

Einfluss der Abschrägungstechnik und des Matrizensystems auf die Qualität von Klasse-II-Minikavitäten in vitro

ALEXANDROS STASSINAKIS, ELIANA COLLA*,
BURKARD HUGO** UND PETER HOTZ**

Einfluss der Abschrägungstechnik und des Matrizensystems auf die Qualität von Klasse-II-Minikavitäten in vitro

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss der Abschrägungsart und des Matrizensystems auf das Randverhalten, den Approximalkontakt, die Nachbarzahnverletzung und die Überschussausdehnung approximaler Kompositlots im Seitenzahnbereich untersucht. 96 Klasse-II-Minikavitäten (Slots) wurden von 12 Zahnärzten an extrahierten menschlichen Molaren in Modellen mit künstlichen Nachbarzähnen präpariert, mit Komposit gefüllt und ausgearbeitet. Vier Methoden wurden geprüft: die Abschrägungen wurden entweder oszillierend oder rotierend durchgeführt; zum Füllen der Kavitäten wurden entweder Transparentmatrizen und Leuchtkeile oder Stahlmatrizen und Holzkeile verwendet. Bevor die Zähne aus den Modellen entfernt wurden, erfolgte die Prüfung der approximalen Kontaktpunkte. Danach wurden Verletzungen an den Nachbarzähnen untersucht. Zur besseren Visualisierung wurden die Approximalfächen angefärbt und die Oberflächenausdehnung der Füllungen vor und nach idealer Ausarbeitung morphometrisch quantifiziert. Zuletzt erfolgte eine quantitative Randanalyse der Restaurationen im Rasterelektronenmikroskop nach Temperaturwechselbelastung. Die erhaltenen Daten zeigen, dass bei der Verwendung transparenter Matrizen und Leuchtkeile die marginale Randadaptation nach Temperaturwechselbelastung geringfügig verbessert wird. Die Kontaktpunkte waren jedoch deutlich schwächer als bei Applikation von Stahlmatrizen und Holzkeilen. Die rotierende Abschrägung verursachte ausgeprägtere Nachbarzahnverletzungen als die Feilenabschrägung. Die Ausdehnung der approximalen Überschüsse nach Politur unter klinischen Verhältnissen war erheblich.

Acta Med Dent Helv 3: 178–186 (1998)

Schlüsselwörter: Komposit, Präparationstechnik, Füllungs-technik

Zur Veröffentlichung angenommen: 31. Juli 1998

Korrespondenzadresse:

Dr.med.dent. A. Stassinakis, Universität Bern,
Klinik für Zahnerhaltung, Freiburgstrasse 7, 3010 Bern,
Tel: 031 632 25 80; 032 632 25 40, E-Mail: Astassi@insel.ch

ALEXANDROS STASSINAKIS*, ELIANA COLLA*,
BURKARD HUGO** UND PETER HOTZ*

* Klinik für Zahnerhaltung der Universität Bern,

** Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universität Würzburg

Einleitung

Direkte plastische Füllungen mit Feinhybridkomposit unter Anwendung der Adhäsivtechnik haben eine weite Verbreitung in der Praxis gefunden. Dennoch können diese Materialien nur unter eingeschränkten Indikationen als eine Amalgamalternative für die Seitenzahnversorgung eingesetzt werden (BEN-AMAR et al. 1987, LACY 1987, PRATI & MONTANARI 1988, VANHERLE et al. 1989, KREJCI et al. 1990, DIETSCHI & HOLZ 1990, WELBURY et al. 1990, KREJCI et al. 1991a und b, KREJCI 1992, HUGO et al. 1995). Wesentliche Voraussetzung für die Verwendung von Kompositen ist deren Haftung an Zahnhartsubstanz. Bei der Ätzung der Kavitätenränder entsteht ein retentives Muster der Schmelzoberfläche, das zur mikromechanischen Verankerung ausgenutzt werden kann. Das Ätzmuster ist von der Richtung abhängig, mit der die Schmelzprismen angeschnitten werden. Quer angeschnittene Schmelzprismen ergeben ein besseres Ätzmuster und somit eine höhere Retention (BEN-AMAR et al. 1987, CRAWFORD et al. 1987, LACY 1987, BERGMANN et al. 1990). Längs präparierte Schmelzprismen weisen hingegen ein sehr ungünstiges Ätzmuster auf. Solche Schmelzprismen können wegen der Polymerisationsschrumpfung des Komposits frakturieren und damit die Langzeitprognose der Füllung beeinträchtigen (JÖRGENSEN et al. 1975). Bei der Präparation kastenförmiger Kavitäten werden die meisten Schmelzprismen längs zu ihrer Achse getroffen und sind daher für die Adhäsivtechnik nicht gut geeignet. Die Abschrägung der approximalen Kavitätenränder ermöglicht ein günstigeres Ätzmuster und vergrößert die retentive Schmelzoberfläche (BEN-AMAR et al. 1987, MOOR & VANN 1988, CHEUNG 1990). Die Präparation der approximalen Abschrägung ist bei kleinen Kavitäten wegen der eingeschränkten Zugänglichkeit und der engen Beziehung zum

Nachbarzahn problematisch. Die Schmelzrandbearbeitung mit Handinstrumenten ist einfach, bewirkt aber unvollständig abgeschrägte Segmente und Mikrofrakturen im Bereich der Schmelzprismen (HUGO et al. 1992, HUGO et al. 1995). Mit rotierenden Bearbeitungsgeräten ist die Gefahr der Nachbarzahnverletzung stark erhöht und die Abschrägungen zeigen mehr Defekte (LUSSI 1995). Am geeignetsten scheinen heutzutage oszillierende Feilen oder schallbetriebene Instrumente zu sein (HUGO et al. 1992, HUGO & LUSSI 1993, HUGO et al. 1995, LUSSI 1995, HUGO et al. 1996, HUGO & STASSINAKIS 1998).

Bei der Präparation approximaler Kavitäten stellt die Nachbarzahnverletzung ein Problem dar (QVIST et al. 1992, LUSSI 1995). Das gilt insbesondere für die adhäsive Klasse-II-Minikavität, die durch die enge Beziehung zum Nachbarzahn und die eingeschränkte Zugänglichkeit charakterisiert ist. Die iatrogen verletzten Zähne weisen eine erhöhte Kariesanfälligkeit auf, da die entstandenen Defekte der Zahnoberfläche prophylaktisch unzugängliche Nischen darstellen können (QVIST et al. 1992). Auch hier stellen oszillierende Feilen oder die Schallpräparation zur Zeit die besten Methoden zur Verminderung iatrogenen Schädens am Nachbarzahn dar (LUSSI 1995, HUGO et al. 1996, HUGO & STASSINAKIS 1998).

