

Scientific Report

Vol. 01/2025
Deutsch

Tetric® plus

Simplified Universal Composite



Inhalt

Vorwort	3
Tetric plus	4
Wissenschaftliche Erkenntnisse	5
ÄSTHETIK	5
QUALITÄT	8
EFFIZIENZ	11
Studien	15
<i>In-vitro</i> -Untersuchungen	15
<i>In-vivo</i> -Untersuchungen	31
Biokompatibilität	35
Begriffsdefinitionen	36
Literatur	39



Vorwort



Thorsten Bock
Director R&D Organic Chemistry



Benjamin Gebhardt
Head of Department Composites

Seit ihrem Aufkommen in den 1960er Jahren haben sich dentale Füllungsmaterialien dank kontinuierlicher technologischer Innovation stetig weiterentwickelt. Diese Fortschritte haben zu einer Vielzahl an Materialien geführt – von zunehmend benutzerfreundlichen, langlebigen und effizienten Optionen bis hin zu solchen, die den höchsten spezialisierten Anforderungen der modernen Zahnmedizin und Ästhetik gerecht werden.

Hocheffiziente Materialien mit einem eingeschränkten Farbangebot, wie Tetric PowerFill und Tetric PowerFlow, wurden speziell für Restaurationen im Seitenzahnbereich entwickelt. Sie erlauben eine zügige Verarbeitung mit Schichtstärken von bis zu 4 mm und Aushärtungszeiten von lediglich 3 Sekunden. Im Gegensatz dazu bieten Materialien wie IPS Empress Direct ein breites Spektrum an Farben, Transluzenzstufen und Effekten – für hochästhetische Restaurationen, die natürliche Zähne nahezu perfekt nachbilden. Zwischen diesen beiden Materialklassen sind konventionelle Universalcomposites wie Tetric Prime und Tetric EvoFlow angesiedelt und stellen eine vielseitige und zuverlässige Lösung für rund 80 % der routinemässigen zahnärztlichen Behandlungen dar, mit einer optimalen Balance aus Ästhetik und Qualität.

In den vergangenen Jahren hat die Nachfrage nach einfacheren und effizienteren Lösungen für direkte Restaurationen stark zugenommen, vorwiegend bedingt durch den zunehmenden wirtschaftlichen Druck

auf Zahnarztpraxen. Auf diese Entwicklung hat Ivoclar mit der Einführung von Tetric plus reagiert. Aufbauend auf den ästhetischen Eigenschaften und der bewährten Zuverlässigkeit der konventionellen, universellen Tetric Line-Composites bietet Tetric plus eine höhere Effizienz, da Schichten von 4 mm in nur 3 Sekunden ausgehärtet werden können. Dieser Fortschritt wurde durch ein innovatives Farbsystem mit «plus»-Farben in Verbindung mit präzise optimierten optischen Eigenschaften in sowohl modellierbarer als auch fließfähiger Form erreicht. Das Ergebnis überzeugt durch herausragende Ästhetik, hohe Durchhärtungstiefe, schnelle Aushärtung und gleichbleibend hohe Qualität.

Der erste Teil dieses wissenschaftlichen Berichts widmet sich einer ausführlichen Analyse der Tetric plus Fill und Tetric plus Flow zugrunde liegenden Technologien. Der In-vitro-Abschnitt bietet eine umfassende Zusammenfassung der während der Materialentwicklungsphase durchgeführten Untersuchungen, gefolgt von ersten Ergebnissen aus laufenden klinischen Studien.

Tetric plus ist eine vielseitige und zuverlässige Lösung, die ein breites Spektrum an Herausforderungen im klinischen Alltag adressiert – und dabei Qualität, Ästhetik und Effizienz nahtlos miteinander verbindet.

Tetric® plus

Tetric plus ist das neue Simplified Universal Composite von Ivoclar – erhältlich als modellierbare und als fließfähige Produktvariante. Die Materialien sind für den alltäglichen Standardgebrauch vorgesehen. Sie können in Schichten von bis zu 4 mm aufgetragen werden und eignen sich sowohl für schnelle als auch für konventionelle Aushärtung.



Tetric plus Fill: Das modellierbare Material wird zur Herstellung von Restaurationen von bleibenden und auch von Milchzähnen verwendet, einschliesslich der Rekonstruktion einzelner Höcker im Seitenzahnbereich. Tetric plus Fill eignet sich zudem für rekonstruktive Aufbauten, Composite-/Keramikreparaturen, direkte Veneers und den Verschluss von Implantatschraubenkanälen.

Tetric plus Flow: Das fließfähige Material kann sowohl bei bleibenden als auch bei Milchzähnen als erste Compositeschicht in Klasse-I- und Klasse-II-Restaurationen sowie für kleine, nicht okklusionstragende direkte Restaurationen verwendet werden. Bei okklusionstragenden Füllungen wird eine abschliessende Schicht eines modellierbaren Composites wie Tetric plus Fill aufgetragen. Tetric plus Flow eignet sich zudem für die erweiterte Fissurenversiegelung, Klasse-V-Restaurationen, Composite-/Keramikreparaturen und den Verschluss von Implantatschraubenkanälen.

4-shades: Beide Tetric plus-Materialien sind in 4 «plus»-Farben erhältlich, die 16 klassische VITA*-Farben sowie Bleach-Farben abdecken. Jede Farbe fügt sich nahtlos in mehrere natürliche Zahnfarben ein.

Tetric plus				
VITA* classical shades	A1, A2, B2, C1, D2	A3, C2, C3, D3, D4	A3.5, A4, B3, B4, C4	B1, Bleach

Tetric plus ist eine ästhetische und praktische Lösung für direkte Restaurationen im Front- und Seitenzahnbereich.

* Keine eingetragene Marke der Ivoclar Vivadent AG

Wissenschaftliche Erkenntnisse

Tetric plus ist ein vereinfachtes Universalcomposite, das Ästhetik, Qualität und Effizienz bietet.

ÄSTHETIK

QUALITÄT

EFFIZIENZ

In diesem Abschnitt des wissenschaftlichen Berichts wird erläutert, wie Tetric plus alle drei Aspekte kompromisslos miteinander vereint.

ÄSTHETIK



Die zentrale Herausforderung bei der Entwicklung von Tetric plus bestand darin, ein Material zu konzipieren, das die Ästhetik eines konventionellen Universalcomposites erreicht und sich gleichzeitig in Schichten von bis zu 4 mm schnell aushärten lässt.

Transluzenzwechsel

Die Schlüsseltechnologie liegt hier im Transluzenzwechsel – ein Effekt, der sowohl von Tetric plus Fill als auch von Tetric plus Flow genutzt wird. Im nicht ausgehärteten Zustand weisen die Materialien eine hohe Transluzenz auf, die ein erhöhtes Mass an Lichtdurchlässigkeit bietet. Das ist entscheidend für einen hohen Doppelbindungsumsatz und eine zuverlässige Aushärtung des Materials in Schichten von bis zu 4 mm, da Licht ein transparentes Material deutlich leichter durchdringt. Während der Polymerisation nimmt jedoch die Dichte des organischen Materials zu und die Transluzenz ab. Auf diese Weise entsteht final eine der natürlichen Zahnschicht ähnliche, ästhetische Opazität. Der Transluzenzwechsel wird durch die sorgfältige Abstimmung der Brechungsindizes (n_D) der Composite-Monomerformulierung und der anorganischen Füllstoffe ermöglicht. Dieses Prinzip wird nachfolgend veranschaulicht:

n_D Monomer = n_D Füllstoff



Geringe Brechung: Lichtdurchdringung

n_D Monomer \neq n_D Füllstoff



Mehrfachbrechung: Lichtstreuung

Der Brechungsindex bestimmt, wie stark Lichtwellen beim Durchdringen eines Mediums oder beim Aufeinandertreffen mit Partikeln abgelenkt (gebrochen) und gestreut werden.

Geringe Unterschiede in den Brechungsindizes von Partikeln und dem umgebenden Medium reduzieren die Lichtstreuung beim Durchgang durch ein Material. Das Gegenteil ist der Fall bei grossen Unterschieden in den Brechungsindizes. Bei Tetric plus spielt die Angleichung der Brechungsindizes von Monomer und Füllstoffen eine entscheidende Rolle.

Der Transluzenzwechsel lässt sich einfach darstellen: Die unten abgebildeten Scheibenproben von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow zeigen, dass die Transluzenz vor der Polymerisation bei beiden Materialien mit etwa 36 % bzw. 38 % relativ hoch ist. Nach der Polymerisation und der Wasserlagerung bei 37 °C verringert sich die Transluzenz und es bildet sich eine opakere, ästhetische Farbe. Das ist darauf zurückzuführen, dass das endgültige Polymer und die Füllstoffe der Restauration unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen, wodurch Licht gestreut wird.

Tetric plus Fill (A3 plus)			Transluzenz [%]
	Links	Vor der Polymerisation	36
	Mitte	Polymerisiert	14
	Rechts	Nach 24 Std./37 °C	13
Tetric plus Flow (A3 plus)			Transluzenz [%]
	Links	Vor der Polymerisation	38
	Mitte	Polymerisiert	16
	Rechts	Nach 24 Std./37 °C	14

Aufgrund der Nachpolymerisation verbliebener Radikale wird die finale Transluzenz 24 Stunden nach der Aushärtung erreicht. Eine Durchhärtungstiefe von 4 mm wird jedoch bereits nach 3 Sekunden Bestrahlung mit 3000 mW/cm² erreicht.

Farbanpassungspotenzial

Ein weiterer entscheidender Faktor bei der Entwicklung von Materialien mit guten ästhetischen Eigenschaften und hoher Durchhärtungstiefe ist das Farbanpassungspotenzial (Chamäleon-Effekt) der Formulierung.



Grundsätzlich gilt: Je höher die Transluzenz eines Materials, desto grösser ist sein Farbanpassungspotenzial.

Die Zusammensetzung vieler Bulk-Fill-Materialien ist auf eine hohe Transluzenz ausgelegt, um eine tiefere Lichtdurchdringung und eine zuverlässige Polymerisation zu ermöglichen. Einfarbige Materialien wie Omnicroma von Tokuyama Dental oder Venus One von Kulzer setzen auf diese Eigenschaft. Allerdings weisen viele Bulk-Fill-Materialien auch nach der Polymerisation noch eine hohe Transluzenz auf und zeigen nicht den ausgeprägten Transluzenzwechsel der Tetric plus-Materialien. Bleibt die Transluzenz eines Bulk-Composites nach der Polymerisation erhalten, ist das insofern vorteilhaft, als es das Farbanpassungspotenzial unterstützen kann – jedoch nur dann, wenn ausreichend natürliche Zahnschicht die Kavität umgibt (z.B. Klasse I, V oder kleine Klasse-II-Kavitäten), sodass sich ihr natürliches Erscheinungsbild in der Restauration widerspiegelt. Sollte weniger umgebende Zahnschicht vorhanden sein (z.B. bei grossen Klasse-II-, III- oder IV-Kavitäten), spielen die optischen Eigenschaften des Restaurationsmaterials selbst eine weitaus wichtigere Rolle.

Composites mit diffusen lichtstreuenden Eigenschaften (geringere Transluzenz) wiesen ein besseres Farbanpassungspotenzial auf (Ismail et al. 2022). Zweifellos erfordert die optimale Gestaltung und Zusammensetzung eine ausgewogene Balance. Tetric plus basiert auf der bewährten 4-Füller-Technologie (Tetric), bei der Füllergrössen, -formen und -zusammensetzungen angepasst wurden, um eine optimierte, diffuse Lichtstreuung im polymerisierten Material zu erzielen. Die vier Endfarben zeichnen sich zudem durch minimale Pigmentierung aus, was die Farbanpassung zusätzlich erleichtert. Damit ist Tetric plus für alle Kavitätenarten und -grössen geeignet – sowohl im Front- als auch im Seitenzahnbereich.

Farbgruppen/Farbcluster

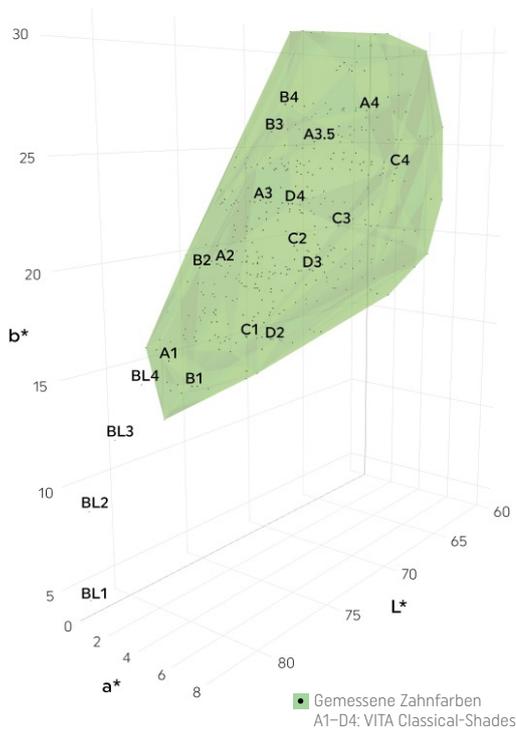


Der letzte Baustein der ästhetischen Konzeption von Tetric plus ist das Farbgruppenkonzept: Mit nur vier Tetric plus-Farben lassen sich das gesamte VITA-Farbspektrum sowie einige Bleach-Farben abdecken.

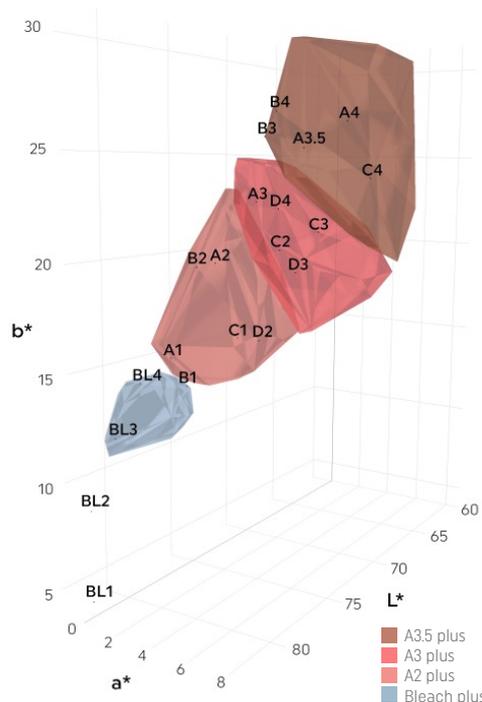
Untersuchungen natürlicher menschlicher Zähne bilden die Grundlage für das Konzept der «Farbcluster». Die Farbe von 368 Frontzähnen (21, 22 und 23) von etwa 120 erwachsenen männlichen und weiblichen Patienten wurde mithilfe eines Spektrometers untersucht.

Die Analyse und Abbildung der Farbwerte aller Zähne erfolgte mithilfe der CIELab-Farbraummethode. Mit dieser Methode lassen sich Farbunterschiede anhand von drei Werten sehr präzise erfassen. Die L-Achse steht für die Helligkeit, von Schwarz (niedrig = 0) bis Weiss (hoch = 100), a* und b* beschreiben die Chromatizität, also Farbton und Sättigung, mit positiven und negativen Werten von Rot bis Grün (a+ bis a-) und Gelb bis Blau (b+ bis b-).

Die Farbtöne der einzelnen Zähne werden in der CIELab-Karte als kleine einzelne Punkte dargestellt. Der Bereich, den diese Punkte abdecken, wird durch den grünen «Cluster» (wolkenförmig) umrissen. Dieser Cluster stellt den Farbraum der natürlichen Zähne visuell dar. Im nächsten Schritt wurden dann die standardisierten A-D-VITA-Farben neben den natürlichen Farbtönen (Punkte) abgebildet. Die natürlichen Farbtöne lagen alle innerhalb oder in der Nähe der A-D-VITA-Farben, erstreckten sich jedoch nicht bis zu den Bleach-Farben. Es zeigt sich, dass die einzelnen VITA-Farben bei natürlichen Zähnen ebenfalls unterschiedlich häufig vorkommen.



CIELab-Zuordnung von Frontzähnen und VITA-Farben



4 finale Farbgruppen/Farbcluster

Die geringere Anzahl an Compositefarben ist das Resultat einer durchdachten Strategie. Nach umfangreicher Marktforschung und Konsultationen mit Zahnärzten wurden die Farbtöne A2, A3 und A3.5 als die in der Standardpraxis am häufigsten verwendeten identifiziert. Daher wurde die Farbgruppe (grün) mit den ermittelten Zahnfarbwerten in drei separate Cluster unterteilt (rosa, rot und braune Bereiche), wobei A2, A3 und A3.5 stellvertretend für die jeweiligen Bereiche/Cluster stehen. Diese Werte, zusammen mit den Zentralwerten jedes Clusters, dienten als Grundlage für die Farbentwicklung.

Auch wenn keiner der analysierten natürlichen Zähne in den Bleach-Bereich fiel, wurde ein zusätzlicher Cluster (blauer Bereich) berechnet und die entsprechende Farbnuance entwickelt, um den Anforderungen der modernen Zahnmedizin gerecht zu werden. Die endgültige Farbgebung wurde in Klasse-III-Kavitäten extrahierter menschlicher Frontzähne getestet. Infolge wurden die vier clusterbasierten Farbtöne A2 plus, A3 plus, A3.5 plus und Bleach plus entwickelt – geeignet, um 16 VITA-Farben sowie mehrere Bleach-Farben abzudecken. Zur Sicherstellung, dass die vier plus-Farbtöne tatsächlich den gesamten Bereich der Farbcluster abdecken, wurden auch Grenzfarben auf ihre Farbübereinstimmung getestet.

Ästhetische Ergebnisse: Das Zusammenspiel der Materialeigenschaften, die speziell für eine ästhetische Wirkung entwickelt wurden (Transluzenzwechsel, Farbpassung und Farbgruppenkonzept), wird unten anschaulich dargestellt. Tetric plus Fill in der Farbe A2 plus, entwickelt, um die fünf klassischen VITA-Farben abzudecken: A1, A2, B2, C1 und D2 fügen sich nahtlos in die entsprechend schattierten Zahnmodelle unten ein.

Natürliche Farbpassung mit Tetric plus Fill (A2 plus) in fünf unterschiedlich schattierten Zahnmodellen



Tetric plus ist ein Simplified Universal Composite, dessen Farbkonzept auf den zahlreichen Farbtönen natürlicher Zähne basiert.

QUALITÄT

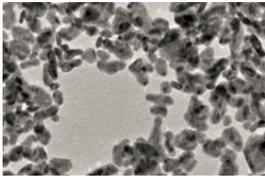
4-Füller-Technologie der Tetric Line

Die ersten Composites der Tetric Line – der Name der Produktlinie leitet sich aus dem griechischen Präfix für die Zahl Vier ab – wurden in den 1990er-Jahren eingeführt und seitdem kontinuierlich weiterentwickelt. Tetric Ceram basierte auf vier Füllstoffen: Bariumborosilikatglas, Ytterbiumfluorid, hochdisperses Siliziumdioxid und Mischoxid. Tetric EvoCeram zeichnete sich durch vier zentrale Eigenschaften aus, die seine hohe Qualität gewährleisten: hervorragende Verarbeitungseigenschaften, Prepolymer-Technologie, geringe Schrumpfung und geringe Abrasion. Alle diese Technologien bauen auf früheren Entwicklungen auf, die im Laufe der Zeit stetig optimiert wurden.

