

Verbundqualität von Kompositfüllungen in Abhängigkeit unterschiedlicher Polymerisationslampen

Zusammenfassung

Diese Studie ermittelte Haftfestigkeit und Randschlussqualität von dentinbegrenzten Kompositfüllungen aus Optibond FL/Prodigy A3 (Kerr, Orange, USA) unter Verwendung unterschiedlicher Polymerisationsverfahren. Adhäsiv und Komposit wurden je nach Gruppe mittels Optilux 500 (Kerr), Elipar Highlight (ESPE, Seefeld, Deutschland), Apollo 95E stepcuring bzw. 3s (DMD, Westlake Village, USA) ausgehärtet. Die Scherkräfte wurden nach Temperaturwechselbelastung und Wasserlagerung mit Hilfe des Ausstossverfahrens nach HALLER et al. (1993) bestimmt. Die Ermittlung der Randadaptation vor und nach Thermocycling erfolgte mit Hilfe der Replikatechnik und des Rasterelektronenmikroskops. Die statistische Überprüfung zeigte keine signifikanten Unterschiede der Randadaptation in Abhängigkeit vom Aushärtungsmodus.

Bezüglich der Haftfestigkeiten konnten mit dem Polymerisationsgerät Optilux 500 (Kerr) signifikant höhere Werte ($p < 0.05$) erzielt werden als mit der Plasmalampe Apollo 95E im 3-Sekunden- respektive im Step curing-Modus. Im direkten Vergleich schnitt die Belichtung über 3s signifikant schlechter ab als im Apollo-95E-Stepcuring-Verfahren. Die Scherfestigkeiten nach Polymerisation mit Elipar Highlight (ESPE) unterschieden sich nicht signifikant von den mit Apollo 95E erreichten Werten.

Acta Med Dent Helv 5: 9–14 (2000)

Schlüsselwörter:

Komposit, Lichtpolymerisation, Haftverbund

Zur Veröffentlichung angenommen: 30. Oktober 1999

Korrespondenzadresse:

Dr. med. dent. A. Stassinakis, Universität Bern,
Klinik für Zahnerhaltung, Präventiv- und Kinderzahnmedizin,
Freiburgstrasse 7, 3010 Bern
Tel. 031/632 25 80, Fax 031/632 98 75
E-Mail: alexandros.stassinakis@zmk.unibe.ch

MATTHIAS MERGNER*, ROBERT KRISTAN*,
ALEXANDROS STASSINAKIS*, NORBERT HOFMANN**,
ADRIAN LUSSI* und PETER HOTZ*

* Klinik für Zahnerhaltung, Präventiv- und Kinderzahn-
medizin der Universität Bern und

** Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universität Würzburg

Einleitung

Die Polymerisationsschrumpfung bei der Aushärtung von Kompositen wird durch eine Vielzahl von Parametern beeinflusst. Neben der fortdauernden Suche nach verbesserten Materialeigenschaften von Kompositen und Adhäsivsystemen bleibt auch die Anwendung spezieller Polymerisationsgeräte Thema der aktuellen Forschung. Dabei beruht die Polymerisationskontraktion auf einer Verkleinerung der intermolekularen Abstände entsprechend einer steigenden Monomerverkettung und erreicht Werte zwischen 1.2 und 5.7 Vol.% (DE GEE et al. 1981; BAUSCH et al. 1982; GOLDMAN 1983; LAMBRECHTS et al. 1988). Im Vergleich dazu fällt die der Schrumpfung entgegenwirkende hygroskopische Expansion, beruhend auf einer kontinuierlichen Wasseraufnahme aus dem Speichel, mit 0.4 bis 3.1 Vol.% deutlich geringer aus (ASMUSSEN 1985; LAMBRECHTS et al. 1988; TORSTENSON & BRÄNNSTRÖM 1988). Wird mittels eines Haftvermittlers eine Anheftung des Komposits an die Kavität wand erreicht, treten aufgrund der Behinderung der Polymerisationskontraktion innerhalb des Kunststoffes Zugspannungen von bis zu 30 MPa auf (BOWEN et al. 1983; DAVIDSON & DE GEE 1984), was letztlich zur Entstehung von Microleakage, Sekundärkaries, marginaler Verfärbung sowie zum Füllungsverlust führen kann (PASHLEY 1990). Zur Minimierung oder Kompensation derartiger Kräfte existieren vielfältige Lösungsansätze. Elastische Liner sollen stressabsorbierend wirken, allerdings auf Kosten der mechanischen Eigenschaften (FEILZER et al. 1995). Auch die Pufferfunktion eines Elastizitätsmodulgradienten innerhalb der Hybridschicht aufgrund unzureichender Tiefenpenetration des Adhäsivs ins demineralisierte Kollagenetzwerk wurde bereits diskutiert (VAN MEERBEEK et al. 1992; VAN MEERBEEK et al. 1993; PASHLEY et al. 1993; GWINNETT et al. 1996; UNO & FINGER 1996). Ebenso suchte man schrumpfung-