Die durch Polymerisationsschrumpfung bedingte, ungenügende marginale Adaptation ist ein Schwachpunkt direkter Kompositrestaurationen im Seitenzahnbereich. Die klinischen Folgen beinhalten Überempfindlichkeit, Randverfärbungen und Sekundärkaries (JÖRGENSEN et al. 1975, STANINEC et al. 1986, TORSTENSON & BRÄNNSTRÖM 1988, LÖSCHE et al. 1993, WINKLER et al. 1996). Um diese Schrumpfung auszugleichen wird heute versucht, mittels aufwendiger Füllungstechniken, wie beispielsweise durch Anwendung von Leuchtkeilen und Umhärtungstechniken oder einer graduellen Belichtungsstärke, eine Verbesserung der marginalen Randadaptation zu erreichen (SCHALLER et al. 1988, KREJCI et al. 1991a und b, KREJCI 1992, GORACCI et al. 1996). Durch eine graduelle Belichtung wird die Polymerisation des Komposits verlangsamt. Dieser Prozess begünstigt den Materialfluss vor der Gelation mit der Folge einer Reduktion der Polymerisationsspannung und damit einer Verbesserung der marginalen Adaptation (GORACCI et al. 1996, ERNST et al. 1997). Da die Polymerisationsschrumpfung immer gegen die Lichtquelle gerichtet ist, kann mittels interdentaler Leuchtkeile und Transparentmatrizen die Schrumpfrichtung gegen die zervikalen Kavitätenränder gerichtet und damit auch die marginale Randadaptation verbessert werden (LUTZ et al. 1986 a und b, KREJCI et al. 1987, SCHALLER et al. 1988, LÖSCHE et al. 1993). Für mehrflächige Klasse-II-Kavitäten wird von den meisten Autoren immer noch die Mehrschichttechnik empfohlen. Dabei ist für Klasse-II-Kavitäten die horizontale Mehrschichttechnik die praktikabelste Vorgehensweise (COLI & BRÄNNSTRÖM 1993).

Bei der interdentalen Belichtung von Klasse-II-Kompositfüllungen mit Leuchtkeil und transparenter Matrize kann sich die Gestaltung eines guten Kontaktpunktes als schwieriger erweisen. Eine optimale Platzierung und Abdichtung mittels Transparentmatrizen kann äusserst problematisch sein, insbesondere wenn die Grösse und die Form des Keils nicht dem Interdentalraum angepasst werden kann. Es stellt sich daher die Frage, ob der Vorteil der marginalen Adaptationsverbesserung mit Leuchtkeil und Transparentmatrizen den Nachteil des erhöhten klinischen Aufwandes und der Kontaktpunktproblematik ausgleicht (LUTZ et al. 1986a und b, KREJCI et al. 1987, LÖSCHE et al. 1993).

Das Finieren und die Politur von Kompositfüllungen ist problematisch, weil vorhandene Überschüsse vor allem bei guter

Farbwahl nur sehr schwer erkennbar sind. Das Resultat sind rauhe und unkontrolliert gefüllte Oberflächen mit erhöhter Plaqueretention, was karies- und parodontalprophylaktisch ungünstig ist (CHEN et al. 1988).

Trotz der guten physikalischen Eigenschaften der aktuellen Feinhybridkomposits ist die Problematik der thermischen Expansion noch nicht gelöst. Der hohe Expansionskoeffizient vom Komposit führt unter oralen Bedingungen zu Belastungen der Füllung. Die Füllung expandiert bzw. schrumpft stärker als der Zahn. Es kommt zu Spannungszuständen im Randbereich, die bis zur Spaltbildung eines vorher dichten Randes führen können. In diesem nicht reinigbaren Spalt sammeln sich Bakterien und Nahrungsreste, was schliesslich zu Verfärbungen, Sekundärkaries, Sensibilitätserscheinungen und Pulpaerkrankungen führen kann (JÖRGENSEN et al. 1975, STANINEC et al. 1986, TORSTENSON & BRÄNNSTRÖM 1988, LÖSCHE et al. 1993).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss des Abschrägungsverfahrens und des Matrizenystems auf die marginale Randqualität, die approximalen Überschüsse, die Nachbarzahnverletzung und die approximale Kontaktgestaltung an Klasse-II-Minikavitäten resp. deren Versorgungen in vitro zu untersuchen.

Material und Methode

48 aus kieferorthopädischen Gründen extrahierte und in Wasser gelagerte kariesfreie menschliche Molaren wurden für die Untersuchung verwendet. Zur Simulation klinischer Verhältnisse wurden die Zähne in Modelle zwischen je einem künstlichen Nachbarzahn (Frasako, Franz Sachs & Co. GmbH, Tettngang, Deutschland) eingesetzt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Zähne physiologische Kontaktpunkte aufwiesen. 96 Klasse-II-Minikavitäten wurden anschliessend von 12 Behandlern mit mehrjähriger klinischer Erfahrung jeweils mesial und distal in die natürlichen Zähne präpariert. Die Präparationsgrenzen sollten dabei einen Abstand von 0,5 mm zum Nachbarzahn und 1,5 mm zur zervikalen Schmelzzementgrenze aufweisen. Für die Präparation standen jedem Behandler die gleichen Instrumente zu Verfügung (Piccolo-Präparationsset, Intensiv, Viganello, Schweiz). Jeder Behandler hatte die Aufgabe, acht solche Kavitäten zu präparieren. Bei jeweils vier der Kavitäten erfolgte die approximale Randabschrägung rotierend mit einem Feinstkorndiamant (Composhape 40 mm, H15, Intensiv, Viganello, Schweiz). Die restlichen vier wurden oszillierend mit Feilen (Bevelshape 40µm, Intensiv, Viganello, Schweiz) unter Verwendung des fixierbaren EVA-Kopfes (Prepcontrol 61LR, KaVo, Biberach, Deutschland) abgeschragt. Eine weitere Unterteilung erfolgte nach dem Matrizen-Keil-System, indem bei jeweils vier Kavitäten pro Behandler einerseits Stahlmatrizen (Hawe Neos Dental, Gentilino, Schweiz) und Holzkeile (Hawe Neos, Gentilino, Schweiz) und andererseits Transparentmatrizen (Lucifix-System, Hawe Neos, Gentilino, Schweiz) und Leuchtkeile (Lucifwedges, Hawe Neos, Gentilino, Schweiz) verwendet wurden. Dies ergab insgesamt vier experimentelle Gruppen mit jeweils 24 Füllungen (Tab. I).