Nahezu jeder Bestandteil von Tetric plus wurde innovativ weiterentwickelt. Dank der nächsten Generation der 4-Füller-Technologie bleibt das Material den grundlegenden Produkteigenschaften treuer denn je. Diese Technologie umfasst:

- ✓ **Nano-Ytterbiumtrifluorid** (Nano-YbF₃), das eine schmelzähnliche Röntgenopazität (≥ 200 % Al) in Kombination mit einem hohen Transluzenzwechsel und herausragenden thixotropen Verarbeitungseigenschaften ermöglicht.
- ✓ **Glasfüller**, die die mechanischen Eigenschaften des Materials gewährleisten und durch angepasste Brechungsindizes den ausgeprägten Transluzenzwechsel während der Lichthärtung ermöglichen.
- ✓ **Optimiertes Mischoxid**, das den Transluzenzwechsel unterstützt und zudem eine schnelle Polierbarkeit sowie hervorragende Verarbeitungseigenschaften gewährleistet.
- ✓ **Sphärischer IFP-Compositestoff**, ein Prepolymer-Füllstoff, der mithilfe einer In-Flight-Polymerisationstechnik (IFP) hergestellt wird. Die sphärische Struktur fördert eine geschmeidige Verarbeitung, den Transluzenzwechsel und eine schnelle Polierbarkeit.

Nano-Ytterbiumtrifluorid (Nano-YbF₃)



Ytterbiumtrifluorid ist ein wesentlicher Bestandteil zur Erzielung einer angemessenen Röntgenopazität dentaler Restaurationsmaterialien. Sein Brechungsindex entspricht jedoch nicht dem Brechungsindex einer typischen Monomer-Füllstoff-Zusammensetzung in dentalen Composites.

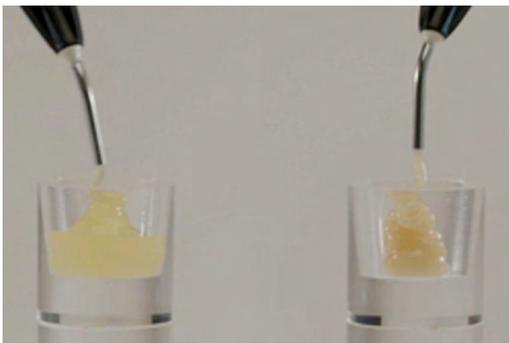
Wie zuvor erläutert, würde eine anfängliche Abweichung der Brechungsindizes den ausgeprägten Transluzenzwechsel beeinträchtigen, der sowohl eine hohe Durchhärtungstiefe als auch ein ästhetisches Endergebnis gewährleistet. Um diese Einschränkung zu überwinden, werden für Tetric plus sehr kleine YbF₃-Partikel verwendet, die weder das sichtbare Licht beeinträchtigen noch den Transluzenzwechsel einschränken. Die YbF₃-Nanopartikel bilden zudem die Grundlage für neuartige, scheinbar widersprüchliche Verarbeitungseigenschaften. Sowohl die Stabilität des modellierbaren Materials (das mithilfe von Instrumenten modelliert wird, wodurch Scherkräfte wirken) als auch das ausgeprägte thixotrope Verhalten des fließfähigen Materials basieren auf dieser innovativen Lösung.

Tetric plus Flow

Tetric EvoFlow

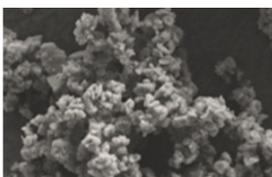
Tetric plus Flow

Tetric PowerFlow



Wird Tetric plus Flow unter Druck in grösseren Mengen aufgetragen, z.B. für 4-mm-Restaurationen im Seitenzahnbereich, ergibt sich eine sehr fließfähige Konsistenz, die sich selbst nivelliert und leicht anpasst. Wie im Bild (links) dargestellt, ist dieser Effekt ausgeprägter als bei Tetric EvoFlow, jedoch vergleichbar mit Tetric PowerFlow. Wird Tetric plus Flow hingegen mit geringem Druck in kleinen Mengen aufgetragen, z.B. für Klasse-III- oder -V-Restaurationen im Frontzahnbereich (rechts), weist das Material eine höhere Viskosität auf als Tetric PowerFlow, behält die gewünschte Form bei und läuft nicht von der Zahnoberfläche ab.

Glasfüller



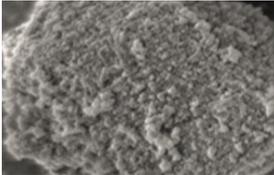
Der Glasfüllstoff bildet die zentrale Komponente jeder Compositezusammensetzung und ist entscheidend für die mechanischen Eigenschaften des Materials. Der Glasfüllstoff in Tetric plus ist vergleichbar mit dem in den Produkten der aktuellen Tetric Line verwendeten Füllstoff. Er sorgt für stabile Biegefestigkeitswerte, unabhängig davon, ob die Aushärtung beispielsweise 3 Sekunden oder 10 Sekunden dauert. (Siehe *In-vitro*-Untersuchungen: [QUALITÄT](#)).

Der Füllstoff trägt zudem zu den resultierenden Biegemodulwerten der Produkte bei, die bei etwa 10 GPa für das modellierbare Material und bemerkenswerten 8 GPa für das fließfähige Material liegen – ein aussergewöhnlicher Wert für ein Flowable. (Siehe *In-vitro*-Untersuchungen: [QUALITÄT](#)). Die hohe Biegefestigkeit von Tetric plus Flow in Verbindung mit der ästhetisch abgestimmten Füllstoffzusammensetzung erlaubt den Einsatz des Materials ohne Deckschicht in Kavitäten im Front- und Seitenzahnbereich ohne okklusale Belastung. Die geringe Partikelgrösse des Glasfüllstoffs von etwa 0,7 µm ermöglicht zudem eine hervorragende Polierbarkeit und damit ausgezeichnete Oberflächeneigenschaften. (Siehe *In-vitro*-Untersuchungen: [QUALITÄT](#)).

Die entscheidende Optimierung des Füllstoffs betrifft jedoch den Brechungsindex, der exakt auf die Monomermischung abgestimmt ist und den zuvor beschriebenen ausgeprägten Transluzenzwechsel ermöglicht. (Siehe *In-vitro*-Untersuchungen: **ÄSTHETIK**).

Der ausgeprägte Transluzenzwechsel in Kombination mit dem innovativen Farbkonzept bildet die Grundlage für das ästhetisch naturgetreue Erscheinungsbild von Tetric plus bei einer Durchhärtungstiefe von 4 mm.

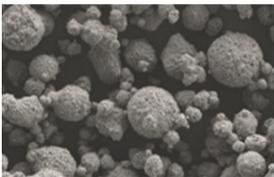
Optimiertes Mischoxid



Das Mischoxid (Siliziumdioxid/Zirkoniumdioxid) sorgt für eine schnelle Polierbarkeit, gute mechanische Eigenschaften und ein ausgezeichnetes Handling. Das Mischoxid setzt sich aus kleinen, runden Primärpartikeln («Kügelchen», sichtbar auf der REM-Oberfläche) mit einer Grösse von etwa 20 nm zusammen, die sowohl die Oberflächenqualität verbessern als auch schnelle Hochglanzergebnisse beim Polieren ermöglichen. (Siehe *In-vitro*-Untersuchungen: **QUALITÄT**).

Die Primärpartikel sind jedoch auch (durch Sintern während ihrer Herstellung) Teil grösserer Sekundärstrukturen (gesamter Cluster im REM) mit einer Grösse von etwa 3,5–7 µm. Diese Cluster gewährleisten die mechanische Stabilität grösserer Partikel und reduzieren gleichzeitig die Gesamtoberfläche des Füllstoffs. Das reduziert den Verdickungseffekt einer grossen Menge «loser» Füllstoffe und trägt zur weichen, cremigen Konsistenz von Tetric plus bei.

Sphärischer IFP-Compositfüllstoff



Der sphärische Compositfüllstoff ist eine Mischung aus Füllstoff und Monomer, der als eigenständiger, vorpolymerisierter Füllstoff zur Compositmischung hinzugefügt wird – ähnlich dem Prinzip herkömmlicher Prepolymere/Isofüller. IFP steht für die hochinnovative Technik der In-Flight-Polymerisation.

Bei der IFP-Technologie wird der Compositfüllstoff in einer speziellen Blaulicht-Härtungskabine versprüht und «in-flight», also im Flug, ausgehärtet, wodurch polymerisierte Kugeln entstehen. Diese sphärischen Partikel tragen wesentlich zu den Verarbeitungseigenschaften des Materials bei. Sphärische Partikel ermöglichen eine gleichmässige Verteilung innerhalb der Matrix und verbessern die Fliesseigenschaften des Materials, was zu einer verringerten Viskosität und optimierten Verarbeitungseigenschaften beiträgt. Das liegt daran, dass unregelmässig geformte Partikel leicht ineinandergreifen und so eine gewisse Steifigkeit erzeugen, während sphärische Partikel leichter aneinander vorbeigleiten können. Da der IFP-Füllstoff auf ähnliche Weise ausgehärtet wird wie das umgebende Composite im Endprodukt, entsteht ein Material mit vergleichbaren Doppelbindungsumsatz-Werten und Verschleisseigenschaften. Es wurde ebenfalls darauf geachtet, den Brechungsindex des IFP-Füllstoffs an die Monomermatrix anzupassen, um den erforderlichen Transluzenzwechsel weiter zu unterstützen. (Siehe *In-vitro*-Untersuchungen: **ÄSTHETIK**).

«4 Füller» – Formen und Grössen



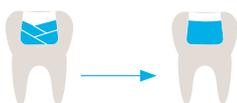
Form: Tetric plus besteht aus sphärischen Füllstoffen (sphärischer IFP-Compositfüllstoff und Primärpartikel des Mischoxid-Füllstoffs) sowie unregelmässig geformten Füllstoffen (Glasfüller und sekundäre Clusterpartikel des optimierten Mischoxids). Diese Zusammensetzung vereint die Vorteile beider Partikelformen: Sphärische Partikel ermöglichen eine gleichmässige Verteilung innerhalb der Matrix, gleiten leicht aneinander vorbei und können die Flieseigenschaften eines Materials verbessern. Unregelmässig geformte, nicht-sphärische Füllstoffe

hingegen ermöglichen eine stärkere mechanische Verzahnung innerhalb der Matrix. Die Balance aus Materialstabilität und cremigen, optimalen Verarbeitungseigenschaften wird durch ein ausgewogenes Verhältnis von Füllstofftyp, -grösse und -form erreicht. Sphärische Füllstoffe lassen Licht in der Regel leichter passieren als unregelmässig geformte Füllstoffe. Die Füllstoffformen von Tetric plus sind daher fein abgestimmt – nicht nur in Bezug auf die Verarbeitung, sondern auch hinsichtlich der Ästhetik und der endgültigen Opazität.

Grösse: Bei Füllstoffen wird zwischen Makro-, Mikro- und Nanopartikeln unterschieden. Allgemein gilt: Je grösser die Partikel, desto höher die Festigkeit des Composites. Grosse Partikel erzeugen jedoch raue Oberflächen und schränken die Polierbarkeit ein. Daher werden Makropartikel in modernen Composites nur selten verwendet. Composites, die ausschliesslich aus Nanopartikeln bestehen, können ebenfalls Nachteile aufweisen, und zwar hinsichtlich der mechanischen Festigkeit, Verschleissfestigkeit und Verarbeitungseigenschaften. Eine Mischung aus Nano- und Mikropartikeln stellt den entscheidenden Ansatz dar. Tetric plus ist ein Nano-Hybrid-Composite, das Mikropartikel für ausreichende Festigkeit und Nanopartikel für verbesserte Oberflächenqualität und Polierbarkeit kombiniert. Nanopartikel füllen zudem die Lücken zwischen grösseren Partikeln und tragen so weiter zur Erhöhung von Dichte und Festigkeit eines Composites bei.

EFFIZIENZ

Schneller Volumenersatz von ≤ 4 mm



Tetric plus Fill und Tetric plus Flow sind für den Auftrag in Schichtstärken von ≤ 4 mm ausgelegt. Eine geringere Anzahl an Schichten minimiert das Risiko von Lufteinschlüssen und ein vereinfachtes Behandlungsprotokoll mit reduzierten Arbeitsschritten erfordert weniger Wechsel zwischen Composite, Modellierinstrument und

Polymerisationslampe. Ein schneller Volumenausgleich reduziert den Zeitaufwand.

Effiziente 4-mm-Composites im Seitenzahnbereich sind zwar keine Neuheit, doch Tetric plus (in nur vier Farbtönen) ist neben dem Seitenzahn- auch für den Frontzahnbereich sowie für alle Kavitätenklassen geeignet, wodurch der Lagerbestand reduziert werden kann, da weniger direkte Restaurationsmaterialien in der Zahnarztpraxis erforderlich sind.

Bei Verwendung von Adhese Universal und der Bluephase PowerCure-Polymerisationslampe kann jede Schicht in nur 3 Sekunden ausgehärtet werden. Damit lässt sich die Behandlungszeit auf ein absolutes Minimum reduzieren. Tetric plus vereint die Effizienz von Bulk-Composites mit der Ästhetik konventioneller 2-mm-Composites.

Aussergewöhnlich schnelle Aushärtung

Tetric plus Fill und Tetric plus Flow werden mit dem blauen Licht einer Polymerisationslampe ausgehärtet, die Licht im Bereich von 400–500 nm emittiert. Die Aushärtungsdauer der Materialien variiert in Abhängigkeit von der vom Gerät emittierten Lichtintensität.

Lichtintensität	Aushärtungszeit
500–900 mW/cm ²	20s
1000–1300 mW/cm ²	10s
1800–2200 mW/cm ²	5s
2700–3300 mW/cm ²	3s

Geeignete Aushärtungszeiten für Tetric plus Fill und Tetric plus Flow – nach Lichtintensität. Schnelle Aushärtung in 3–5s ist für Milchzähne nicht indiziert.

Schnelle Aushärtung: Das 3sCure-Programm der Bluephase PowerCure-Lampe ermöglicht die schnelle Aushärtung von Schichten in nur 3 Sekunden – bei einer Lichtintensität von 2700 bis 3300 mW/cm². Die 3-Sekunden-Aushärtung ist unter bestimmten Bedingungen geeignet: zur Lichthärtung von Tetric plus Fill- oder Tetric plus Flow-Restaurationen in bleibenden Zähnen im Seitenzahnbereich (von okklusal). Obwohl alle Farbtöne beider Materialien in Schichten von bis zu 4 mm aufgetragen werden können, sollte der dunkelste Farbton A3.5 plus aufgrund der reduzierten Lichtdurchlässigkeit bei dunkleren Materialien bei kurzen Aushärtungszeiten von 3 oder 5 Sekunden auf eine maximale Schichtstärke von 3,5 mm begrenzt werden.

Das Initiatorsystem von Tetric plus wurde speziell darauf ausgelegt, eine vergleichbare Leistung bei Aushärtungszeiten von 3 bis 10 Sekunden zu erreichen, also sowohl bei schneller als auch bei konventioneller Aushärtung. Untersuchungen zum Doppelbindungsumsatz zeigten, dass die «Energie-Reziprozität» der Tetric plus Fill- und Tetric plus Flow-Composites für beide Aushärtungszeiten gewährleistet ist. (Siehe *In-vitro*-Untersuchungen: [EFFIZIENZ](#) und «Gesamtenergiekonzept» in den Begriffsdefinitionen)

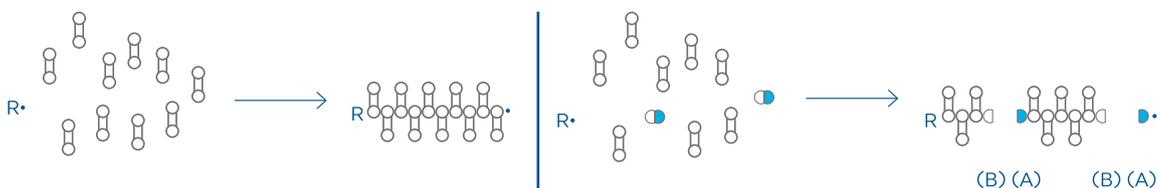
Standardaushärtung: Nicht angewendet werden sollte das 3sCure-Programm in Fällen von Caries profunda oder bei pulpanahen Restaurationen. Bei Verwendung von Tetric plus Fill für rekonstruktive Aufbauten ist eine Lichtintensität von ≤ 1300 mW/cm² geeignet. Auch Restaurationen in Milchzähnen sollten mit einer Lichtintensität von ≤ 1300 mW/cm² ausgehärtet werden, wobei dann eine Aushärtungszeit von 10 Sekunden erforderlich ist.

Erläuterungen zur Aushärtung: Das Initiatorsystem von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow, basierend auf Entwicklungen von Tetric EvoCeram Bulk Fill, Tetric EvoFlow Bulk Fill sowie Tetric PowerFill und Tetric PowerFlow, kombiniert die konventionelle Initiorttechnologie mit einem Campherchinon-/Aminsystem und dem neueren, von Ivoclar patentierten Initiator Ivocerin®. Dieser ist effizienter in der Absorption und Nutzung von Photonen als Standardinitiatoren. In Kombination mit weiteren Additiven ermöglicht dies sowohl eine aussergewöhnlich schnelle Aushärtung als auch vergleichsweise lange Verarbeitungszeiten. (Siehe *In-vitro*-Untersuchungen: [QUALITÄT](#)).

Optimale Polymerisation in 3 Sekunden mit AFCT

Die Zusammensetzung von Tetric plus wurde durch die Integration eines von Ivoclar patentierten AFCT-Agens (Addition Fragmentation Chain Transfer) (β -Allylsulfon) weiter verbessert.

Wie bei allen Composites werden die Tetric plus-Materialien während der Aushärtung in eine vernetzte Polymermatrix umgewandelt. Die Standardpolymerisation erfolgt durch radikalischen Kettenwachstum, bei dem angeregte Photoinitiatoren Radikale erzeugen, die die Doppelbindungen der Monomere aufbrechen. Das führt zu einer Methacrylat-Addition und der Bildung langer Polymerketten (linker Teil des Diagramms). Unkontrolliert schnelles Kettenwachstum kann zu einem frühen Gelpunkt und einer inhomogenen, starren Netzwerkstruktur führen, die die Flexibilität der Matrix einschränkt und hohen Schrumpfstress zur Folge hat. Diese Effekte wurden von Gorsche et al. (2015) beschrieben. Dabei zeigte sich, dass die Zugabe eines AFCT-Agens zu Monomerformulierungen den Doppelbindungsumsatz verbessert, indem ein homogeneres Polymernetzwerk gefördert wurde.



Das AFCT-Agens (im Diagramm durch die weißen/blauen Formen auf der rechten Seite dargestellt) wirkt als Kettenregler, indem es wachsende Polymerketten aufbricht. Sie lagern sich zunächst an wachsende Ketten an, fragmentieren jedoch anschließend (schematische Trennung der weißen/blauen Form (B)/(A)) und erzeugen dabei ein neues Radikal, das eine neue, kurze Kette initiiert. Die kontinuierliche, gleichmäßige Bildung kurzer Ketten (ohne den Verlust von Radikalen) führt zu einer höheren Homogenität und infolge zu reduziertem Schrumpfstress an der Adhäsivschnittstelle, einem höheren Doppelbindungsumsatz und einer verbesserten Zähigkeit (Gorsche et al. 2025).

