



Derleme

2019; 28: 188-193

RESTORATİF DIŞ HEKİMLİĞİNDE BULK FİLL KOMPOZİT REZİNLER  
BULK FILL COMPOSITE RESINS IN RESTORATIVE DENTISTRY

Nazire Nurdan ÇAKIR<sup>1</sup>, Sezer DEMİRBUĞA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Melikgazi, Kayseri

<sup>2</sup>Erciyes Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi, Kayseri

**ÖZ**

Günümüzde kompozit rezinler restore edilecek dişlerde diş hekimleri tarafından en sık tercih edilen materyaldir. Kompozit rezinler kaviteye her biri ayrı ayrı polimerize edilen tabakalar halinde (inkremental teknik) yerleştirilir. Inkremental tekniğin tabakalar arasında kontaminasyon riski, bağlanma hataları, tekniğin uygulanması sırasında uzun zaman gerektirmesi gibi dezavantajları mevcuttur. Üreticiler inkremental tekniğin bu dezavantajlarının önüne geçebilmek için 4-5 mm kalınlığa kadar tek tabakada polimerize edilebilen "bulk fill kompozitleri" piyasaya sürmüşlerdir.

Bulk fill kompozitler akışkan (taban) ve restoratif (pasta) şeklinde bulk fill kompozitler olarak iki şekilde kategorize edilmiştir. Akışkan bulk fill kompozitler dar, 4 mm' yi aşan derinlikte ulaşılması zor kavitelere kullanılırken, daha büyük ve geniş kavitelere restoratif bulk fill kompozitler tercih edilmektedir. Dolayısıyla bulk fill kompozit rezinler bu gibi kavitelere tek seferde ve kısa sürede uygulanabilmesi ile klinisyenlere kullanım kolaylığı sunmaktadır ve diş hekimleri tarafından rutin klinik kullanım için hızlıca kabul edilebilir hale gelmektedir.

Bu derlemede bulk fill kompozitler araştırılmış ve geleneksel kompozitlerden farkı açıklanmaya çalışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Bulk fill kompozit rezin, geleneksel kompozit rezin, inkremental teknik, polimerizasyon bütünlüğü, polimerizasyon derinliği.

**ABSTRACT**

Nowadays composite resins are the most preferred material by dentists in the teeth to be restored. The composite resins are placed in increments that are cured separately. Incremental technique has disadvantages such as the risk of blood or saliva between layers, bonding failures, and time consuming. Manufacturers have been presented a "bulk fill composites", which could be polymerized in a single layer up to 4-5 mm thick to overcome all these problems.

Bulk fill composites are categorized in two groups as flowable (base) and restorative (paste). Flowable composites are used in cavities narrow, deeper than 4 mm, and difficult to access. Therefore, bulk fill composite resins are easy to apply for clinicians because they can be applied to cavities in a single layer and in a short time. It becomes acceptable for routine clinical use by dentists.

In this review, bulk fill composites were investigated and tried to explain their differences from conventional composites.

**Keywords:** Bulk fill composite resin, conventional composite resin, incremental technique, polymerization shrinkage, polymerization depth.

Makale Geliş Tarihi : 19.12.2017  
Makale Kabul Tarihi: 21.08.2019

**Corresponding Author:** Uzm. Dr. Nazire Nurdan ÇAKIR  
Melikgazi, Kayseri, Türkiye.  
Telefon numarası: + 9 0 (352) 324 00 00  
Fax numarası: 0 (352) 324 00 04  
E-mail: nurdanncakir@gmail.com

## GİRİŞ

Günümüzde diş hekimleri restore edilecek dişlerde genellikle ışıkla sertleşebilen direk rezin bazlı kompozitlerden (geleneksel kompozit rezinler) faydalanırlar. Klasik olarak restorasyonlar ayrı ayrı polimerize edilen inkremental teknik kullanılarak yerleştirilir (1,2). Çoğu geleneksel kompozitin sınırlı polimerizasyon derinliği bir çok klinik vakada kalın kompozit tabakalarının kullanımını engellemiştir (3). İnkremental teknik kullanımının bir diğer nedeni polimerizasyon büzülmesini azaltmaktır (4,5).