Tab. I Übersicht der untersuchten Methoden

Methode	1	2	3	4
Anschrägung	Feile	Rotierend	Feile	Rotierend
Matrize/Keil	Stahl/Holz	Transparent/Leucht	Transparent/Leucht	Stahl/Holz

Tab. II Beurteilungskriterien der Kontaktpunktsituation mit Zahnseide

Beurteilung	Beschreibung
offen	kein «Schnappen», leichter Widerstand spürbar
schwach	«Schnappen», kein Widerstand spürbar
gut	«Schnappen», mittlerer bis starker Widerstand spürbar
nicht durchgängig	Zahnseide und/oder Dento-Tape reißt ab

Jede Kavität wurde danach folgendermassen standardisiert gefüllt: Die Schmelzätzung erfolgte mit 37%igem Phosphorsäureätzgel (Ultra Etch, Ultradent, South Jordan, USA) während 60 Sek. Die Kavität wurde anschliessend abgesprayed und getrocknet. Nach Applikation des Adhäsivsystems (PUB3, DeTrey, Konstanz, Deutschland) wurden die Kavitäten mit einem lichthärtenden Hybridkomposit (Prisma TPH, Farbe U, DeTrey, Konstanz, Deutschland) in 2–3 horizontalen Schichten gefüllt. Jede Kompositschicht wurde während 60 Sek. mit der gleichen Lampe (Translux, Kulzer, Friedrichsdorf, Deutschland) lichtgehärtet. Die Ausarbeitung und Politur der Füllungen erfolgte zunächst durch die jeweiligen Behandler im Modell mit Nachbarzähnen. Dabei wurden keine anderen Anweisungen gegeben, als dass sie so lange polieren sollten, bis sie klinisch mit dem Resultat zufrieden waren. Eine Zeitlimite wurde nicht gesetzt. Für die Ausarbeitung standen zur freien Auswahl zur Verfügung: Sof-Lex Disks (3M, USA), Polierstrips (3M, USA), Composhape-Diamanten (A+P, Intensiv, Viganello, Schweiz), Hartmetallfinierer (Komet, Lemgo, Deutschland), oszillierende Feilen (Cavi- und Proxoshape, Intensiv, Viganello, Schweiz) und Gummipolier

lied (Brownie, Greenie, Shofu, USA). Für die Kontrolle waren Sonden (EXD3CH, HuFriedy, USA) und Spiegel aufgelegt. Nach der Politur wurden die Zähne ins Wasser zurückgelegt. Bevor die Füllungen aus dem Modellverbund entfernt wurden, erfolgte die qualitative Beurteilung der Kontaktpunkte mittels Zahnseide (Dental Floss Waxed, Johnson & Johnson, USA). Es wurden vier Kriterien für die Kontaktpunktverhältnisse festgelegt (Tab. II). Zusätzlich wurde die Kontaktpunktstärke quantitativ mittels einer Ventilmesslehre (0,015 bis 0,3 mm dick) bestimmt. Nach Entfernung der Zähne aus dem Modellverbund wurden die approximalen Ränder der Füllungen mit einem 37%igen Phosphorsäureätzgel (Ultra etch, Ultradent, South Jordan, USA) während 30 Sek. angeätzt, mit 1%igem Toluidinblau 10 Sek. lang eingefärbt, mit Wasser gespült und getrocknet. Die geätzte Schmelzoberfläche wies danach eine deutlich blauere Verfärbung als das Kompositmaterial der Füllung auf. Die so eindeutig dargestellten Füllungsflächen wurden mit 2facher Vergrößerung standardisiert photographiert (Minolta, 100 Macro Objektiv, Tokio, Japan) (Abb. 1 links). Anschliessend wurde jede Füllung vom Untersucher unter optimalen Bedingungen in der Hand mit Sof-Lex Disks nachpoliert. Die Füllungs-ränder wurden wie oben beschrieben dargestellt und nochmals photographiert (Abb. 1 rechts). Jedes Dia wurde bei 46facher Vergrößerung auf eine weisse Wand projiziert und die Füllungs-ränder auf Papier nachgezeichnet. Durch Subtraktion der Gesamtfläche vor Politur (erstes Dia) von der Gesamtfläche nach Politur (zweites Dia) konnten damit vorhandene Überschüsse planimetrisch mit Hilfe eines Flächenbestimmungsgerätes (MOP/AM03, Kontron Messgeräte, München, Deutschland) quantifiziert werden. Nach optimaler Ausarbeitung wurden alle Füllungen mit einem additionsvernetzenden

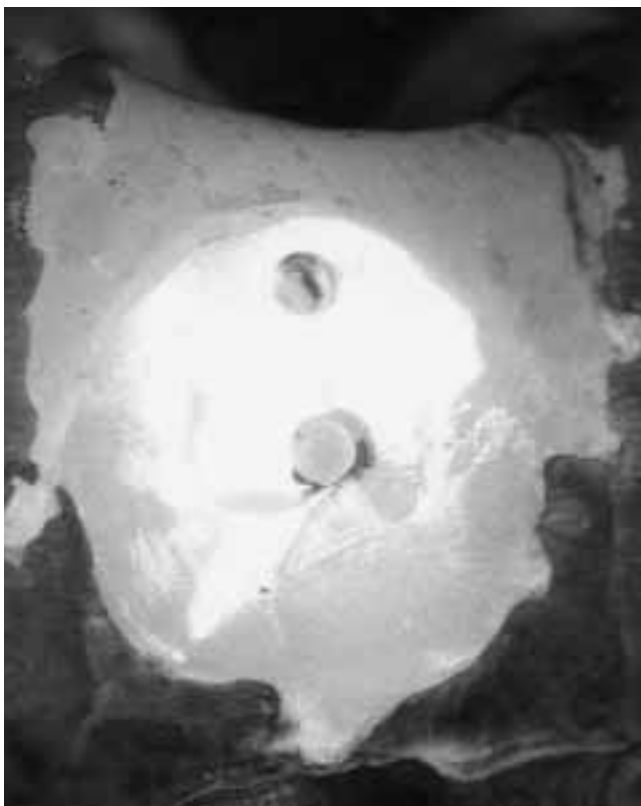


Abb. 1 a) Im Modellverbund von einem Behandler ausgearbeitete und als gut befundene Füllung.
b) Die gleiche Füllung anschliessend vom Untersucher in der Hand unter Lupenvergrößerung ausgearbeitet

Tab. III Randanalysekriterien im Rasterelektronenmikroskop

Bezeichnung	Beschreibung	
A	Perfekter Randschluss	Übergänge nicht sichtbar, nur verschiedene Materialoberflächen erkennbar
B	Leichter Defekt	Übergang sichtbar, kein Spalt erkennbar, leichte Unregelmässigkeiten
C	Randspalt	Randspalt deutlich erkennbar
D	Überschuss	Komposit liegt auf Schmelz
E	Unterschuss	Niveau des Komposits liegt niedriger als das des Schmelzes
F	Füllungsrandfraktur	Zertrümmertes Komposit grenzt an Zahnhartsubstanz
G	Schmelzrandfraktur	Zertrümmerter Zahnschmelz grenzt an das Komposit

Silikon (President light body, Coltène, Altstätten, Schweiz) abgeformt und mit Hilfe eines kaltpolymerisierenden Kunststoffes (Epofix, Struers, Kopenhagen, Dänemark) Replikas angefertigt. Die gefüllten Zähne wurden einer Temperaturwechselbelastung unterzogen (2000 Umläufe zwischen 5° und 55° C bei jeweils 30 Sek. Badedauer). Danach wurde nach oben beschriebener Methode eine weitere Replika angefertigt. Die quantitative Randspaltanalyse erfolgte vor und nach Temperaturwechselbelastung anhand der Füllungsreplikas im Rasterelektronenmikroskop (Stereoscan 200 Leica AG, Glattbrugg, Schweiz) bei 200facher Vergrößerung. In Anlehnung an LÖSCHE et al. (1993) wurden sieben verschiedene Randauswertungskriterien unterschieden (Tab. III).