Da die Tetric plus-Composites in nur 3 Sekunden ausgehärtet werden können, ist die für die vollständige Polymerisation verfügbare Zeit per Definition verkürzt. Durch die Einbindung des AFCT-Agens wird jedoch eine optimale Polymerisation ermöglicht, auch bei kurzen Aushärtungszeiten, indem die thermischen und mechanischen Eigenschaften von Dimethacrylat-Netzwerken angepasst werden, was zu einem höheren Doppelbindungsumsatz führt. (Siehe *In-vitro*-Untersuchungen: [EFFIZIENZ](#))

Effiziente Farbwahl

Das Farbkonzept mit vier «plus»-Farbtönen ermöglicht eine einfache und unkomplizierte Farbauswahl mithilfe des Tetric plus Shade Guides oder der VITA-Farbskala. Zahnärzte können mühelos Farbtöne abstimmen, auswählen und monochromatische Restaurationen für den Seitenzahn- wie auch den Frontzahnbereich anfertigen, die eine Ästhetik vergleichbar mit konventionellen 2-mm-Tetric-Composites aufweisen.

Tetric plus



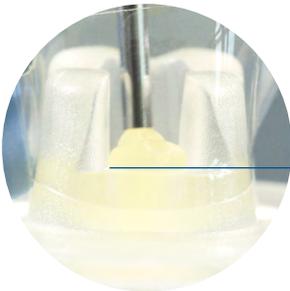
ÄSTHETIK

4 ästhetische Farbtöne, die 16 klassische VITA-Farben und Bleach-Farben abdecken, für naturgetreue Ergebnisse.



QUALITÄT

4-Füller-Technologie für hochwertige Restaurationen und überzeugendes Handling



4 mm

EFFIZIENZ

4-mm-Restaurationen in allen 4 Quadranten, aushärtbar in 3 Sekunden für gesteigerte Effizienz

Das innovative und effiziente Simplified Universal Composite – die einfache Lösung für die alltäglichen Anforderungen an direkte Restaurationen.

Studien

In-vitro-Untersuchungen: ÄSTHETIK

Transluzenzwechsel von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow: Teil I – Lichtstreuung

Studienort: Dalhousie University, Nova Scotia, Kanada
Studienabschluss: Februar 2024
Studienautor(en): R. Price

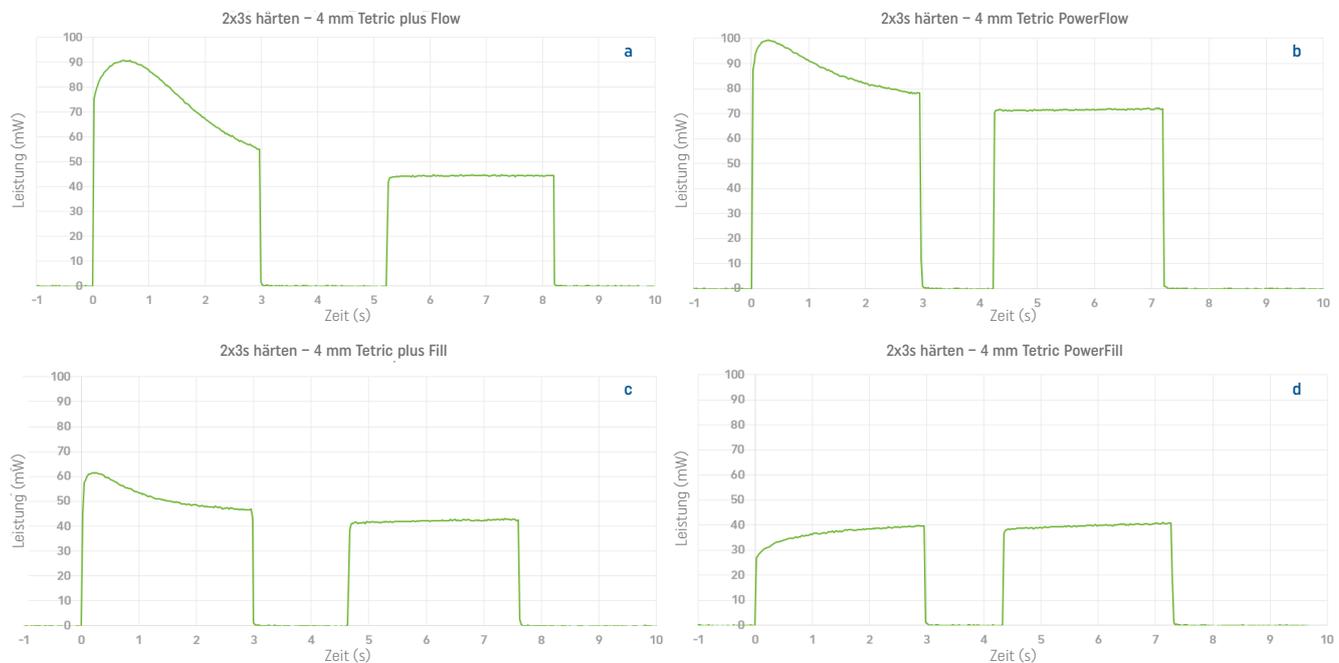
Ziel:

Untersuchung des Transluzenzwechsels während der Polymerisation von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow im Vergleich zu den 4-mm-Composites Tetric PowerFill und Tetric PowerFlow.

Methode:

Von jedem Material wurden 4 mm dicke Compositeproben (n=3) zweimal für 3 Sekunden mit der Bluephase PowerCure-Polymerisationslampe im 3s-Härtungsmodus ausgehärtet, bei einer Bestrahlungsstärke von etwa 3000 mW/cm².

Ergebnisse:



Transluzenzwechsel/Leistungsübertragung während 2 x 3s härten von Tetric plus Flow (a), Tetric PowerFlow (b), Tetric plus Fill (c) und Tetric PowerFill (d)

Zusammenfassung:

Die Diagramme zeigen die durchschnittliche Lichtleistung, die durch die 4-mm-Proben übertragen wurde, also die Lichttransmission während der 3-sekündigen Belichtungszeit. Wie zu erwarten, wird anfänglich mehr Licht durch die beiden fließfähigen Materialien übertragen. Diese Transmission erfährt jedoch innerhalb der ersten 3 Sekunden eine deutliche Reduktion. Die deutlichste Reduktion zeigt sich bei Tetric plus Flow. Sowohl die Tetric plus-Produkte als auch Tetric PowerFlow übertragen zu Beginn der Belichtung mehr Licht und zeigen anschließend alle eine deutliche Reduktion der Lichttransmission. Bei Tetric PowerFill ist das nicht der Fall.

Schlussfolgerung:

Der Transluzenzwechsel ist bei beiden Tetric plus-Materialien von Anfang an deutlich ausgeprägt. Die Materialien wechseln von einem transluzenten in einen opakeren Zustand.

Im Gegensatz dazu ergaben Untersuchungen an anderen Composites, dass die meisten Materialien während der Polymerisation transluzenter wurden.

Referenz: Price (2024a)

Transluenzwechsel von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow: Teil II – Strahlprofile

Studienort: Dalhousie University, Nova Scotia, Kanada
Studienabschluss: Februar 2024
Studienautor(en): R. Price

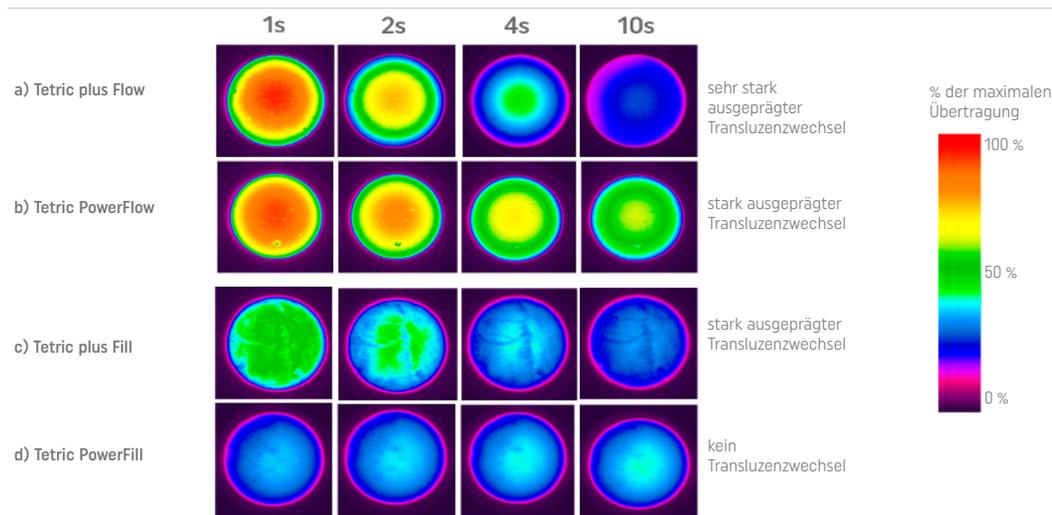
Ziel:

Untersuchung des Transluenzwechsels während der Polymerisation von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow im Vergleich zu den 4-mm-Composites Tetric PowerFill und Tetric PowerFlow.

Methode:

Von jedem Material wurden 4 mm dicke Compositeproben mit der Bluephase PowerCure-Polymerisationslampe im 3s-Härtungsmodus ausgehärtet, bei einer Bestrahlungsstärke von etwa 3000 mW/cm². Das übertragene Licht wurde in Echtzeit gemessen, die Ergebnisse wurden nach 1, 2, 4 und 10 Sekunden Belichtungsdauer dokumentiert. Die Farben zeigen den prozentualen Rückgang der Lichtübertragung im zeitlichen Verlauf, wobei Rot die höchste und Violett die niedrigste Übertragung darstellt.

Ergebnisse:



Sich verändernde Strahlprofile, die den Transluenzwechsel während der Polymerisation von 1 bis 10 Sekunden anzeigen

Zusammenfassung:

Die Strahlprofile korrelieren mit den Lichtübertragungsdiagrammen, die in **Teil I** dieser Untersuchung gezeigt wurden. Der Transluenzwechsel (rot (links) zu blau/grün (rechts)) ist bei den fließfähigen Materialien (mit einem höheren Monomergehalt) erwartungsgemäss stärker ausgeprägt als bei den modellierbaren Materialien. Tetric plus Flow zeigt während der Polymerisation den ausgeprägtesten Transluenzwechsel von transluzent zu opak.

Schlussfolgerung:

Der Transluenzwechsel in beiden Tetric plus-Materialien (von einer höheren zu einer geringeren Lichtdurchlässigkeit) zeigt sich bereits zu Beginn deutlich. Die Materialien verändern sich von einem stark transluzenten hin zu einem deutlich opakeren Zustand. Diese Technologie kombiniert eine hohe Durchhärtungstiefe mit ausgeprägter Ästhetik, da eine hohe Transluenz im nicht ausgehärteten Zustand das tiefe Eindringen von Licht begünstigt, während eine niedrige Transluenz im ausgehärteten Compositematerial ästhetisch vorteilhaft ist.

Referenz: Price (2024b)

Tetric plus Fill: Vergleich der Compositetransluzenz nach der Aushärtung

Studienort: Abteilung F&E, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Juli 2024
Studienautor(en): P. Bielec

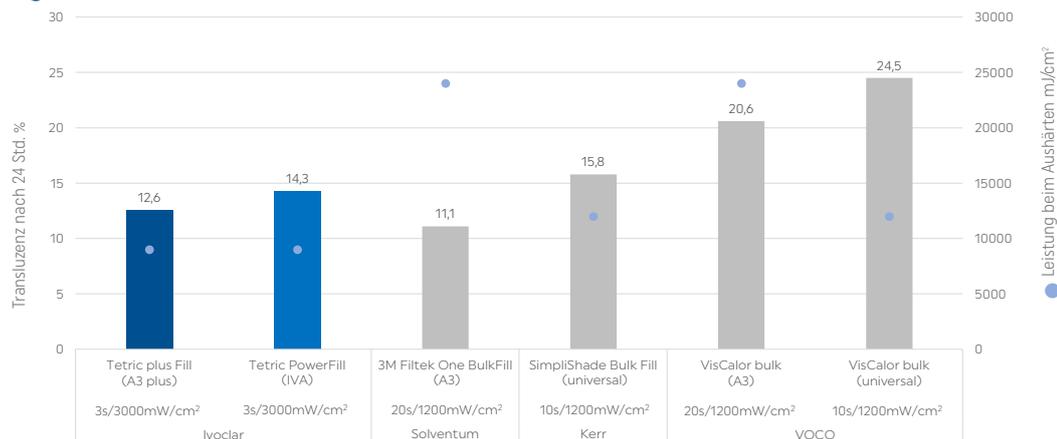
Ziel:

Untersuchung von Transluzenzunterschieden zwischen Tetric plus Fill und ähnlichen modellierbaren Produkten mit Durchhärtungstiefen von bis zu 4 mm.

Methode:

Die Materialien wurden in runde Stahlformen (Ø 20 mm, 1 mm hoch) eingebracht und gemäss der jeweiligen Gebrauchsanweisung ausgehärtet. Die Transluzenz wurde mit einem Spektrophotometer CM-5 vor der Aushärtung, unmittelbar nach der Aushärtung und nach 24-stündiger Wasserlagerung bei 37 °C gemessen. Die Werte nach der Lagerung sind unten dargestellt. Tetric plus Fill und Tetric PowerFill wurden 3 Sekunden lang mit der Bluephase PowerCure bei 3000 mW/cm² ausgehärtet, wie durch den blauen Punkt veranschaulicht, der die gesamte Aushärtungsenergie für die Dauer der Bestrahlung bei 9000 mJ/cm² darstellt. Alle Aushärtungsvorgänge sind im Diagramm dargestellt.

Ergebnisse:



Transluzenz (nach 24 Stunden) von Tetric plus Fill im Vergleich zu anderen direkten Restaurationsmaterialien mit Durchhärtungstiefen von bis zu 4 mm

Zusammenfassung:

Während eine hohe Transluzenz vor der Aushärtung nützlich ist, um das Eindringen von Licht in tiefere Bereiche zu ermöglichen, sollte die Transluzenz nach der Aushärtung ausreichend hoch sein, um Chamäleon-Effekte zu ermöglichen, jedoch nicht so hoch, dass Verfärbungen des darunterliegenden Zahns die finale Ästhetik beeinträchtigen. Die getesteten modellierbaren Bulk-Fill-Materialien zeigten nach der Polymerisation, jeweils mit unterschiedlich hoher Energie gehärtet, unterschiedliche Transluzenzgrade. Tetric plus Fill weist mit 12,6 % eine vergleichsweise niedrige Transluzenz auf, die geringfügig unter der von Tetric PowerFill liegt, das ebenfalls in 3 Sekunden ausgehärtet werden kann. In diesem Experiment wurden die Ivoclar-Produkte beim Aushärten der geringsten Energiemenge ausgesetzt.

Schlussfolgerung:

Im Vergleich zu den anderen modellierbaren 4-mm-Materialien war Tetric plus Fill das einzige Produkt, dessen Transluzenz nach der Polymerisation der von konventionellen modellierbaren 2-mm-Composites entspricht – und das bei kurzen Aushärtungszeiten und geringer Gesamtenergie (3-Sekunden-Aushärtungsmethode bei einer Lichtintensität von 3000 mW/cm² ●). 3M Filtek One BulkFill Restorative/Solventum zeigte eine geringere Transluzenz, benötigte jedoch deutlich mehr Aushärtungsenergie.

Referenz: Bielec (2024a)

Transluzenzwechsel von Tetric plus Flow: Produktvergleich

Studienort: Abteilung F&E, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein

Studienabschluss: Juli 2024

Studienautor(en): P. Schroll

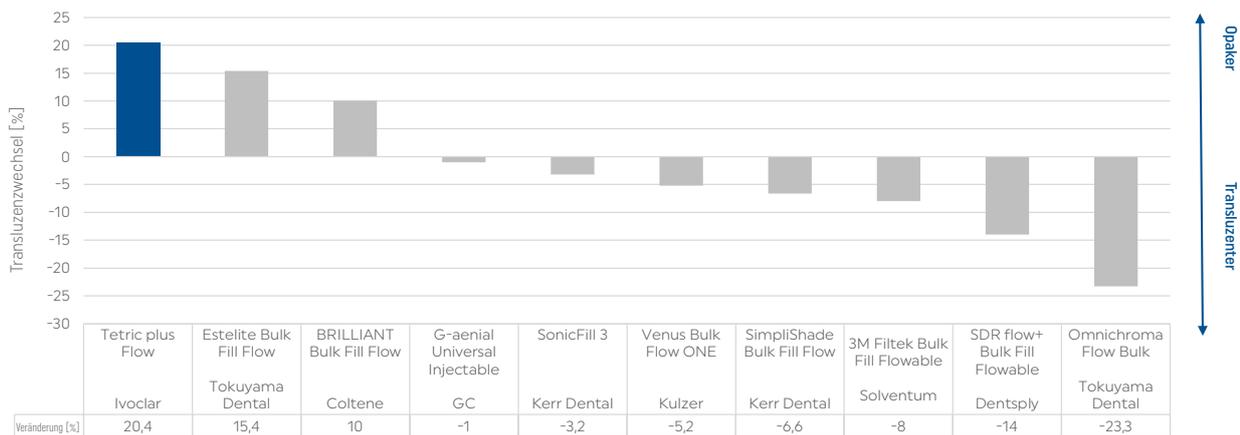
Ziel:

Untersuchung des Transluzenzwechsels nach der Polymerisation von Tetric plus Flow im Vergleich zu anderen fließfähigen Bulk-Compositen.

Methode:

Die Materialien wurden in runde Stahlformen (Ø 20 mm, 1 mm hoch) eingebracht und gemäss der jeweiligen Gebrauchsanweisung ausgehärtet. Die Transluzenz wurde mit einem Spektrophotometer CM-5 vor der Aushärtung und unmittelbar danach gemessen. Alle Werte (nicht polymerisiert und polymerisiert) wurden durch eine Glasplatte gemessen. Die Werte für den Transluzenzwechsel ergeben sich aus der Differenz zwischen den Transluzenzwerten vor und nach der Polymerisation.

Ergebnisse:



Transluzenzwechsel unterschiedlicher, fließfähiger Bulk-Materialien vor und nach dem Aushärten

Zusammenfassung:

Das Diagramm veranschaulicht den Transluzenzwechsel während der Polymerisation. Positive Werte deuten auf eine Verringerung der Transluzenz – und folglich eine Zunahme der Opazität – hin. Negative Werte hingegen weisen auf eine gesteigerte Transluzenz nach Abschluss der Polymerisation hin. Wie bereits im Zusammenhang mit Tetric plus Fill hervorgehoben, ist eine ausgeprägte Transluzenz vor der Polymerisation förderlich, da sie eine tiefreichende Lichtdurchdringung ermöglicht. Nach erfolgter Polymerisation sollte das Transluzenzniveau ausreichend hoch bleiben, um Chamäleon-Effekte zu unterstützen, jedoch nicht so stark, dass mögliche Verfärbungen des zugrundeliegenden Zahns die finale Ästhetik beeinträchtigen. Die getesteten Materialien zeigten nach der Polymerisation sehr unterschiedliche Transluzenzwechsel.

