1989; SCHMID et al. 1990; KERN et al. 1991a). Um ein ausreichend retentives Ätzmuster auf einer keramischen Oberfläche erzeugen zu können, sollte mit 9,5% Fluorwasserstoffsäure für ca. 2,5 min geätzt werden (CALAMIA et al. 1985). Die Anwendung von Fluorwasserstoffsäure in der Mundhöhle wird aber auf Grund der potenziellen Schädigung intraoraler Gewebe nicht befürwortet. Daher ist der Gebrauch von Fluorwasserstoffsäure intraoral derzeit nicht erlaubt. Als Alternative bietet sich der Einsatz von sauren Fluoriden als Gel (z. B. 1,25% APF-Gel) an, die bei zehnmündiger Einwirkzeit vergleichbare Resultate liefern wie die genannte Fluorwasserstoffsäure (LACY et al. 1988; BERTOLOTTI et al. 1989; TYLKA & STEWART 1994). Beide Ätzsubstanzen erzeugen vergleichbare Haftwerte des applizierten Komposits an der Keramik.

Im Hinblick auf die Zwiespältigkeit der Studienkonzepte und deren Ergebnisse erscheint es sinnvoll, die Methoden zu kombinieren, zumal auch in wissenschaftlichen Studien dieses Vorgehen belegt ist und die höchsten Haftkräfte erzielt (TURNER & MEIERS 1993; THURMOND et al. 1994; BERRY & WARD 1995; FARID & ABDEL-MAWLA 1995; BROWN & BARKMEIER 1996; KUPIEC et al. 1996; WIECHMANN 2000).

Eine Alternative zur Ätzung von Keramikoberflächen stellt die tribochemische Vorbehandlung durch Silikatisierung der Oberfläche und gleichzeitig Schaffung einer retentiven Oberfläche dar (KERN et al. 1991a; HAYAKAWA et al. 1992; EDELHOFF & MARX 1995; FRANKENBERGER et al. 2000). Eine derartige Vorbehandlung der Oberflächen ist intraoral unter Anwendung des Co-Jet-Systems möglich (3M ESPE, Seefeld, Deutschland). Untersuchungen haben gezeigt, dass eine silikatisierte Oberfläche in Verbindung mit einem Silan die höchsten und dauerhaftesten Haftkräfte nicht nur auf Edelmetall- und Nichtedelmetalllegierungen, sondern auch an keramischen und keramisch verblendeten Oberflächen aufweist (HASELTON et al. 2001). Beim Co-Jet-System werden die Oberflächen mit siliziumbeschichteten Aluminiumoxid-Partikeln bestrahlt. Diese Partikel verschmelzen mit den keramischen/metallischen Oberflächen und erzeugen eine silikatisierte Schicht (KERN & THOMPSON 1993). Die Bestrahlung sollte mit 0,21–0,27 MPa (30–40 psi) für 15 Sekunden erfolgen (LATA & BARKMEIER 2000). Die intraorale tribochemische Oberflächenbehandlung und das Silanisieren stellen gerade für Aluminiumoxidkeramiken und Zirkoniumoxidkeramiken eine Möglichkeit dar, einen erhöhten dauerhaften Klebeverbund zu erreichen (BULOT et al. 2003; KOEHLER et al. 2003).

In Verbindung mit einem Adhäsiv (LLOYD & DHURU 1985; AZARBAL et al. 1986; TURNER & MEIERS 1993; FLORES et al. 1995; KUPIEC & BARKMEIER 1996) oder einem Silan (SÖDERHOLM & ROBERTS 1991) oder beiden (HISAMATSU et al. 2002) waren die Ergebnisse der reparierten Kompositfüllungen mit unreparierten Proben vergleichbar. Auch an metallischen Oberflächen kann durch Abstrahlen, Silanisieren und Auftragen eines Adhäsivs die Haftung signifikant erhöht werden (NEWMAN et al. 1995). Die Verwendung eines Adhäsivs hebt deutlich die Frakturresistenz reparierter Kompositfüllungen (FARID & ABDEL-MAWLA 1995). Nach wie vor ist aber die Verbindungsfläche zwischen Adhäsiv und Komposit ein kritischer Punkt hinsichtlich des dauerhaften Verbundes. Daher untersuchten AHLERS et al. (1996) die Penetration des aufgetragenen Adhäsivs in die zu reparierende Kompositoberfläche mit CLSM (confocal laser scanning microscopy). Sie zeigten, dass Adhäsive in die Kompositoberfläche nicht tiefer als 2,5 µm eindringen. Diese Beobachtung war unabhängig davon, ob die Oberfläche zuvor mit Phosphorsäure geätzt oder mit Aluminiumoxid-Pulver abgestrahlt wurde. Des Weiteren sollte die Schichtdicke des Adhäsivs möglichst dünn sein, da nur dünne Beschichtungen den Belastungsstress in der Kompositenschicht konzentrieren lassen und nicht in die Klebefuge verlagern. An metallischen und keramischen Oberflächen dagegen wird die Haftfestigkeit durch Verwendung eines Silans deutlich erhöht (HAYAKAWA et al. 1992; EDELHOFF & MARX 1995; PAMEIJER et al. 1996; KAMADA et al. 1998; SHAHVERDI et al. 1998; BONA et al. 2003).

