

In-vitro-Untersuchung zur Randqualität von kleinen approximalen Kompositfüllungen

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurden sieben unterschiedliche Klasse-II-Mikrokavitäten mit verschiedenen rotierenden und oszillierenden Verfahren hergestellt. Neben den Sonicsys-micro-Ansätzen Halbtorpedo und Halbkugel und dem kleinen Sonicsys-approx-Ansatz kamen als weitere Sonoabrasivinstrumente der Siplus-Randschräger sowie der kleine Piezo-Cavity-System-Ansatz (PCS) zum Einsatz. Jede Kavitätenform wurde sowohl mit dem mittelviskösen Hybridkomposit-Tetric-Flow als auch mit dem hochviskösen Komposit-Tetric-Ceram in «Zweischicht-Technik» gefüllt. Als «Sondergruppen» wurden Füllungen mit Sonicsys approx Inlays und Kompositfüllungen nach Anwendung der so genannten Umhärtungstechnik betrachtet. Die Qualität der Ultraschallpräparationen mit den PCS- und Siplus-Ansätzen wurden im REM untersucht, wobei für die Siplus-Ansätze ein signifikant höherer Anteil an perfekten Rändern (88%) verglichen mit den PCS-Instrumenten (58%) ermittelt wurde.

Vor und nach Temperaturwechselbelastung wurde die Randqualität der 128 Kompositfüllungen im REM nach den bekannten Kriterien bestimmt. Der In-vitro-Vergleich zur Randqualität kleiner approximaler Kompositfüllungen zeigte für die Mikrokavitäten mit okklusalem Zugang nach Präparation mit der sonoabrasiven Halbkugel vergleichsweise günstigere Ergebnisse. Generell schnitten abgeschrägte Kavitäten besser ab als Kastenpräparationen. Der Vergleich zwischen spritzbaren und stopfbaren Hybridkompositen führte zu ähnlichen Resultaten. Es zeigte sich, dass auch mit einfachen Applikationstechniken belastungsstabile Ränder erzielt werden können.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 111: 19–27 (2001)

Schlüsselwörter: proximale Kompositfüllungen, Sonicsys micro, mittelvisköses Komposit

Zur Veröffentlichung angenommen: 5. November 2000

Korrespondenzadresse:

PD Dr. B. Hugo, Universität Würzburg
Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
Pleicherwall 2, D-97070 Würzburg
Tel. 0049/(0)931/201-7242, Fax 0049/(0)931/201-7240
E-Mail: burkard.hugo@mail.uni-wuerzburg.de

BURKARD HUGO¹, ALEXANDROS STASSINAKIS²,
NORBERT HOFMANN¹, BERNHARD SCHMITZ¹
und BERND KLAIBER¹

¹ Klinik und Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität Würzburg

² Klinik für Zahnerhaltung, Präventiv- und Kinderzahnmedizin der Universität Bern

Einleitung

In verschiedenen Untersuchungen konnten Vorteile bei Verwendung sonoabrasiver Ansätze zur Präparation bei approximalen Erstversorgungen aufgezeigt werden. Minimalinvasives Vorgehen stellt auch bei der Obturation defektbezogener Klasse-II-Kavitäten hohe Anforderungen an den Behandler. Die geringe Ausdehnung des Zugangs erschwert die visuelle Kontrolle und Durchführung der adhäsiven Konditionierung und die Applikation des Kompositmaterials in die Kavität. Sowohl die Kavitätenform, ob kastenförmig, «offen» oder tropfenförmig «unterminierend» präpariert, wie auch das Vorhandensein und die Ausführung einer Schmelzabschrägung können Auswirkungen auf die Adaptation des Kompositmaterials haben. Von OPDAM et al. (1998a) wurde als «einfaches Füllungsverfahren» bei kleinen abgeschrägten Slot-Kavitäten eine zweischichtig-horizontale Kompositapplikation empfohlen. Aufwändigere Mehrschichttechnik vergrößerte das Risiko, durch Manipulation die Kompositadaptation zu verschlechtern. Die Anwendung einer GIZ-Unterfüllung verbesserte in der genannten Studie die Qualität der Füllung im Vergleich zur Total-Bonding-Technik nicht (OPDAM et al. 1998a).

In Kombination mit einem «zeitsparenden» und wenig techniksensitiven «All Etch/Total Bonding»-Verfahren scheint eine Vereinfachung der approximalen Fülltechnik durch Einsatz

von mittelviskösen, spritzbaren Hybridkompositen denkbar. Diese lassen sich direkt in die Kavität injizieren und scheinen dort ein gutes Anfließverhalten zu haben. Für grazile Präparationen könnte diese Applikationsform eine erhöhte Verarbeitungssicherheit schaffen.

In der nachfolgenden Studie soll der Einfluss verschiedener Kavitätendesigns und unterschiedlicher Applikationsverfahren von mittel- bzw. hochviskösem Kompositmaterial auf die Randqualität schmelzbezogener Mikrofüllungen untersucht werden.

Material und Methoden

Für die Untersuchung wurden 64 kariesfreie menschliche Molaren nach Aufbewahrung in 1%iger Chloramin-T-Lösung verwendet. Nach Reinigung, Präparation und Restauration erfolgte die Lagerung in 0,9%iger physiologischer Kochsalzlösung. Die Probenzähne wurden nach Kürzen der Wurzel auf genormte Messingquader mit Palavit G (Heraeus Kulzer, Wehrheim, Deutschland) fixiert und randomisiert in 16 Gruppen zu jeweils 4 Zähnen aufgeteilt. Diese wurden abwechselnd mit Kunststoffmolaren (Zahn 46, Frasco, Tettang, Deutschland) als Nachbarzähne in eine Phantommodellschiene montiert und mit einer «künstlichen Gingiva» aus Silikonmasse (President Light Body, Coltène, Altstätten, Schweiz) versehen. Zur Simulation einer klinikähnlichen Situation wurden die mesialen und distalen «Kleinkavitäten» mit einer Probenzahl von 8 je Gruppe ($n = 8$) in der Schiene präpariert und gefüllt.

Die angewendeten Kavitätenformen sind in Abb. 1 dargestellt. Es wurden vier Hauptgruppen, bestehend aus abgeschrägten Kastenkavitäten (A), U-förmigen Kastenkavitäten ohne An-schrägung (B) und Präparationen mit «tropfenförmigem Um-riss» (C) sowie lateralem Zugang (D), unterschieden. Zur Herstellung der Klasse-II-Kastenformen wurde zunächst von okklusale bzw. von laterale mit einem kleinen walzenförmigen Schleifer (ISO 233524010) vorpräpariert. Die Tiefe der Zugangskavität betrug ca. 3 mm und die bukkolinguale Breite ca. 2,5 mm, wobei zum Schutz des Nachbarzahns eine dünne Schmelzlamelle erhalten blieb. Für die Kavitätengruppen 1–5 wurde diese Lamelle mit dem stehenden Diamantschleifer weggebrochen und mit den im Folgenden dargestellten Instrumenten nachgearbeitet (Abb. 2).

Die Schmelzrandabschrägungen erfolgten rotierend mit flammenförmigen Finierern (Diamantierung 40 μm , ISO 249514010) (Kavitätenform A) und sonoabrasiv mit dem Sonicsys-Halbtorpedo (KaVo, Biberach, Deutschland) (Kavitätenform A) und dem Sonicsys approx Nr. 2 (KaVo) (Kavitätenform A) unter Verwendung des Sonicflex Airscalars. Die Abschrägung mit den Siplus-Randschrägern (Brasseler, Lemgo, Deutschland) (Kavitätenform A) und die U-förmige Kastenpräparation mit dem Piezo-Cavity-System (kleine U-Form, EMS, Le Sentier, Schweiz) (Kavitätenform B) wurden mit dem piezoelektrischen Ultraschallhandstück Piezon Master 400 (EMS) durchgeführt.