freie Komposite, die auf einer während der Polymerisation nicht schrumpfenden, sondern expandierenden Matrix basieren sollen (EICK et al. 1993a, b). Füllungstechniken, z. B. mit Hilfe transparenter Matrizen, lichtreflektierender Keile und einer speziellen Verkeilungstechnik, wurden mit der Absicht entwickelt (LUTZ et al. 1986), die Schrumpfungsvektoren in Richtung Bondingfläche zu lenken und damit einer Randspaltbildung vorzubeugen. Im Gegensatz dazu stehen Untersuchungen von VERSLUIS et al. (1998), welche zeigen konnten, dass die Schrumpfrichtung nicht signifikant durch die Richtung des einfallenden Lichtes beeinflusst wird, sondern vielmehr durch die Form der Kavität, durch das «Nachfließen» des Komposites von den freien hin zu den gebundenen Flächen sowie durch die Bondingqualität des Adhäsivsystems selbst. Bei optimaler Bondingqualität seien dieser Studie zufolge die Schrumpfungsvektoren weg vom Licht in Richtung der gebondeten Areale gerichtet.

Allgemein wird heute anerkannt, dass auch durch die Inkrementtechnik die Polymerisations schrumpfung vermindert ist. Andererseits zeigen aktuelle Untersuchungen für die Einschichttechnik die geringste Schrumpfungsspannung (JEDRYCHOWSKI et al. 1998; WINKLER et al. 1996). Weiterentwickelte Technologien hinsichtlich der Kompositpolymerisation versuchen gleichermaßen, die Schrumpfungskräfte abzuschwächen und das Belichtungsintervall zu verkürzen. Fortschritte im Bereich der Laserpolymerisation mittels Argon-Laser (VARGAS et al. 1998) gehen einher mit Weiterentwicklungen im Bereich der Softstartpolymerisation (Stepcuring-Modus) mit schrittweise gesteigerter Belichtungsleistung. Zahlreiche Studien konnten eine bessere Randadaptation von Füllungen im Vergleich zu konventionellen Lichtquellen nachweisen (MEHL et al. 1997; KORAN & KURSCHNER 1998; BURGESS et al. 1999) und unterstützen die Theorie, dass ein erhöhter Polymerflow infolge anfänglicher geringerer Belichtungsintensitäten die auftretenden Spannungsspitzen abzapfen vermag. Eine verbesserte marginale Adaptation bei geringerer Lichtstärke wurde auch von FEILZER et al. (1995) beschrieben. RUEGGERBERG et al. (1994) empfahlen Intensitäten von wenigstens 400 mW/cm² bei maximal 2 mm dicken Inkrementenschichten. Der Einfluss der Lichtintensität und der Belichtungsdauer auf die Polymerisationskontraktion und auf die Güte der Randschlussqualität steht besonders nach Einführung eines hochenergetischen Aushärtungsverfahrens mit Hilfe der Plasmatechnologie im Mittelpunkt des Interesses, zumal dagegen DAVIDSON et al. (1997) noch die Vorteile eines langen Belichtungsintervalls bei niedriger Lichtleistung belegen konnten. Eine adäquate Polymerisation soll mit Hilfe der Plasmalampe in deutlich kürzeren Zeitintervallen als bisher möglich sein. Die signifikante Reduzierung des Zeitaufwandes zum Legen einer Kompositfüllung würde damit dem praktizierenden Zahnarzt völlig neue Perspektiven eröffnen. Positiven Untersuchungsergebnissen bezüglich Randqualität von z. B. STOLL et al. (STOLL R, KOOK K, KUNZELMANN K H, ZÖFEL P, STACHNISS V: Zum Einfluss des Polymerisationsverfahrens auf die marginale Integrität von zweiflächigen Seitenzahnfüllungen. Autoreferatband der DGZ Saarbrücken 1999) stehen auch Studien gegenü-

ber, die eine vollständige Polymerisation der Kompositsschichten in Frage stellen (HOFMANN N, HUGO B, SCHUBERT K, KLAIBER B: Leistung des Plasmapolymersationsgerätes Apollo 95E im Vergleich zu Halogenpolymerisationsgeräten. Autoreferatband DGZ Saarbrücken 1999; KUNZELMANN K H, CHEN H Y, MANHART J, MEHL A, HICKEL R: Schrumpfungskräfte von Kompositen bei unterschiedlichen Polymerisationskonzepten [Softstart, Standard, Apollo 95E]. Autoreferatband DGZ Saarbrücken 1999). So wurden in diesen Untersuchungen signifikant verringerte Vickers-Härten für Kompositproben nach Polymerisation über 3 Sekunden mit der Plasmalampe festgestellt.