Schlussfolgerung:

Der Transluzenzwechsel, und damit die Zunahme der Opazität, ist bei Tetric plus Flow am stärksten ausgeprägt. Nach der Polymerisation weisen nur zwei weitere Produkte dieses Typs ebenfalls eine Zunahme der Opazität auf, bei den verbleibenden kommt es zu einer Zunahme der Transluzenz. Eine höhere Opazität gewährleistet ästhetische Ergebnisse. Wie zu Tetric plus Fill bereits angemerkt, kombiniert diese Technologie eine hohe Durchhärtungstiefe mit ausgeprägter Ästhetik, da eine hohe Transluzenz im nicht ausgehärteten Zustand das tiefe Eindringen von Licht begünstigt, während eine niedrige Transluzenz im ausgehärteten Compositematerial ästhetisch vorteilhaft ist.

Referenz: Schroll (2024a)

In vitro-Untersuchungen: QUALITÄT

Biegefestigkeit von zwei schnell aushärtenden, modellierbaren und fließfähigen Composites: Tetric plus Fill und Tetric plus Flow

Studienort: Universitätsklinik, Ludwig-Maximilians-Universität, München
Studienabschluss: Januar 2024
Studienautor(en): N. Ilie

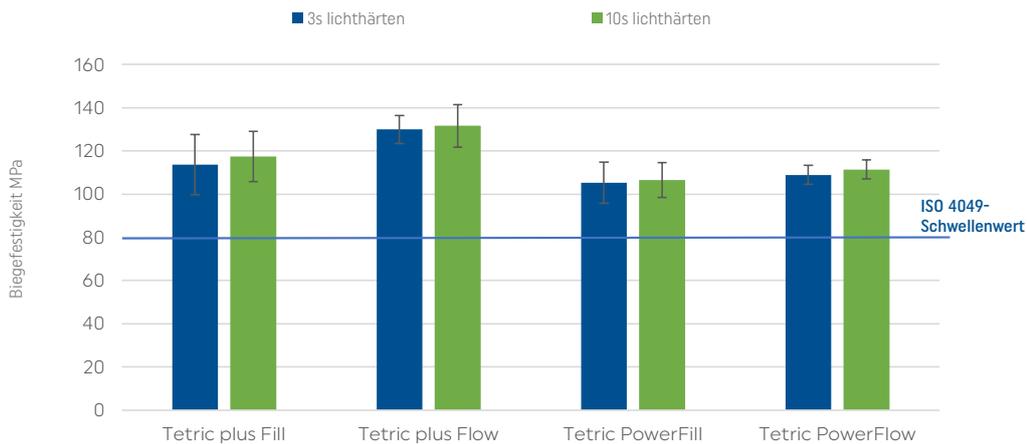
Ziel:

Untersuchung der Biegefestigkeit von zwei neuen, schnell aushärtenden Bulk-Fill-Composites unter zwei verschiedenen Aushärtungsbedingungen und Vergleich der Ergebnisse mit den etablierten Bulk-Composites Tetric PowerFill und Tetric PowerFlow.

Methode:

Ein Drei-Punkt-Biegetest gemäss ISO 4049 wurde an 160 Compositeproben durchgeführt, die auf die 4 Produktgruppen und 2 Lichthärtungsszenarien aufgeteilt wurden. Die Probenbalken (2mm x 2mm x 25mm) wurden hergestellt und mit der Bluephase PowerCure-Lampe entweder für 3 Sekunden im 3sCure-Modus oder für 10 Sekunden im High Power-Modus ausgehärtet. Die durchschnittliche Biegefestigkeit wurde anschliessend für jede Gruppe mithilfe einer Universalprüfmaschine bei einer Prüfgeschwindigkeit von 0,5 mm/min bis zum Bruch ermittelt.

Ergebnisse:



Mittlere Biegefestigkeit der Tetric plus- und Tetric Power-Composites bei Aushärtung für 3 oder 10 Sekunden

Zusammenfassung:

Die Tetric plus-Produkte zeigten bei beiden Aushärtungsprotokollen eine höhere Biegefestigkeit als die etablierten modellierbaren und fließfähigen Tetric Power-Produkte. Eine einfaktorielle ANOVA-Analyse ergab, dass Tetric plus Flow in beiden Aushärtungsgruppen eine statistisch signifikant höhere Biegefestigkeit ($p < 0,001$) als alle anderen Produkte aufwies. Tetric plus Fill wies ebenfalls eine signifikant höhere Biegefestigkeit auf als das andere modellierbare Produkt Tetric PowerFill.

Schlussfolgerung:

Alle Produkte zeigten Biegefestigkeitswerte, die deutlich über der Mindestanforderung von 80 MPa gemäss ISO 4049 lagen. Die Wahl des Aushärtungsmodus (3 Sekunden vs. 10 Sekunden) hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Biegefestigkeit.

Referenz: Ilie (2024)

Biegemodul von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow

Studienort: Abteilung F&E, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Juli 2024
Studienautor(en): P. Bielec

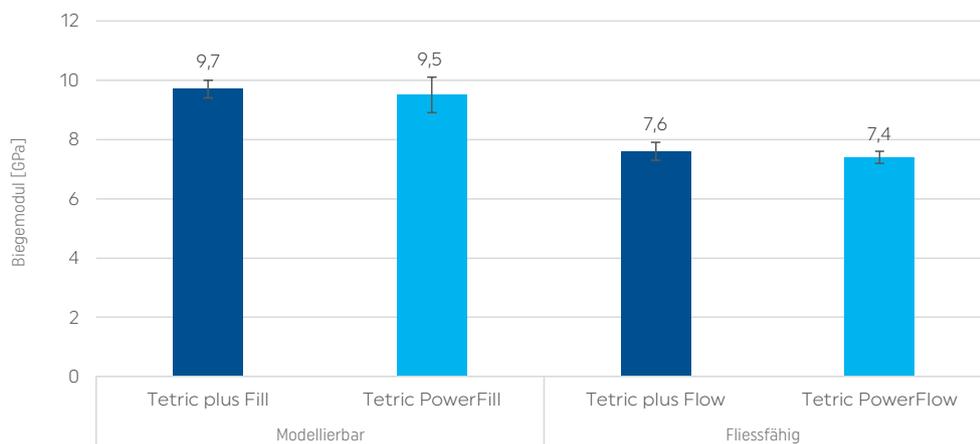
Ziel:

Bestimmung des Biegemoduls von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow im Vergleich zu den etablierten Bulk-Composites Tetric PowerFill und Tetric PowerFlow von Ivoclar.

Methode:

Der mittlere Biegemodul wurde mittels Drei-Punkt-Biegetest mit einer ZWICK-Universalprüfmaschine gemessen. Die Materialien wurden in Formen eingebracht und gemäss Gebrauchsanweisung im 3s-Modus durch eine Glasplatte ausgehärtet (ISO 4049:2019). Nach 24-stündiger Wasserlagerung bei 37 °C wurde der Biegemodul getestet und berechnet.

Ergebnisse:



Mittlerer Biegemodul der Tetric plus- und Tetric Power-Composites nach Aushärtung im 3s-Modus

Zusammenfassung:

Der Biegemodul von dentalen Composites gibt die Festigkeit eines Materials an und zeigt, wie anfällig es für Verformungen ist. Ein höherer Wert steht für grössere Festigkeit, ein zu hoher Wert kann jedoch auf eine Bruchneigung hinweisen. Ein niedrigerer Wert deutet auf grössere Flexibilität hin, die Stress oder Schrumpfung besser aufnehmen kann. Ein zu niedriger Wert könnte jedoch auf eine unzureichende Festigkeit oder einen übermässigen Verschleiss hindeuten. Natürliches Dentin weist Werte zwischen 10 und 30 GPa auf (Kinney 2003).

Tetric plus Fill und Tetric plus Flow zeigen jeweils etwas höhere (stärkere) Werte als die etablierten Bulk-Produkte Tetric PowerFill und Tetric PowerFlow.

Schlussfolgerung:

Sowohl Tetric plus Fill als auch Tetric plus Flow weisen zuverlässige Biegemodulwerte von etwa 10 GPa bzw. 8 GPa auf – bei Aushärtung im Modus 3s/3000 mW/cm². Bei gleicher Aushärtung liegen die Werte leicht über denen der Vorgängerprodukte Tetric Power.

Referenz: Bielec (2024b)

Quantitative Randanalyse von Tetric plus Flow in Klasse-V-Restaurationen nach unterschiedlichen Lichthärtungszeiten

Studienort: Charité-Universitätsmedizin Berlin, Deutschland
Studienabschluss: September 2023
Studienautor(en): U. Blunck

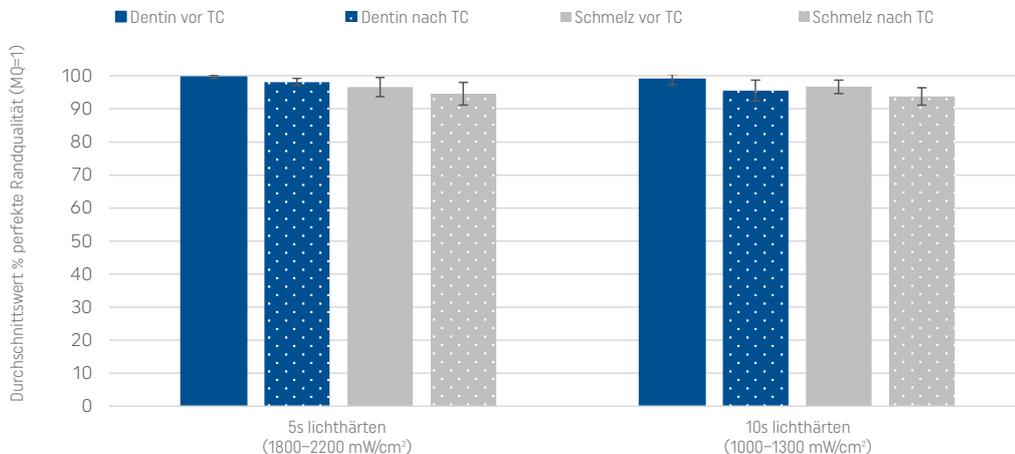
Ziel:

Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Lichthärtungszeiten auf die Randadaption von Tetric plus Flow-Restaurationen in Klasse-V-Kavitäten.

Methode:

16 ovale Kavitäten, etwa 4 mm hoch, 3 mm breit und 1,5 mm tief, wurden mit einem Diamantbohrer in extrahierte, kariesfreie menschliche Zähne präpariert. Alle Kavitäten wurden mit Tetric plus Flow unter Verwendung von Adhese Universal im Selbstätzmodus gefüllt. Es wurden zwei Gruppen gebildet (n=8), wobei eine Gruppe 5 Sekunden im Turbo-Modus (1800–2200 mW/cm²) und die andere 10 Sekunden im High Power-Modus (1000–1300 mW/cm²) mit der Bluephase PowerCure-Lampe ausgehärtet wurde. Nach dem Ausarbeiten und Polieren wurden die Zähne 21 Tage lang in Wasser gelagert. Vor und nach der Thermozyklierung (2000 Zyklen zwischen 5 °C und 55 °C) wurden Silikonabformungen erstellt, aus denen Replikate zur Analyse der Oberflächenqualität angefertigt wurden. Die Ränder wurden mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops (REM) (200x) untersucht und die Randqualität (Marginal Quality, MQ) wurde anhand einer Skala von 1 bis 4 bewertet. Dabei steht 1 für perfekte, kontinuierliche Ränder ohne erkennbare Randspalten und 4 beispielsweise für grosse Randspalten von > 2 µm. Die Durchschnittswerte für MQ1 sind unten dargestellt.

Ergebnisse:



Mittlerer prozentualer Anteil perfekter Randanpassung in Restaurationen mit Tetric plus Flow/Adhese Universal (Selbstätzmodus) bei Aushärtung für 5 oder 10 Sekunden.

Zusammenfassung:

Wie zu erwarten, waren alle Werte nach der Thermozyklierung (TC) leicht reduziert. Kruskal-Wallis-Tests wurden durchgeführt, um die Signifikanz zu prüfen. Es wurde kein statistisch signifikanter Unterschied in der Randqualität in Dentin oder Schmelz zwischen der 5s- und der 10s-Härtungsgruppe festgestellt. Nach der Thermozyklierung waren die Mittelwerte in der 5s-Härtungsgruppe für Dentin und Schmelz leicht höher, jedoch nicht signifikant.

Schlussfolgerung:

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Tetric plus Flow in Kombination mit Adhese Universal eine effektive Randanpassung in Dentin und Schmelz bei Klasse-V-Restaurationen bietet – unabhängig von der Lichthärtungszeit.

Referenz: Blunck (2023)

Randintegrität von Tetric plus Fill- und Tetric plus Flow-Restaurationen in Milchzähnen und bleibenden Zähnen bei Verwendung von konventionellen und vereinfachten Polymerisationsprotokollen

Studienort: Zentrum für Zahnmedizin, Universität Zürich, Zürich, Schweiz
Studienabschluss: April 2024
Studienautor(en): T. Attin, B. Hamza, T. Tauböck

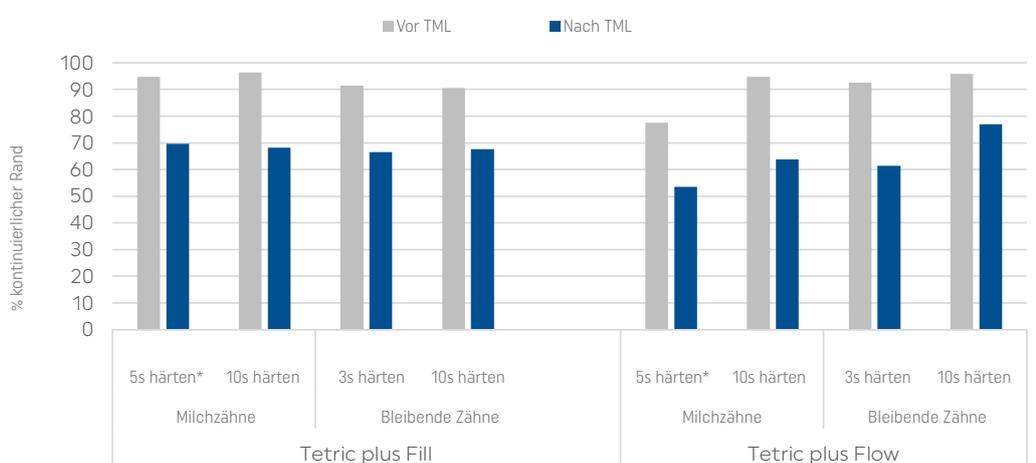
Ziel:

Untersuchung der Randintegrität von Tetric plus Fill- und Tetric plus Flow-Restaurationen in Molaren (Milchzähne und bleibende Zähne), ausgehärtet mit konventionellen und vereinfachten (verkürzten) Polymerisationsprotokollen.

Methode:

Standardisierte Klasse-II-Kavitäten wurden an der intakten Approximalfäche von extrahierten menschlichen Molaren, 40 Milchzähne und 40 bleibende Zähne, präpariert. Alle nicht abgeschrägten Kavitätenränder lagen vollständig im Schmelz. Die Molaren wurden randomisiert in acht Gruppen (n=10) aufgeteilt – unterteilt nach Molartyp (Milchzahn oder bleibend), Compositeart (modellierbar oder fließfähig) und Härtemodus (vereinfacht/verkürzt oder konventionell). Der verkürzte Härtemodus umfasste eine Aushärtung mit 3 s/3000 mW/cm² bei bleibenden Zähnen und 5 s/2000 mW/cm² bei Milchzähnen. Die konventionelle Aushärtung erfolgte stets mit 10 s/1200 mW/cm². Das Adhäsiv Adhese Universal wurde bei allen Zähnen im Selbstätzmodus angewendet. Bei Milchzähnen wurde eine 3-mm-Schicht des jeweiligen Composites appliziert, während bei bleibenden Zähnen entweder eine 4-mm-Schicht des modellierbaren Materials oder 2 mm des fließfähigen Materials mit 2 mm des modellierbaren Materials als Deckschicht aufgetragen wurden. Composites und Adhäsive wurden mit der Bluephase PowerCure entsprechend der jeweiligen Gruppe ausgehärtet. Die Füllungen wurden mit Sof-Lex-Scheiben (3M Espe) ausgearbeitet und poliert und anschliessend 7 Tage lang in Leitungswasser bei 37 °C gelagert. Vor und nach der thermomechanischen Belastung (Thermomechanical Loading, TML) wurden Silikonabformungen erstellt, aus denen Replikat für die REM-Randanalyse angefertigt wurden.

Ergebnisse:



Durchschnittlicher Anteil (in %) perfekter Ränder in jeder Versuchsgruppe. *5s-Aushärtung für Milchzähne nicht empfohlen

Zusammenfassung:

Es gab keinen Unterschied in der Randintegrität zwischen Milch- und bleibenden Molaren, bei Verwendung desselben Materials und desselben Aushärtungsprotokolls, sowohl vor als auch nach der TML. Vor der TML und bei Milchmolaren war die Randintegrität von Tetric plus Flow bei konventioneller Lichthärtung statistisch signifikant höher. Nach der TML wurde kein Unterschied in der Randintegrität zwischen den Aushärtungsprotokollen innerhalb desselben Molarentyps und Materials festgestellt. Es wurde kein Unterschied in der Randintegrität zwischen Tetric plus Fill und Tetric plus Flow festgestellt, bei Verwendung desselben Aushärtungsprotokolls und Molarentyps, sowohl vor als auch nach der TML.

Schlussfolgerung:

Nach der thermomechanischen Belastung erreichen Tetric plus Fill und Tetric plus Flow eine vergleichbare Randintegrität, sowohl bei Milch- als auch bei bleibenden Molaren, unabhängig vom verwendeten Lichthärtungsprotokoll.

Referenz: Attin (2024)

Polierbarkeit von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow: Produktvergleich

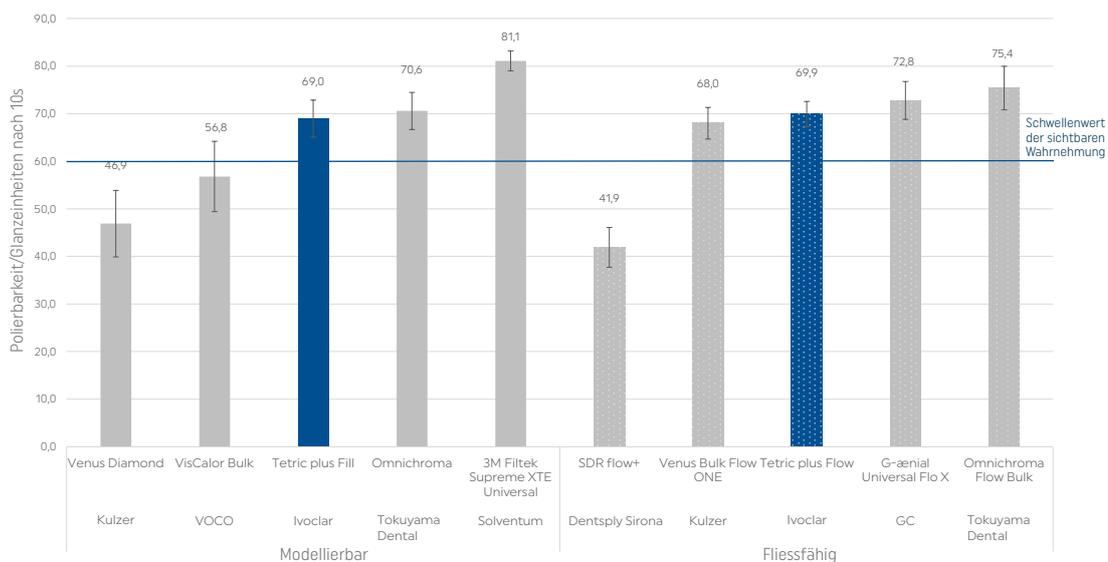
Studienort: Abteilung F&E, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Juli 2024
Studienautor(en): P. Bielec

Ziel:

Untersuchung der Polierbarkeit von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow im Vergleich zu ähnlichen Produkten.