Kavitenin bulk şeklinde doldurulmasının çeşitli faydaları vardır; her şeyden önemlisi, daha fazla verimli zaman ve tabakalar arası boşluk ve kontaminasyon gibi teknik hataların önlenmesini sağlamaktadır (10). İnkremental tabakalama tekniğinin, tabakaların birleştirilmesi, tabakalar arasında kontaminasyon riski, bağlanma hataları, tekniğin uygulanması sırasında uzun zaman gerektirmesi, küçük kavitelerde sınırlı erişim nedeniyle yerleştirme zorluğu gibi dezavantajları mevcuttur (11). Özellikle yeni monomerler, saydamlık, başlatıcı sistemler ve doldurucu teknolojisi ile ilgili kompozitlerdeki son gelişmeler kısmen bu eksikliklerin giderilmesi için "bulk fill" kompozitlerin üretilmesini sağlamıştır. Bulk fill kompozitler 4 mm kalınlığa kadar tek tabakada yeterince polimerize olabilen kompozitler olarak tanımlanabilir (11-13). Bu derlemenin amacı mevcut bulk fill kompozit teknolojilerine bir bakış sağlamaktır.

### Bulk fill Kompozitlerin Özellikleri

Bulk fill kompozitler, akışkan (taban) ve restoratif (pasta) olarak iki grupta sınıflandırılmıştır ve sınıf 1 ve sınıf 2 kavitelerde 4 mm tabakalar halinde kullanılabilirler (12-15). Monomer rezin formülasyonları, tip, völüm fraksiyonu, yoğunluk, partikül boyutu ve dağılımı gibi doldurucu özellikleri arasındaki farklılıklar polimerizasyon derinliğini ve mekanik özellikleri etkileyebilir (16,17). Üretici firmalar bulk fill kompozitlerde bu gibi özelliklerle alakalı çeşitli stratejiler geliştirmişlerdir. Ancak genellikle bu konu hakkında detaylı bilgi aktarmazlar.

Akışkan bulk fill kompozitler genellikle ulaşması daha zor olan kavitelerde kullanılır. Yerleştirme ve adaptasyonu kolaylaştıran sırağa veya kapsülden oluşan küçük bir uygulama ucu aracılığıyla uygulanır. Genellikle bu kompozitler düşük doldurucu içeriğine sahiptir. Bu durum yüzeyi daha az dirençli hale getirir bu nedenle restoratif (tepilebilir) bir kompozit ile örtülenmesi gerekmektedir (12,18).

Restoratif bulk fill kompozitler ise herhangi bir örtülme gerektirmeden tek seferde 4-5 mm ye kadar yerleştirilebilir. Bu materyaller genellikle yüksek doldurucu içeriklerinden dolayı akışkan bulk fill kompozitlere göre daha visközdür ve yüzeyleri daha dirençlidir (12,18). Kerr firmasının tanıtmış olduğu SonicFill (Kerr Corporation Orange, CA, USA) akışkan ve restoratif bulk fill sınıflandırmasının dışında tutulan bir bulk fill materyaldir. Çünkü bu sistem, sonik titreşim uygulayarak kompozitin dağılmasını sağlayan, basınçlı hava ile çalışan el aletinin kullanılması prensibine dayanır (19). Bulk olarak yerleştirilebilen bu yüksek viskoziteli kompozitler, restore edilen dişin güçlendirilmesini amaçlayan ek doldurucular içermektedir. Örneğin, Alert (Jeneric/Pentron, Wallingford, Conn.) ve everX

Posterior (GC Corporation, Tokyo, Japan) kompozitler doldurucu olarak spesifik özellikler sağlayan cam fiber içermektedir. Fiberle güçlendirilmiş olan bu kompozitler dentin yerine kullanılmak üzere tasarlanmıştır (20,21). Fiberler, kompozit restorasyonlarda temel başarısızlık nedenlerinden olan fraktür ve çatlak oluşmasını ve yayılmasını önlemek için kullanıldığı bilinmektedir (22,23). Bu nedenle, özellikle büyük boyutlu kompozit restorasyonlarda güçlendirilmiş taban materyali olarak fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin bulk şeklinde uygulanması tavsiye edilmiştir (20,21).