Ziel der vorliegenden In-vitro-Studie war zum einen die Evaluation, ob mit der Plasmatechnologie der Apollo-95E-Polymerisationslampe Randadaptations- und Haftwerte erreichbar sind, welche denen mit herkömmlicher konstanter Belichtungsleistung (Optilux 500, Kerr) sowie denen mit gradueller Lichthärtung (Elipar Highlight, ESPE) entsprechen. Zum andern wurde untersucht, ob der Step curing-Modus der Apollo-95E-Polymerisationslampe Vorteile gegenüber der 3-Sekunden-Härtung bringt.

Material und Methode

Frisch extrahierte karies- und füllungsfreie Weisheitszähne wurden bis zur Verarbeitung in einer wässrigen 1%igen Chloraminlösung gelagert und direkt vor der Weiterbehandlung mit einem Skalpell mechanisch gereinigt.

Mit Hilfe einer diamantierten Trennscheibe (WOCO 50/Med, Conrad, Clausthal, Deutschland) wurden Dentinscheiben von etwa 2 mm Dicke hergestellt und in Autopolymerisat eingebettet (Paladur, Kulzer, Wehr, Deutschland). Unter Verwendung einer Standbohrmaschine und Wasserkühlung (Metabo T6 electronic, Nürtingen, Deutschland) wurden die Scheiben mit standardisierten Kavitätenpräparationen von 2,3 mm Durchmesser versehen. Insgesamt 68 Proben wurden zufällig auf vier Gruppen verteilt (Tab. I). Im Anschluss erfolgte die Konditionierung der Kavitäten mittels 37,5%iger Phosphorsäure (Etchant Gel, Kerr) sowie die Applikation und Polymerisation des Adhäsivsystems Optibond FL (Kerr) gemäss Herstellerangaben. Die Kavitäten wurden jeweils in zwei horizontalen Schichten mit dem Hybridkomposit Prodigy A3 (Kerr) gefüllt, wobei jede Kompositsschicht separat laut Tab. I lichtgehärtet wurde. Die Tabellen II und III geben Aufschluss über die ver-

Tab. II Materialübersicht

Produkt (Hersteller)	Badge-Nr.
Etchant Gel (Kerr)	LOT 701428
Optibond FL Primer (Kerr)	LOT 709322
Optibond FL Adhesive (Kerr)	LOT 308136
Prodigy A3 (Kerr)	LOT 809B94
Optilux 500 (Kerr)	SN 5300828
Elipar Highlight (ESPE)	SN 3811678
Apollo 95E (DMD)	SN A901.0161

Tab. I Übersicht der getesteten Polymerisationsgeräte, Belichtungszeiten und Lichtintensitäten

Gruppe à 17 Proben	Polymerisationsmodus	Belichtungsintervall der Adhäsivschicht	Belichtungsintervall pro Kompositsschicht	Lichtintensität in mW/cm ²
1	Optilux 500 (Kerr)	30 s	40 s	800
2	Elipar Highlight (ESPE)	40 s	40 s	120 für 10 s, 800 für 30 s
3	Apollo 95E 3s (DMD)	3 s	3 s	1370
4	Apollo 95E stepcuring (DMD)	5,5 s	5,5 s	680 für 1,5 s, 1370 für 4 s

Tab. III Inhaltsstoffe von Adhäsiv und Komposit

Produkt (Hersteller)	Komponenten
Etchant Gel (Kerr)	37,5% Phosphorsäure
Optibond FL Primer (Kerr)	HEMA, GPDM, PMM, Campherchinone, Ethanole, Water
Optibond FL Adhesive (Kerr)	Bis-GMA, HEMA, Glyceroldimethacrylate, Ba-Aluminoborosilikate, Microfilter, Na-F-Silikat, Campherchinone
Prodigy A3 (Kerr)	Hybridkomposit mit ca. 79 Gew.-% Fülleranteil

Abkürzungen: HEMA = Hydroxyethylmethacrylat, GPDM = Glycerolphosphatdimethacrylat, PMM = Phthalsäuremonomethacrylat, Bis-GMA = Bisphenol-A-diglycidylmethacrylat