Methode:

Jeweils acht Proben von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow sowie verschiedenen anderen modellierbaren und fließfähigen Composites (alle in A3- oder Universal-Farbtönen) wurden als Scheiben mit einem Durchmesser von 1 cm und einer Höhe von 6 mm vorbereitet. Die Materialien wurden von unten und oben für die in der jeweiligen Gebrauchsanweisung angegebenen Zeiten und Intensitäten (kürzeste Dauer) ausgehärtet. Nach der Trockenlagerung bei 37 °C für 24 Stunden wurden die Proben mit Schleifpapier der Körnung 320 aufgeraut. Die Proben wurden mit OpraGloss Lens HP jeweils 10 Sekunden lang bei einem standardisierten Druck von 2 N und 10.000 U/min unter Wasserkühlung poliert. Anschliessend wurde der Oberflächenglanz mit einem Novo-Curve-Glanzmessgerät bestimmt.



Glanzeinheiten nach 10 Sekunden Polieren mit modellierbaren und fließfähigen Composites

Zusammenfassung:

Beide Tetric plus-Materialien zeigten einen guten Oberflächenglanz – mit nahezu 70 Glanzeinheiten (Gloss Units, GU) nach 10 Sekunden Polieren. Es ist allgemein anerkannt, dass die meisten Werte über 60 GU mit dem blossen Auge nicht mehr wahrnehmbar sind.

Schlussfolgerung:

Das Polieren und damit die abschliessende Oberflächenrauheit ist ein entscheidender Schritt in der direkten restaurativen Behandlung – ein ansprechender Glanz prägt das ästhetische Erscheinungsbild und glatte Oberflächen reduzieren die Plaqueanlagerung. Beide Produkte lassen sich innerhalb kurzer Zeit (10 Sekunden) gut polieren und sind in ihrer Polierbarkeit mit ähnlichen Composites vergleichbar.

Referenz: Bielec (2024c)

Oberflächenrauheit von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow: Produktvergleich

Studienort: Abteilung F&E, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Juli 2024
Studienautor(en): P. Bielec

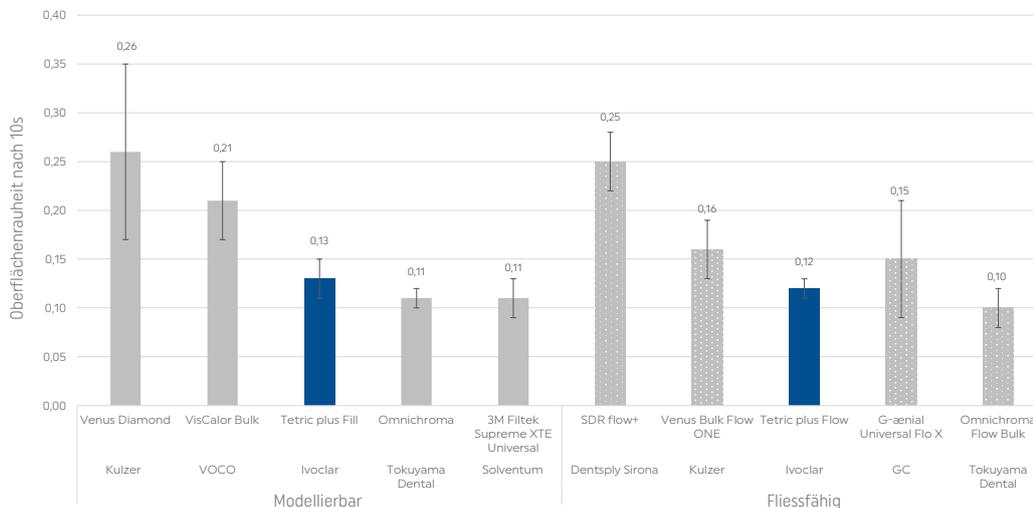
Ziel:

Untersuchung der Oberflächenrauheit von Tetric plus Fill und Tetric plus Flow im Vergleich zu ähnlichen Produkten. Diese Untersuchung wurde als zweite Messung im Rahmen der vorherigen Untersuchung zur Polierbarkeit durchgeführt.

Methode:

Jeweils acht Proben in Form von Scheiben (1 cm Ø / 6 mm hoch) aus Tetric plus Fill, Tetric plus Flow und verschiedenen anderen modellierbaren und fliessfähigen Composites (alle in A3- oder Universal-Farbtönen) wurden vorbereitet. Die Materialien wurden von unten und oben für die in der jeweiligen Gebrauchsanweisung angegebenen Zeiten und Intensitäten (kürzeste Dauer) ausgehärtet. Nach der Trockenlagerung bei 37 °C für 24 Stunden wurden die Proben mit Schleifpapier der Körnung 320 aufgeraut. Die Proben wurden mit OptraGloss Lens HP jeweils 10 Sekunden lang bei einem standardisierten Druck von 2 N und 10.000 U/min unter Wasserkühlung poliert. Die Oberflächenrauheit (Ra) wurde mit einem FRT MicroProf-Messgerät gemessen und der Oberflächenglanz mit einem Novo-Curve-Glanzmessgerät bestimmt. Je geringer die Oberflächenrauheit, desto besser ist die Polierbarkeit des Materials. Eine durchschnittliche Oberflächenrauheit von < 0,1 µm weist auf eine sehr gute Polierbarkeit hin, ein Wert von < 0,2 µm auf eine gute Polierbarkeit, ein Wert zwischen 0,2 und 0,4 µm entspricht einer mittleren Polierbarkeit und > 0,4 µm weist auf eine schlechte Polierbarkeit hin.

Ergebnisse:



Oberflächenrauheit nach 10 Sekunden Polieren mit modellierbaren und fließfähigen Composites

Zusammenfassung:

Beide Tetric plus-Materialien zeigten nach nur 10 Sekunden Polieren gute (niedrige) Werte für die Oberflächenrauheit. Auch die Standardabweichungen entsprachen denen der Produkte mit den besten Ergebnissen.

Schlussfolgerung:

Das Polieren und damit die abschliessende Oberflächenrauheit ist ein entscheidender Schritt in der direkten restaurativen Behandlung – ein ansprechender Glanz prägt das ästhetische Erscheinungsbild und glatte Oberflächen reduzieren die Plaqueanlagerung. Beide Produkte wiesen nach kurzer Polierzeit eine geringe Oberflächenrauheit auf und erzielten vergleichbar gute Ergebnisse wie etablierte Composites.

Referenz: Bielec (2024d)

Lichtempfindlichkeit von Tetric plus Fill und anderen modellierbaren Composites

Studienort: Abteilung F&E, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Juli 2024
Studienautor(en): P. Bielec

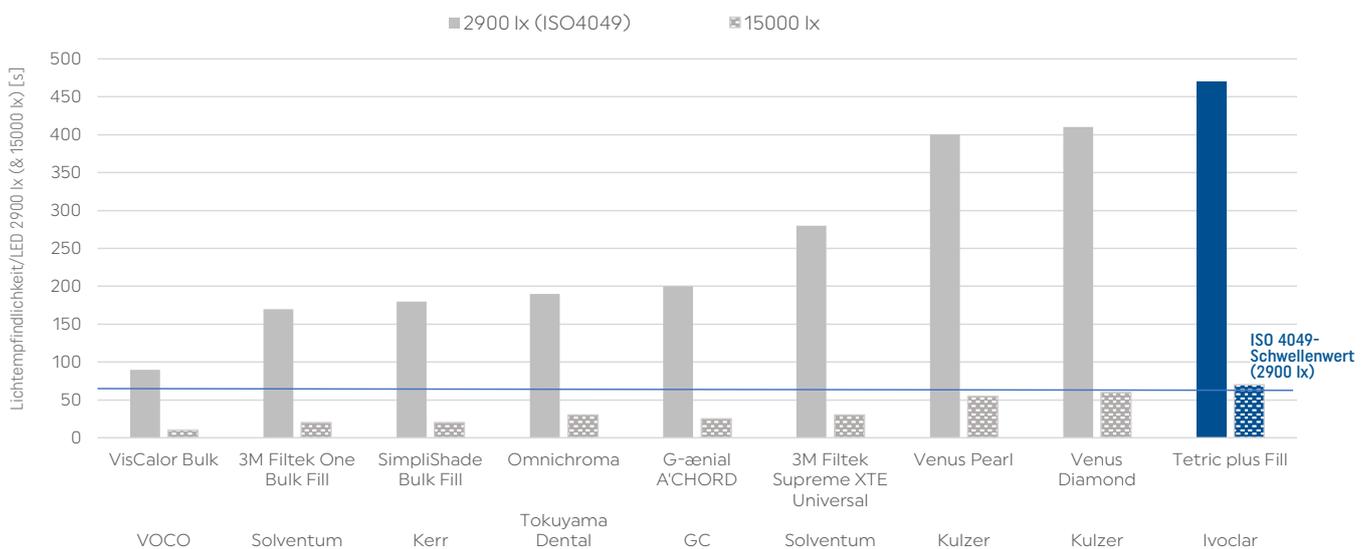
Ziel:

Untersuchung der Lichtempfindlichkeit und damit der Verarbeitbarkeit (Verarbeitungszeit) im Hinblick auf die Modellierbarkeit von Tetric plus Fill und vergleichbaren modellierbaren Composites.

Methode:

In der Zahnmedizin wird die Lichtempfindlichkeit von Composites gemäss ISO 4049 bei einem Beleuchtungsniveau von 2900 lx getestet. 30 mg jedes Materials werden auf einen Glasobjektträger aufgetragen und dem Licht ausgesetzt. Wenn ein Material zu härten beginnt, treten Unregelmässigkeiten und Lufteinschlüsse in der Probe auf. Es wird die maximale Belichtungszeit ermittelt, innerhalb der ein Material nicht beginnt auszuhärten/zu polymerisieren.

Ergebnisse:



Lichtempfindlichkeit/Verarbeitungszeit bis zur Polymerisation bei einer LED-Beleuchtung von 2900 ± 200 lx (und 15.000 ± 200 lx)

Zusammenfassung:

Tests wurden mit Tetric plus Fill und vergleichbaren modellierbaren Produkten durchgeführt, da zum Modellieren von Höckern und einer natürlichen Zahnstruktur eine ausreichende Verarbeitungszeit erforderlich ist. Höhere Werte weisen auf eine geringere Empfindlichkeit gegenüber Umgebungslicht hin. Insbesondere bei Bulk-Composites ist ein Gleichgewicht zwischen einer zuverlässigen Durchhärtungstiefe und guten Verarbeitungseigenschaften erforderlich. Tetric plus Fill erreicht beides. Die ISO-Norm legt einen Schwellenwert von 60 lx [s] fest, den alle Produkte bei 2900 lx [s] überschreiten. Neben einer zuverlässigen Aushärtung in der Tiefe zeigt Tetric plus Fill die geringste Empfindlichkeit gegenüber Umgebungslicht in der Gruppe, d. h. die längste Verarbeitungszeit. Die drei anderen «Bulk»-Produkte bieten die kürzeste Verarbeitungszeit (links im Diagramm).

Schlussfolgerung:

Tetric plus bietet in dieser Untersuchung die längste Verarbeitungszeit, wenn es gemäss ISO 4049 getestet wird.

Da der vorgegebene Lichtwert von 2900 lx jedoch wenig mit der klinischen Realität zu tun hat, testet Ivoclar Composites auch bei einem höheren Lichtwert von 15.000 lx. Der Wert von 15.000 lx spiegelt ein realistisches Szenario wider, bei dem ein Zahnarzt beispielsweise Lupenbrillen nutzt, um in einer ohnehin bereits gut beleuchteten Praxissituation optimale Sicht zu gewährleisten. Unter diesen Bedingungen erreichte Tetric plus Fill eine Verarbeitungszeit von 70 Sekunden, die immer noch über der ISO-Grenze von 60 Sekunden lag. Die anderen Materialien polymerisierten schneller (zwischen 10 und 60 Sekunden). In einem solchen Szenario gilt es für den Zahnarzt abzuwägen zwischen schlechter Sicht oder einer kurzen Verarbeitungszeit für die Modellierung.

Referenz: Bielec (2024e)

Schrumpfstress: Tetric plus Fill und andere modellierbare Composites

Studienort: Abteilung F&E, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Juli 2024
Studienautor(en): P. Schroll

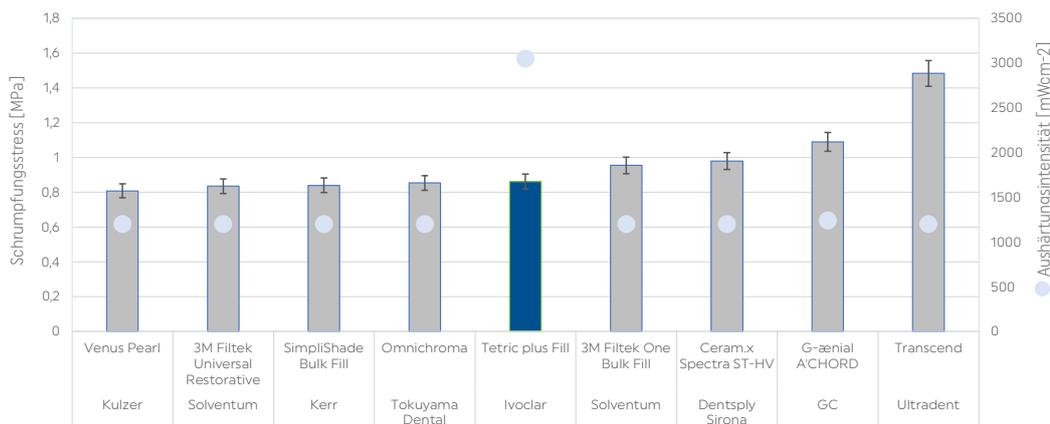
Ziel:

Ermittlung des Schrumpfstressniveaus bei der Aushärtung von Tetric plus Fill im Vergleich zu anderen modellierbaren Composites.

Methode:

Der Schrumpfstress wurde bei verschiedenen Composites (in den Farbtönen A3 oder Universal) mit einem Bioman-Schrumpfkraft-Messgerät ermittelt. Eine definierte Menge (0,2 g) Composite wurde zwischen einem Metallzylinder und einer Glasplatte platziert und durch die Glasplatte hindurch polymerisiert (unter Verwendung der Bluephase PowerCure mit verschiedenen Lichtintensitäten). Die auf der Kräfteinheit des Bioman-Instruments erfasste mechanische Spannung wird mithilfe eines verstärkten Spannungswandlers in ein elektrisches Signal umgewandelt und aufgezeichnet. Die Schrumpfkraft wird durch die Kontaktfläche des Zylinders dividiert, wodurch der Schrumpfstresswert ermittelt wird. Ein Durchschnittswert wurde anhand von zwei Tests pro Material ermittelt.

Ergebnisse:



Durchschnittlicher Schrumpfstress bei Tetric plus Fill und anderen modellierbaren Composites

Zusammenfassung:

Mit einem Schrumpfstresswert von 0,86 MPa liegt Tetric plus Fill in einem für modellierbare Composite gängigen Bereich.

Schlussfolgerung:

Tetric plus Fill zeigt einen vergleichbaren Schrumpfstress wie andere modellierbare Composite-materialien. Auch bei Aushärtung mit höherer Intensität, wie durch die Punkte ● dargestellt, die sich auf die rechte vertikale Achse des Diagramms beziehen.

Referenz: Schroll (2024b)

Polymerisationsschrumpfung von Tetric plus Flow, dargestellt mittels Mikro-CT

Studienort: Abteilung F&E, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Juli 2024
Studienautor(en): P. Schroll

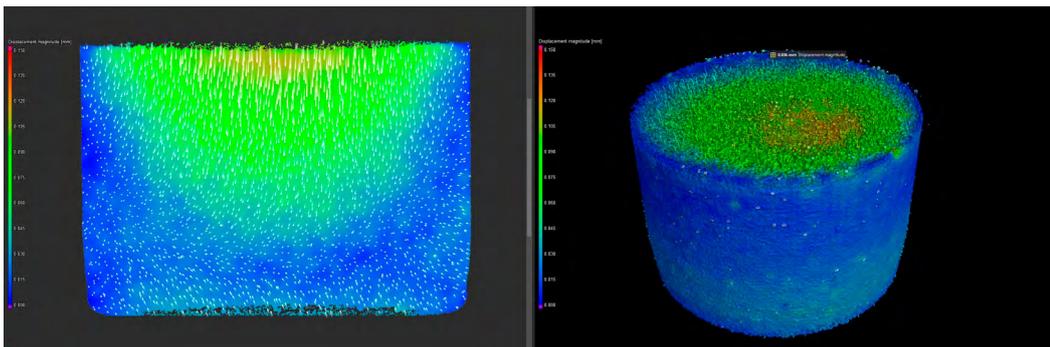
Ziel:

Darstellung der Art und Bewegung von Spannungen innerhalb des fließfähigen Composites Tetric plus Flow

Methode:

Tetric plus Flow wurde in eine Kavitätenform (6 mm Durchmesser und 4 mm Höhe) eingebracht und mit der Bluephase PowerCure für 3 Sekunden bei 3000 mW/cm² polymerisiert. Mikro-CT-Bilder (Röntgen-Mikrocomputertomographie) wurden angefertigt, um den Prozess des Volumenschrumpfs innerhalb des Composites darzustellen. Um die Bewegungen des Composites während der Polymerisation nachzuverfolgen, wurde experimentelles Tetric plus Flow-Material mit 2,5 Gew.-% ZrO₂-Partikeln (45–63 µm) angereichert. Die Materialbewegungen wurden anschliessend verfolgt und in einen Farbcode übersetzt, wobei Blau geringe Bewegung, Grün moderate Bewegung und Rot stärkere Bewegung anzeigte. Im Allgemeinen entspricht die Bewegung dem Volumenschrumpf.

Ergebnisse:



Mikro-CT-Bilder – Darstellung des Schrumpfungsprozesses in Tetric plus Flow – links: Querschnitt durch den Prüfkörper, rechts: Schrägsicht

Zusammenfassung:

Die Schrumpfung des fließfähigen Tetric plus Flow stellt, verglichen mit modellierbaren Composites, ein Worst-Case-Szenario dar. Fließfähige Composites sind allgemein dafür bekannt, dass sie, bedingt durch den höheren Monomergehalt, einen höheren Volumenschrumpf und einen ausgeprägteren Schrumpfungsstress aufweisen als modellierbare Materialien.

Die Mikro-CT-Bilder zeigen, dass die grösste Bewegung/Schrumpfung an der Oberfläche des Materials (rote Farbe) auftritt, wo es dem Licht ausgesetzt war, und nicht am Boden oder an den Seiten (blaue Farbe). Eine Ablösung von den Kavitätenwänden konnte nicht festgestellt werden.