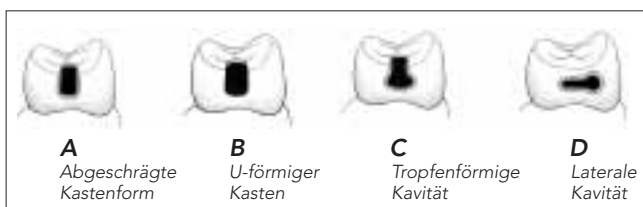


Abb. 1 Angewendete Kavitätenformen: die vier Hauptgruppen A–D

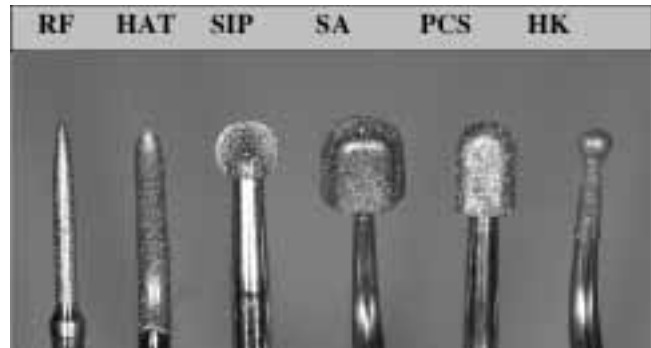


Abb. 2 Präparationsinstrumentarium für approximales «Finish» (von links nach rechts): Finierflamme (RF), Sonicsys-Halbtorpedo (HAT), Siplus-Randschräger (SIP), Sonicsys-approx Nr. 2 (SA), Piezo-Cavity-System (klein) (PCS) und Sonicsys-Halbkugel (klein) (HK)

Für die Herstellung der tropfenförmigen Kavitäten mit okklusalem Zugang (Kavitätenform C) und der lateralen Kavitäten (Kavitätenform D) wurden kleine Sonicsys-Halbkugeln (KaVo) eingesetzt. Die proximale Schmelzlamelle wurde bei der okklusalen und lateralen Mikropräparation direkt sonoabrasiv mit dem Halbkugelinstrument entfernt, die proximale Umrissform präpariert und im gleichen Arbeitsgang eine zirkuläre Randabschrägung angelegt.

Die durchschnittliche Ausdehnung der Kavitäten mit okklusalem Zugang (A–C) betrug ca. 3,4 mm Breite und ca. 4,2 mm Höhe. Für die laterale Form (D) wurde eine Höhe von ca. 2,8 mm bestimmt. Die bukkorale Breite der Zugangskavität für die Halbkugelpräparationen (C) war mit 2,5 mm signifikant kleiner als bei den Kastenkavitäten (A, B) ($p \leq 0,05$). Der Abstand der zervikalen Präparationsbegrenzung von der Schmelz-Zement-Grenze betrug ca. 1,5 mm.

Für die Ultraschall-Ansätze (PCS, EMS und Siplus, Brasseler) wurden jeweils acht der präparierten Kavitäten zufällig ausgewählt und deren Randbereiche nach den Kriterien A: «perfekter Rand ohne Randdefekte», B: «kleine Randdefekte» $\leq 50 \mu\text{m}$, C: «grosse Randdefekte» $\geq 50 \mu\text{m}$ bei 100facher Vergrößerung im Rasterelektronenmikroskop analysiert und ausgewertet. Den Autoren lagen bereits Daten zur Kavitätenrandqualität der anderen Präparationsverfahren vor, die in entsprechender Weise erhoben worden waren (HUGO et al. 1996a, HUGO et al. 1996b). Zur Vorbereitung der Füllung wurden für die Kavitäten mit okklusalem Zugang vorgeformte Transparentmatrizen (Contact Molar Bands, Vivadent, Schaan, Liechtenstein) mittels Supermat-Matrizenhalter (Hawe-Neos Dental, Bioggio, Schweiz) angelegt und durch Holzkeile zervikal fixiert. Bei den Lateralkavitäten wurden Teilmatrizenstücke aus den o.g. Bändern geschnitten und ohne Halter nur mit Holzkeil adaptiert. Für die so genannte Umhärtungstechnik wurde der Holzkeil durch einen transparenten Kunststoffkeil (Luciwedge, Hawe-Neos) ersetzt. Die Konditionierung der Verbundoberflächen erfolgte nach dem Prinzip «total etch/total bond», wobei der Phosphorsäureauftrag (Email Preparator GS, Vivadent) zunächst im Schmelzrandbereich begonnen und dann auf die gesamte Kavität ausgedehnt wurde. Auf 30 s Ätzung folgten 30 s Absprayen und das Trocknen der Kavitäten. Das Adhäsivsystem Syntac classic (Vivadent) wurde mittels kleiner Applikatortips (Kerr, Karlsruhe, Deutschland) gemäss Herstellerangaben verarbeitet (Primer 15 s, Adhäsiv 15 s einwirken lassen und verblasen, Heliobond auftragen und für 20 s lichthärten).

Tab. I Angewendete Restaurationstechniken in Gruppen 1–16 sowie die im Text verwendeten Kurzbezeichnungen

Kavitätenformen/ Präparationsverfahren		zweischichtig Tetric Flow (F)	zweischichtig Tetric Ceram (C)	Sonicsys approx (FT)	Umhärtings- technik (U)
A Finierflamme rotierend	RF	1 RF/F	2 RF/C		
Sonicsys-Halbtorpedo	HT	3 HT/F	4 HT/C		
Siplus-Randschräger	SIP	5 SIP/F	6 SIP/C		
Sonicsys approx Nr. 2	SA	7 SA/F	8 SA/C	9 SA/FT	
B Piezo-Cavity-System	PCS	10 PCS/F	11 PCS/C		12 PCS/U
C Sonicsys-Halbkugel	HK	13 HK/F	14 HK/C		
D Sonicsys-Halbkugel	LAT	15 LAT/F	16 LAT/C		

In Tab. I sind die angewendeten Restaurationstechniken zusammengefasst. Tetric Flow (Farbe A3, Vivadent) wurde gleichzeitig in horizontalen Schichten bzw. bei den Lateralkavitäten in zwei vertikalen Portionen «injiziert» (Gruppen 1, 3, 5, 7, 10, 13, 15). Die Ansatzspitze des Cavifills® wurde nach Kontakt mit dem zervikalen Kavitätenboden unter Ausspritzen von Kompositmaterial kontinuierlich zurückgezogen. Die erste zervikale Kompositportion wurde an der seitlichen Kavitätenwand, das zweite Inkrement am Okklusallrand von der Spitze abgetrennt. Vor der jeweiligen Polymerisation wurden die Wandständigkeit des Inkrements und das Auftreten von Luftblasen visuell kontrolliert und gegebenenfalls mittels Sonde korrigiert.

Das hochvisköse Tetric Ceram (Farbe A3, Vivadent) (Gruppen 2, 4, 6, 8, 11, 14, 16) wurde in zwei horizontalen Schichten eingebracht und mit einem graziilen Planstopfer adaptiert. Die Lateralkavitäten wurden mit zwei vertikalen Schichten gefüllt. Zur Polymerisation (Translux CL, Kulzer, Wehrheim, Deutschland) bei Kavitäten mit okklusalem Zugang wurde zunächst für die zervikalen Inkremente 40 s von okklusal und für die okklusalen Inkremente jeweils 40 s von okklusal und 20 s beidseits von lateral belichtet. Die lateralen Füllungen wurden jeweils 40 s von bukkal und oral sowie 40 s von okklusal durch die Randleiste belichtet.