Bulk fill kompozitlerde artırılmış polimerizasyon derinliği restorasyon ömrü açısından önemli anahtar parametrelerden birisidir. Üretici firmalar tarafından artmış polimerizasyon derinliği elde etmek için çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Işıklı sertleşen rezin bazlı kompozitler, polimerizasyonu etkinleştiren görünür mavi ışık yoluyla aktive olan foto başlatıcılar içerirler. Bir çok bulk fill kompozit rezin primer fotobaşlatıcı olarak kamforokinon (CQ) ve iniciatör olarak tersiyer amin içermektedir (11,12). Bunun dışında trimethylbenzoyl diphenylphosphine oxide (TPO) ve dibenzoyl germanium (Ivocerin) türevi gibi fotoiniciatörler de kullanılmıştır (12,18). TPO' nun ışık absorpsiyon aralığı 350-425 nm dir ve bu sayede LED ışık kaynakları dışındaki ışık kaynaklarına karşı da duyarlıdır. Tetrik EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)) tarafından CQ/amin fotoiniciatöre ek olarak kullanılan ve bir dibenzoyl germanium türevi olan Ivocerin, 370-460 nm dalga boyu aralığında maksimum absorpsiyon katsayısına sahiptir (12,13,24).

Kompozit rezin materyallerde polimerizasyon derinliği materyalin translüsensi özelliği ile doğru orantılıdır. SonicFill dışındaki tüm bulk fill kompozitler, artan translüsensiye sahiptir (24,25). Organik matris ve doldurucuların kırılma indeksleri arasındaki uyum, doldurucu şekil ve boyutundaki değişiklik rezin içerisinden ışık geçiş oranını etkileyebilir (25). Doldurucu partiküllerin boyut ve şekilleri üretici firmalara göre farklılık gösterebilmektedir. SureFil SDR flow (Caulk Dentsply, York, PA, USA), X-tra base (VOCO, Cuxhaven, Germany) ve X-tra fill' in (VOCO, Cuxhaven, Germany) doldurucu partikül boyutları artırılmıştır ve aynı zamanda yuvarlak ve düz şekilli doldurucu içeriğine sahiptir (25). Bununla birlikte Tetrik EvoCeram Bulk Fill de yuvarlak ve düz dolduruculara sahiptir. Dolayısıyla doldurucu partikül şekil ve boyutları ile ilgili yapılan modifikasyonlar translüsensiyi geliştirmiştir (26). Diğer taraftan, küçük çapa sahip nano doldurucular ışık geçişi sırasındaki dalga boyuna göre ışık saçılmasını önler ve bu yüzden de translüsensiyi arttırabilir (27,28).

Işıklı sertleşen kompozit rezinlerin polimerizasyon etkinliğini doğrudan değerlendirebilmek için, laboratuvarında ölçülen temel özellikler dönüşüm derecesi (DC) ve polimerizasyon derinliğidir (PD) (8,12). Kompozit rezinlerin polimerizasyon derinliğini belirlemek için çok sayıda teknik mevcuttur (8,14,25-27). Grosso modo tarafından bu teknikler iki gruba ayrılmıştır. Birincisi yüzey sertliğine dayalı olarak indirek şekilde ölçülebilir. İkinci olarak dönüşüm derecesine bağlı olarak ölçülebilir. DC ise Mikro Raman yada Fourier Transform Infrared (FTIR) (Kızılötesi) spektroskopisi ile direk olarak ölçülebilir (3,12,31).

PD'yi tahmin etmek için maksimum değerin en az % 90'ı olan bir DC önerilmiştir (12). Bir çok bulk fill kompozit, 4 mm derinlikte % 90'a eşit yada daha yüksek dönüşüm derecesi sergilemiştir (32,33). Araştırmacılar DC'nin parametreleri değiştirme konusunda mikro sertlikten daha hassas olduğunu saptanmışlar ve PD DC'ye bağlı olarak belirlendiğinde, PD'nin daha yüksek hesaplandığını bulmuşlardır (33).

Sertlik ve dönüşüm derecesi arasında güçlü bir ilişki olmasına rağmen bunlar farklı materyal özelliklerine ve farklı faktörlere bağlıdır (30,31). Diğer taraftan, sertlik ve dönüşüm derecesi arasındaki ilişki materyale bağımlı bulunmuştur (28). Her iki parametrede ağızda bağımsız bir şekilde restoratif materyalin klinik davranışları üzerine önemli etkiye sahiptir ve bu yüzden değerlendirilirken her iki parametrede göz önüne alınmalıdır (28,33,34).