Klinisches Vorgehen

Im Folgenden werden einige Leitfäden zur Durchführung von Korrekturfüllungen beschrieben, wie sie sich aus der Literaturübersicht ergeben. Voraussetzung zur erfolgreichen Durchführung einer Korrekturfüllung ist die Ursachenanalyse sowie die adäquate Vorbereitung der Oberflächen. Abb. 1 erläutert schematisch das Vorgehen. Um eine Kontamination der konditionierten Oberfläche mit Speichelflüssigkeit/Blut zu verhindern, ist das Anlegen von Kofferdam unabdingbar. Vor allem bei intraoraler Verwendung von Abstrahlgeräten dient der Kofferdam auch dem Schutz der Gingiva und Atemwege vor Verletzung durch die Strahlpartikel (GHIABI 1998; ROETERS 2000). Um Verletzungen an den Augen zu vermeiden bzw. das Einatmen der Partikel zu verhindern, müssen sowohl der Patient als auch das Behandlungsteam Schutzbrillen bzw. Mund-/Nasenschutz tragen. Zusätzlich kann bei Verwendung eines Abstrahlgerätes eine Schutzhülle aus Polyethylenfolie um den Zahn am Kofferdam angebracht werden (ROETERS 2000), da eine Luftkontamination mit Aerosol bzw. Keimen beim Abstrahlen dreimal höher ist als bei Präparation mit einem hochtourigen Winkelstück (GHIABI 1998). Für den Schutz unbehandelter Restaurationsbereiche, Hart- und Weichgewebe kann vor der Säureanwendung zusätzlich ein Natriumbicarbonatgel (NaHCO₃; EtchArrest, Ultradent Products, South Jordan UT 84095) oder ein Kunstharz (LC block-out resin, Ultradent Products, s. o.) aufgetragen werden.

Korrektur einer Kompositfüllung

Die Reparatur einer Kompositrestauration im zentralen Anteil beschränkt sich nur auf den Bereich des bereits vorhandenen Restaurationsmaterials. Das bedeutet, dass der neue Werkstoff nur zum alten Kompositmaterial Kontakt hat und keine Zahnhartsubstanzen den Defekt begrenzen. Es empfiehlt sich, die Oberfläche hochtourig mit einem Diamantschleifer extrafeiner Korngrösse (30 µm) anzufrischen bzw. defekte Füllungsbereiche zu entfernen. Danach wird die Oberfläche mit einem intraoralen