Der keramische Formkörper des Sonicsys approx Nr. 2 (Gruppe 9) wurde gemäss Beschreibung (HUGO 1997) mit Tetric Flow (Vivadent) befestigt. Beim Keramikformteil erfolgte die Lichtpolymerisation 40 s von okklusal und jeweils 40 s von lateral. Bei der Umhärtingstechnik (Gruppe 12) wurden ein zervikales und zwei laterale Kompositinkremente plaziert. In Modifikation der von KRĘCI et al. (1996) für die U-förmigen Kavitäten empfohlenen Technik wurde die zervikale Kompositportion 40 s über den Lichtkeil polymerisiert sowie die lateralen Inkremente für jeweils 40 s durch die Zahnschubstanz gehärtet.

Es folgten die Entfernung der Zähne aus der Modellschiene, Ausarbeitung und Politur mittels Proxoshape-Feilen (Proxo 2/3, Intensiv, Viganello, Schweiz) und flexibler Scheiben abnehmender Korngrösse (Sof-lex Pop-on, 3 M, Borken, Deutschland). Nach dreitägiger Lagerung in einer feuchten Kammer wurden die Approximallflächen mit President light body (Coltène) zur Herstellung von Kunstharz-Replikas abgeformt, einer thermischen Wechselbelastung über 2500 Zyklen (5°/55 °C) unterzogen und erneut abgeformt. Die Randqualität der Restauration wurde im Rasterelektronenmikroskop (DSM 940, Zeiss, Oberkochen, Deutschland) bei 100-facher Vergrösserung nach den Kriterien «perfekter Rand» (A), «Rand mit kleinen Imperfektionen» (B), «Randspalt» (C), «Schmelzrandfraktur» (D), «Kompositrandfraktur» (E), «Überschuss» (F) und «Unterschuss» (G) quantitativ erfasst (Quanticap-Software, Küppers, Erlangen, Deutschland). Dieses Programm berechnet durch Addition von Einzelstrecken der verschiedenen Bewertungskri-

terien den prozentualen Anteil an der Gesamtlänge des Randes. Die Bewertung der Randmorphologie erfolgte durch einen kalibrierten Beurteiler. Bei Unsicherheiten wurde jeweils die schlechtere Beurteilung übernommen. Die statistische Prüfung der erhaltenen Werte für die verschiedenen Methoden erfolgte anhand des Chi-Quadrat- und des Mann-Whitney-U-Tests. Bei multiplen Vergleichen wurde eine Bonferroni-Korrektur angewendet. Statistisch signifikante Unterschiede wurden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ festgelegt.

Resultate

Die Beurteilung der Kavitätenränder nach Präparation mit den ultraschallbetriebenen Ansätzen PCS und den Siplus-Randschrägern sind in den Abb. 3 bis 5 dargestellt. Vergleichsweise schlechte Randbewertungen wurden bei der U-förmigen Kastenkavität (PCS) mit 22,8% kleinen und 19% grossen Randdefekten sowie 58,2% perfekten Randbereichen ohne Schmelzaussprengungen vorgefunden. Für die mit den Siplus-Ansätzen abgeschrägten Kastenkavitäten wurden signifikant bessere Bewertungen mit 87,9% perfekten Rändern und nur 0,4% grösseren Defekten ermittelt ($p \leq 0,05$).

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungsgruppen der Kompositfüllungen vor Temperaturwechselbelastung waren relativ gering, auf eine graphische Darstellung wurde daher verzichtet. Vor Stressung der Proben betrug der Mittelwert an «perfektem Rand» (Kriterium A) $75,63 \pm 28,04\%$ und an «geringfügigen Rundunregelmässigkeiten» (Kriterium B) $21,73 \pm 25,59\%$. Signifikanzen konnten nicht ermittelt werden ($p \leq 0,05$). Der durchschnittliche Anteil an «Spalten» (Krite-

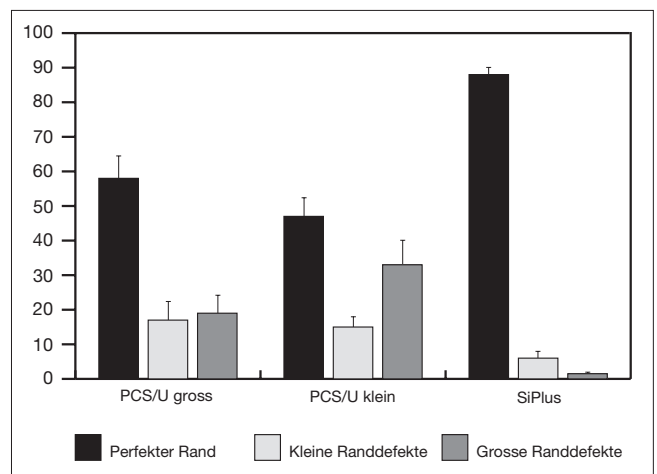


Abb. 3 Randqualität nach Präparation mit PCS-Ansätzen und Siplus-Ansätzen

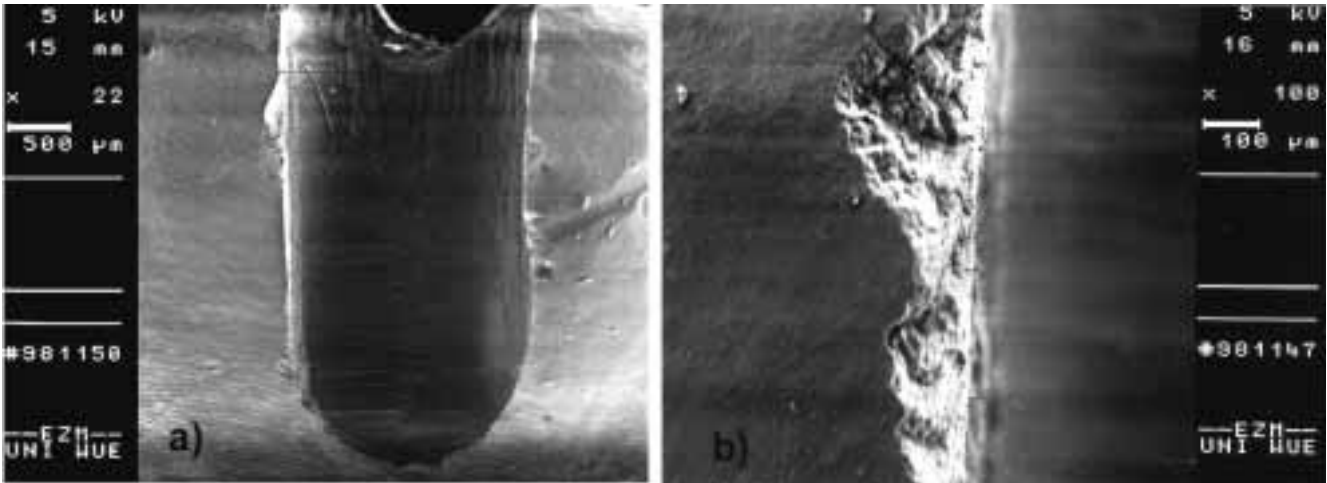


Abb. 4 REM-Aufnahmen nach Präparation mit dem PCS-Ansatz (klein). Der Randbereich weist multiple Schmelzausplutzer auf. a) Übersicht, Vergrößerung 22:1, b) defekter Kavitätenrand (Score C), Vergrößerung 100:1