Alle Messungen erfolgten mit Hilfe eines am Rasterelektronenmikroskop angeschlossenen Computers und eines für quantitative Messungen entwickelten Softwarepaketes (Quanticap, med. Software-Lösungen, S. Küppers, Erlangen). Dieses Programm berechnet durch Addition von Einzelstrecken der verschiedenen Bewertungskriterien deren prozentualen Anteil an der Gesamtlänge des Kavitätenrandes.

Als letztes wurden auch die Nachbarzähne aus dem Modellverbund herausgenommen und unter dem Binokular (Wild M 38, Heerbrugg-CH) bei einer 6,4fachen Vergrößerung semiquantitativ auf Präparationsverletzungen untersucht. Jede approximale Fläche wurde dabei in 4 Zonen unterteilt (2x lateral, 1x zentral, 1x zervikal) und Nachbarzahnverletzungen nach drei Schweregraden unterteilt (Tab. IV).

Tab. IV Einteilung der Nachbarzahnverletzungen

GRAD 1	Keine Verletzung, weder von blossen Auge noch unter Binokular	
GRAD 2	Keine Verletzung von blossen Auge, leichte Verletzung unter Binokular	
GRAD 3	Deutliche Verletzung schon von blossen Auge	

Tab. VI Nachbarzahnverletzungen für die verschiedenen Methoden und die einzelnen Verletzungszonen in Prozent

	Laterale Zone		Zentrale Zone		Zervikale Zone	
	Feile	Rotierend	Feile	Rotierend	Feile	Rotierend
Grad 0	4,2	2,1	12,3	10,2	16,6	16,7
Grad 1	40,6	20,8	35,2	12,2	31,3	35,4
Grad 2	55,2	77,1	52,5	77,6	35,4	47,9

Statistische Auswertung

Die statistische Prüfung der erhaltenen qualitativen Werte für die Kontaktpunktstärke, die Überschussbeurteilung, die Füllungsrandbeurteilung im Rasterelektronenmikroskop und die Nachbarzahnverletzungen erfolgte anhand des Chi-Quadrat- und des Mann-Whitney-U-Testes. Bei multiplen Vergleichen wurde eine Bonferroni-Korrektur angewendet. Statistisch signifikante Unterschiede wurden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0.05$ festgelegt.

Resultate

Die gemessenen Überschüsse vor und nach optimaler Ausarbeitung sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Überschüsse waren bei allen Methoden erheblich und betragen bis zu 4mm² pro Füllung. Zwischen den vier getesteten Methoden wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt ($p > 0.05$). Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die prozentualen Angaben der vier Kriterien zur Beurteilung der approximalen Kontaktstärken für die zwei verwendeten Matrizen-Keil-Systeme. Die Untersuchung mit Zahnseide ergab in 19,8% der Fälle bei der Anwendung von Transparentmatrizen offene Kontaktpunkte (Abb. 3). Mit den Stahlmatrizen war dieser Wert signifikant niedriger (11,5%,

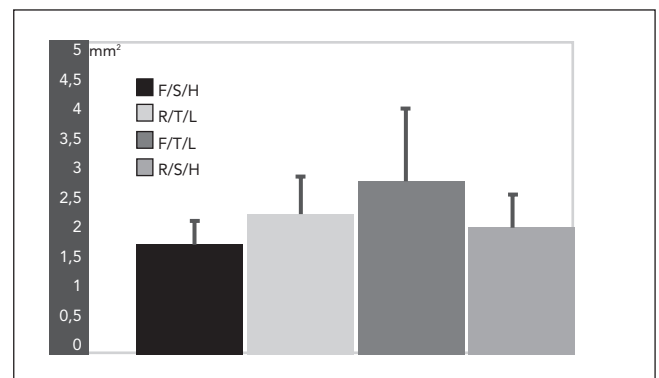


Abb. 2 Gemessene Überschüsse in mm² im Vergleich. Zwischen den einzelnen Methoden wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede gefunden ($p > 0,05$). Rotierende (R) und Feilenanschrägung (F); Stahl- (S) und Transparentmatrize (T); Leicht- (L) und Holzkeil (H)

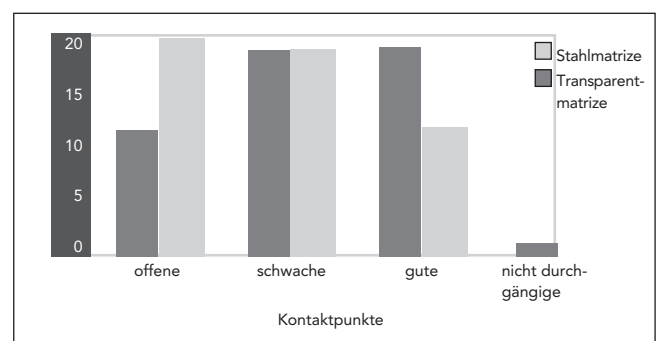


Abb. 3 Kontaktpunktsituationen durch die Zahnseide bestimmt. Statistisch signifikante Unterschiede bei Verwendung von Stahl- oder Transparentmatrizen waren beim Kriterium «offene» und «gute» Kontaktpunkte feststellbar.

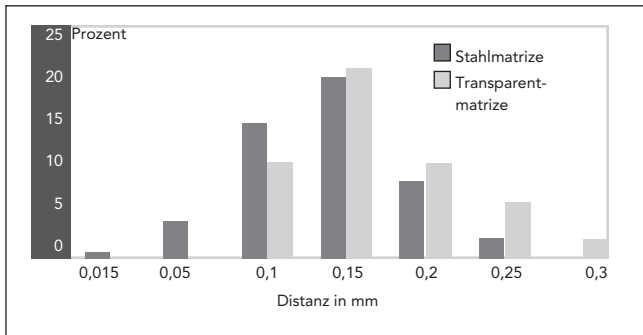


Abb. 4 Kontaktpunktsituationen mit der Ventilmesslehre bestimmt. Bis 0,1 mm Distanz waren die Kontaktpunkte als «gut» zu bezeichnen. Dabei wurde dieser Wert statistisch signifikant häufiger bei Verwendung von Stahlmatrizen erreicht.

p=0,001). Schwache Kontaktpunkte kamen gleich häufig in beiden Gruppen vor (18,8%). Als «gut» wurden Kontaktpunkte bei Anwendung von Stahlmatrizen in 18,8% der Fälle signifikant häufiger als bei Verwendung von Transparentmatrizen mit 11,5% gewertet (p=0,001). Nicht durchgängige Kontaktpunkte erschienen nur in der Stahlmatrizen-Gruppe (1%). Die quantitative Messung der Kontaktpunkte mittels Ventilmesslehre (Abb. 4) ergab analoge Resultate zum Zahnseidentest. Dabei konnte eine statistisch signifikante Korrelation zwischen den vier Kriterien zur Beurteilung der Kontaktstärke und der Spaltmessung mittels Ventilmesslehre festgestellt werden. Bei guten Kontaktpunkten konnte eine Zahn-zu-Zahn-Distanz von 0,05 bis 0,1 mm gemessen werden; 0,15 mm wurden bei schwachen Kontaktpunkten gemessen; ab 0,2 mm wurden die Kontaktpunkte als offen bezeichnet (Pearsons Korrelationskoeffizient 0.98; p<0.05).