Yapılan çalışmalarda akışkan bulk fill kompozitlerin restoratif bulk fill kompozitlere göre daha yüksek polimerizasyon derinliğine ulaştığı bildirilmiştir (12,29,35,36). Genel olarak bulk fill kompozitler doğru sertleşme süresi ve ışık uygulaması yapıldığında artmış polimerizasyon derinliğine sahip olmalarına rağmen, Sonic fill ve Tetric EvoCeram Bulk fill sıklıkla üreticiler tarafından iddia edilen polimerizasyon derinliği sınırlarında veya altında performans sergilemiştir (9,34,37).

Bulk yerleştirme tekniğine sıklıkla daha çok stres taşıyan posterior bölgelerde ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle bulk fill kompozitler yeterli mekanik özelliklere sahip olmalıdır (13). Posterior bölgede kullanılacak olan kompozit rezinlerde dayanıklılık, sertlik ve yüksek aşınma direnci gibi mekanik özellikler aranır (38). Genel olarak rezinin doldurucu hacmi; elastik modülü, sertlik ve dayanıklılık gibi materyal özellikleri ile pozitif korelasyon içindedir (13,27,29). Yapılan çalışmalarda Sonic Fill ve X-tra fill'in en iyi mekanik özelliklere sahip olduğu, Venüs Bulk Fill (Heraeus, Hanau, Germany) ve Filtek Bulk Fill Flowable (3M ESPE, St Paul, MN, USA)'ın ise düşük mekanik özellikler gösterdiği bildirilmiştir ve bu da doldurucu oranları ile uyumludur (8,14,16,27,33).

Polimerizasyon büzülme stresi, kavite boyutu ve konfigürasyonu gibi diş ile ilgili değişkenlerden etkilenir. Büzülme stresini etkileyen en önemli etkenler; restoratif materyalin hacimsel büzülmesi ve elastik modülüdür. Bununla birlikte bu özellikler sıklıkla birbirleriyle ters orantılıdır ve büyük ölçüde doldurucu miktarına bağlıdır. Aslında, yüksek doldurucu miktarı nedeniyle restoratif bulk fill kompozitler akışkan versiyonlardan daha az hacimsel büzülme, daha yüksek elastik modülü sergilerler (13,25,35,39).

Bulk fill kompozitlerin içerikleri arasında önemli farklılıklar vardır. Üreticiler genellikle bu konu hakkında detaylı bilgi aktarmazlar. Bazı monomerlerin göreceli olarak miktarları değiştirilerek, spesifik özellikler optimize edilebilir (40). Çok sayıda kompozit rezin BisGMA'ya göre daha az viskoz ve daha fleksible olan UDMA'yı içerir. UDMA daki NH-gruplarının zincir transfer reaksiyonlarına neden olabileceği bulunmuştur ki bu durum matriks aracılığıyla radikal bölgelerin hareketliliğini artırır (41). Foto aktive grup ile modifiye UDMA monomerinin polimerizasyon modülatörü olarak işlev gördüğü iddia edilmektedir (42). Bu monomerler polimer matriks oluşumu sırasında, daha esnek bağlantı sağlar böylece DC'si ve matriks yoğunluğu yüksek de-

ğerlere ulaşır (43).