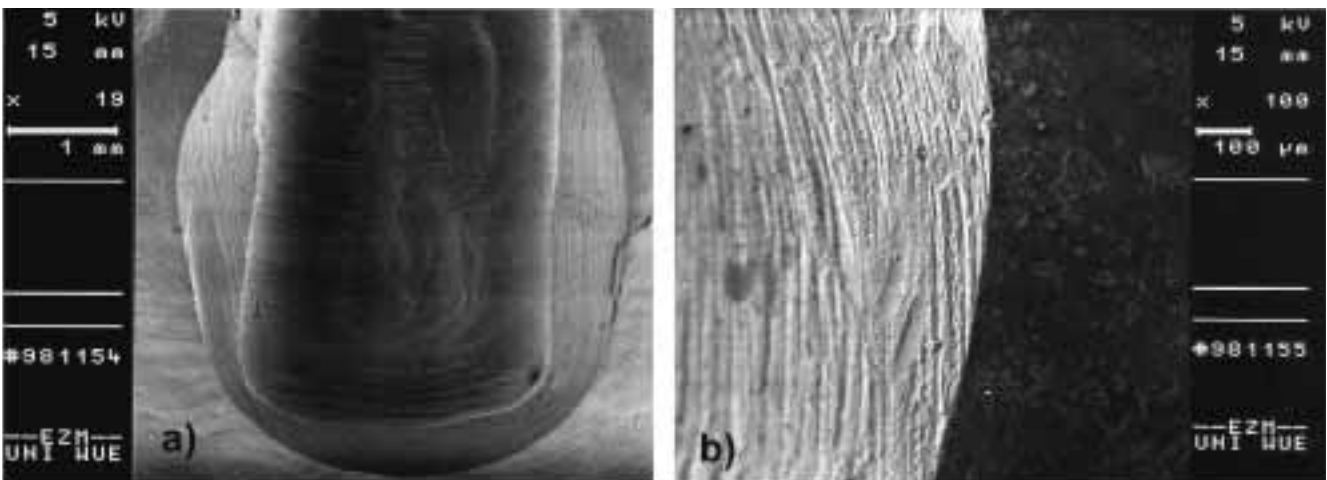


Abb. 5 REM-Aufnahmen nach Randabschrägung mit Siplus-Ansatz. Eine präzise zirkuläre Schmelzabschrägung ohne Randdefekte ist zu erkennen. a) Übersicht, Vergrößerung 19:1, b) «Perfekte Randqualität» (Score A), Vergrößerung 100:1

rium C) betrug $2,40 \pm 6,15\%$ und wies ebenfalls keine Signifikanzen auf ($p \geq 0,05$).

Nach thermischer Belastung der Proben kam es zu einer deutlichen Reduktion der A-Bewertungen, verbunden mit einer Zunahme der B- und C-Werte. Die Stichprobenergebnisse unterlagen einer grossen Streuung. Da die Bewertungskriterien D, E, F, G in keinem Fall 10% überstiegen bzw. zumeist deutlich unter 5% lagen, wurde auf eine graphische Darstellung verzichtet. In den Abb. 6 bis 12 sind die Medianwerte der Randbeurteilungskriterien A, B, C für die verschiedenen Präparationsvarianten in Kombination mit den jeweiligen Füllungstechniken dargestellt. Zervikale und laterale Bereiche sind getrennt aufgeführt.

In der Zervikalregion (Abb. 6 bis 8) wurden nach Belastung weniger als 5% Spalten bei den Gruppen 3 (HT/F), 4 (HT/C), 5 (SIP/F), 14 (HK/L), 15 (LAT/F) und 16 (LAT/K) gefunden. Bis 10% Spalten traten bei den Gruppen 1 (RF/F), 2 (RF/C), 8 (SA/C) und 9 (SA/FT) auf, während bei den Gruppen 6 (SIP/C), 7 (SA/F) und 12 (PCS/U) bis ca. 15% Spalten befunden wurden. Restaurationen der Gruppen 10 (PCS/F), 11 (PCS/C) und 13 (HK/F) zeigten mit bis zu 30% zervikaler Spalten die schlechtesten Ergebnisse. Die Unterschiede waren mit Ausnahme der

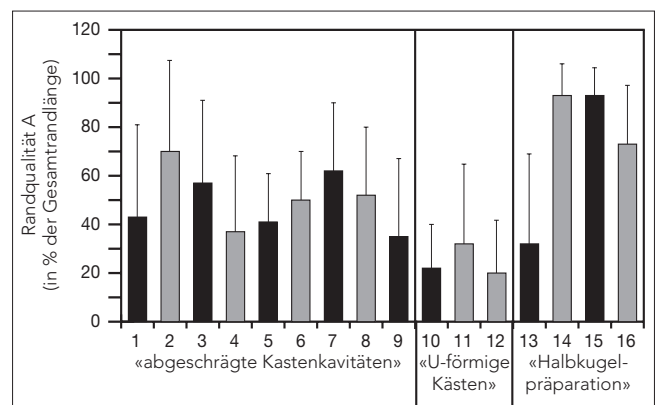


Abb. 6 Zervikale Randqualität nach Thermocycling. Anteil an «perfektem Rand» (Kriterium A) in Prozent der Gesamtrandlänge

Gruppe 11 (PCS/C) zu 14 (HK/C) und zur Gruppe 15 (LAT/F) statistisch nicht signifikant ($p \leq 0,05$). Bezüglich der «perfekten Ränder» lieferten die Halbkugelpräparationen 14 (HK/C) und

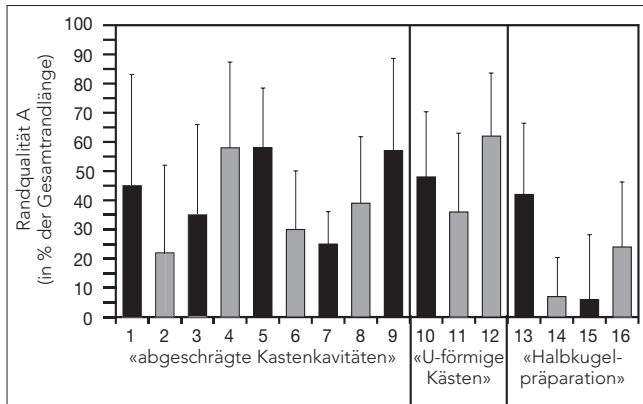


Abb. 7 Zervikale Randqualität nach Thermocycling. Anteil an «geringfügigen Imperfektionen» (Kriterium B) in Prozent der Gesamtrandlänge

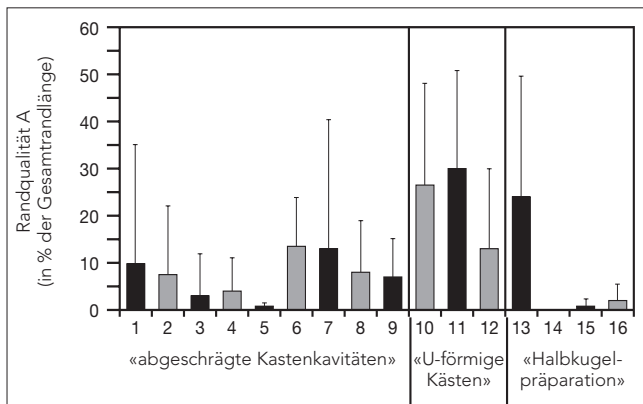


Abb. 8 Zervikale Randqualität nach Thermocycling. Anteil an «Randspalten» (Kriterium C) in Prozent der Gesamtrandlänge

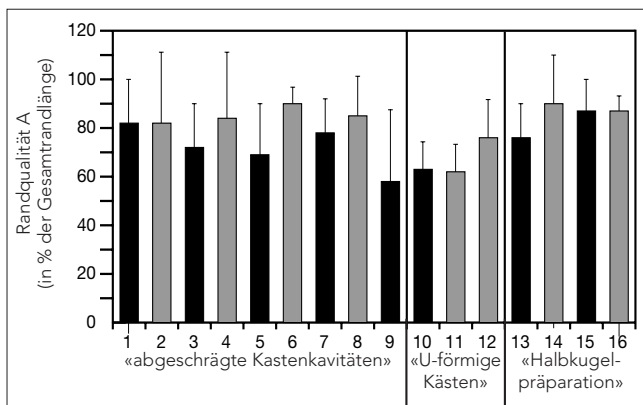


Abb. 9 Laterale Randqualität nach Thermocycling. Anteil an «perfektem Rand» (Kriterium A) in Prozent der Gesamtrandlänge

15 (LAT/F) mit über 92% A-Bewertungen zervikal deutlich bessere Ergebnisse als die anderen Verfahren. Signifikante Unterschiede waren zu den Gruppen 4, 9, 10, 11, 12 und 13 vorhanden ($p \leq 0,05$). Die niedrigsten A-Werte mit ca. 20% zervikalem Randanteil wurden für die Gruppen 10 (PCS/F) und 12 (PCS/U) gefunden. Signifikante Unterschiede bezüglich Kriterium B ergaben sich bei den Halbkugelkavitäten 14 und 15 zu den Gruppen 4, 5, 9 und 12 ($p \leq 0,05$).