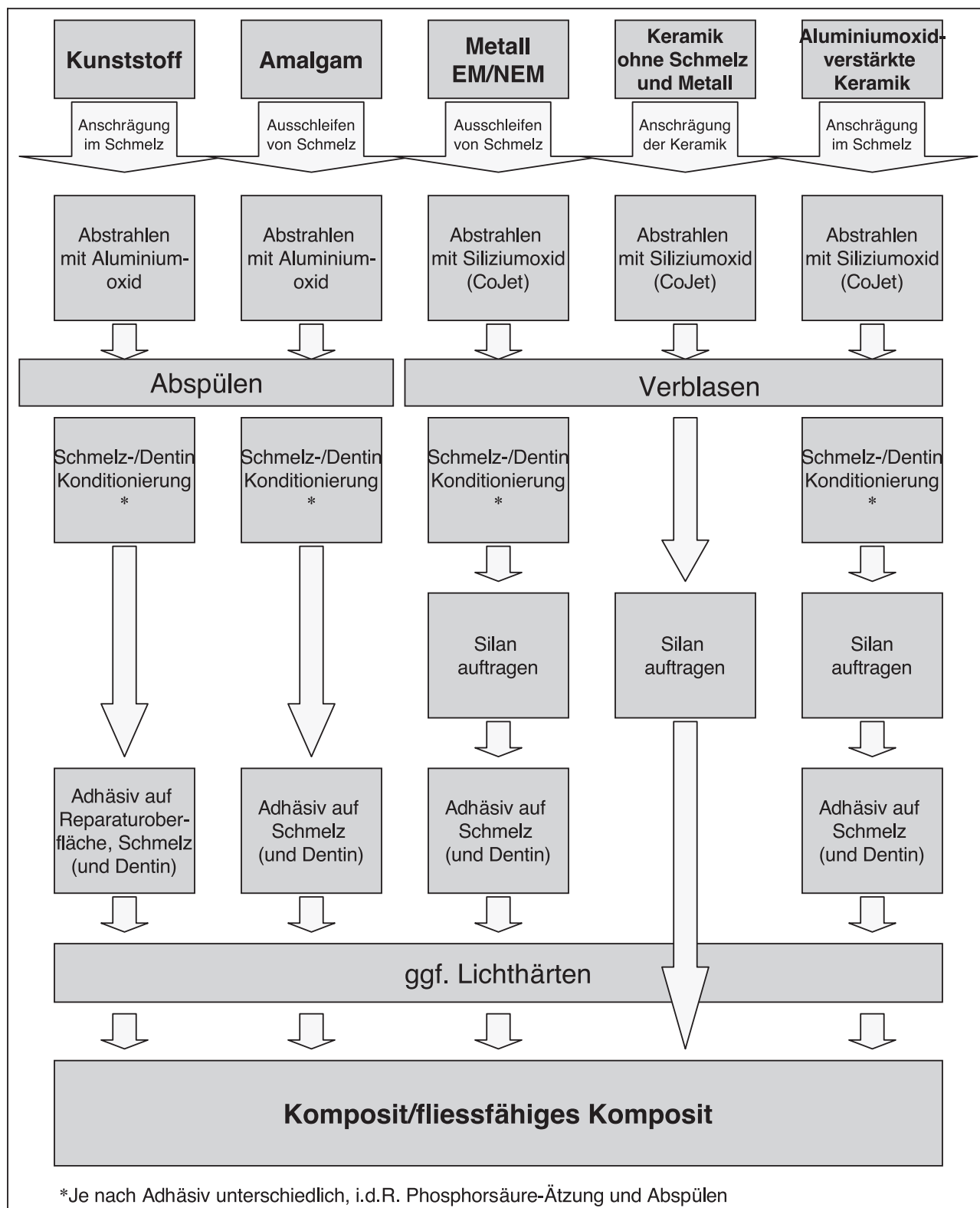


Abb. 1 Empfehlung zur Durchführung von Korrekturfüllungen. Grundsätzlich ist für den Langzeiterfolg der Reparatur nicht entscheidend, ob das gleiche Material wie ursprünglich verwendet wurde. Jedoch sollte das Adhäsiv dem Reparaturkunststoff angepasst sein.

Abstrahlgerät bearbeitet. Das Aluminiumoxid-Pulver (Aluminiumoxid-Pulver, Fa. Hager & Werken, Deutschland) sollte zur Bearbeitung von Komposit Partikel von der 50-µm-Grösse ent-

halten. Die Kompositoberfläche wird optimal mit 0,41–0,48 MPa (60–70 psi) im Abstand von 5–10 mm mindestens 4 sec sandgestrahlt. Anschliessend werden lose Partikel gründlich mit Was-

serspray abgesprüht, die Oberfläche getrocknet und ein auf das Komposit abgestimmtes Adhäsiv aufgetragen. Beim neuen Füllungswerkstoff kann es sich um das gleiche, aber auch ein anderes Komposit sowie ein niedrigvisköses Komposit, z. B. ein Flow-Material handeln.

Eine an Zahnhartsubstanzen grenzende Reparaturfüllung bedarf zusätzlich zu den oben durchgeführten Massnahmen noch der Ätzung der angeschrägten Zahnhartsubstanzen mit Phosphorsäure nach den in der Füllungstherapie bekannten Vorgaben. Unmittelbar nach Abstrahlen der beschliffenen Kompositbereiche wird, wie bereits oben beschrieben, Phosphorsäure auf den Schmelz und danach ggf. auf das Dentin (bei Total-Ätz-Technik) aufgetragen. Insgesamt sollte der Schmelz nicht länger als 30 sec und das Dentin nicht länger als 15 sec geätzt werden. Nach gründlichem Absprühen wird ein Adhäsiv nach Herstellerangaben sowie anschliessend das korrespondierende Komposit aufgetragen.

Korrektur von Amalgamrestorationen

Die Reparatur einer Amalgamfüllung setzt oftmals eine Kavitätenpräparation voraus. Zu beachten ist, mit welchem Reparaturwerkstoff die bereits vorhandene Füllung repariert werden soll. Bei Anwendung von Amalgam als Reparaturwerkstoff sollte ein Unterschnitt präpariert werden; ist Komposit als Reparaturmaterial gedacht, so reicht eine Anfrischung der Kavitätenränder mit einer Anschraugung der Zahnhartsubstanzen, falls diese die Reparaturfüllung mitbegrenzen. Die Füllungsoberfläche wird wie auch bei der Reparatur einer Kompositfüllung abgestrahlt und die Zahnhartsubstanzen danach geätzt. Die Kavität wird mit einem Adhäsiv benetzt und ein Komposit eingebracht. Sollte Amalgam zur Reparatur verwendet werden, so reicht es, die Füllungsfläche mit einem Karbidsteinchen anzurauen, um den Verbund des «neuen Materials zum alten» Amalgam zu begünstigen und eine ausreichende Retention zu gewährleisten. Anschliessend kann Amalgam in die Kavität kondensiert werden.

Edelmetall- und Nichtedelmetallkorrektur

Trotz der schwierigen Handhabung können an Edelmetall- und Nichtedelmetallrestorationen ebenfalls Reparaturen vorgenommen werden, wenn dadurch die Suffizienz der Restauration erhalten werden kann.