Tab. IV Randbeurteilungskriterien im Rasterelektronenmikroskop

Kategorie	Beschreibung	Definition
A	Perfekter Rand	Übergänge nicht sichtbar
B	Haarriss, leichte Imperfektionen	Übergänge sichtbar, leichte Unregelmässigkeiten erkennbar
C	Randspalt	Randspalt >1 µm, deutlich erkennbar

wendeten Materialien. Die Polymerisation erfolgte bei ca. 2 mm Abstand des Lichtaustrittsfensters der entsprechenden Lichtleiter von der Probenoberseite unter Gewährleistung einer vollständigen Belichtung der auszuhärtenden Areale. Unmittelbar danach wurde die Ausarbeitung sowie die Politur der Probenoberseite mit aluminiumoxidbelegten flexiblen Scheiben (Sof Lex, 3M Medica) unter Wasserkühlung vorgenommen. Auf gleiche Weise wurden eventuelle Überschüsse an der Probenunterseite entfernt. Unmittelbar nach ihrer Fertigstellung schloss sich eine Lagerung der Proben in physiologischer Kochsalzlösung im Brutschrank (Cultura, Vivadent, Liechtenstein) bei 37 °C für eine Dauer von zweimal je 15 Tagen an. Zwischen beiden Intervallen erfolgte eine Temperaturwechselbelastung (2500 Zyklen zu 30 s von 5° auf 55 °C; Tempette Junior TE-8J, Brouwer, Luzern, Schweiz; Julabo FT200, Seelbach, Deutschland). Zur Verbundfestigkeitsmessung diente eine Universalprüfmaschine (1445; Zwick, Ulm, Deutschland), wobei die Kompositfüllungen bei einer Traversengeschwindigkeit des Prüfstempels von 0,5 mm/min bis zum Bruch belastet wurden. Aus Ausstosskraft und Verbundfläche des extrudierten Kompositzylinders berechnete sich die entsprechende Scherkraft. Direkt nach Politur der Proben sowie unmittelbar vor der Ermittlung der Haftfestigkeit wurden Abdrücke der polierten Füllungsfläche vorgenommen (President Lightbody, Coltène, Altstätten, Schweiz) und diese anschliessend mit Epoxidharz ausgegossen (Araldit CW2215, Ciba-SC, Wehr, Deutschland). Nach Weiterbearbeitung konnten die Replikas im Rasterelektronenmikroskop (Stereoscan 200, Leica AG, Solms, Deutschland) auf Randadaptation hin untersucht werden. Die prozentuale Einteilung erfolgte nach den in Tabelle IV aufgeführten Kategorien. Die statistische Auswertung mit Hilfe verteilungsfreier Verfahren (Multiple U-Tests mit Bonferroni-Holm-Korrektur) überprüfte Haftwerte und Randqualität auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsgruppen (Signifikanzniveau von 5%).

Resultate

Die ermittelten Scherfestigkeiten sind in Abbildung 1 aufgeführt. Mit 52.8 MPa schneidet Gruppe 1 (Optilux 500) in Bezug auf die Haftfestigkeiten signifikant besser ab als die Gruppen 2 (Elipar Highlight) mit 38.6 MPa, 3 (Apollo 95E, 3s) mit 37.5 MPa und 4 (Apollo 95E, sc) mit 43.7 MPa. Weiterhin lassen sich bei Gruppe 4 (Apollo 95E, sc) statistisch signifikant höhere Haft-

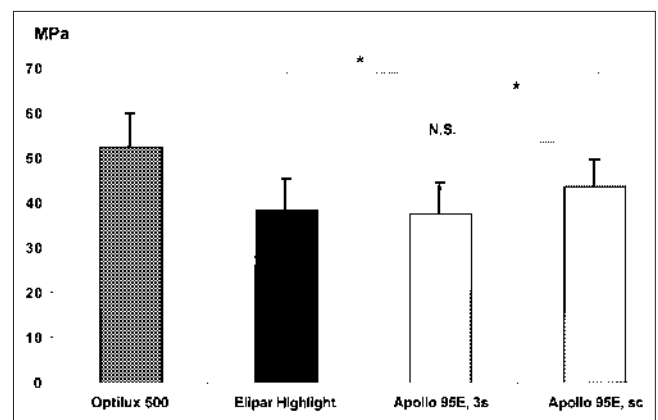


Abb. 1 Die ermittelten Scherfestigkeiten in MPa.

*: statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0.05$)

N.S.: statistisch nicht signifikante Unterschiede ($p > 0.05$)

Tab. V Randanteile der getesteten Methoden vor und nach Thermocycling (%), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (\pm)

Score		A		B		C	
		\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm	\bar{x}	\pm
Optilux 500	vor TC	97.8	5.6	0.9	2.7	1.3	3.7
	nach TC	97.4	6.6	1.0	2.7	1.6	4.7
Elipar Highlight	vor TC	94.2	17.0	4.1	12.3	1.7	5.3
	nach TC	91.2	24.0	3.9	12.3	4.9	12.6
Apollo 95E, 3s	vor TC	99.0	2.1	1.0	2.1	0.0	0.0
	nach TC	92.2	14.7	1.4	3.4	6.3	13.1
Apollo 95E, sc	vor TC	93.6	16.5	5.4	15.7	0.9	2.5
	nach TC	86.6	23.3	4.7	13.6	8.7	15.9

Zwischen den Gruppen wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede gefunden ($p > 0.05$)

werte ermitteln als bei Gruppe 3 (Apollo 95E, 3s).