Die lateralen Randanteile (Abb. 9 bis 11) wurden nach Stresung mit A-Werten zwischen 58% und 91% generell höher als die zervikalen bewertet. Zwischen den Gruppen waren weder bezüglich der A- noch bezüglich der B-Werte signifikante Unterschiede feststellbar ($p > 0,05$). Weniger als 5% Randspalten wurden sehr häufig gefunden (Gruppen 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16); bis 10% Spalten ergaben sich bei den Gruppen 3, 7, und 11. Am schlechtesten schnitt die Gruppe 9 (SA/FT) mit 17% C-Werten und signifikanten Unterschieden zu den Gruppen 1, 2, 6, 10, 14 und 15 ab ($p \leq 0,05$).

Betrachtet man die Füllungstechniken mit Tetric Flow und Tetric Ceram, ohne Berücksichtigung der Kavitätengestaltung, so erzielten Tetric-Ceram-Füllungen tendenziell mehr A- und weniger C-Bewertungen als Tetric Flow. Die Differenzwerte waren gering und nicht signifikant ($p \leq 0,05$) (Abb. 12).

Diskussion

Minimalinvasives Vorgehen bei der adhäsiven Erstversorgung von okklusalen Läsionen kann wegen der guten Zugänglichkeit für die Präparation und Restauration als relativ einfach und anwendungssicher betrachtet werden. Die substanzschonende Therapie von Approximalläsionen hingegen muss aufgrund eingeschränkter Sicht- und Arbeitsverhältnisse als sehr «techniksensitives» und damit fehleranfälliges Verfahren eingestuft werden. «Adhäsive» Klasse-II-Mikrokavitäten weisen häu-

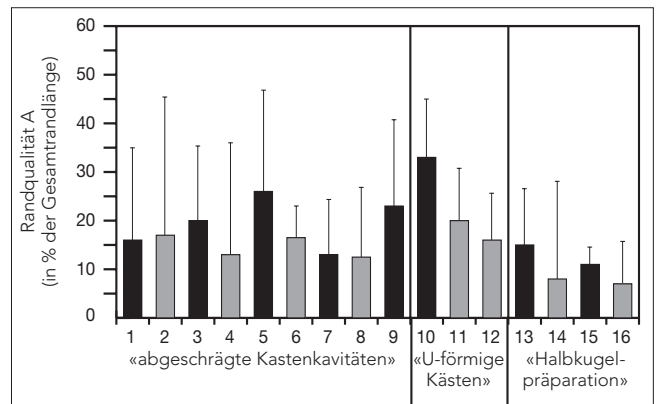


Abb. 10 Laterale Randqualität nach Thermocycling. Anteil an «geringfügigen Imperfektionen» (Kriterium B) in Prozent der Gesamtrandlänge

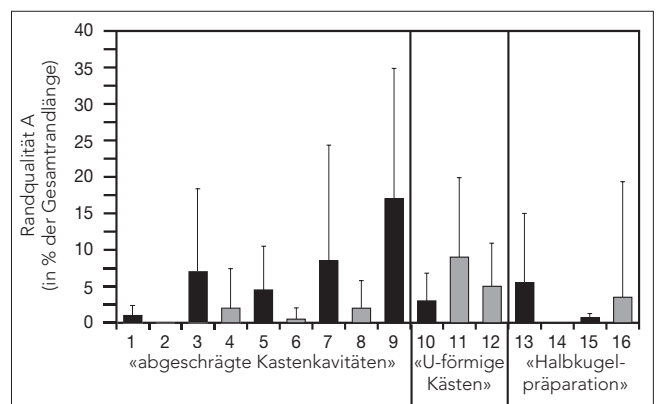


Abb. 11 Laterale Randqualität nach Thermocycling. Anteil an «Randspalten» (Kriterium C) in Prozent der Gesamtrandlänge

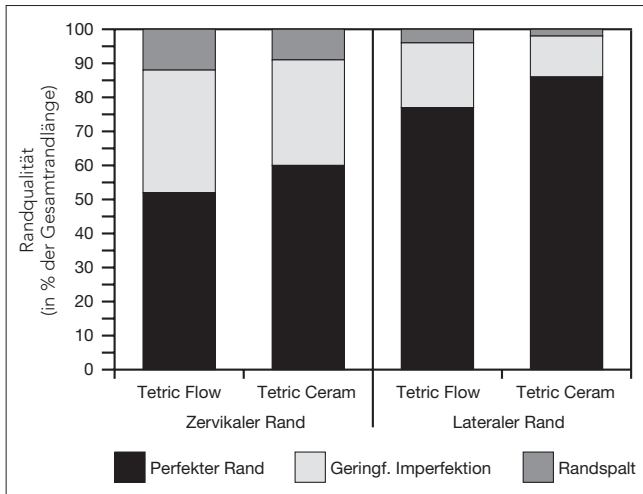


Abb. 12 Vergleich von Tetric-Flow- und Tetric-Ceram-Füllungen bezüglich der zervikalen und lateralen Randqualität nach Thermocycling

fig grazile Zugangskavitäten, unterminierende Präparationsgeometrien und partiell nicht gelöste Kontakte zum Nachbarzahn auf. Die sich hieraus ergebenden Schwierigkeiten für die klinische Füllungstechnik treten bereits beim Positionieren und Adaptieren der Matrize, der vollständigen Konditionierung der Kavitätenrandbereiche oder auch bei der wand- und randständigen Applikation des Kompositmaterials auf. Mangelhafte Kompositadaptation führt zu Füllungsunterschüssen oder Spalträumen, die bereits unmittelbar nach Legen der Füllung einen klinischen Misserfolg erwarten lassen. Als besonders problematisch muss hier der Zervikalbereich eingeschätzt werden (OPDAM et al. 1998b).

Durch vorausgehende Studien (HUGO et al. 1998) wurde belegt, dass durch sonoabrasive Technik, insbesondere mit der Halbkugelform, defektbezogen und effizient präpariert werden kann. Die tropfenförmigen oder lateralen Kavitäten weisen eine kurze, kehlige Abschrägung auf und unterscheiden sich von bisher üblichen Präparationsformen zur approximalen Erstversorgung. Es sollte daher, im Vergleich zu konventionellen abgeschrägten oder kastenförmigen Slotpräparationen, überprüft werden, ob ein Einfluss dieser «neuen Kavitätenformen» auf das Füllungsrandverhalten besteht.

Mittelvisköse Hybridkompositmaterialien werden als so genannte «flowables» vor allem zur Versorgung von «Mikro-kavitäten» oder zur Reparatur bestehender Restaurationen empfohlen (BEHLE 1998). Durch die reduzierte Viskosität können diese Materialien über dünne Kanülen auch in schwer zugängliche Kavitätenabschnitte injiziert werden. Im Vergleich zur konventionellen Füllungstechnik mit stopfbaren Kompositen sollte die Eignung der «Spritztechnik» für die beschriebenen Kleinkavitätenformen untersucht werden. Ob sich bei Anwendung der «Spritztechnik» vermehrt approximale Kompositüberschüsse ausbilden, war nicht Gegenstand dieser Studie. Zu diesem klinisch wichtigen Aspekt sollten weitere separate Untersuchungen folgen, die sich mit der primären Vermeidung von Überschüssen bzw. einer schonenden ergonomischen Ausarbeitung beschäftigen.