Auf Grund ungünstiger Haftbedingungen des Komposits am Metall ist es empfehlenswert, mit einem Diamantschleifer, soweit dies möglich ist, Unterschnitte in den zu reparierenden Defekt einzuarbeiten. Für das Schaffen einer retentiven Oberfläche wird das Abstrahlen mit dem CoJet-Gerät empfohlen. Für Edelmetalle reichen Partikeln von 30 µm Grösse, die mit 0,21 MPa (30 psi) im Abstand von 10 mm für 15 s abgestrahlt werden. Nichtedelmetalllegierungen bedürfen wegen ihrer grösseren Härte zur optimalen Aufrauung einer Partikelgrösse von 110 µm bei sonst gleichen Parametern beim Abstrahlvorgang. Das überschüssige Pulver wird vorsichtig verblasen und abgesaugt. Die angrenzenden Zahnhartsubstanzen werden wie in der Füllungstechnik erst danach mit Phosphorsäure geätzt. Anschliessend empfiehlt es sich, ein Silan auf die silikatisierte Werkstückoberfläche aufzutragen. Sollte dabei Silan auf die geätzte Oberfläche gelangen, so schadet dies nicht dem Verbund des Komposits am Schmelz (HANNIG et al. 2003). Die Silanschicht und die geätzten Schmelz- und Dentinbereiche werden mit einem Adhäsiv benetzt. Danach kann das Reparaturkomposit aufgetragen werden.

Reparatur keramischer Restaurationen

Defekte, Frakturen oder Abplatzungen an keramischen Restaurationen auf Siliziumdioxid-Basis (z.B. Feldspatkeramik, Em-

press) sollten auch mit einem Diamantschleifer vorpräpariert werden. Auch hier empfiehlt es sich, Unterschnitte zur Optimierung der Retention einzuarbeiten. Zur Behandlung der Keramikoberfläche kann ein APF-Gel 1,23% für 10 min aufgetragen werden. Zahnhartsubstanzen, die ebenfalls den Defekt begrenzen, sollten mit Phosphorsäure behandelt werden. Steht ein APF-Gel nicht zur Verfügung, so ist es auch möglich die Aufrauung und Silikatisierung der keramischen Oberfläche mit CoJet durchzuführen. Die Vorbehandlung ist dann wie bei Edelmetallen durchzuführen. Untersuchungen haben gezeigt, dass beide Methoden zu ähnlich hohen Haftkräften führen. Zeitsparender ist jedoch die Behandlung mit CoJet. Die Oberfläche wird mit einem Silan benetzt und anschliessend ein Komposit aufgetragen. Hochfeste Keramiken, wie zum Beispiel In-Ceram, können mit herkömmlichen Ätzverfahren nicht ausreichend aufgeraut werden. Hier bietet es sich zur Aufrauung an, das Abstrahlen mit dem CoJet-Gerät und silikatisiertem Aluminiumoxid-Pulver (mit Silizium beschichtetes Aluminiumoxid-Pulver), zu den gleichen Bedingungen wie bereits oben erläutert, einzusetzen. Anschliessend werden angrenzende Zahnhartsubstanzen mit Phosphorsäure geätzt. Dann wird ein Silan auf die silikatisierte Oberfläche und anschliessend ein Adhäsiv auf die gesamte Kavität aufgetragen, die mit einem Komposit verschlossen wird.

Eine Korrektur bestehender Restaurationen bedarf nicht nur der notwendigen Kenntnis der zur Verfügung stehenden Materialien, sondern auch der Übung, damit ein Ergebnis auch den gewünschten Vorstellungen des Behandlers und des Patienten entspricht. Es empfiehlt sich, die Grenzen und Möglichkeiten der Reparatur dem Patienten vor der Behandlung darzustellen.

Bei sorgfältiger Beachtung aller Behandlungsschritte stellt die Korrekturfüllung einen Lösungsansatz dar, mit dem unter optimalen Bedingungen der Austausch einer Restauration oder Füllung deutlich verzögert werden kann.

Summary

FOITZIK M, ATTIN T: **Filling correction – possibilities and realization** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 114: 1003–1011 (2004)

For the last years new techniques and materials have been developed and tested to make corrections or revisions of fillings, metallic and ceramic restorations possible, allowing a bond between these different surfaces with reasonable strength. Composite material is qualified as universal repair material. Cavities of composite and amalgam fillings have to be sandblasted intraorally with aluminum oxide powder. The pre-treatment and conditioning of enamel and dentin can be managed by conventional methods such as the total etch technique but they cannot produce adequate microretentive surfaces on metallic and ceramic restorations. Silica coating by intraoral sandblasting and silane application can stabilize a durable bond. Enamel and dentin are conditioned additionally by conventional methods. Durable success of repair does not depend on using the original filling material. Adhesive and composite, however, have to be customised. While sandblasting hygiene should be observed and preventive measures are obligatory.