In Tabelle V sind die Ergebnisse an perfektem Rand (Kategorie A), Haarriss (Kategorie B) respektive Randspalt (Kategorie C) vor und nach Temperaturwechselbelastung aufgeführt. Hinsichtlich der Randqualität nach Thermocycling bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen

auf dem 5%-Niveau.

Die Einteilungskategorien bezüglich marginaler Adaptation werden in den Abbildungen 2a–c illustriert.

Nach Thermocycling verringerten sich die Anteile an perfektem Rand zugunsten der Kategorien B und C jeweils von 97,8% auf 97,4% (Optilux 500), von 94,2% auf 91,2% (Elipar Highlight), von 99,0% auf 92,2% (Apollo 95E, 3s) sowie von 93,6% auf 86,6% (Apollo 95E, sc).

Diskussion

Derzeit werden verschiedene Polymerisationskonzepte diskutiert, welche entscheidenden Einfluss auf die Polymerisationskinetik besitzen: konventionelle Polymerisation, Softstart-Polymerisation sowie Hochenergiepolymerisation. Gemeinsames Ziel aller Aushärtungsverfahren bleibt das Erreichen eines suffizienten und dauerhaften Verbundes zwischen Zahnschmelze und Füllungsmaterial einerseits sowie dessen vollständige Polymerisation andererseits. Eine signifikante Reduktion des Zeitaufwandes zum Legen einer Füllung mit der Inkremententechnik macht aus ökonomischer Sicht die Verwendung der Plasmalampe für den Zahnarzt überaus interessant, zumal der Kompositpolymerisation laut Hersteller keinerlei nachteilige Effekte zuteil werden sollen. Die Ergebnisse zeigen, dass bezüglich der Haftfestigkeit die ermittelten Werte generell auf hohem Niveau liegen. Diese Daten stimmen überein mit einer Studie von MERGNER et al. (1998). Dort wurden bei grundsätzlich gleichem Versuchsaufbau für das Adhäsivsystem Optibond FL/Prodigy und der Aushärtung mittels Translux CL (Kulzer) eine Haftfestigkeit von 57,2 MPa und 97,2% Anteil «Perfekter Rand» nach Temperaturwechselbelastung erzielt.

Bezüglich der Scherfestigkeit schneidet die Belichtung mit Optilux 500 (52,7 MPa) signifikant besser ab als bei Belichtung mit der Plasmalampe. Im Vergleich zur Polymerisation mit Elipar Highlight erreicht die Plasmatechnologie keine statistisch relevanten Unterschiede. Der Belichtungsmodus Step curing von Apollo 95E liefert mit 43,7 MPa signifikant höhere Werte als bei Belichtung über 3 s (37,5 MPa).

Eine geringere Konversionsrate des Komposits ist möglicherweise ausschlaggebend für herabgesetzte Verbundfestigkeiten. Die als Mass für die Konversionsrate bestimmbare Vickershärte lag bei Versuchen von HOFMANN et al. (HOFMANN N, HUGO B, SCHUBERT K, KLAIBER B: Leistung des Plasmapolymersationsgerätes Apollo 95E im Vergleich zu Halogenpolymerisationsgeräten. Autoreferatband DGZ Saarbrücken 1999) für im 3-s-Intervall mit Apollo 95E polymerisierte Kompositproben signifikant unter den Vergleichsgruppen. Auch KUNZELMANN et al. (KUNZELMANN K H, CHEN H Y, MANHART J, MEHL A, HICKEL R: Schrumpfkraft von Kompositen bei unterschiedlichen Polymerisationskonzepten [Softstart, Standard, Apollo 95E]. Autoreferatband DGZ Saarbrücken 1999) stellten eine genügende Polymerisation der Kompositen im 3-s-Intervall bei Bestimmung der Schrumpfkraft von Kompositen in Frage. Dies würde die signifikant höheren Haftwerte bei Polymerisation über 5,5 s im Step curing-Modus der Apollo 95E erklären können. Jedoch sollte in der vorliegenden Studie eine mangelhafte Polymerisation der Kompositen sowohl wegen der gewählten Schichtstärken von je 1 mm als auch aufgrund eines einheitlichen Kraft-Zeit-Verlaufs bei Belastung der Proben im Ausstossversuch ausgeschlossen werden können.