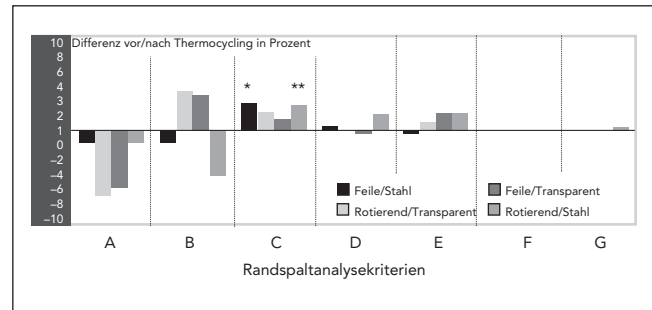


Abb. 5 Gemessene Differenzen der einzelnen Methoden und Kriterien (Tab III) vor und nach Temperaturwechselbelastung. Negative Balken bedeuten eine Abnahme – positive Balken eine Zunahme des entsprechenden Kriteriums nach Thermocycling. Signifikante Zunahmen bei * (p=0,007) und ** (p=0,002) feststellbar. Alle anderen Differenzen sind statistisch nicht signifikant verschieden (p>0,05).

Die quantitative Randanalyse im Rasterelektronenmikroskop zeigte sowohl vor als auch nach Temperaturwechselbelastung (Tab. V) keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den vier Methoden für jedes Kriterium. Die Differenzen vor und nach Temperaturwechselbelastung (TBW) zeigten lediglich bei Verwendung von Stahlmatrizen und Holzkeilen (Methoden 1 und 4) statistisch signifikante Differenzen bei Kriterium C (Randspalt). Beide Methoden zeigten eine Zunahme der Randspalten (+2,8%)(Abb. 5).

In Abbildung 6 sind die gefundenen Werte für die Nachbarzahnverletzungen beider Abschärfungsmethoden (Rotierend / Feile) aufgeführt. Beide Gruppen zeigten hohe Prozentsätze schwerer Nachbarzahnverletzungen (Grad 2), Feilenverletzungen waren jedoch statistisch signifikant seltener (p=0,001). Beim geringen Prozentsatz nicht verletzter Nachbarzähne wa-

Tab. V Randanalyse der getesteten Methoden vor und nach Temperaturwechselbelastung

vor									
Kriterien	Methoden								Signifikanz
	1		2		3		4		
	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	p
A	51,2	20,5	59,1	23,0	57,0	20,7	55,9	19,0	0,443
B	27,1	17,4	22,3	13,3	19,0	14,0	26,5	11,9	0,220
C	1,6	4,4	3,8	8,0	2,3	7,4	1,8	4,8	0,343
D	1,8	5,6	1,4	3,4	2,1	5,4	3,3	6,4	0,377
E	18,3	8,9	13,5	13,2	18,9	17,9	12,6	10,6	0,178
F	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,392
G	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,4	0,0	0,0	0,060
nach									
Kriterien	Methoden								Signifikanz
	1		2		3		4		
	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	Mittel	Stabw	p
A	49,95	19,19	51,83	19,53	50,67	18,81	54,65	15,30	0,789
B	25,49	14,96	26,70	14,22	22,88	11,87	21,34	10,99	0,604
C	4,53	5,90	5,66	8,56	3,59	6,76	4,40	4,63	0,392
D	2,02	5,40	1,34	3,69	1,58	3,94	4,97	8,20	0,176
E	18,01	10,15	14,37	13,27	20,71	16,69	14,31	10,88	0,308
F	0,0	0,0	0,11	0,52	0,0	0,0	0,0	0,0	0,392
G	0,0	0,0	0,0	0,0	0,57	1,50	0,33	1,61	0,053

Mittel = Mittelwert; Stabw = Standardabweichung

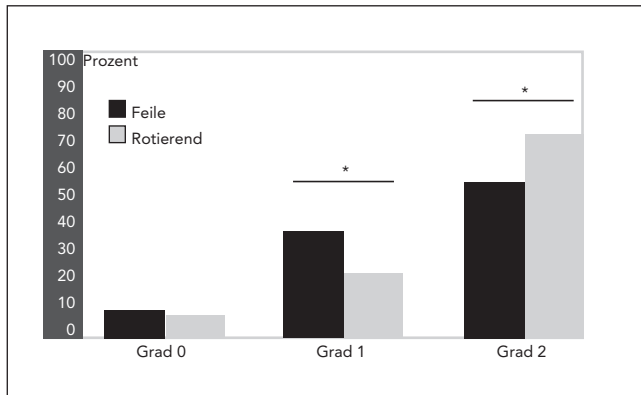


Abb. 6 Nachbarzahnverletzungen insgesamt: Grad 0 (keine Verletzungen), Grad 1 (leichte Verletzungen), Grad 2 (starke Verletzungen), * statistisch signifikanter Unterschied

Tab. VI Nachbarzahnverletzungen für die verschiedenen Methoden und die einzelnen Verletzungszonen in Prozent

	Laterale Zone		Zentrale Zone		Zervikale Zone	
	Feile	Rotierend	Feile	Rotierend	Feile	Rotierend
Grad 0	4,2	2,1	12,3	10,2	16,6	16,7
Grad 1	40,6	20,8	35,2	12,2	31,3	35,4
Grad 2	55,2	77,1	52,5	77,6	35,4	47,9

ren keine Unterschiede zwischen Feilen und rotierenden Instrumenten feststellbar ($p=0,064$). Die Aufschlüsselung in die verschiedenen Verletzungszonen (lateral, zentral, zervikal) ergab ähnliche Resultate (Tab. VI). Die lateralen Zonen blieben seltener unverletzt als die zervikale und zentrale Zone. Dabei waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Abschrägungsmethoden feststellbar ($p>0,05$). Leichte Verletzungen (Grad 1) erfolgten mit Feilen signifikant häufiger als rotierend an lateralen und zentralen Zonen ($p<0,05$). Bei den zervikalen Zonen war kein Unterschied zwischen den Methoden feststellbar ($p=0,052$). Starke Verletzungen (Grad 2) wurden signifikant häufiger nach rotierender Abschrägung bei lateralen und zentralen Zonen vorgefunden ($p<0,05$). Zervikale Zonen zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Feilen und rotierenden Instrumenten ($p<0,05$).