Résumé

De nouvelles techniques et de nouveaux matériaux ont été développés ces dernières années pour l'exécution de réparations d'obturations, qui permettent une bonne adhésion avec un bon pronostic de durée de vie. Le composite est le matériau de répa-

ration par excellence. Les obturations en composite ou amalgame peuvent être sablées intraoralement avec de l'oxyde d'aluminium; le conditionnement de l'émail et de la dentine peut être effectué de façon conventionnelle par mordantage. Pour les restaurations métalliques et en céramique, il n'est pas possible de générer des surfaces microrétentives. Un sablage intraoral avec de l'oxyde de silicium et l'application d'un silane peuvent assurer une liaison stable. En outre, le conditionnement de l'émail et de la dentine est fait conventionnellement. Le succès durable d'une réparation ne dépend pas de l'utilisation du matériau d'obturation d'origine. L'adhésif doit être toutefois adapté à la résine de réparation. Lors du sablage, les mesures d'hygiène et de prudence doivent être impérativement respectées.

Literaturverzeichnis

- AHLERS M O, PLATZER U, DUSCHNER H: Confocal laser scanning microscopy: repair bonding agent penetration into composite. *J Dent Res* 75: 237 (1996)
- AIDA M, HAYAKAWA T, MIZUKAWA K: Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. *J Prosthet Dent* 73: 464–470 (1995)
- ANDERSON M H: Repairing the ditched amalgam. *J Indiana Dent Assoc* 72: 19–21 (1993)
- AZARBAL P, BOYER D B, CHAN K C: The effect of bonding agents on the interfacial bond strength of repaired composites. *Dent Mater* 2: 153–155 (1986)
- BARBAKOW F, LUTZ F, GABERTHÜEL T, SCHMID O: Amalgamunterhalt: Unterhalt von Amalgamfüllungen: Polieren, Rekonturieren, Reparieren oder Ersetzen? *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 99: 1151–1159 (1989)
- BARKMEIER W W, ERICKSON R L: Shear bond strength of composite to enamel and dentin using Scotchbond Multi-Purpose. *Am J Dent* 7: 175–179 (1994)
- BARKMEIER W W, GENDUSA N J, THURMOND J W, TRIOLO P T: Laboratory evaluation of Amalgambond and Amalgambond Plus. *Am J Dent* 7: 239–242 (1994)
- BELDNER W, MARX R: Silikatisieren als Oberflächenkonditionierung von Metallen für den hydrolysebeständigen Verbund mit Kunststoffen. *Quintessence Int* 43: 103–105 (1992)
- BERKSUN S, SAGLAM S: Shear strength of composite bonded porcelain-to-porcelain in a new repair system. *J Prosthet Dent* 71: 423–428 (1994)
- BERRY E A, WARD M: Bond strength of resin composite to air-abraded enamel. *Oper Dent* 26: 559–562 (1995)
- BERTOLOTTI R L, LACY A M, WATANABE L G: Adhesive monomers for porcelain repair. *Int J Prosthodont* 2: 483–489 (1989)
- BLUM I R, SCHRIEVER A, HEIDEMANN D, MJOR I A, WILSON N H: The repair of direct composite restorations: an international survey of the teaching of operative techniques and materials. *Eur J Dent Educ* 7: 41–48 (2003)
- BONA A D, ANUSAVICE K J, MECHOLSKY J J: Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. *Dent Mater* 19: 693–699 (2003)
- BOUSCHLICHER M R, REINHARDT J W, VARGAS M A: Surface treatment techniques for resin composite repair. *Am J Dent* 10: 279–283 (1997)
- BOYER D B, CHAN K C, REINHARDT J W: Build-up and repair of light-cured composites: Bond strength. *J Dent Res* 63: 1241–1244 (1984)
- BROSH T, PILO R, BICHACHO N, BLUTSTEIN R: Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Prosthet Dent* 77: 122–126 (1997)
- BROWN J R, BARKMEIER W W: A comparison of six enamel treatment procedures for sealant bonding. *Pediatr Dent* 18: 29–31 (1996)
- BULOT D, SADAN A, BURGESS J O, BLATZ M B: Bond strength of self-adhesive universal resin cement to lava zirconia after two surface treatments. *J Dent Res* 83: 578 (2003)
- CALAMIA J R, SIMONSEN R J: Effect of coupling agents on bond strength of etched porcelain. *J Dent Res* 63: 179 (1984)
- CALAMIA J R, VAIDYANATHAN J, VAIDYANATHAN T K, HIRSCH S M: Shear bond strengths of etched porcelains. *J Dent Res* 63: 296–301 (1985)
- CHEN C, WANG P, GREENER E H: A galvanic study of different amalgams. *J Oral Rehabil* 4: 23–27 (1977)
- CHUNG K, HWANG Y: Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *J Prosthet Dent* 78: 267–274 (1997)
- CIPRIANO T M, SANTOS J F F: Clinical behaviour of repaired amalgam restorations: A two-year study. *J Prosthet Dent* 73: 8–11 (1995)
- COBB D S, VARGAS M A, FRIDRICH T A, BOUSCHLICHER M R: Metal surface treatment: Characterization and effect on composition-to-metal bond strength. *Oper Dent* 25: 427–433 (2000)
- CROLL T P: Repair of defective Class I composite resin restorations. *Quintessence Int* 21: 695–698 (1990)
- CROLL T P: Repair of Class I resin-composite restorations. *ASDC J Dent Child* 64: 22–27 (1997)
- CZERW R J, WAKEFIELD C W, ROBBINS J W, FULKERSON M S: Shear bond strength of composite resin to microetched metal with five newer-generation bonding agents. *Oper Dent* 20: 58–62 (1995)
- DALLARI A, ROVATTI L: «Patchwork» amalgam restorations. *Attual Dent* 4: 8–17 (1988)
- DENEHY G, BOUSCHLICHER M, VARGAS M: Intraoral repair of cosmetic restorations. *Esthet Dent* 42: 718–737 (1998)
- EDELHOFF D, MARX R: Adhäsion zwischen Vollkeramik und Befestigungskomposit nach unterschiedlicher Oberflächenvorbehandlung. *Dtsch Zahnärztl Z* 50: 112–117 (1995)
- ELDERTON R J: The quality of amalgam restorations; Parts 1 to 5. In: Allred H (Ed): *Assessment of the quality of dental care*. Dorrison, London, pp 43–81 (1977)
- ELI I, LIBERMAN R, LEVI N, HASPEL Y: Bond strength of joined posterior light-cured composites: Comparison of surface treatments. *J Prosthet Dent* 60: 185–189 (1988)
- ETTINGER R L: Restoring the aging dentition: repair or replacement. *Int Dent J* 40: 275–282 (1990)
- FARID M R, ABDEL-MAWLA E A: Fracture resistance of repaired Class II composite resin restorations. *Egypt Dent J* 41: 1507–1512 (1995)
- FLORES S, CHARLTON D G, EVANS D B: Repairability of polyacid-modified composite resin. *Oper Dent* 20: 191–196 (1995)
- FRANKENBERGER R, KRAMER N, SINDEL J: Repair strength of etched vs silica-coated metal-ceramic and all-ceramic restorations. *Oper Dent* 25: 209–215 (2000)
- GHLABI N: Air contamination during use of air abrasion instrumentation. *J Clin Pediatr Dent* 23: 37–44 (1998)
- GOHARIAN R, MALEKNEJAD F, SALARI T, GHAVAMNASIRI M, DERHAM M: Effect of adhesives on bond strength of porcelain veneer to base metal alloy. *Quintessence Int* 33: 595–599 (2002)
- GOLDSTEIN R E, PARKINS F M: Air-abrasive technology: its new role in restorative dentistry. *J Am Dent Assoc* 125: 1164–1166 (1994)
- GOLDSTEIN R E, PARKINS F M: Using air-abrasive technology to diagnose and restore pit and fissure caries. *J Am Dent Assoc* 126: 761–766 (1995)