Die hohen Anteile aller Gruppen an perfektem Rand nach Temperaturwechselbelastung stimmen auch mit den Ergebnissen von STOLL et al. (STOLL R, KOOK K, KUNZELMANN K H, ZÖFEL P, STACH-

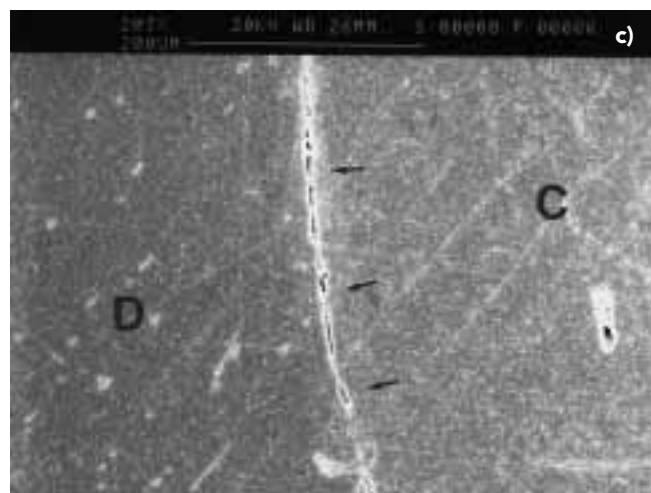
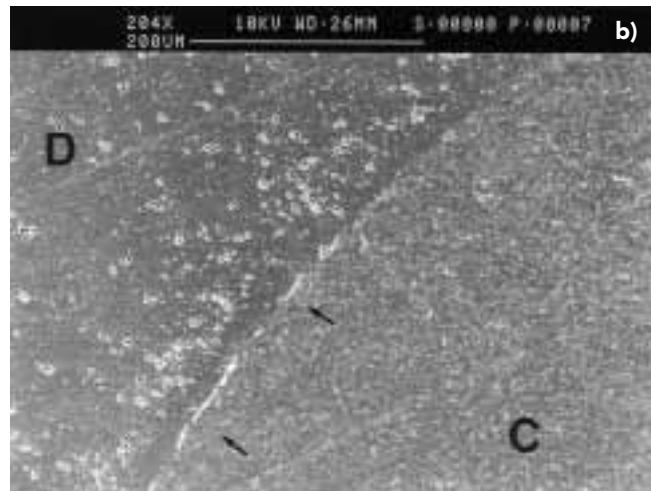
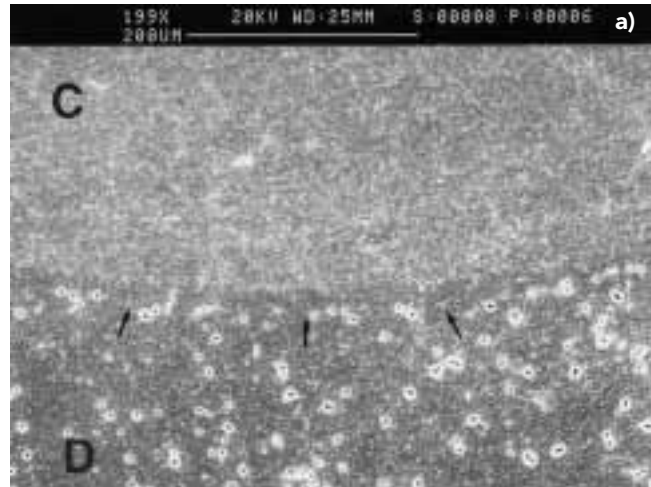


Abb. 2a–c Beispiele der Randanalysekriterien im Rasterelektronenmikroskop:

- a) Perfekter Rand, Score A (Pfeilmarkierungen); Vergrößerung 199×, Apollo 95 3s
- b) Haarriss, Score B (Pfeilmarkierungen); Vergrößerung 204×, Elipar Highlight
- c) Randspalt, Score C (Pfeilmarkierungen); Vergrößerung 203×, Apollo 95 sc
Markierung Komposit (C) und Dentin (D)

NISS V: Zum Einfluss des Polymerisationsverfahrens auf die marginale Integrität von zweifächigen Seitenzahnfüllungen. Autoreferatband der DGZ Saarbrücken 1999) überein. Ein verstärkter Polymerflow infolge unvollständiger Polymerisation des Komposites kann allerdings Ursache für verminderte Spannungsspitzen im Verbundbereich Dentin-Füllungsmaterial sein, so dass eine Evaluation der Randqualität allein nicht ausreichend aussagekräftig für die Güte einer Kompositfüllung erscheint.

Das Erreichen optimaler Haftwerte respektive hoher Anteile an perfektem Rand bei konventioneller Belichtung mit Optilux 500 stimmt nicht mit den Ergebnissen von FEILZER et al. (1995), RUEGGERBERG et al. (1994) oder UNTERBRINK et al. (1995) überein, welche signifikant bessere Werte im Softstartverfahren belegen konnten. Allerdings könnte das in der vorliegenden Studie verwendete Bondingsystem OptiBond FL (Kerr) mit gefülltem Adhäsiv für eine Kompensation der Kontraktionsspannungen im Komposit verantwortlich sein.