Diskussion

Die Ausdehnung der Kavitäten entsprach derjenigen einer sogenannten «Slot»-Präparation, das heisst einer approximalen Minikavität ohne Einbeziehung der okklusalen Kontaktfläche. Der Abstand von 1,5 mm zur Schmelz-Zement-Grenze wurde so gewählt, dass ein reguläres zervikales Prismenmuster für die Schmelz-Ätz-Technik vorhanden war (LÖSCHE et al. 1993). Zur Verbesserung des Ätzmusters und Vergrößerung der retentiven Schmelzoberfläche wurde jede Kavität approximal abgeschrägt (BEN-AMAR et al. 1987, MOORE & VANN 1988, CHEUNG 1990). Als Füllungsmaterial wurde ein Hybridkomposit gewählt, welches allgemein für kleinere Füllungen im Seitenzahnbereich empfohlen und angewendet wird. Die Applikation des Füllungsmaterials in zwei bis drei horizontalen gleich grossen Portionen analog der Studie von LÖSCHE ist speziell in kleinen Kavitäten

die praktikabelste Vorgehensweise (COLI & BRÄNNSTRÖM 1993). Die Ausarbeitung der Füllungen wurde dem heutigen Kenntnisstand entsprechend schonend und materialgerecht vorgenommen (KREJCI & LUTZ 1984). Wenn die Zahnseide mit einem «Schnappen» den Approximalkontakt überwindet, ist es unter klinischen Bedingungen üblich, diesen als gut zu bezeichnen. In vitro wurden die Kontaktpunkte unter trockenen Bedingungen geprüft. Mit Speichel benetzte Zahnseide gleitet besser, infolgedessen würden wahrscheinlich im Mund ein Teil der approximalen Kontakte, die in vitro als schwach bezeichnet wurden, als ungenügend befunden. Die Untersuchung der approximalen Kontaktpunkte mittels Zahnseide ergab fast doppelt so viele offene Kontaktpunkte bei der Verwendung von transparenten Matrizen. Dieser deutliche Unterschied ist auf die schlechte Adaptierbarkeit der transparenten Matrizen bezüglich anatomischer Zahnform und der Leuchtkeile im zervikalen Bereich zurückzuführen. Die Stahlmatrizen sind besser verformbar und das «Handling» ist angenehmer. Die Dicke der Matrize beeinflusst die Kontaktpunktstärke nicht (DÖRFER et al. 1996). In dieser erwähnten Studie wurden keine Unterschiede bei Anwendung verschiedener Matrizenmaterialien gefunden, es wurden jedoch bessere Resultate bei der Verwendung «bauchiger» Matrizen erzielt. Eine weitere deutliche Verbesserung der Kontaktpunkte erreichten DÖRFER et al. (1996) durch aktives Drücken der verkeilten Matrizen gegen den Nachbarzahn während der Polymerisation. Wenn man schwache und gute Kontaktpunkte als klinisch «akzeptabel» betrachtet, ist ein Drittel der Kontaktpunkte in der vorliegenden Studie ungenügend. Dieser hohe Wert nicht akzeptabler Kontaktpunkte ist teilweise auch durch die schlechte Verkeilbarkeit der starren Zähne und die schlechte Stopfbarkeit des Komposits bedingt.

Für die Bestimmung der Ausdehnung der approximalen Füllungsflächen wurden die Ränder mit 37%iger Phosphorsäure angeätzt. Nach der Ätzung wurden die Schmelzpartien poröser als das Füllungsmaterial und dadurch die Verfärbung mit Toluidinblau stärker. Der Übergang Schmelz-Komposit wurde kontrastreich und deutlich erkennbar. Überschüsse aus «Bondingmaterial» wurden gleich gefärbt wie das Kompositmaterial. Fraglich ist, ob und wie ein Bonding-Überschuss und mögliche Verluste schädlich für Parodont und Zahnschmelz sein könnten. Wenn die Schmelzoberfläche nicht angeätzt ist, sind solche Überschüsse mit einem Handinstrument leicht entfernbar. Aufgrund dieser Ergebnisse muss auf die Notwendigkeit der Nachbearbeitung der Kompositfüllungsränder bei den Nachkontrollen hingewiesen werden. Bei den Flächenbestimmungen vor und nach Politur unter idealen Bedingungen wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den vier getesteten Füllungsverfahren festgestellt. Jede Füllung, unabhängig von der Präparations- oder Füllungsmethode, wurde unter den gleichen Bedingungen und mit den gleichen Instrumenten poliert. Die gefundenen Überschüsse waren für alle Methoden als sehr gross einzustufen. Diese Ergebnisse bestätigen die klinischen Probleme der idealen Ausarbeitung approximaler Kompositfüllungen. Die kritische Kontrolle solcher Füllungen unter klinischen Bedingungen mit Spiegel und Sonde ist wegen der zahnähnlichen Farbe und der engen Verhältnisse im interdentalen Bereich erschwert. Tatsache ist, dass mit der üblichen klinischen Vorgehensweise keinesfalls optimale Füllungspolituren erreicht werden können. Mögliche Hilfe für das Erzielen besserer Füllungsrandverhältnisse könnten allenfalls Vergrößerungshilfen zur visuellen Beurteilung der Füllungsrandverhältnisse und der Gebrauch von oszillierenden Feilen darstellen.

Durch die Aufnahme heisser oder kalter Speisen unterliegen Kompositfüllungen im Mund einem thermischen Stress, der den Verbund von Füllungsmaterial zu Zahnschmelze negativ beeinflussen kann (JÖRGENSEN et al. 1975, STANINEC et al. 1986, TORSTENSON & BRÄNNSTRÖM 1988, LÖSCHE et al. 1993). Eine allgemein akzeptierte Methode zur Simulation dieser Tatsache in vitro ist die Temperaturwechselbelastung der Füllungen mit anschliessender quantitativer Randanalyse im Rasterelektronenmikroskop (ROULET et al. 1984, LÖSCHE et al. 1993). In der vorliegenden Untersuchung wurde zusätzlich zu den sechs üblichen Randanalysekriterien (LÖSCHE et al. 1993) der Befund «leichter Defekt» erhoben. Dieser wurde in Situationen angewandt, wo der Übergang Füllung-Zahn sichtbar war und die Defekte so klein waren, dass sie keinem der anderen Kriterien zugeordnet werden konnten.

Die zwei Kriterien «perfekter Rand» und «leichter Defekt» zusammen werden als gute Randverhältnisse betrachtet und als solche mit dem Kriterium «Perfekt» von LÖSCHE verglichen (LÖSCHE et al. 1993).

Vor der Temperaturwechselbelastung wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den vier Kriterien festgestellt. Daraus folgt, dass bei «frisch» gelegten Füllungen die Randadaptation weder von der Abschrägungsart noch vom Matrixsystem beeinflusst wird. Im Vergleich mit den Ergebnissen von LÖSCHE liegen die gefundenen Werte für gute Randverhältnisse niedriger (-10%) und für Unterschüsse höher (+13%). Dies ist möglicherweise auf die intensive Nachbearbeitung der Füllungen unter idealen Verhältnissen zurückzuführen. Wegen der Schwierigkeit zu erkennenden Kavitätenränder im Abschrägungsbereich wurden die Füllungen zum Teil überpoliert und dadurch Unterschüsse produziert. Dazu wurden in dieser Studie keine Unterfüllungen gelegt, die eine Verkleinerung des schrumpfenden Füllungsvolumens während der Polymerisation bedingen (REINHARDT 1989). Nach der Temperaturwechselbelastung konnte man eine statistisch signifikante Zunahme der Randspalten (+3%) zu Ungunsten der perfekten Ränder feststellen. Nur bei der Verwendung von Stahlmatrizen und Holzkeilen war die Zunahme der Randspalten statistisch signifikant. Die Verwendung von Leuchtkeilen scheint die Randadaptation bei abgeschrägten Kavitäten zu verbessern. In der Studie von LÖSCHE wurde eine signifikante Verbesserung der Randverhältnisse durch Leuchtkeile nur bei nicht angeschrägten Kavitäten festgestellt.