- GREGORY W A, MOSS S M: Effects of heterogeneous layers of composite and time on composite repair of porcelain. *Oper Dent* 15: 18–22 (1990)
- GREGORY W A, POUNDER B, BAKUS E: Bond strengths of chemically dissimilar repaired composite resins. *J Prosthet Dent* 64: 664–668 (1990)
- HADAVI F, HEY J H, CZECH D, AMBROSE E R: Tensile bond strength of repaired amalgam. *J Prosthet Dent* 67: 313–317 (1992)
- HAGGE M S, LINDEMUTH J S, JONES A G: Shear bond strength of bis-acryl composite provisional material repaired with flowable composite. *J Esthet Restor Dent* 14: 47–52 (2002)
- HANNIG C, HAHN P, THIELE P P, ATTIN T: Influence of different repair procedures on bond strength of adhesive filling materials to etched enamel in vitro. *Oper Dent* 28: 800–807 (2003)
- HASELTON D R, DIAZ-ARNOLD A M, DUNNE J T: Shear bond strength of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *J Prosthet Dent* 86: 526–531 (2001)
- HATIBOVIC-KOFMAN S, WRIGHT G Z, BRAVERMAN I: Microleakage of sealants after conventional, bur and air-abrasion preparation of pits and fissures. *Pediatr Dent* 20: 173–176 (1998)
- HAYAKAWA T, HORIE K, AIDA M, KANAYA H, KOBAYASHI T, MURATA Y: The influence of surface conditions and silane the bond of resin to dental porcelain. *Dent Mater* 8: 238–240 (1992)
- HISAMATSU N, ATSUTA M, MATSUMURA H: Effect of silane primers and unfilled resin binding agents on repair bond strength of a prosthodontic microfilled composite. *J Oral Rehabil* 29: 644–648 (2002)
- HORIGUCHI S, YAMADA T, INOKOSHI S, TAGAMI J: Selective caries removal with air abrasion. *Oper Dent* 23: 236–243 (1998)
- JAHN K R, GEITEL B, KOSTKA E, WISCHNEWSKI R, ROULET J F: Tensile bond strength of composite to air-abraded enamel. *J Adhesive Dent* 1: 25–30 (1999)
- JUNG M, KOCKAPAN C: Der Verschluss trepanierter Metallrestaurationen mit Goldhämmerfüllungen in vivo. *Zahnärztl Welt Ref* 102: 712–717 (1993)
- KAMADA K, YOSHIDA K, ATSUTA M: Effect of ceramic surface treatments on the bond of four resin luting agents to a ceramic material. *J Prosthet Dent* 79: 508–513 (1998)
- KAMANN W: Die Astlochfraktur – Indikation zur Füllungserneuerung oder zur Füllungsreparatur? *Quintessenz* 47: 329–338 (1996)
- KAMANN W K, GÄNGLER P: Füllungsreparatur und Reparaturfüllung. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 110: 1054–1071 (2000)
- KERN M, NEIKES M J, STRUB J R: Haftfestigkeit des Klebeverbundes auf In-Ceram nach unterschiedlicher Oberflächenkonditionierung. *Dtsch Zahnärztl Z* 46: 758–761 (1991 a)
- KERN M, KNODE H, STRUB J R: The all-porcelain, resin-bonded bridge. *Quintessence Int* 22: 257–262 (1991 b)
- KERN M, THOMPSON V P: Sandblasting and silica-coating of dental alloys: volume loss, morphology and changes in the surface composition. *Dent Mater* 9: 155–161 (1993)
- KERN M, THOMPSON V P: Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: Volume loss, morphology and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent* 71: 453–461 (1994)
- KIATSIRIROTE K, NORTHEAST S, VAN NOORT R: Bonding procedures for intraoral repair of exposed metal with resin composite. *J Adhesive Dent* 1: 315–321 (1999)
- KREJCI I, DIETSCHI D, LUTZ F U: Principles of proximal cavity preparation and finishing with ultrasonic diamond tips. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 10: 295–298 (1998)