Um eine Aussage zur Mikromorphologie des «tatsächlichen» Füllungsrandes machen zu können, ist es zur Vorbereitung der rasterelektronenmikroskopischen Nachuntersuchung üblich, die restaurierten Zähne unter direktem Zugang «perfekt» aus-

zuarbeiten. Nur so können die adhäsive Verbundzone an der Präparationsgrenze und damit mögliche Einflüsse der Kavitäten- und Randmorphologie bzw. der gewählten Füllungstechnik evaluiert werden. Werden Klasse-II-Restaurationen unter klinischen (OPDAM 1998b) oder klinikähnlichen Bedingungen (SCHMEISER & HANNIG 1999) ausgearbeitet, ist aufgrund der für die Adhäsivtechnik typischen Füllungsüberschüsse (STASSINAKIS et al. 1998) eine vergleichende Bewertung der tatsächlichen Präparationsgrenze sowie des dort vorgefundenen Randschlusses nicht möglich. Vielmehr wird in diesen Fällen bei randmorphologischen Bewertungen eine Aussage zur Verbundqualität der lateralen Überschüsse gemacht. Das Ergebnis steht dann im Zusammenhang mit der Konditionierung der natürlichen Schmelzoberfläche und nicht mit der gewünschten Überprüfung verfahrensspezifischer Eigenschaften.

Für kleine Klasse-II-Kompositfüllungen, die in der Regel bei Erstversorgungen indiziert sind, gelten solitäre Slotpräparationen als geeignet und führen klinisch zu guten Langzeitergebnissen (NORDBO et al. 1998). Die Abschrägung approximaler Schmelzränder wird zur Vermeidung von «Mikrospalten» und Schmelzrandfrakturen für die genannten Restaurationen empfohlen (CRIM & CHAPMAN 1994, PORTE et al. 1984, OILO & JORGENSEN 1977, DIETSCHE et al. 1995). Bezüglich der lateralen Randbereiche lieferten alle untersuchten «Restaurationsformen», nämlich die abgeschrägten Kasten-kavitäten (Gruppen 1–9), die nicht abgeschrägten Kasten-kavitäten (Gruppen 10–12) und die Sonicsys-Halbkugel-Präparationen (Gruppen 13–16) bei einem hohen Anteil an perfekten Rändern gute bis sehr gute Ergebnisse. Für die seitlichen Randanteile wirkte es sich anscheinend nicht aus, ob abgeschrägt wurde oder nicht bzw. mit welchem Präparationsprinzip die Randzone bearbeitet worden war. Mit Ausnahme der Gruppen 10 (U-Kastenform) und 16 (Lateralkavität) wurden jeweils für die Füllungen mit fließfähigem Komposit tendenziell höhere Anteile an Randspalten gefunden. Die bei der U-Kastenform zusätzlich angewendete Umhärtungstechnik unterschied sich nicht signifikant von den anderen Gruppen. Hingegen erreichte die Applikation eines keramischen Inserts (Sonicsys approx Nr. 2 mit Tetric Flow) als einzige Gruppe signifikant schlechtere laterale Adaptationswerte.

Als Erklärung für die relativ einheitlichen Ergebnisse kann zum einen das allgemein geringe Volumen an schrumpfendem Kompositmaterial und zum anderen die grosse Schmelzverbundfläche der lateralen Wände dienen. Bei den hier untersuchten Füllungen überstiegen die Kontraktionskräfte des polymerisierenden Kompositmaterials die marginalen Verbundkräfte der lateralen Schmelzoberfläche offensichtlich nicht. Obwohl für laterale Randpartien durch Abschrägung retentivere Ätzmuster und stabilere Prismenkonfigurationen nachgewiesen wurden (SCHÄFFER 1993, MUNECHEKA et al. 1984, RASMUSSEN et al. 1976), scheint bei gering extendierten Kavitäten auch mit nahezu rechtwinkligen Schmelzrändern eine ausreichende Verbundstabilität möglich zu sein. Auch die im Vergleich zum hochviskösen Komposit um ca. 25% höhere Polymerisationsschrumpfung (SOLTÉSZ 1998, 1999), wirkt sich bei der Tetric-Flow-Applikation nicht negativ auf den lateralen Füllungsverbund aus. Die Eingliederung kleiner Sonicsys-approx-Keramikersätze führte lateral zu einem vergleichbar schlechteren Randschluss, für den möglicherweise stärkere Spannungsentwicklungen im Bereich der Befestigungsfuge verantwortlich sind.

Für die Entwicklung von Sekundärkaries bei Klasse-II-Versorgungen werden als besonders kritische Zonen die zervikalen

Randbereiche angesehen (VAN AMERONGEN & EGGING 1986); deswegen wird insbesondere in dieser Region ein dauerhaft belastungsstabiler Füllungsrandschluss gefordert. In der vorliegenden Untersuchung wurden nach Belastung bezüglich perfekter Randanteile und Randspalten deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt: Die sonoabrasiven Halbkugelpräparationen Gruppen 14 (HK/C), 15 (LAT/F) und 16 (LAT/C) schnitten mit den höchsten A- und niedrigsten C-Werten am besten ab.

DOUVITSAS (1991) verglich Randspaltbreiten von Kompositfüllungen bei kastenförmig eckigen und sphärisch «tropfenförmigen» Kavitätenformen, ohne dass Abschrägungen angelegt wurden. Als Erklärung für die signifikant kleiner dimensionierten Spalten der sphärischen Präparationen gab er ein geringeres Kompositvolumen und die günstigen Auswirkungen der spezifischen Kavitätengeometrie auf die «Bewegungsrichtung» des Komposits während der Polymerisation an. Das von uns angewendete Kavitätendesign kombiniert die offensichtlich günstigste «Tropfenform» mit der in der Adhäsivtechnik etablierten Schmelzabschrägung. Die ausgezeichneten Ergebnisse der Halbkugelpräparationen mit Tetric Ceram lassen auch hier einen entscheidenden Einfluss der Kavitätengeometrie vermuten.

Wurden diese tropfenförmigen Mikrokavitäten (Gruppe 13: HK/F) mit Tetric Flow gefüllt, konnte ein signifikant erhöhtes Auftreten von Spalten festgestellt werden. Währenddessen wurden für Kastenkavitäten, die mit flammenförmigen Diamantschleifern, dem Sonotorpedo oder dem Sonicsys-approx-Instrument abgeschrägt wurden, nur graduelle Unterschiede zwischen den Tetric-Flow- und Tetric-Ceram-Füllungen gefunden. Am schlechtesten bewertet wurden die U-förmigen Kastenkavitäten Gruppen 11 (PCS/F) und 12 (PCS/C) mit niedrigen A- und hohen C-Werten.

Die im Zusammenhang mit den Tetric-Flow-Füllungen und den tropfenförmigen Kavitäten auftretenden Zervikalspalten können nicht durch unterschiedliche Werkstoffeigenschaften der beiden Kompositmaterialien erklärt werden, sondern deuten eher auf ein «Applikationsproblem» hin. Durch die kleinen okklusalen Zugangskavitäten erreichte die «Cavifillspitze» z.T. die zervikale Bodenfläche nicht, so dass das Komposit nicht direkt unter Druck an die Wand gespritzt werden konnte. Ein weiterer Aspekt ist, dass die stark unterminierende Gestaltung der «Tropfenform» den seitlichen Randkontakt der Ansatzspitze bei der «Injektions»-Technik behindert und hierdurch vermutlich keine ideale Randadaptation zulässt.

Beim Zurückziehen der relativ grossen Ansatzspitze besteht ausserdem die Gefahr, dass anhaftendes Komposit ungewollt wieder mitherausgezogen wird und Unterschüsse oder ungenügende Adaptation des Materials verursacht werden. Günstigere Verhältnisse liegen bei den Kastenformen und der Lateralkavität bedingt durch die grosszügigen Zugangskavitäten vor. Das seitliche «Abstreifen» der zervikal «injizierten» Kompositportion ist möglich und erklärt durch die bessere Kontrolle der Applikation deren gutes Abschneiden.