Schlussfolgerung:

Diese Bilder zeigen, dass die Volumenschrumpfung an der Oberseite der Kavität auftritt und nicht an den Seiten oder am Boden. Wichtig ist, dass keine Ablösung von den Kavitätenwänden oder dem Kavitätenboden zu beobachten ist. Für ein Material, das in Schichten von bis zu 4 mm aufgetragen werden kann, ist das Schrumpfungsverhalten unauffällig. Es kann ausserdem geschlossen werden, dass Tetric plus Fill, das als modellierbares Material ohnehin eine geringere Schrumpfung aufweist, in dieser Hinsicht ähnlich oder besser abschneidet.

Referenz: Schroll (2024c)

In-vitro-Untersuchungen: EFFIZIENZ

Vergleich des Doppelbindungsumsatzes von Tetric plus Fill und Tetric Prime

Studienort: Dalhousie University, Nova Scotia, Kanada
Studienabschluss: Februar 2024
Studienautor(en): R. Price

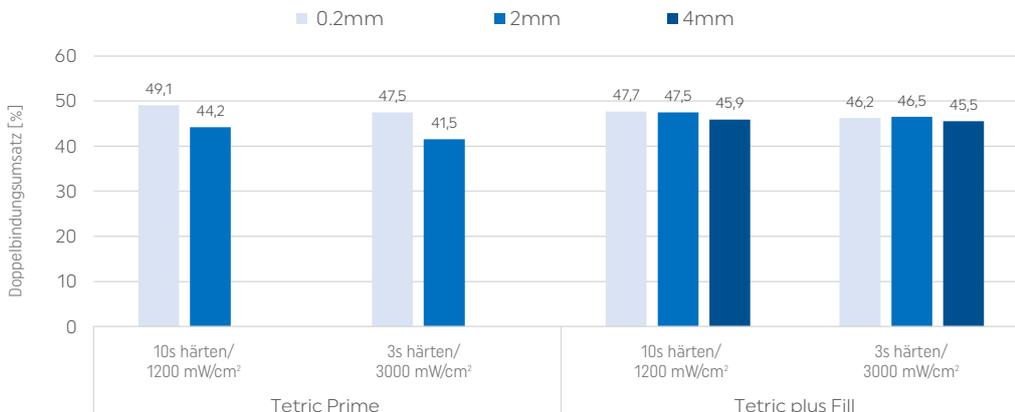
Ziel:

Untersuchung des Doppelbindungsumsatzes des 4-mm-Composite Tetric plus Fill im Vergleich zum herkömmlichen modellierbaren 2-mm-Composite Tetric Prime.

Methode:

Der Doppelbindungsumsatz wurde mittels FTIR-Spektroskopie (kurz für Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie) gemessen. Die Absorption von Infrarotstrahlung ist spezifisch für den polymerisierten Zustand des Materials. Die Proben wurden vorbereitet, indem die Composites direkt auf den ATR-Sensor (Attenuated Total Reflectance, abgeschwächte Totalreflexion) eines Bruker Vertex 70 FT-IR-Spektrometers aufgebracht wurden. Die Aushärtung wurde mit der Bluephase PowerCure für 10 Sekunden im High Power-Modus oder 3 Sekunden im PowerCure-Modus durchgeführt. Mithilfe eines externen Auslösers wurde das Spektrometer so programmiert, dass es Daten erfasst, sobald das Aushärtungslicht eingeschaltet wird. Der Doppelbindungsumsatz wurde in einer Tiefe von 0,2 mm und 2 mm im herkömmlichen 2-mm-Composite Tetric Prime sowie zusätzlich in einer Tiefe von 4 mm in Tetric plus Fill nach 720 Sekunden nach Beginn der Belichtung gemessen. Für jede Gruppe wurden drei Proben angefertigt.

Ergebnisse:



Doppelbindungsumsatz in verschiedenen Tiefen bei Tetric Prime und Tetric plus Fill unter Anwendung unterschiedlicher Aushärtungsprotokolle

Zusammenfassung:

Beide Composites zeigten Doppelbindungsumsätze zwischen 40 % und 50 %. Doppelbindungsumsatz-Werte von 40 % bis 75 % (je nach Matrix und Technik) sind bei direkten Restaurationsmaterialien üblich (Peutzfeld 1997). Tetric Prime ist ein herkömmliches modellierbares Composite, das ein Standard-Photoinitiatorsystem mit Campherchinon verwendet. Tetric plus Fill ist für die Verwendung in grösseren Inkrementen vorgesehen und nutzt das Photoinitiatorsystem Ivocerin in Kombination mit Campherchinon. Tetric Prime ist weder für die Verwendung in grossen Inkrementen noch für die Aushärtung mit hoher Strahlungsintensität innerhalb von 3 Sekunden vorgesehen. Die Doppelbindungsumsatz-Werte von Tetric Prime zeigen mit zunehmender Tiefe (0,2 bis 2 mm) einen deutlichen Abfall, während dieser Abfall beim Bulk-Produkt Tetric plus Fill (0,2 mm bis 2 mm bis 4 mm) weniger ausgeprägt ist.

Schlussfolgerung:

Tetric plus Fill zeigt in 4 mm Tiefe sehr ähnliche Doppelbindungsumsatz-Werte, unabhängig davon, ob es für 10 Sekunden bei 1200 mW/cm² oder für 3 Sekunden bei 3000 mW/cm² ausgehärtet wurde. Der Doppelbindungsumsatz von Tetric plus Fill bleibt bis zu einer Tiefe von 4 mm erhalten, unabhängig davon, wie es ausgehärtet wird.

Referenz: Price (2024c)

Tetric plus Fill: Durchhärtungstiefe und Ästhetik

Studienort: Abteilung F&E, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Juli 2024
Studienautor(en): P. Bielec

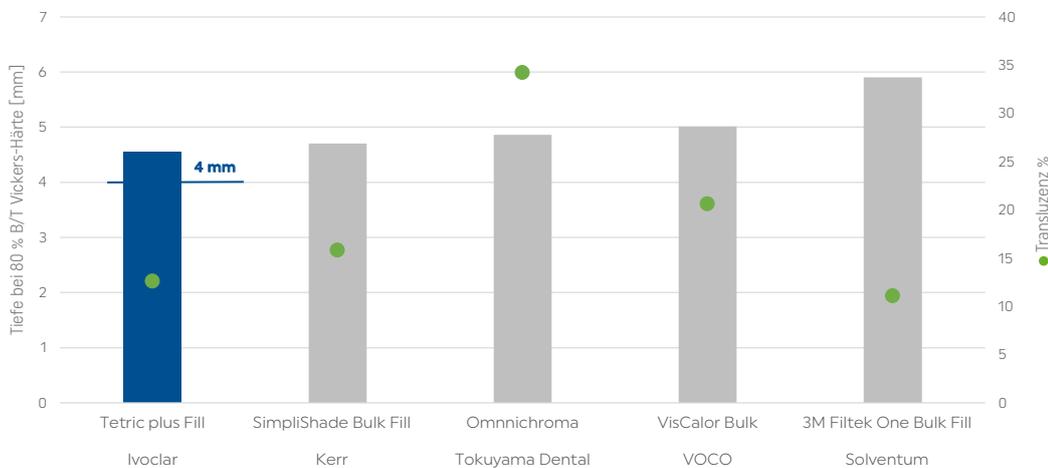
Ziel:

Bestimmung der Durchhärtungstiefe mittels Vickers-Härteprüfungen bei Tetric plus Fill.

Methode:

Profile für die Vickers-Härte (HV) werden mithilfe eines quadratischen Diamanteindrückgeräts erstellt. Zylinderförmige Proben des Materials werden in zylindrischen Formen hergestellt. Compositezylinder aus Tetric plus Fill und anderen vergleichbaren modellierbaren Bulk-Materialien wurden hergestellt, polymerisiert und anschliessend vertikal in zwei Hälften geschnitten. Die Messungen der Vickers-Härte wurden in 0,5-mm-Abständen von der Oberseite bis zur Unterseite durchgeführt. Die HV wird üblicherweise als Prozentsatz der Oberflächenhärte ausgedrückt, die als 100 % betrachtet wird. In einer Studie von Professor David Watts von der University of Manchester, Grossbritannien, wurde eine akzeptable Durchhärtungstiefe als erreicht angesehen, wenn die Härte am Boden mindestens 80 % der Oberflächenhärte entsprach (Watts 1984). Dieser Wert hat sich als anerkannter Massstab zur Bewertung und zum Vergleich der Durchhärtungstiefe etabliert. Um ein Worst-Case-Szenario hinsichtlich der Lichtdurchdringung zu simulieren, wurden die kürzestmöglichen Aushärtungszeiten gemäss der jeweiligen Gebrauchsanweisung gewählt. Es wurden auch dunkle Farben verwendet: Tetric plus Fill in A3 plus sowie der nächstliegende A3- oder Universalfarbton bei Konkurrenzprodukten.

Ergebnisse:



Durchhärtungstiefe bei modellierbaren Bulk-Fill-Composites – zusammen mit der Transluzenz nach der Polymerisation

Zusammenfassung:

Das Diagramm zeigt die grösste Tiefe, bei der eine Aushärtung (80 % des Oberflächenwertes) erreicht wurde. Alle Materialien überschritten eine Durchhärtungstiefe von 4 mm. Tetric plus Fill weist zwar nicht die grösste Durchhärtungstiefe auf, erreicht jedoch eine zuverlässige Aushärtung bei 4 mm und bietet zugleich eine hohe Ästhetik. Die grünen Punkte (rechte Achse) geben die Transluzenzwerte nach der Polymerisation und Lagerung in Wasser bei 37 °C an.

Schlussfolgerung:

Je dunkler und/oder opaker ein Material ist, desto geringer ist die Durchhärtungstiefe, da weniger Licht die Initiatoren innerhalb des Composites erreichen kann. Bulk-Produkte sind daher oft sehr transluzent, was sich negativ auf die finale Ästhetik auswirkt, oder sie erfordern hohe Aushärtungsenergie (z.B. 3M Filtek One Bulk Fill). Tetric plus Fill erreicht sowohl eine gute Durchhärtungstiefe als auch eine hohe Ästhetik (geringe finale Transluzenz) – und das bei niedriger Aushärtungsenergie. Das wird durch seine optimierten Füllstoff- und Lichtinitiator-Technologien ermöglicht, die einen deutlichen Transluzenzwechsel bewirken.

Referenz: Bielec (2024f)

Tetric plus Flow: Durchhärtungstiefe und Ästhetik

Studienort: Abteilung F&E, Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Juli 2024
Studienautor(en): P. Schroll

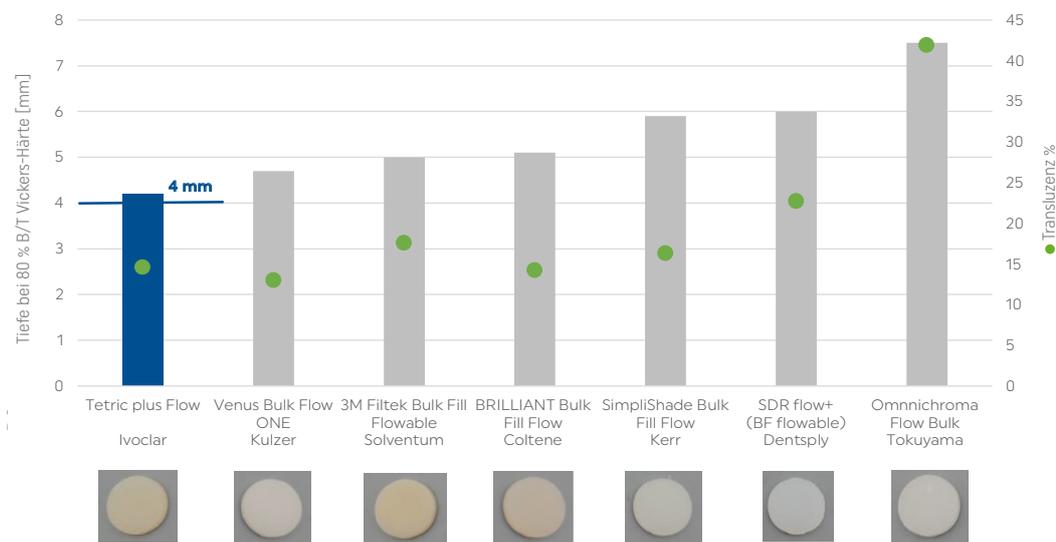
Ziel:

Bestimmung der Durchhärtungstiefe mittels Vickers-Härteprüfungen bei Tetric plus Flow.

Methode:

Profile für die Vickers-Härte (HV) werden mithilfe eines quadratischen Diamanteindrückgeräts erstellt. Zylinderförmige Proben des Materials werden in zylindrischen Formen hergestellt. Compositezylinder aus Tetric plus Flow und anderen vergleichbaren fließfähigen Bulk-Materialien wurden polymerisiert und anschliessend vertikal in zwei Hälften geschnitten. Die Messungen der Vickers-Härte wurden in 1-mm-Abständen von der Oberseite bis zur Unterseite durchgeführt. Die HV wird üblicherweise als Prozentsatz der Oberflächenhärtung ausgedrückt, die als 100 % betrachtet wird. Eine akzeptable Durchhärtungstiefe wurde als erreicht angesehen, wenn die Härte am Boden mindestens 80 % der Oberflächenhärtung entsprach. (Watts 1984). Dieser Wert hat sich als anerkannter Massstab zur Bewertung und zum Vergleich der Durchhärtungstiefe etabliert. Um ein Worst-Case-Szenario hinsichtlich der Lichtdurchdringung zu simulieren, wurde der dunkelste Farbton (A3.5 plus) von Tetric plus Flow gewählt sowie der nächstliegende A3- oder Universalfarbton der anderen Produkte.

Ergebnisse:



Durchhärtungstiefe (Depth of Cure, DoC) bei fließfähigen Bulk-Fill-Composites, dargestellt zusammen mit Farbton und Transluzenz nach der Polymerisation

Zusammenfassung:

Das Diagramm zeigt die grösste Tiefe, bei der eine Aushärtung (80 % des Oberflächenwertes) erreicht wurde. Alle Materialien überschritten eine Durchhärtungstiefe von 4 mm. Tetric plus Flow weist zwar nicht die grösste Durchhärtungstiefe auf, erreicht jedoch ähnlich wie Tetric plus Fill eine zuverlässige Aushärtung bei 4 mm und bietet zugleich eine hohe Ästhetik. Die grünen Punkte (rechte Achse) geben die Transluzenzwerte nach der Polymerisation und bei Lagerung im Wasser bei 37 °C an.

Schlussfolgerung:

Je dunkler und/oder opaker ein Material ist, desto geringer ist die Durchhärtungstiefe, da weniger Licht die Photoinitiatoren innerhalb des Composites erreichen kann. Bulk-Produkte sind daher oft sehr transluzent, was die finale Ästhetik negativ beeinflusst. Tetric plus Flow erreicht sowohl eine gute Durchhärtungstiefe bis zu 4 mm als auch eine hohe Ästhetik (geringe, schmelzähnliche Transluzenz und hohe Chroma), dank seiner optimierten Aushärtungs- und Füllstofftechnologien. Es ist zudem das einzige fließfähige Material auf dem Markt, das dies in Kombination mit kurzen Aushärtungszeiten von nur 3 Sekunden erreicht.

Referenz: Schroll (2024d)

In-vivo-Untersuchungen

Klinische Bewertung von Tetric plus Flow zur Behandlung von nichtkariösen Klasse-V-Läsionen. Eine prospektive, randomisierte, Doppelblindstudie im Split-Mouth-Design: 1-Monats-Ergebnisse

Studienort: Zahnklinik, F&E Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Juli 2024
Studienautor(en): C-S. Pentelescu

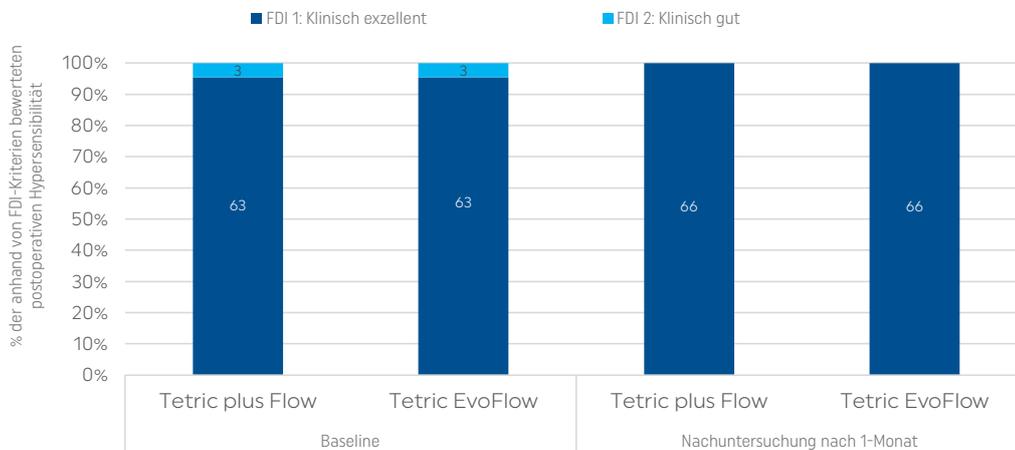
Ziel:

Bewertung und Vergleich der langfristigen klinischen Effektivität von Tetric plus Flow bei der Behandlung nichtkariöser, zervikaler Läsionen (Klasse V) sowie der Häufigkeit postoperativer Sensibilität (POS) auf kurze Sicht.

Methode:

66 Patienten im Alter von 18 bis 65 Jahren mit normaler Sensibilität wurden gemäss einem Split-Mouth-Design behandelt. Bei jedem Patienten wurden zwei Zähne behandelt. Die Zähne der Testgruppe erhielten eine Tetric plus Flow-Restauration in Schichten von bis zu 4 mm (3,5 mm für den Farbton A3.5 plus), während die Zähne der Kontrollgruppe mit einer Tetric EvoFlow-Füllung in Schichten von bis zu 2 mm versorgt wurden. Für alle Restaurationen wurde Adhese Universal im Total-Etch-Modus verwendet und alle Füllungsschichten wurden für 5 Sekunden mit der Bluephase PowerCure im Turbo-Modus (2000 mW/cm²) ausgehärtet. Die Restaurationen (n = 132) wurden gemäss ausgewählter FDI-Kriterien an der Baseline (7–10 Tage nach der Füllungslegung) und nach 1 Monat bewertet. Die Ermittlung der FDI-Werte für postoperative Sensibilität (POS) wurde mithilfe einer visuellen Analogskala (zur Messung von thermischer und Kauempfindlichkeit) vorgenommen.

Ergebnisse:



Postoperative Hypersensibilität (n = 66) zu Beginn und nach 1 Monat bei Klasse-V-Restaurationen mit Tetric plus Flow

Zusammenfassung:

Baseline-Ergebnisse und nach 1 Monat liegen aus dieser 5-Jahres-Studie vor. Die POS-Inzidenzrate war an der Baseline in beiden Gruppen gleich. 63 der 66 Zähne (95,5 % pro Gruppe) wurden mit FDI 1 bewertet, die übrigen mit FDI 2, was jeweils klinisch exzellent oder gut entspricht. Jegliche Sensibilität (FDI 2) ging in beiden Gruppen zurück, sodass nach 1 Monat alle 66 Zähne (100 %) als klinisch exzellent (FDI 1) bewertet wurden. Alle anderen FDI-Parameter (z.B. Oberflächenglanz, Vitalität, Randfrakturen und Patientenbewertung) zeigten ebenfalls an der Baseline und nach 1 Monat 100 % Bewertungen mit FDI 1 oder 2 (klinisch exzellent oder gut).