- KUPIEC K A, BARKMEIER W W: Laboratory evaluation of surface treatments for composite repair. *Oper Dent* 21: 59–62 (1996)
- KUPIEC K A, WUERTZ K M, BARKMEIER W W, WILWERDING T M: Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. *J Prosthet Dent* 76: 119–124 (1996)
- LANG H, GRAMSCH J: Defekte Restaurationen – Ersatz oder Reparatur; Stellungnahme der DGZMK. *Dtsch Zahnärztl Z* 58: 377–379 (2003)
- LACY A M: Clinical techniques for intraoral repair of fractured porcelain when metal is exposed. *Quintessence Int* 20: 595–598 (1989)
- LACY A M, LALUZ J, WATANABE L, DELLINGES M: Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. *J Prosthet Dent* 60: 288–291 (1988)
- LAITA M A, BARKMEIER W W: Approaches for intraoral repair of ceramic restorations. *Compendium* 21: 635–644 (2000)
- LLOYD, DHURU V B: Effect of a commercial bonding agent upon the future toughness (K_{1c}) of repaired heavily filled composite. *Dent Mater* 1: 83–85 (1985)
- LÖE H: Veränderte Behandlungsmuster in der restaurativen Zahnheilkunde. *Phillip J* 11: 347–350 (1994)
- LUCENA-MARTIN C, GONZALES-LOPEZ S, NAVAJAS-RODRIGUEZ DE MONDELO J M: The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. *J Prosthet Dent* 86: 481–488 (2001)
- MARGEAS R C: Salvaging a porcelain-fused-to-metal bridge with intraoral ceramic repair. *Compendium* 23: 952–956 (2002)
- McLean J W: The failed restoration: causes of failure and how to prevent them. *Int Dent J* 141: 305–310 (1990)
- MERTZ-FAIRHURST E J, CURTIS J W JR, ERGLE J W, RUEGGEBERG F A, ADAIR S M: Ultraconservative and cariostatic sealed restorations: results year 10. *J Am Dent Assoc* 129: 55–66 (1998)
- MILLER M B: Intraoral porcelain repairs with composite. *Dent Today* 16: 56–57 (1997)
- MJÖR I A: Repair versus replacement of failed restorations. *Int Dent J* 43: 466–472 (1993)
- MÜLLER G: Ätzen und Silanisieren dentaler Keramiken. *Dtsch Zahnärztl Z* 43: 438–442 (1988)
- NEWMAN G V, NEWMAN R A, SUN B I, HA J-L J, OZSOYLU S A: Sandblasting, silanating, and coatings: Their effects on bond strength of metal brackets: An in vitro study. *J New Jersey Dent Ass* 66: 15–23 (1995)
- NIKAIDO T, KATAUMI M, BURROW M F, INOKOSHI S, YAMADA T, TAKATSU T: Bond strengths of resin to enamel and dentin treated with low-pressure air abrasion. *Oper Dent* 21: 218–224 (1996)
- OLSEN M E, BISHARA S E, DAMON P, JAKOBSEN J R: Comparison of shear bond strength and surface structure between conventional acid etching and air-abrasion of human enamel. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 112: 502–506 (1997)
- OZTAS N, ALACAM A, BARDAKCY Y: The effect of air abrasion with two new bonding agents on composite repair. *Oper Dent* 28: 149–154 (2003)
- PAMEIJER C H, LOUW N P, FISCHER D: Repairing fractured porcelain: How surface preparation affects shear force resistance. *JADA* 127: 202–209 (1996)
- PENNING C: Repair and revision: 1. Repair or replacement of amalgam. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 108: 46–49 (2001)
- PEUTZFELDT A, ASMUSSEN E: Distortion of alloy by sandblasting. *Am J Dent* 9: 65–66 (1996)
- PUCKETT A D, HOLDER R, O'HARA J W: Strength of posterior composite repairs using different composite/bonding agent combinations. *Oper Dent* 16: 136–140 (1991)
- REISNER K R, LEVITT H L, MANTE F: Enamel preparation for orthodontic bonding: a comparison between the use of a sandblaster