Die Ausfüllung des Tetric-Flow-Cavifills® erscheint uns für die beschriebene Problematik im Wesentlichen verantwortlich zu sein. Die Ansatzspitze besteht aus einem relativ schlecht biegbaren Kunststoff und hat mit 1,6 mm einen vergleichsweise grossen Aussendurchmesser der Austrittsöffnung. Ansatzspitzen mit formbaren Metallkanülen in graziler Ausführung (Aussendurchmesser 0,5 mm bis 0,9 mm) sind von anderen Anbietern, wie z.B. Revolution (Kerr) oder Ultraseal XT-Plus (Ultradent, South Jordan, USA), erhältlich und werden auch für Tetric

Flow zur Verfügung stehen. Die «Erreichbarkeit» von unterminierten Wandarealen kann unserer Erfahrung nach mit dünnen Metallkanülen deutlich verbessert werden.

Dass die Injektionstechnik für Mikroversorgungen im Approximalbereich Potential hat, wird durch die ausgezeichnete Randqualität der Lateralkavitäten belegt. Wegen der parallel verlaufenden zervikalen und okklusalen Kavitätenwände und des Fehlens «ampullenförmiger» Unterschnitte war mit der Injektionstechnik ein sicheres Füllen dieser lateralen «Halbkugel»-Präparationen möglich. Auch SCHMEISER & HANNIG (1999) beschrieben im Zusammenhang mit tropfenförmigen Kavitäten und Tetric-Flow-Restaurationen «blasenförmige» Kompositunterschüsse und eine mangelnde Adaptation des Füllungsmaterials an den Schmelz. Die Autoren begründeten dies damit, dass es offensichtlich mit der «Injektionstechnik» nicht gelingt, die Luft aus dem Spaltraum zwischen Matrize und Randabschrägung vollständig zu verdrängen. Eine weitere Ursache für blasenförmige Fehlstellen in Kompositfüllungen können auch durch herstellerseitig in das Kompositmaterial eingebrachte Lufteinschlüsse, z.B. beim Abfüllen der «Cavifills», bedingt sein. Das Auftreten von Porositäten bzw. Lufteinschlüssen in Kompositfüllungen bereitet besonders dann klinische Probleme, wenn Poren an der Füllungsoberfläche oder in schwer erreichbaren Randzonen auftreten oder unbemerkt bleiben.

SCHMEISER & HANNIG (1999) beschrieben für mit Tetric Ceram zweischichtig gefüllte, sonoabrasiv präparierte Approximalkavitäten (Tropfenform) die mikromorphologisch akzeptabelsten und farbdichtesten Randverhältnisse ihrer Studie. Signifikant schlechtere Randverhältnisse bei Füllungen aus Tetric Ceram wurden in Kavitäten erzielt, deren Schmelzränder nicht abgeschrägt, sondern mit Handinstrumenten geglättet worden waren. Die guten Ergebnisse unserer Studie zum Präparationsverfahren mit der Sonicsys-Halbkugel werden auch durch Untersuchungen von Schünemann (1997) bestätigt.

Die schlechtesten zervikalen Adaptationswerte der Studie wurden für die Gruppe der U-förmigen Kastenkavitäten mit Tetric-Flow- und Tetric-Ceram-Füllungen in Zweischicht-Technik erhoben. Der mit 26,6% (Gruppe 10) und 30,3% (Gruppe 11) hohe Anteil an Spalten kann durch die fehlende zervikale Abschrägung und das hierdurch bei rechtwinkliger Präparationsgrenze wenig ausgeprägte Ätzmuster erklärt werden (CHEUNG 1990, SCHÄFFER 1993). Der hohe Anteil an Randdefekten, der nach der Präparation mit der U-förmigen PCS-Ansatzform gefunden wurde, lässt im Weiteren eine Auflockerung der Schmelzstruktur und damit eine Beeinträchtigung der Verbundfläche bei diesem Verfahren vermuten. Die niedrigsten Spaltwerte (13,4%) für die U-Kastenkavitäten wurden unter Anwendung der Umhärtungstechnik erreicht. Auffallend war für diese Gruppe die mit 61,5% höchste B-Bewertung, die kleine Randimperfectionen charakterisiert. Die zervikale Lichtleitung durch den Luciwedge reduziert die Intensität des Polymerisationslichtes deutlich und erzeugt dadurch im Vergleich zur direkten Polymerisation von okklusal (bei der Zweischicht-Technik) weniger Kontraktionsstress. Das seltener auftretende Versagen des adhäsiven Verbundes kann hiermit erklärt werden, und dies wird durch die Ergebnisse einer Untersuchung von LÖSCHE et al. (1993) gestützt. Diese Autoren zeigten für Feinpartikel-Hybridkomposite bei kleinen schmelzbegrenzten Approximalkavitäten, dass bei Verzicht auf eine Abschrägung die Polymerisation des zervikalen Inkrementes über einen Lichtkeil bessere Randqualitäten als bei Belichtung von okklusal ermöglicht. Wurden die Kavitäten jedoch abgeschrägt, zeigte sich, unabhängig von der Schichttechnik, die geringste Anzahl von Spalten.

In einer REM-Untersuchung von in vivo gelegten, kleinen Klasse-II-Kompositfüllungen wurden bezüglich der Randqualität keine Unterschiede für die jeweiligen Schichttechniken festgestellt. Bei approximal abgeschrägten Schmelzrändern kamen eine modifizierte Umhärtungstechnik sowie horizontale Zweischicht- und Einsicht-Technik («bulk») mit Metallmatrize zur Anwendung (OPDAM et al. 1998B). In einer Studie von KREJCI et al. (1996) wurden mittelgrosse eckige und U-förmige Klasse-II-Kastenkavitäten mit hochviskösem Hybridkomposit in Kombination mit «selektiver Bonding-Technik» gefüllt. Hierbei schnitt die Umhärtungstechnik im Vergleich mit der Zweischicht-Technik generell besser ab. Der gingivo-approximale Rand wurde auch hier als Schwachpunkt bei Anwendung der horizontalen Schichtung herausgestellt (KREJCI et al. 1996).

Bei gleicher Füllungstechnik wurden mit den verschiedenartig angeschrägten Kastenkavitäten generell bessere zervikale Randqualitäten, d.h. höhere A- und niedrigere C-Werte als bei nicht abgeschrägten Kastenpräparationen, gefunden. Dieser Befund unterstreicht noch einmal die Bedeutung der Schmelzrandabschrägung für den belastungsstabilen Füllungsverband zur zervikalen Zahnschubstanz.

Schlussfolgerungen

- Für kleine approximale Kompositfüllungen scheint die Kavitätengeometrie der vorgestellten Mikrokavitäten mit okklusalem und lateralem Zugang, die mittels sonoabrasiver Halbkugel hergestellt wurden, besonders geeignet zu sein.
- Mittelvisköse spritzbare und hochvisköse stopfbare Hybridkomposite ergeben in schmelzbegrenzten Kleinstkavitäten vergleichbare Randqualitäten.
- Applikationstechnische Schwierigkeiten führten bei der Injektionstechnik zu schlechter adaptierten Zervikalrändern, wenn unterminierte Kavitätenformen gefüllt wurden. Als Verbesserung dieses Verfahrens wird die Anwendung dünner Metallkanülen zur Kompositinjektion diskutiert.
- Das Risiko, vergleichsweise schlechtere laterale Ränder bei der Keramikinsert-Technik zu erhalten und die guten Ergebnisse, die mit den direkten Techniken erzielt wurden, lassen dieses Verfahren bei kleinen Restaurationen als nicht sinnvoll erscheinen.
- U-förmige Kastenkavitäten nach Präparation mit dem PCS-Instrumentarium erzielten deutlich schlechtere zervikale Ränder bei den Zweischicht-Techniken und sollten nur zusammen mit der Umhärtungstechnik angewendet werden.
- Abgeschrägte Kastenkavitäten führten unabhängig von der Abschrägungsmethode mit mittel- und hochviskösen Hybridkompositen zu belastungsstabileren Füllungsrandern als bei Verzicht auf eine Randabschrägung.