Schlussfolgerung:

Beide Produkte erwiesen sich als wirksam bei der Behandlung nicht-kariöser zervikaler Läsionen und nach 1 Monat wurde keine behandlungsbedingte Sensibilität berichtet.

Referenz: Pentelescu (2024a)

Klinische Leistung von schnell ausgehärteten Bulk-Restaurationen mit Tetric plus Flow und Tetric plus Fill in Klasse-I/II-Kavitäten. Teil I: Bewertung der Ergebnisse an der Baseline und nach 1 Monat anhand der FDI-Kriterien

Studienort: Zahnklinik, F&E Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Oktober 2024
Studienautor(en): C-S. Pentelescu, L. Enggist

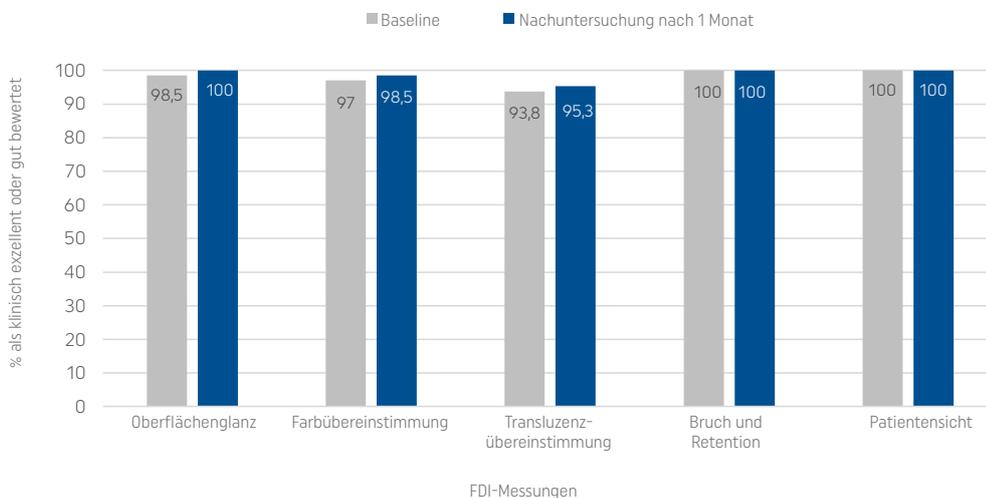
Ziel:

Bewertung der klinischen Sicherheit und Leistungsfähigkeit von Tetric plus Fill in Kombination mit Tetric plus Flow zur Behandlung von Klasse-I- und Klasse-II-Kavitäten – in einer prospektiven einarmigen Studie.

Methode:

65 Restaurationen wurden bei vitalen Prämolaren (n = 16) und Molaren (n = 49) von 65 Patienten im Alter von 18 bis 65 Jahren durchgeführt. 58 % der Patienten waren Männer, 42 % Frauen, und die Mehrheit (76 %) wurde aufgrund von Sekundärkaries behandelt. Nach dem Ätzen des Schmelzes für 30 Sekunden und des Dentins für 15 Sekunden wurde Adhese Universal (Ivoclar) aufgetragen und für 3 Sekunden bei 3000 mW/cm² ausgehärtet. Eine erste Schicht von ≤ 4 mm Tetric plus Flow wurde aufgetragen und für 3 Sekunden ausgehärtet, gefolgt von einer Deckschicht aus Tetric plus Fill, die modelliert und ebenfalls für 3 Sekunden ausgehärtet wurde. Die Restaurationen wurden mit OptraGloss-Instrumenten ausgearbeitet und poliert. Die behandelten Zähne wurden den VITA-Farbtönen (A1–C2) zugeordnet, denen anschliessend der am besten passende fließfähige/modellierbare Farbton von Tetric plus zugewiesen wurde. A1 plus- und Bleach-Farbtöne kamen nicht zum Einsatz. Bei einigen Zähnen wurden für das modellierbare und das fließfähige Material unterschiedliche Farbtöne zugeordnet. Die Restaurationen wurden gemäss ausgewählter FDI-Kriterien an der Baseline (7–10 Tage nach der Füllungslegung) und nach 1 Monat bewertet.

Ergebnisse:



% FDI-Merkmale, die mit 1 oder 2 bewertet wurden, an der Baseline (n = 65) und nach 1 Monat (n = 64) bei Tetric plus-Restaurationen

Zusammenfassung:

An der Baseline wurden alle FDI-Merkmale überwiegend als klinisch exzellent oder gut (FDI 1 + 2) bewertet und nach 1 Monat fiel die Bewertung sogar noch positiver aus. Nur sehr wenige Zähne erhielten FDI-3-Bewertungen, keine Restauration erhielt eine schlechtere Bewertung. Der Oberflächenglanz verbesserte sich nach 1 Monat (alle FDI 1 + FDI 2 und keine FDI 3), jedoch ging in einigen Fällen etwas Glanz verloren (bewertet mit FDI 2 statt FDI 1) – hauptsächlich in Fällen mit anfänglich extrem hohem Glanz. Bislang gaben alle Patienten an, mit der Behandlung vollständig zufrieden zu sein.

Schlussfolgerung:

Tetric plus Flow- und Tetric plus Fill-Füllungen, polymerisiert im 3sCure-Modus, erwiesen sich als sicher und leistungsfähig in Klasse-I- und Klasse-II-Restaurationen, sowohl an der Baseline als auch nach 1 Monat.

Referenz: Pentelescu (2024b)

Klinische Leistung von schnell ausgehärteten Bulk-Restaurationen mit Tetric plus Flow und Tetric plus Fill in Klasse-I/II-Kavitäten. Teil II: Postoperative Hypersensibilität

Studienort: Zahnklinik, F&E Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Oktober 2024
Studienautor(en): C-S. Pentelescu, L. Enggist

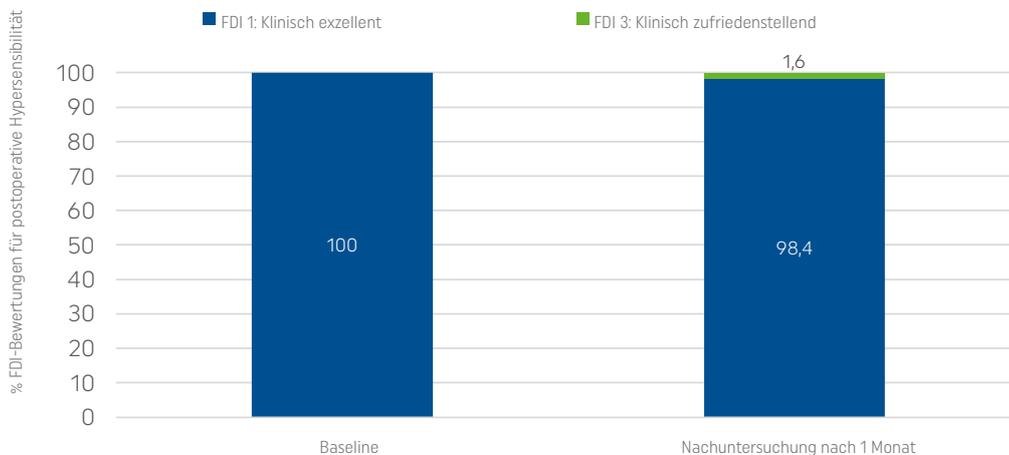
Ziel:

Bewertung des Auftretens postoperativer Hypersensibilität (POS) bei der Verwendung von Tetric plus Fill in Kombination mit Tetric plus Flow zur Behandlung von Klasse-I- und Klasse-II-Kavitäten – in einer prospektiven einarmigen Studie.

Methode:

65 Restaurationen wurden bei vitalen Prämolaren (n = 16) und Molaren (n = 49) von 65 Patienten im Alter von 18 bis 65 Jahren durchgeführt. Die Füllungen wurden wie in vorausgegangener Zusammenfassung zu Teil I der Studie gelegt. Die Restaurationen wurden gemäss ausgewählter FDI-Kriterien an der Baseline (7–10 Tage nach der Füllungslegung) und nach 1 Monat bewertet. Die Ermittlung der FDI-Werte für postoperative Sensibilität wurde mithilfe einer visuellen Analogskala (VAS, zur Messung von Temperatur- und Kauempfindlichkeit) vorgenommen. FDI-Bewertungen von 3 bis 5 wurden als Hinweis auf POS angesehen, da Bewertung 1 keine Probleme bedeutet und Bewertung 2 ohne Behandlungsbedarf abklingt.

Ergebnisse:



Bewertungen der postoperativen Hypersensibilität an der Baseline und nach 1 Monat bei Tetric plus-Restaurationen

Zusammenfassung:

65 Patienten wurden an der Baseline und 64 nach 1 Monat überprüft – aufgrund eines medizinischen Problems konnte ein Patient nicht physisch untersucht werden, wurde jedoch telefonisch zu Symptomen befragt. Zu Beginn wurde keine postoperative Sensibilität (POS) festgestellt und 100 % der Restaurationen wurden als klinisch exzellent (FDI 1) bewertet. Es ist wichtig, zu erwähnen, dass die vom Patienten berichteten VAS-Werte im zeitlichen Verlauf zurückgingen, also nach der Füllungslegung abnahmen. Nach 1 Monat wurden 98,1 % der Restaurationen mit FDI 1 bewertet, da ein Patient gelegentlich leichte Empfindlichkeit beim Beissen verspürte und als klinisch zufriedenstellend (FDI 3) eingestuft wurde.

Schlussfolgerung:

Eine Bulk-Restauration aus fließfähigem Material mit einer modellierbaren Deckschicht gilt als Worst-Case-Szenario in Bezug auf mögliche postoperative Sensibilität, da fließfähige Composites aufgrund ihres höheren Monomergehalts eine stärkere exotherme Polymerisationsreaktion aufweisen. Nach 1 Monat berichtete nur ein Patient (1,6 %) von einer leichten postoperativen Sensibilität (POS), wobei keine Intervention gewünscht wurde.

Referenz: Pentelescu (2024b)

Klinische Erfahrung mit Restaurationen aus Tetric plus Flow und Tetric plus Fill

Studienort: Zahnklinik, F&E Ivoclar, Schaan, Liechtenstein
Studienabschluss: Oktober 2023
Studienautor(en): C-S. Pentelescu, L. Enggist

Ziel:

Bewertung des ästhetischen Potenzials von kombinierten Restaurationen aus Tetric plus Flow und Tetric plus Fill in Klasse-I-/II-Kavitäten bei unterschiedlichen Farbkombinationen.

Methode:

Eine klinische Studie wurde mit Tetric plus Flow und Tetric plus Fill durchgeführt, wie in den vorherigen beiden Studienzusammenfassungen beschrieben. Die behandelten Zähne wurden den VITA-Farbtönen (A1-C2) zugeordnet, denen anschliessend der am besten passende fließfähige/modellierbare Farbton von Tetric plus zugewiesen wurde. A1 plus- und Bleach-Farbtöne blieben in dieser Untersuchung unberücksichtigt und einige Patienten erhielten für das modellierbare und das fließfähige Material unterschiedliche Farbtöne. Beispiele für die möglichen ästhetischen Ergebnisse mit den Tetric plus-Farbtönen A2, A3 und A3.5 plus sind unten dargestellt.

Ergebnisse:



Zusammenfassung:

Gute klinische Ästhetik liess sich mit unterschiedlichen Kombinationen realisieren. In dieser Untersuchung benötigte kein Patient die helleren Farbtöne A1 plus oder Bleach und die meisten Patienten erhielten eine Kombination mit A3 plus. Die Fallreihe mit Tetric plus Fill und Tetric plus Flow im Farbton A3.5 plus zeigt ein Bild nach 6 Monaten, da der Patient nach 1 Monat nicht zur Nachuntersuchung kommen konnte.* Nicht alle Daten nach 6 Monaten liegen vor. Die Ästhetik blieb durchgängig gut.

Schlussfolgerung:

Mit den Tetric plus-Farbtönen wurden gute ästhetische Ergebnisse erzielt. Die Tetric plus-Composites boten Qualität und Effizienz, ohne die Ästhetik zu beeinträchtigen.

Referenz: Pentelescu (2024c)

Biokompatibilität

Biokompatibilität kann als die Fähigkeit eines Stoffes oder Materials definiert werden, mit einem lebenden System in Kontakt zu kommen, ohne eine schädliche Wirkung hervorzurufen. Bei der Entwicklung neuer Produkte strebt Ivoclar an, bewährte Rohstoffe zu verwenden, die sich bereits in vivo als sicher erwiesen haben, um potenzielle Biokompatibilitätsrisiken von vornherein zu minimieren.

Medizinproduktenormen

Medizinprodukte unterliegen sehr strengen Anforderungen, die darauf abzielen, Patienten und Anwender vor potenziellen biologischen Risiken zu schützen. Die ISO 10993 «Biologische Beurteilung von Medizinprodukten» definiert, wie die biologische Sicherheit eines Medizinprodukts zu bewerten ist. Darüber hinaus unterliegen dentale Medizinprodukte der ISO 7405 «Zahnheilkunde – Beurteilung der Biokompatibilität von in der Zahnheilkunde verwendeten Medizinprodukten» sowie den Standardanforderungen des Risikomanagements gemäss ISO 14971 «Medizinprodukte – Anwendung des Risikomanagements auf Medizinprodukte». Die produktspezifische Norm EN ISO 4049 «Zahnheilkunde – Polymerbasierte Restaurationswerkstoffe» legt ebenfalls fest, wie Composites in Bezug auf ihre Wasserlöslichkeit untersucht werden sollten – die wichtigste relevante physikalische Eigenschaft für dentale Composites.

Die Biokompatibilität der Tetric plus-Materialien wurde während der Entwicklung gemäss diesen Normen durch eine Reihe verschiedener Tests sowie durch Literatur- und Datenbanksuchen bewertet.

Wasserlöslichkeit

Der von der Norm EN ISO 4049 festgelegte Grenzwert beträgt $\leq 7,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$.

Tetric plus	Wasserlöslichkeit [$\mu\text{g}/\text{mm}^3$]	ISO 4049-Schwellenwert [$\mu\text{g}/\text{mm}^3$]
Tetric plus Fill	$2,1 \pm 0,7$	$\leq 7,5$
Tetric plus Flow	$0,5 \pm 0,4$	

Wasserlöslichkeit von Tetric plus-Materialien (F&E Ivoclar, Schaan, FL)

Die Werte für die Wasserlöslichkeit beider Materialien liegen weit unter dem von der Norm festgelegten Grenzwert.

Sensibilität

Wie nahezu alle lichthärtenden Dentalmaterialien enthalten die Tetric plus-Composites (Di-)Methacrylate. Diese Materialien können insbesondere im nicht ausgehärteten Zustand eine Sensibilisierung gegenüber Methacrylaten verursachen, was zu allergischer Kontaktdermatitis führen kann. Allergische Reaktionen sind bei Patienten sehr selten, treten jedoch häufiger beim zahnmedizinischen Personal auf, das täglich mit nicht ausgehärtetem Material arbeitet. Solche Reaktionen können durch saubere Arbeitsbedingungen und das Vermeiden von Hautkontakt mit nicht ausgehärtetem Material minimiert oder vermieden werden. Es sollte jedoch beachtet werden, dass handelsübliche medizinische Handschuhe keinen wirksamen Schutz vor der sensibilisierenden Wirkung von Methacrylaten bieten. Tetric plus Fill und Tetric plus Flow sollten nicht bei Patienten angewendet werden, die bekanntermassen auf einen ihrer Inhaltsstoffe allergisch reagieren.

Testverfahren und Zusammenfassung

Verschiedene Biokompatibilitätsprüfungen wurden mit den Tetric plus-Materialien durchgeführt, darunter Tests auf Zytotoxizität (potenzielles Zellschädigungspotenzial) und Genotoxizität (potenzielles Potenzial zur Schädigung/Veränderung des genetischen Materials). Basierend auf den vorliegenden Daten und der weltweiten Anwendung von vergleichbaren Produkten kann geschlossen werden, dass die Produkte bei Verwendung in der Mundhöhle keine unerwünschten Reaktionen hervorrufen und allgemein gilt:

- Tetric plus Fill und Tetric plus Flow stellen kein zytotoxisches Risiko dar.
- Tetric plus Fill und Tetric plus Flow bergen kein Risiko für akute, subakute, subchronische oder chronische Toxizität.
- Tetric plus Fill und Tetric plus Flow lösen keine unerwünschten Implantationseffekte aus.
- Tetric plus Fill und Tetric plus Flow sind nicht genotoxisch.
- Tetric plus Fill und Tetric plus Flow sind nicht karzinogen.
- Tetric plus Fill und Tetric plus Flow schädigen weder die Pulpa noch das Dentin.
- Tetric plus Fill und Tetric plus Flow können in unausgehärtetem Zustand Irritationen und Sensibilisierungen verursachen. Wenn sie jedoch gemäss der Gebrauchsanweisung verwendet werden, können Gesundheitsrisiken vermieden werden.

Schlussfolgerung:

Angesichts der vorliegenden Daten, des heutigen Wissensstands und der langjährigen weltweiten Anwendung sehr ähnlicher Produkte kann geschlossen werden, dass die Tetric plus-Compositematerialien kein toxikologisches Risiko darstellen. Gesundheitsrisiken für Patienten (und Anwender) können vernünftigerweise ausgeschlossen werden. Die Vorteile der Endprodukte überwiegen mögliche Risiken, sofern sie wie vorgesehen verwendet werden – in einem professionellen zahnmedizinischen Umfeld und gemäss der Gebrauchsanweisung.

Begriffsdefinitionen

Studien

Studien werden durchgeführt, um das Verhalten von Materialien bei der vorgesehenen Anwendung vorherzusagen oder zu untersuchen. Von besonderem Interesse sind dabei häufig Aspekte wie Funktionalität, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Kompatibilität oder Benutzerfreundlichkeit.

In-vitro-Studien

In-vitro bedeutet «im Glas». Diese Untersuchungen werden in einem Labor ausserhalb ihres normalen biologischen Kontextes durchgeführt. Viele materialwissenschaftliche oder toxikologische Tests werden in vitro durchgeführt, da sie aus praktischen oder ethischen Gründen nicht am Menschen durchgeführt werden können. In-vitro-Studien haben den Vorteil, dass Forscher unter standardisierten Bedingungen arbeiten können. Zudem sind sie oft schneller und kostengünstiger als In-vivo-Studien.

(Klinische) In-vivo-Studien

In vivo bedeutet «im lebenden Organismus». Solche Studien werden im biologischen Kontext durchgeführt, zum Beispiel in der Zahnmedizin – in der Regel an Menschen in einer Zahnarztpraxis. Der Vorteil besteht darin, dass die Ergebnisse aussagekräftiger sind, da die Untersuchungen unter realen Bedingungen durchgeführt werden. Sie sind jedoch komplex aufgrund der Vielzahl möglicher Einflussfaktoren. Sie erfordern eine präzise Planung, systematische Methoden, eine ethische Genehmigung und eine statistisch korrekte Auswertung. Randomisierte kontrollierte Studien gelten als Goldstandard.