- and current techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 111: 366–373 (1997)
- RIVERA-MORALES W C, KNOERNSCHILD K L, ALLEN J D: Pontic repair of a porcelain-fused-to-metal fixed partial denture with a castable ceramic material. *Quintessence Int* 23: 543–545 (1992)
- ROBBINS J W: Intraoral repair of the fractured porcelain restorations. *Oper Dent* 23: 203–207 (1998)
- ROBERTS H W, CHARLTON D G, MURCHISON D F: Repair of non-carious amalgam margin defects. *Oper Dent* 26: 273–276 (2001)
- ROEDER L B, BERRY E A, YOU C, POWERS J M: Bond strength of composite to air-abraded enamel and dentin. *Oper Dent* 20: 186–190 (1995)
- ROETERS J J: A simple method to protect patient and environment when using sandblasting for intraoral repair. *J Adhesive Dent* 2: 235–238 (2000)
- ROULET J F, SÖDERHOLM K J M, LONGMATE J: Effects of treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. *J Dent Res* 74: 381–387 (1995)
- SARGISON A E, MCCABE J F, MILLETT D T: A laboratory investigation to compare enamel preparation by sandblasting or acid etching prior to bracket bonding. *Br J Orthod* 26: 141–146 (1999)
- SCHÄFFER H, DUMFAHRT H, GAUSCH K: Oberflächenstruktur und Substanzverlust beim Ätzen keramischer Materialien. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 99: 530–43 (1989)
- SCHMID M, FISCHER J, HOFFMANN C, STRUB J R: Chemische und thermische Kompatibilität vollkeramischer Verbundsysteme. *Dtsch Zahnärztl Z* 45: 505–508 (1990)
- SHAHDDAD S A, KENNEDY J G: Bond strength of repaired anterior composite resins: an in vitro study. *J Dent* 26: 685–694 (1998)
- SHAHVERDI S, CANAY S, SAHIN E, BILGE A: Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. *J Oral Rehabil* 25: 699–705 (1998)
- SÖDERHOLM K-JM, ROBERTS M J: Variables influencing the repair strength of dental composites. *Scand J Dent Res* 99: 173–180 (1991)
- STANGEL I, NATHANSON D, HSU C S: Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *J Dent Res* 66: 1460–1465 (1987)
- SULIMAN A A, SWIFT E J, PERDIGAO J: Effects of surface treatment and bonding agents on bond strength of composite resin to porcelain. *J Prosthet Dent* 70: 118–120 (1993)
- SWIFT E J, LEVALLEY B D, BOYER D B: Evaluation of new methods for composite repair. *Dent Mater* 8: 362–365 (1992)
- SWIFT E J, CLOE B C, BOYER D B: Effect of a silane coupling agent on composite repair strengths. *Am J Dent* 7: 200–202 (1994)
- TAGA Y, KAWAI K, NOKUBI T: New method for divesting cobalt-chromium alloy castings: Sandblasting with a mixed abrasive powder. *J Prosthet Dent* 85: 357–362 (2001)
- THURMOND J W, BARKMEIER W W, WILWERDING T M: Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. *J Prosthet Dent* 72: 355–359 (1994)
- TURNER C W, MEIERS J C: Repair of an aged, contaminated indirect composite resin with a direct, visible-light-cured composite resin. *Oper Dent* 18: 187–194 (1993)
- TYLKA D F, STEWART G P: Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. *J Prosthet Dent* 72: 121–127 (1994)
- WIECHMANN D: Lingual Orthodontics (Part 3): Intraoral sandblasting and indirect bonding. *J Orofac Orthop* 61: 280–291 (2000)
- YAP A U, QUEK C E, KAU C H: Repair of new-generation tooth-colored restoratives: methods of surface conditioning to achieve bonding. *Oper Dent* 23: 173–178 (1998)
- ZACHRISSON B, BUYUKYILMAZ T: Recent advances in bonding to gold, amalgam and porcelain. *J Clin Orthod* 27: 661–675 (1993)