Summary

HUGO B, STASSINAKIS A, HOFMANN N, SCHMITZ B, KLAIBER B: **Marginal adaptation of small class II resin restorations. An in vitro evaluation** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 111: 19–27 (2001)

The aim of the study was to compare different preparation methods and filling techniques for class II microcavities in vitro. The following methods were evaluated: Sonicsys halftorpedo, Sonicsys halfsphere, Sonicsys approx, Siplus, Piezo cavity system and rotating finishing bur. Every cavity type was obturated with a flowable (Tetric flow) and with a hybrid composite (Tetric ceram). One group consisted of prefabricated ceramic inlays

(Sonicsys approx) and one group was filled with a three-site light curing technique. This resulted in 128 composite fillings. The evaluation of the quality of the margins under the SEM demonstrated a statistically significant higher percentage of perfect margins for Siplus compared with the PCS-System (88% versus 58% perfect margins).

Marginal adaptation before and after thermocycling demonstrated the following results: Bevelled margins showed in general a better adaptation than box-shaped cavities. Similar results were found for normal and flowable composites. Microcavities with occlusal access prepared with the sonicsys half-sphere showed in general better marginal adaptation in comparison to the other methods tested. It was concluded that simple obturation techniques can lead to a stable adaptation of the margins.

Résumé

Le but de cette étude était de comparer *in vitro* différentes méthodes de préparation et technique d'obturation pour microcavités de classe II. Les procédures suivantes ont été évaluées: Sonicsys halftorpedo, Sonicsys halfsphere, Sonicsys approx, Siplus, Piezo cavity system (PCS) et fraise de finition rotative. Chaque type de cavité a été obturé soit avec un composite fluable (Tetric flow) soit avec un composite hybride (Tetric ceram). Un groupe comprenait des cavités obturées par des inlays céramiques préfabriqués (Sonicsys approx) et un autre des cavités obturées à l'aide d'une technique de photopolymérisation à trois sites. Dans l'ensemble 128 obturations en composite ont été exécutées.

L'évaluation de la qualité des marges en microscopie électronique à balayage (MEB) a montré une différence statistiquement significative entre le pourcentage des marges parfaites obtenues avec Siplus (88%) par rapport au taux obtenu avec le système PCS (58%).

Quant à l'adaptation marginale avant et après thermocyclage, les résultats étaient les suivants: les marges biseautées montraient, en général, une meilleure adaptation par rapport aux cavités de type «box». Des résultats similaires ont été trouvés en comparant les composites fluables aux composites dits normaux. De façon générale, les micro-cavités avec accès occlusal, préparées à l'aide du système Sonicsys hémisphère, montraient une adaptation marginale meilleure. On peut conclure que des techniques d'obturation simples peuvent aboutir à une adaptation stable des marges.

Literaturverzeichnis

- BEHLE C: Flowable composites: Properties and applications. Pract Periodont Aesthet Dent 10: 347–351 (1998)
- CHEUNG G S P: A scanning electron microscope investigation on the acid-etched cervical margin of Class II cavities. Quintessence Int 21: 299–302 (1990)
- CRIM G A, CHAPMAN K W: Reducing microleakage in class II restorations: an in vitro-study. Quintessence Int 25: 781–785 (1994).
- DIETSCHI D, SCAMPA U, CAMPANILE G, HOLZ J: Marginal adaptation and seal of direct and indirect Class II composite resin restorations: An in vitro evaluation. Quintessence Int 26: 127–138 (1995)
- DOUVITSAS G: Effect of cavity design on gap formation in class II composite resin restorations. J Prosthet Dent 65: 475–479 (1991)

- 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 (1996a)
- HUGO B, STASSINAKIS A, HOTZ P, KLAIBER B: Reproduzierbare Präparation standardisierter Klasse-II-Kavitäten. *Dtsch Zahnärztl Z* 51: 746–750 (1996b)
- HUGO B, STASSINAKIS A, HOFMANN N, HOFFMANN O, KLAIBER B: Vergleich verschiedener Präparationstechniken und Kavitätengestaltungen zur approximalen Erstversorgung. *Dtsch Zahnärztl Z* 53: 441–447 (1998)
- KREJCI I, LOHRER C H, LUTZ F: Modifizierte Kavitätenformen und Techniken für mittelgrosse adhäsive Kompositfüllungen der Klasse II. *Acta Med Dent Helv* 1: 91–96 (1996)
- LÖSCHE G M, NEUERBURG C M, ROULET J-F: Die adhäsive Versorgung konservativer Klasse-II-Kavitäten. *Dtsch Zahnärztl Z* 48: 26–30 (1993)
- MUNECHIKA T, SUZUKI K, NISHIYAMA M, OHASHI M, HORIE K: A comparison of the tensile bond strength of composite resins to longitudinal and transverse sections of enamel prisms in human teeth. *J Dent Res* 63: 1079–1082 (1984)
- NORDBO H, LEIRSKAR J, VON DER FEHR F R: Saucer-shaped cavity preparations for posterior approximal resin composite restorations: Observations up to 10 years. *Quintessence Int* 29: 5–11 (1998)
- OILO G, JORGENSEN K D: Effect of bevelling on the occurrence of fracture in the enamel surrounding composite resin fillings. *J Oral Rehab* 4: 305–308 (1977)
- OPDAM N J M, ROETERS J J M, BURGERSDIJK R C W: Microleakage of Class II box-type composite restorations. *Am J Dent* 11: 160–164 (1998a)
- OPDAM N J M, ROETERS F J M, FEILZER A J, SMALE I: A radiographic and scanning electron microscopic study of approximal margins of Class II resin composite restorations placed in vivo. *J Dent* 26: 319–327 (1998b)
- PORTE A, LUTZ F, LUND M R, SWARTZ M L, COCHRAN M A: Cavity designs for composite resins. *Oper Dent* 9: 50–56 (1984)
- RASMUSSEN S T, PATCHIN R E, SCOTT D B, HEUER A H: Fracture Properties of Human Enamel and Dentin. *J Dent Res* 55: 154–164 (1976)
- SCHÄFFER H: Keramikinlays. In: SCHÄFFER H (Hrsg.): *Materialkundliche und klinische Aspekte – Experimentelle Untersuchungen*. (Habilitationsschriften der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde) Quintessenz Verlag, Berlin p 58ff (1993)
- SCHMEISER R, HANNIG M: Randqualität approximaler Kompositfüllungen in sonoabrasiv bearbeiteten «Mikro»-Kavitäten. *Dtsch Zahnärztl Z* 54: 127–132 (1999)
- SCHÜNEMANN T H: Der Einfluss unterschiedlicher Präparationsmethoden auf die Randqualität verschiedener adhäsiver Restaurationen zur substanzschonenden Versorgung kleiner Klasse-II-Kavitäten in vitro. *Medizinische Dissertation*, Berlin 1997
- SOLTÉSZ U: Polymerisationsschrumpfung einiger neuerer Komposit-Füllungswerkstoffe. *Zahnärztl Mitteil* 88: 1404–1406 (1998)
- SOLTÉSZ U: Polymerisationsschrumpfung von «Definite»-Korrekturwerte. *Zahnärztl Mitteil* 89: 798–799 (1999)
- STASSINAKIS A, COLLA E, HUGO B, HOTZ P: Einfluss der Abschrägungstechnik und des Matrixsystems auf die Qualität von Klasse-II-Minikavitäten. *Acta Med Dent Helv* 10: 178–186 (1998)
- VAN AMERONGEN W E, EGGING C O: The cervical margin of amalgam restorations: a radiographic and clinical assessment. *J Dent Child* 53: 177–183 (1986)