Obwohl diese Studie bezüglich der Randadaptation nur eine quantitative Beurteilung entsprechend den Kategorien A (perfekter Rand), B (Haarriss) und C (Randspalt >1 µm) beinhaltet, entsteht bei der Begutachtung von Arealen marginaler Desintegration der Eindruck, dass es sich vorzugsweise um adhäsive Frakturen handelt, stets zwischen Adhäsiv- und Komposit-schicht. Spaltbildungen zwischen Adhäsiv und Dentin sowie kohäsive Frakturen wurden nicht beobachtet.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei der Evaluation der Scherfestigkeiten die Verwendung des 3-s-Intervallmodus von Apollo 95E schlechtere Werte erzielt als der Step curing-Modus respektive die Polymerisation mit Optilux 500. Die Haftwerte bei gradueller Belichtung mit Elipar Highlight sind nicht signifikant verschieden von den mit Plasmatechnologie ausgehärteten Proben.

Die ermittelten Werte auf generell hohem Niveau stellen in Frage, ob die Herstellerempfehlung, für die Aushärtung des Adhäsivs eine separate konventionelle Lichtquelle zu benutzen, unbedingt vonnöten wäre. Entscheidend für den optimalen Verbund zwischen Dentin und Adhäsiv bleiben neben adäquater konditionierter Dentinoberfläche vor allem ausreichende Penetrationszeiten für Primer und Adhäsiv.

Für den Einsatz in vivo wäre es denkbar, dass eine suboptimale Ausrichtung des Lichtleiters im Belichtungsintervall über 3 s stärkere negative Auswirkungen zeigen kann als bei entsprechend längerer Polymerisation der Komposit-schichten.

Summary

MERGNER M, KRISTAN R, STASSINAKIS A, HOFMANN N, LUSSI A, HOTZ P: **Bond strengths to dentine using conventional or recently developed light curing sources** (in German). Acta Med Dent Helv 5: 9–14 (2000)

This in-vitro study examined shear bond strengths and marginal adaptations of composite fillings (Optibond FL, Prodigy A3, Orange, USA) to dentine using different types of light application. Depending on each group adhesive and composite layers were cured by Optilux 500 (Kerr, Orange, USA), Elipar Highlight (ESPE, Seefeld, Germany) and Apollo 95E «stepcuring» respectively «3 s» (DMD, Westlake Village, USA). Shear bond strengths of the specimens were measured after water storage and thermocycling with the help of an extrusion testing machine. Marginal adaptation was evaluated twice (immediately after polishing the specimens and before shear bond testing) using a replica technique and SEM.

Statistics (Mann-Whitney-U-Test with Bonferroni-Holm-ad-

justment) showed no significant differences referring to marginal adaptations. With regard to shear bond strengths, light curing with Optilux 500 resulted in significant higher values than polymerization with Apollo 95E «3 s» or «stepcuring». Compared to the specimens cured for 3 s by Apollo 95E significant higher bond strengths could be obtained by the stepcuring modus. Results achieved by Elipar Highlight (ESPE) were not significantly different from shear bond strengths of Apollo 95E (stepcuring, 3 s).

Résumé

L'étude in vitro visait à évaluer la résistance au cisaillement et la qualité de l'adaptation marginale d'obturations en composite (Optibond FL, Prodigy A3, Orange, USA) ayant les marges au niveau de la dentine par rapport à différentes méthodes de polymérisation. Les adhésifs et les composites ont été polymérisés selon les groupes d'échantillons avec les lampes à polymériser Optilux 500 (Kerr), Elipar Highlight (ESPE, Seefeld, Deutschland), Apollo 95E «stepcuring» et «3 s» (DMD, Westlake Village, USA). Les résistances au cisaillement des divers échantillons ont été mesurées à l'aide d'une machine à extrusion après thermocyclage et stockage dans l'eau. L'adaptation marginale a été évaluée après le polissage des échantillons et une deuxième fois juste avant l'évaluation de la résistance au cisaillement à l'aide de la technique de réplique, ainsi qu'au microscope électronique à balayage. L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative concernant les adaptations marginales selon les différents procédés de polymérisation.

En ce qui concerne la résistance au cisaillement, Optilux 500 a donné des valeurs significativement plus élevées ($p < 0,05$) que celles obtenues avec Apollo 95E «stepcuring» ou «3 s». En comparant par contre les deux modes de la lampe Apollo 95E, les résistances au cisaillement ont été significativement plus élevées pour le mode «stepcuring» que pour le mode «3 s». Les résultats de résistance au cisaillement pour Elipar Highlight n'ont révélé aucune différence significative par rapport à la lampe Apollo 95E (stepcuring, 3 s).