Die Nachbarzahnverletzungen waren erheblich. Maximal 17% der Flächen waren intakt und bei rotierender Abschrägung in den lateralen Zonen sanken diese Werte auf Null. In der vorliegenden Studie wurden Kunststoffzähne verwendet, deren weichere Oberfläche auf Verletzungen durch den Schleifkörper im Vergleich mit natürlicher Zahnschmelze anfälliger ist. Hinzu kommt die Tatsache, dass wahrscheinlich viele der gefundenen Verletzungen schon bei der Primärpräparation und nicht erst bei der Abschrägung erfolgten. Wie in der Studie von LUSSI (1995) wurden die teilnehmenden Zahnärzte nicht informiert, dass die approximalen Flächen der Nachbarzähne ebenfalls beurteilt würden. QVIST et al. (1992) fanden mit 69% verletzter Nachbarzähne einen niedrigeren Wert als in der vorliegenden Untersuchung. Dies kann auf die Tatsache zurückgeführt werden, dass die Zahnärzte über den Zweck der Untersuchung informiert wurden (LUSSI 1995). Die Verletzungen durch die rotierende Abschrägung waren ausgeprägter als diejenige durch Feilenabschrägung. Als schwächere Verletzungen wurden eher die grazilen geraden Spuren der Feile beobachtet. Dies wurde durch das Abstützen der nichtdiamantbelegten Seite der Feile auf dem weichen Kunststoffzahn verursacht.

Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen und unter den Bedingungen der vorliegenden Untersuchung lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Bei der Verwendung einer Transparentmatrize mit Leuchtkeil sind die approximalen Kontaktpunkte, wegen der schwierigen Anpassung der Matrize an die anatomische Zahnform und des Leuchtkeils zum Approximalraum, signifikant schwächer als mit Stahlmatrize und Holzkeil.
- Die Verwendung von Leuchtkeilen und Transparentmatrizen verbessert die marginale Adaptation der Füllung in vitro. Wenn die Wiederherstellung eines physiologischen Approximalkontaktes mittels Transparentmatrize und Leuchtkeil nicht möglich ist und/oder die zervikale Präparationsrandabdichtung nicht erreichbar ist, sind wegen der geringen gefundenen Differenzen auch Stahlmatrizen mit Holzkeilen anwendbar. Die Feilenabschrägung bedingt keine Verbesserung der marginalen Adaptation im Vergleich mit rotierender Abschrägung.
- Die Feilenabschrägung verursacht deutlich weniger ausgeprägte Verletzungen des Nachbarzahnes als die rotierende Abschrägung.
- Eine ideale Nachbearbeitung und Politur approximaler Kompositlots ist sehr schwierig. Wegen der engen Verhältnisse des Approximalraumes und der zahnähnlichen Farbe der Füllung ist eine kritische Kontrolle mit Spiegel und Sonde äusserst schwierig. Ausgedehnte approximale Überschüsse sind oft zu beobachten.

Summary

Stassinakis A, Colla E, Hugo B and Hotz P: **Influence of bevelling method and matrix band on the quality of small class II composite restorations in vitro** (in German). Acta Med Dent Helv 3: 178-184 (1998)

The aim of this study was to evaluate the influence of the bevelling method and the matrix band on the quality of small class II composite fillings. 96 restorations were prepared and filled by 12 dentists on extracted molars mounted in models simulating clinical conditions. A total of four methods were tested. Margin bevells were prepared by use of oscillating files or rotating burs, and for each bevelling method either metal matrix bands with wooden wedges or transparent bands with transparent wedges were used for filling. The evaluation of the fillings included: contact points, preparation damage to adjacent teeth, percentage of overhangs before and after «perfect» finishing and quantitative margin analysis in the SEM before and after exposure of the fillings to a thermocycling. The results obtained showed that the marginal adaptation after thermocycling was slightly improved when transparent bands and wedges were used. However, contact points were clearly weaker when transparent bands were used than when metal matrix bands were used. The bevelling methods evaluated did not have any influence on the margin quality. The use of oscillating files caused significantly less damage to the adjacent teeth. After finishing of the restorations important overhangs are still present under «clinical» conditions.

Résumé

Le but de cette étude était d'évaluer l'influence de la méthode de biseautage et du type de matrice utilisé sur la qualité des obturations en composite de classe II de petite dimension. Ont été

examinés en particulier l'adaptation marginale, les contacts approximaux, d'éventuelles lésions iatrogènes au niveau des dents voisines, ainsi que l'étendue d'excès approximaux d'obturations en composite postérieures. Un total de 96 cavités minimales de classe II (slots) a été préparé par 12 médecins-dentistes sur molaires humaines extraites. Ces dernières étaient placées dans des modèles comprenant également des dents voisines artificielles. Les cavités ont été obturées avec du composite, suivi de finition et polissage. En tout, quatre procédures cliniques précises ont été testées: préparation des biseaux soit par limes oscillantes, soit par instruments rotatifs; pour les obturations proprement dites, des matrices et coins transparents ou bien des matrices en acier et des coins en bois ont été utilisés. Avant de sortir les dents ainsi restaurées de leurs modèles, la présence ou absence de points de contacts approximaux ont été vérifiées. Ensuite les dents voisines ont été examinées afin de décélérer d'éventuelles lésions iatrogènes. Pour faciliter cet examen, les faces proximales en question ont été colorées, l'étendue de la surface occupée par les obturations avant et après finition sous des conditions idéales a été ensuite quantifiée par morphométrie. Finalement, les dents restaurées ont été soumises à une procédure de thermocyclage, suivie d'une analyse quantitative de la zone marginale au microscope électronique à balayage. Les résultats obtenus ont montré que l'utilisation de matrices et coins transparents améliorent légèrement la qualité de l'adaptation marginale après thermocyclage. Les contacts approximaux, quant à eux, étaient nettement plus faibles avec les matrices transparentes qu'avec les matrices en acier et les coins en bois. La préparation de biseaux avec instruments rotatifs a provoqué des lésions iatrogènes plus marquées au niveau des dents adjacentes que celle avec limes oscillantes. L'étendue des excès approximaux après finition et polissage sous conditions dites cliniques était importante.