Prospektive Studie

Eine prospektive Studie wird geplant, um in der Zukunft eine bestimmte Hypothese zu testen, beispielsweise dass Material A genauso gut oder besser ist als Material B. Nach der Erstellung eines Prüfplans werden Patienten rekrutiert und das Material angewendet. Die Testpersonen werden über einen bestimmten Zeitraum beobachtet und die Ergebnisse werden anschliessend verglichen und ausgewertet.

Retrospektive Studie

Analyse von in der Vergangenheit erhobenen Daten. Zum Beispiel erfolgt eine Untersuchung von allen Fällen von Brückenfrakturen, die in einer Zahnarztpraxis aufgetreten sind, um herauszufinden, ob die Frakturen bei einem Material häufiger vorkommen als bei einem anderen.

Begriffe der Zahnmedizin, Materialkunde und Aushärtung

Bulk-Anwendung/Bulk-Fill-Material

Als Bulk-Fill-Material bezeichnete dentale Composites sind restaurative Materialien, die in dicken Schichten aufgetragen werden können, typischerweise in Schichten von bis zu 4 mm – manchmal sogar mehr. Standardcomposites werden traditionell in Schichten von bis zu 2 mm aufgetragen. Bulk-Fill-Materialien sind je nach Hersteller in modellierbarer und fließfähiger Form erhältlich. Modellierbare Bulk-Fill-Composites können in einer einzigen Schicht aufgetragen werden, während fließfähige Composites in der Regel die zusätzliche Verwendung eines modellierbaren Composites erfordern, um die natürliche Zahnkontur zu gestalten.

Schmelz-Zement-Grenze

Das Wurzelzement ist ein verkalktes Bindegewebe, das die Aussenfläche der Zahnwurzel bedeckt. Es wird von der Schleimhaut bzw. dem Zahnfleisch überdeckt. Es handelt sich um ein spezialisiertes Bindegewebe, das physikalische, chemische und strukturelle Eigenschaften von Knochen teilt. Die Zement-Schmelz-Grenze (CEJ) befindet sich daher im zervikalen Bereich der Zähne, wo das Wurzelzement auf den Zahnschmelz des durchbrechenden Zahns trifft.

Gesamtenergiekonzept

Das bezieht sich auf das grundlegende Konzept, dass der Prozess der lichtinduzierten Polymerisation energieabhängig ist und im Wesentlichen ein Produkt aus Lichtintensität und Aushärtungszeit bildet.

Aushärtungszeit (s) × Lichtintensität [mW/cm²] = Gesamtenergie.

Die Lichtintensität bzw. Bestrahlungsstärke lässt sich am zuverlässigsten mithilfe einer Ulbricht-Kugel (Integrationskugel) messen. Das aus dem Lichtleiter austretende Licht wird gemessen, um die exakte Abstrahlleistung in Milliwatt (mW) zu bestimmen. Geeignete Filter stellen sicher, dass nur Licht im effektiven Wellenlängenbereich gemessen wird. Auf Basis der Fläche der Lichtleiterspitze wird anschliessend die Lichtintensität in mW/cm² berechnet.

$$\frac{\text{Leistung [mW]}}{\text{Oberfläche [cm}^2\text{]}} = \text{Bestrahlungsstärke [mw/cm}^2\text{]}$$

Das Konzept der «Gesamtenergie» besagt, dass eine Belichtungszeit von z.B. 10 Sekunden bei einer Lichtintensität/Bestrahlungsstärke von 1000 mW/cm² eine Dosis von 10.000 mWs/cm² ergibt, wie es (theoretisch) auch bei einer Belichtungszeit von 1 Sekunde bei 10.000 mW/cm² der Fall wäre. Logische Folgerung: Je höher die Intensität des Aushärtungslichts, desto kürzer die erforderliche Aushärtungszeit.

Dieses Konzept wird auch durch den Begriff «Energie-Reziprozität» impliziert.

Klinische Bewertungstechniken für Restaurationen

Cvar- und Ryge-/USPHS-Kriterien

Cvar und Ryge (Cvar & Ryge 1971 und 2005) entwickelten ihre vielgenutzte Bewertungsskala vor über 40 Jahren. Diese Bewertungsmethode wird abwechselnd als Cvar-&-Ryge-Kriterien, Ryge-Kriterien oder USPHS-Kriterien bezeichnet. Die Kriterien wurden zu einer Zeit entwickelt, als die Lebensdauer direkter Restaurationsmaterialien, mit der Ausnahme von Amalgam, begrenzt war. Daher wurden diese Kriterien von verschiedenen Autoren vielfach modifiziert, um sie an moderne Restaurationsmaterialien anzupassen und differenzierter zu gestalten. Diese werden als modifizierte Ryge- oder modifizierte USPHS-Kriterien bezeichnet. Die einzelnen Modifikationen unterscheiden sich geringfügig (Hickel et al, 2007).

Die Bewertung erfolgt nach der Skala Alpha, Bravo, Charlie, Delta. Diese Bewertungen haben je nach den zu beurteilenden Kriterien unterschiedliche Bedeutungen, jedoch gilt allgemein: Alpha = ausgezeichnet/optimal, Bravo = akzeptabel, Charlie = nicht akzeptabel/unzureichend und Delta = muss ersetzt werden.

FDI-Kriterien

Hickel et al. veröffentlichten 2007 im Rahmen des Wissenschaftskomitees der FDI World Dental Federation eine Arbeit (Hickel et al., 2007), in der ein Vorschlag für eine modernere klinische Bewertung von Compositrestaurationen dargelegt wurde. Sie stellen Bewertungskriterien in fünf Stufen vor, die von klinisch ausgezeichnet bis mangelhaft reichen. Die Stufen werden im Folgenden erläutert, einschliesslich der Zuordnung von Hickel et al. zu den ursprünglichen Cvar- und Ryge-Kriterien. Verschiedene Aspekte der FDI-Kriterien wurden 2010 (Hickel et al., 2010) und 2023 (Hickel et al., 2023) aktualisiert.

Cvar und Ryge	FDI (Hickel et al)			
Alpha	Bewertung 1	Klinisch ausgezeichnet/sehr gut	Ideal	Ausreichend
	Bewertung 2	Klinisch gut	Nicht ideal	
Bravo	Bewertung 3	Klinisch akzeptabel	Kleinere Mängel	
Charlie	Bewertung 4	Klinisch unzureichend	Reparabel	Teilweise unzureichend
Delta	Bewertung 5	Klinisch mangelhaft	Ersetzungsbedürftig	Vollständig unzureichend

Mechanische Eigenschaften und In-vitro-Tests

In der Materialwissenschaft gibt es zahlreiche Testmethoden zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Materialien. Das Ziel mechanischer Tests in der Zahnmedizin besteht darin, Einschätzungen über die klinische Wirksamkeit eines Materials vorzunehmen. Mit Standardtestmethoden werden jedoch häufig isolierte Spannungsbedingungen geprüft, während im klinischen Alltag die Auswirkungen auf ein Material wesentlich komplexer sind. Dennoch ermöglichen materialwissenschaftliche Untersuchungen im Labor zumindest den Vergleich verschiedener Materialien, wenn diese auf exakt die gleiche Weise getestet werden.

Durchhärtungstiefe

Bezieht sich auf die Tiefe, bis zu der ein Compositematerial ausgehärtet wurde. Die ISO-Norm 4049 für polymerbasierte Restaurationsmaterialien empfiehlt, die Durchhärtungstiefe zu bestimmen, indem zylindrische Proben mit einer Länge von 6 mm und einem Durchmesser von 4 mm angefertigt werden. Wird eine Durchhärtungstiefe von mehr als 3 mm angegeben, sollte die Probenlänge mindestens 2 mm länger sein als das Doppelte der angegebenen Durchhärtungstiefe. Nach der Aushärtung gemäss Herstelleranweisungen wird das Material aus der Form entnommen. Die Inhibitionsschicht und anderes nicht ausgehärtetes Material werden abgeschabt und die Höhe des verbleibenden Materials wird gemessen. Dieser Wert, geteilt durch 2, wird als Durchhärtungstiefe betrachtet.

Biegefestigkeit

Die Biegefestigkeit bezieht sich auf die Fähigkeit eines Materials oder Composites, einer Durchbiegung standzuhalten, wenn äussere Kräfte aufgebracht werden. Da Composites den Belastungen durch die Bedingungen in der Mundhöhle und die gegenüberliegende Dentition ausgesetzt sind, ist ein gewisses Mass an Biegefestigkeit erforderlich. ISO-Norm 4049: Polymerbasierte Restaurationsmaterialien erfordern eine Biegefestigkeit von 80 MPa. Die Biegefestigkeit wird häufig durch Biegetests gemessen, die an speziell angefertigten Probenbalken des betreffenden Materials durchgeführt werden.

Härte

Die Härte eines Materials ist der Widerstand, den ein Material dem Eindringen eines anderen Körpers entgegensetzt. Für die Bestimmung der Materialhärte stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, wie beispielsweise Vickers, Knoop, Brinell und Rockwell. Härte wird häufig als Prozentsatz der Oberflächenhärte ausgedrückt, die als 100 % betrachtet wird. Es gilt allgemein als akzeptabel, dass eine ausreichende Durchhärtungstiefe erreicht ist, wenn die Bodenhärte mindestens 80 % der Oberflächenhärte beträgt.

Vickers-Härte: Dieser Test verwendet einen Diamant-Eindringkörper in Form einer quadratischen Pyramide, deren Flächen einen Winkel von 136° zueinander bilden.

Knoop-Härte: Dieser Test verwendet einen diamantförmigen Eindringkörper in Form einer verlängerten Pyramide, der einen rautenförmigen Eindruck erzeugt.

Verhältnis von Boden- zu Oberflächenhärte: Das Verhältnis von Boden- zu Oberflächenhärte (B/T-Härteverhältnis) basiert auf der Annahme, dass ein Composite als ausreichend ausgehärtet gilt, wenn die Härte am Boden (oder in der untersuchten Tiefe) mindestens 80 % der Oberflächenhärte (100 %) entspricht. Ausreichende Durchhärtungstiefe, wenn:
$$\text{Bodenhärte} / \text{Oberflächenhärte} \times 100 \geq 80$$

Biegemodul (Elastizitätsmodul):

Für Dentalmaterialien sind der Biegemodul und der Zugmodul (Young'scher Modul) äquivalent. Er ist ein Mass für die Fähigkeit eines Materials, sich vorübergehend zu verformen, wenn eine Kraft aufgebracht wird. Er quantifiziert die Beziehung zwischen Spannung (Kraft pro Fläche) und Dehnung (proportionale Verformung) innerhalb des Bereichs, in dem ein Material nach Entfernung der Belastung in seine ursprüngliche Form zurückkehrt. Es ist das Verhältnis von Spannung σ zu Dehnung ϵ :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Ein hoher Elastizitätsmodul weist auf geringe Elastizität (Inelastizität) hin, während ein niedriger Elastizitätsmodul eine höhere Elastizität bedeutet. Während der Aushärtung steigt der Elastizitätsmodul, d. h., das Material wird steifer.

Der Elastizitätsmodul ist bei Dentalmaterialien wichtig, um den Belastungen der Mundhöhle standzuhalten und mechanische Eigenschaften zu bieten, die von denen von natürlichem Dentin und Schmelz nicht zu stark abweichen.

Polymerisationsschrumpfung

Die Polymerisationsschrumpfung bezieht sich auf das Schrumpfen von kunststoffbasierten Compositorestorationen während und nach der Polymerisation. Wenn ein Composite ausgehärtet wird, beginnen die Monomerketten, die sich gemeinsam mit den Silanen auf den Füllstoffen befinden, einen Vernetzungsprozess. Das Composite «erstarrt» durch radikalische Polymerisation und der Elastizitätsmodul steigt an. Die Schrumpfung wird als potenzielles Problem angesehen, da sie zu einer unzureichenden Randabdichtung, Randverfärbungen oder Karies führen kann.

Volumenschrumpfung – bezieht sich auf die Verringerung des tatsächlichen Volumens der eingebrachten Restauration nach der Polymerisation.

Schrumpfungstress – bezieht sich auf die Spannung, die durch den Volumenschrumpfung auf den Zahn oder die Kavitätenwände ausgeübt wird. Da Composites mit einem Adhäsiv an der Zahnstruktur befestigt sind, können sie während des Schrumpfungprozesses nicht frei schrumpfen, was die Haftung der Klebeverbindung belastet.

Thixotropie

Thixotropie ist eine zeitabhängige Eigenschaft der Scherverdünnung. Bestimmte Gele oder Flüssigkeiten, die unter statischen Bedingungen dickflüssig oder viskos sind, beginnen zu fließen (werden dünnflüssiger, weniger viskos), wenn sie geschüttelt, bewegt, scherbeltet oder anderweitig beansprucht werden (zeitabhängige Viskosität). Thixotropie bezeichnet die Eigenschaft bestimmter Materialien, bei denen die Viskosität unter Scherstress (z.B. durch Rühren oder Druckausübung) abnimmt und sich nach Wegfall dieses Stresses wieder in einen viskoserem Zustand zurückbildet.

Literatur

- Attin T, Hamza B, Tauböck T. (2024) Bericht: In-vitro-Studie zu Füllungswerkstoffen für Milchzähne: Marginal integrity of a novel bulk-fill composite restoration light-cured with conventional and simplified protocols in primary and permanent molars. Studienbericht für Ivoclar. Daten liegen vor.
- Bielec P. (2024a). Translucency data: Competitor analysis Tetric plus Fill. Interner Studienbericht. Daten liegen vor.
- Bielec P. (2024b). Flexural modulus data. Competitor analysis Tetric plus Fill & Competitor analysis Tetric plus Flow. Interne Studienberichte. Daten liegen vor.
- Bielec P. (2024c). Polishability data: Competitor analysis Tetric plus Fill & Competitor analysis Tetric plus Flow. Interne Studienberichte. Daten liegen vor.
- Bielec P. (2024d). Surface roughness data: Competitor analysis Tetric plus Fill & Competitor analysis Tetric plus Flow. Interne Studienberichte. Daten liegen vor.
- Bielec P. (2024e). Light sensitivity data: Competitor analysis Tetric plus Fill. Interner Studienbericht. Daten liegen vor.
- Bielec P (2024f) Curing depth data. Competitor analysis Tetric plus Fill. Interner Studienbericht. Daten liegen vor.
- Blunck U. (2023) Quantitative margin analysis at Class V restorations using Adhese Universal in self-etch mode in combination with the experimental flowable TM Flow in vitro. Studienbericht für Ivoclar. Daten liegen vor.
- Cvar J, Ryge G. (2005). Criteria for the clinical evaluation of dental restorative materials. US DHEW Document, US Public Health Service 790244, Printing Office San Francisco 1971:1-42 und nachgedruckt als Cvar J, Ryge G. (2005). Nachdruck von «Criteria for the clinical evaluation of dental restorative materials.» Clin Oral Invest, 9: 215-252
- Gorsche C, Koch, T, Moszner N, Liska R. (2015). Exploring the benefits of β -allyl sulfones for more homogenous dimethacrylate photopolymer networks. Poly. Chem. 6: 2038-2047
- Heintze S. (2023) Tetric plus Fill and Tetric plus Flow: In vitro evaluation of requirements – quality of adaptation at margin, retention in non-retentive Class II cavities in combination with Adhese Universal and increase of pulp temperature. Interner Studienbericht. Daten liegen vor.
- Hickel R, Roulet JF, Bayne S, Heintze SD, Mjör IA, Peters M, Rousson V, Randall R, Schmalz G, Tyas M, Vanherle G. (2007) Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials. Science Committee Project 2/98--FDI World Dental Federation study design (Part I) and criteria for evaluation (Part II) of direct and indirect restorations including onlays and partial crowns. J Adhes Dent. ;9 Suppl 1:121-47. Erratum in: J Adhes Dent. (2007) Dec;9(6):546. PMID: 18341239.
- Hickel R, Peschke A, Tyas M, Mjor I, Bayne S, Peters M, Hiller KA, Randall R, Vanherle G, Heintze SD. (2010) FDI World Dental Federation - clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations. Update and clinical examples. J Adhes Dent. 12:259-272.
- Hickel, R., Mesinger, S., Opdam, N. et al. (2023) Revised FDI criteria for evaluating direct and indirect dental restorations—recommendations for its clinical use, interpretation, and reporting. Clin Oral Invest 27, 2573-2592.
- Ilie N. (2024) Studienbericht: Mechanical behaviour of experimental, fast-curing RBCs of two different consistencies. Studienbericht für Ivoclar, Daten liegen vor.
- Ismail EH, Paravina RD (2022). Color adjustment potential of resin composites: Optical illusion or physical reality, a comprehensive overview. J Esthet Restor Dent. 34(1):42-54
- Kinney JH, Marshall SJ, Marshall GW. (2003)The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. Crit Rev Oral Biol Med. 14(1):13-29.
- Pentelescu C. (2024a) Clinical evaluation of a new flowable composite for direct restorative treatment of non-carious cervical lesions. A prospective randomized split-mouth study: Clinical Investigation Report -Baseline, 1 month recall. Interner Studienbericht. Daten liegen vor.
- Pentelescu C. (2024b-c). Clinical Investigation Report – Baseline and 1 moth recall. Clinical evaluation of Class I and II cavities restored with the combination of a new flowable and a new sculptable universal bulk-fill composite: A prospective single arm study. Interner Studienbericht. Daten liegen vor.
- Peutzfeldt A. (1997). Resin composites in dentistry: The monomer systems. Eur. J. Oral Sci. ;105: 97-116.
- Price. R (2024a-c) Evaluation of Tetric plus Fill and Tetric plus Flow. Vertraulicher Bericht an Ivoclar. Studienbericht für Ivoclar. Daten liegen vor.
- Schroll P (2024a) Translucency shift data. Competitor analysis Tetric plus Flow. Interner Studienbericht. Daten liegen vor.
- Schroll P (2024b-c) Shrinkage stress and Micro CT data. Competitor analysis Tetric plus Flow. Interner Studienbericht. Daten liegen vor.
- Schroll P (2024d) Curing depth data. Competitor analysis Tetric plus Flow. Interner Studienbericht. Daten liegen vor.
- Watts D, Amer O, Combe E. (1984). Characteristics of visible light-activated composite systems. Br Dent J. Vol156 (6) 209-215

Disclaimer

Wir stehen nicht für die Genauigkeit, den Wahrheitsgehalt oder die Zuverlässigkeit der von Dritten stammenden Informationen ein. Für den Gebrauch der Informationen wird keine Haftung übernommen, auch wenn wir gegenteilige Informationen erhalten. Der Gebrauch der Informationen geschieht auf eigenes Risiko. Sie werden Ihnen „wie erhalten“ zur Verfügung gestellt, ohne explizite oder implizite Garantie betreffend Brauchbarkeit oder Eignung (ohne Einschränkung) für einen bestimmten Zweck. Die Informationen werden kostenlos zur Verfügung gestellt und weder wir, noch eine mit uns verbundene Partei, können für etwaige direkte, indirekte, mittelbare oder spezifische Schäden (inklusive aber nicht ausschliesslich Schäden auf Grund von abhanden gekommener Information, Nutzungsausfall oder Kosten, welche aus dem Beschaffen von vergleichbare Informationen entstehen) noch für poenale Schadenersätze haftbar gemacht werden, welche auf Grund des Gebrauchs oder Nichtgebrauchs der Informationen entstehen, selbst wenn wir oder unsere Vertreter über die Möglichkeit solcher Schäden informiert sind.

Erstellungsdatum: 2025 -01

[ivoclar.com](https://www.ivoclar.com)