Literaturverzeichnis

- ASMUSSEN E: Clinical relevance of physical, chemical, and bonding properties of composite resins. Oper Dent 10: 61–73 (1985)
- BAUSCH J R, DE LANGE K, DAVIDSON C L, PETERS A, DE GEE A J: Clinical significance of polymerization shrinkage of composite resins. J Prosthet Dent 48: 59–67 (1982)
- BOWEN R L, NEMOTO K, RAPSON J E: Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues: forces developing in composite materials during hardening. J Am Dent Ass 106: 475–477 (1983)
- BURGESS J O, DEGOES M, WALKER R, RIPPS A H: An evaluation of four light-curing units comparing soft and hard curing. Pract Periodontics Aesthet Dent 11: 125–132 (1999)
- DAVIDSON C L, DE GEE A J: Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. J Dent Res 63: 146–148 (1984)
- DAVIDSON-KABAN S S, DAVIDSON C L, FEILZER A J, DE GEE A J, ERDILEK N: The effect of curing light variations on bulk curing and wall-to-wall quality of two types and various shades of resin composites. Dent Mater 13: 344–352 (1997)
- DE GEE A J, DAVIDSON C L, SMITH A: A modified dilatometer for continuous recording of volumetric polymerization shrinkage

- of composite restorative materials. *J Dent* 9: 36–42 (1981)
- EICK J D, BYERLEY T J, CHAPPELL R P, CHEN G R, BOWLES C Q, CHAPPELOW C C: Properties of expanding SOC/epoxy copolymers for dental use in dental composites. *Dent Mater* 9: 123–127 (1993a)
- EICK J D, ROBINSON S J, BYERLEY T J, CHAPPELOW C C: Adhesives and nonshrinking dental resins of the future. *Quintessence Int* 24: 632–640 Review (1993b)
- FEILZER A J, DOOREN L H, DE GEE A J, DAVIDSON C L: Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci* 103: 322–326 (1995)
- GOLDMAN M: Polymerization shrinkage of resin-based restorative materials. *Aust Dent J* 28: 156–161 (1983)
- GWINNETT A J, TAY F R, PANG K M, WEI S H: Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. *Am J Dent* 9: 140–144 (1996)
- HALLER B, HOFMANN N, PFANNKUCH A, KLAIBER B: Beständigkeit des Komposit-Dentinverbundes bei künstlicher Alterung. *Dtsch Zahnärztl Z* 48: 100–104 (1993)
- JEDRYCHOWSKI J R, BLEIER R G, CAPUTO A A: Shrinkage stresses associated with incremental composite filling techniques. *ASDC J Dent Child* 65: 111–115 (1998)
- KORAN P, KURSCHNER R: Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. *Am J Dent* 11: 17–22 (1998)
- LAMBRECHTS P, BRAEM M, VANHERLE G: Klinische Erfahrung mit Composites und Dentin-Adhäsiven im Seitenzahnbereich. *Phillip J* 5, 12–13 (1988)
- 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: 659–664 (1986)
- MEHL A, HICKEL R, KUNZELMANN K H: Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without «softstart-polymerization». *J Dent* 25: 321–330 (1997)
- MERGNER M, KLAIBER B: In-vitro-Evaluation der Einflussnahme der Total-Etch-Technik auf die Verbundfestigkeit siebzehnaktueller Dentinhaftvermittler. *Med. Dissertation Universität Würzburg* 1998
- PASHLEY D H: Clinical considerations of microleakage. *J Endod* 16: 70–77 (1990)
- PASHLEY E L, TAO L, MATTHEWS W G, PASHLEY D H: Bond strengths to superficial, intermediate and deep dentin in vivo with four dentin bonding systems. *Dent Mater* 9: 19–22 (1993)
- RUEGGEBERG F A, CAUGHMAN W F, CURTIS J W JR: Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 19: 26–32 (1994)
- TORSTENSON B, BRÄNNSTRÖM M: Contraction gap under composite resin restorations: effect of hygroscopic expansion and thermal stress. *Oper Dent* 13: 24–31 (1988)
- UNO S, FINGER W J: Effects of acidic conditioners on dentine demineralization and dimension of hybrid layers. *J Dent* 24: 211–216 (1996)
- UNTERBRINK G L, MUESSNER R: Influence of light intensity on two restorative systems. *J Dent* 23: 183–189 (1995)
- VAN MEERBEEK B, DHEM A, GORET-NICAISE M, BRAEM M, LAMBRECHTS P, VANHERLE G: Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. *J Dent Res* 72: 495–501 (1993)
- VAN MEERBEEK B, INOKOSHI S, BRAEM M, LAMBRECHTS P, VANHERLE G: Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 71, 1530–1540 (1992)
- VARGAS M A, COBB D S, SCHMIT J L: Polymerization of composite resins: argon laser vs conventional light. *Oper Dent* 23, 2: 87–93 (1998)
- VERSLUIS A, TANTBIROJN D, DOUGLAS W H: Do dental composites always shrink toward the light? *J Dent Res* 77: 1435–1445 (1998)
- 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: 1477–1483 (1996)