Literaturverzeichnis

- BEN-AMAR A, METZGER Z, GONTAR G: Cavity design for class II composite restorations. *J Prosthet Dent* 58: 5–8 (1987)
- BERGMANN P, NOACK M J, ROULET J-F: Der Einfluss der Kavitätenform auf das Randverhalten von Klasse-II-Kompositfüllungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 45: 663–666 (1990)
- CHEN R C S, CHAN D C N, CHAN K C: A quantitative study of finishing and polishing techniques for a composite. *J Prosthet Dent* 59: 292–297 (1988)
- CHEUNG G S P: A scanning electron microscopic investigation on the acid-etched cervical margin of Class II cavities. *Quintessence Int* 21: 299–302 (1990)
- COLI P, BRÄNNSTRÖM M: The marginal adaptation of four different bonding agents in Class II composite resin restorations applied in bulk or in two increments. *Quintessence Int* 24: 583–591 (1993)
- CRAWFORD P J M, WHITTAKER D K, OWEN G M: The influence of enamel prism orientation on leakage of resin-bonded restorations. *J Oral Rehabil* 14: 283–289 (1987)
- DIETSCHI D, HOLZ J: A clinical trial of four light-curing posterior composite resins: two-year report. *Quintessence Int* 21: 965–975 (1990)
- DÖRFER C, STEINHAUSEN J, STAEHLE H J: Messung approximaler Kontaktstärken von Komposit- und Amalgamfüllungen im Seitenzahnbereich in vitro. *Dtsch Zahnärztl Z* 51: 335–338 (1996)
- ERNST C-P, KÜRSCHNER R, WILLERSHAUSEN B: Polymerisationsspannung in Kompositmaterialien bei Verwendung eines zweistufigen Lichtpolymerisationsgerätes. *Acta Med Dent Helv* 2: 208–215 (1997)
- GORACCI G, MORI G, CASA DE MARTINIS L: Curing light intensity and marginal leakage of resin composite restorations. *Quintessence Int* 27, 5: 355–362 (1996)
- HUGO B, LUSSI A, HOTZ P: Die Präparation der Schmelzrand-schrägung bei approximalen Kavitäten. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102: 1181–1188 (1992)
- HUGO B, LUSSI A: Moderne Präparations- und Restaurationstechnologie – Verschiedene Anwendungsmöglichkeiten des Eva-Systems in der zahnärztlichen Praxis (I). *Quintessenz* 44: 17–26 (1993)
- HUGO B, STASSINAKIS A, HOTZ P: Die Randqualität der Schmelzabschrägung bei adhäsiven Klasse-II-Minikavitäten in vivo. *Dtsch Zahnärztl Z* 50: 832–835 (1995)
- HUGO B, STASSINAKIS A, HOTZ P, KLAIBER B: Die Entwicklung einer neuen Präparationsmethode zur defektbezogenen Erstversorgung approximaler kariöser Defekte. *Dtsch Zahnärztl Z* 51: 518–523 (1996)
- HUGO B, STASSINAKIS A: Preparation and restoration of small interproximal carious lesions with sonic instruments. *Pract Periodont Aesthet Dent* 10: 353–359 (1998)
- JÖRGENSEN K D, ASMUSSEN E, SHIMOKOBE H: Enamel damages caused by contracting restorative resins. *Scand J Dent Res* 83: 120–122 (1975)
- KREJCI I, LUTZ F: Kompositfüllungen - das 1 x 1 des Ausarbeitens. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 10: 1015–1028 (1984)
- KREJCI I, SPARR D, LUTZ F: A three-sided light curing technique for conventional Class II composite resin restorations. *Quintessence Intern* 18: 125–132 (1987)
- KREJCI I, KREJCI D, LUTZ F: P-30: In-vivo-Untersuchung eines Seitenzahnkomposits während 2,5 Jahren. *Dtsch Zahnärztl Z* 45: 773–778 (1990)
- KREJCI I, LUTZ F, KREJCI D: Zahnfarbene Seitenzahnrestorationen – Merkmale und klinisches Konzept. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 101: 1163–1168 (1991a)
- KREJCI I, GOUGOULAKIS A, BESEK M, LUTZ F: Zahnfarbene Seitenzahnrestorationen – Klinik. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 101: 1303–1310 (1991b)
- KREJCI I: Zahnfarbene Restaurationen – Qualität, Potential und Indikationen. Carl Hanser Verlag, München Wien (1992)
- LACY A M: A critical look at posterior composite restorations. *JADA* 114: 357–362 (1987)
- LÖSCHE G M, NEUERBURG C M, ROULET J-F: Die adhäsive Versorgung konservativer Klasse-II-Kavitäten. *Dtsch Zahnärztl Z* 48: 26–30 (1993)
- LUSSI A: Verletzung der Nachbarzähne bei der Präparation approximaler Kavitäten. Eine in-vivo-Studie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 105: 1259–1264 (1995)
- LUTZ F, KREJCI I, LUESCHER B, OLDENBURG T R: Improved proximal margin adaptation of Class II composite resin restorations by use of light-reflecting wedges. *Quintessence Int* 17: 659–665 (1986 a)
- LUTZ F, KREJCI I, OLDENBURG T R: Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restorations: a new restorative technique. *Quintessence Int* 17: 777–784 (1986 b)
- MOORE D H, VANN W F: The effect of a cavosurface bevel on microleakage in posterior composite restorations. *J Prosthet Dent* 59: 21–24 (1988)
- PRATI C, MONTANARI G: Three-year clinical study of two composite resins and one Non-Gamma-2 conventional amal-

- gam in posterior teeth. Schweiz Monatsschr Zahnmed 98: 120–125 (1988)
- QVIST V, JOHANNESSEN L, BRUUN M: Progression of approximal caries in relation to iatrogenic preparation damage. J Dent Res 71: 1370–1373 (1992)
- REINHARDT K-J: Belastbarkeit und Randständigkeit von Kompositfüllungen. Dtsch Zahnärztl Z 44: 669–672 (1989)
- ROULET J-F, HIRT T, LUTZ F: Surface roughness and marginal behaviour of experimental and commercial composites: an in vitro study. J Oral Rehab 11: 499–509 (1984)
- SCHALLER H G, GÖTZE W, BERTRAMS U: Prüfung der Wandständigkeit verschiedener Kompositkunststoffe im Seitenzahnbereich. Dtsch Zahnärztl Z 43: 914–918 (1988)
- STANINEC M, MOCHIZUKI A, TANIZAKI K, FUKUDA K, TSUCHITANI Y: Interfacial space, marginal leakage, and enamel cracks around composite resins. Oper Dent 11: 14–24 (1986)
- TORSTENSON B, BRÄNNSTROM M: Contraction gap under composite resin restorations: effect of hygroscopic expansion and thermal stress. Oper Dent 13: 24–31 (1988)
- VANHERLE G, LAMBRECHTS P, BRAEM M: Erfahrungen mit Komposit-Füllungsmaterialien im Seitenzahnbereich. Dtsch Zahnärztl Z 44: 664–668 (1989)
- WELBURY R R, WALLS A W G, MURRAY J J, MCCABI J F: The management of occlusal caries in permanent molars. A 5-year clinical trial comparing a minimal composite with an amalgam restoration. Brit Dent J 169: 361–366 (1990)
- WINKLER M M, KATONA T R, PAYDAR N H: Finite element stress analysis of three filling techniques for class V light-cured composite restorations. J Dent Res 75: 1477–2483 (1996)