Polimerizasyon büzülmesi geleneksel kompozit restorasyonların majör dezavantajlarından biri olarak kabul edilir (44-46). Büzülme stresi restorasyonda meydana gelen hasar veya kırık sayısı ile güçlü bir ilişki içindedir. Bununla beraber tüberkül defleksiyonu da büzülme stresinin indirek göstergesi olarak kabul edilir (48,49). El-Damamhoury ve ark. (50) çalışmalarında test ettikleri bulk fill kompozit rezinlerin kontrol olarak kullanılan geleneksel kompozit rezinden daha düşük büzülme stresine neden olduğunu bildirmişler. Benzer şekilde yapılan bir çalışma bulk fill kompozitlerin, geleneksel kompozitlere göre büzülme stresi ile ilgili daha iyi sonuç gösterdiğini doğrulamıştır (36). Yapılan çalışmalara göre bulk fill kompozit rezinlerle yapılan restorasyonlar inkremental teknik kullanılarak konvansiyonel kompozit rezin ile yapılan restorasyonlara göre daha düşük tüberkül defleksiyonu meydana geldiğini göstermiştir (18,51). Bununla beraber yapılan bir çalışmaya göre akışkan bulk fill kompozitlerin, restoratif bulk fill kompozitlere göre daha az büzülme stresi oluşturduğunu kaydetmişlerdir (50). Bu çalışmanın aksine Tomaszewska ve ark. (18) restoratif bulk fill kompozit rezinlerin akışkan bulk fill kompozit rezinlere göre daha az tüberkül defleksiyonu oluşturduğunu bildirmişlerdir. Gerilme kuvvetleri bağlanma yüzeylerine aktarıldığında büzülme stresinin diğer istenmeyen etkileri ortaya çıkmaktadır (49,52). Bağlanma dayanımı bu kuvvetleri karşılayacak kadar yeterli olmadığında restorasyonun marjinal bütünlüğü zarar görebilir, bu da retansiyon kaybı veya marjinal gap formasyonu ile sonuçlanabilir. Çok sayıda çalışma, bulk fill kompozit kullanımının marjinal adaptasyon üzerinde önemli bir etkisi olmadığını göstermiştir (39,53-55). Bazı çalışmalarda ise marjinal bütünlüğü iyileştirmede özellikle akışkan bulk fill kompozitlerin iyi olduğu bildirilmiştir (56,57). Agarwal ve ark. (58) restoratif bulk fill kompozit rezinlerin akışkan bulk fill kompozit rezinlerden daha iyi marjinal adaptasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte Poggio ve ark. (59) sınıf 2 restorasyonlarda geleneksel pasta şeklindeki kompozitlerin marjinal adaptasyonunun daha iyi olduğunu saptamışlardır. Bazı akışkan bulk fill kompozitlerde de özellikle Venüs Bulk Fill'de, servikal bölgede artan boşluklar bulunmuştur (39,60). Furness ve ark. (55) bazı bulk fill kompozitler için bağlanma ara yüzeylerinde belirgin bir şekilde farklı boya penetrasyonu olduğunu açığa çıkarmıştır. Tomaszewska ve ark. (18) daha önce belirttiği gibi, kaspal gerginliğin artmasına rağmen, inkremental yerleştirme tekniği ile daha az mikrosızıntı olduğunu saptamışlardır.

Bulk fill kompozit rezinlerin bağlanma dayanımı ile alakalı yapılan çalışmalara göre bulk fill kompozitler 4 mm kalınlığa kadar tek tabaka olarak uygulandığında yeterli bağlanma dayanımı elde edilmiştir, oysa aynı koşullar altında bağlanma dayanımı geleneksel kompozit rezinlerde azalmıştır (61,62). Yapılan bir çalışmada bulk fill kompozit rezinlerin bağlanma dayanımının materyale bağımlı olduğu bildirilmiştir (63). Bu, büzülme stresini indükleyen farklılıklardan ziyade mekanik özelliklerdeki farklılıklar ve tutarlılıklara dayandırılmaktadır (63). Bununla birlikte yapılan çalışmalarda kullanılan adeziv materyalin bulk fill kompozitlerin bağlanmasında en önemli faktör olduğu bildirilmiştir (63, 64).

### Klinik Çalışmalar

Literatürde bulk fill kompozitleri araştıran klinik çalışma sayısı çok azdır. Manhart ve ark. (65-67) tarafından yapılan randomize kontrollü klinik çalışmada, QuiXfil (DentsplyDeTrey, Konstanz, Germany) bulk fill kompozit rezin ile yapılan restorasyonlar TetricEvo Ceram restorasyonlar ile karşılaştırılmıştır. QuiXfil 18 ay 3 ve 4 yıl sonra iyi klinik sonuçlar göstermiştir, klinik verilere göre anlamlı farklılıklar saptanmamıştır. Doğan ve ark. (68) tarafından QuiXfil bulk fill kompozit ile yapılan diğer bir çalışmada restorasyonlar 1 yıl sonra değerlendirildiğinde anlamlı farklılık bulamamışlar ve restorasyonların çoğu alfa skoru değerleri göstermiştir. Çolak H ve ark. (69) tarafından yapılan bir çalışmada ise Tetric EvoCeram Bulk fill kompozit rezin universal Tetric EvoCeram kompozit rezin ile karşılaştırılmış. 12 aylık takibin sonunda her iki gruptaki restorasyonlar değerlendirilen tüm parametreler için çoğunlukla alfa olarak skorlanmış. Çelik ve ark. (70-72) tarafından yayınlanan randomize kontrollü çalışmada QuiXfil kompozit rezin' i test ettikleri çalışmalarında 1, 2 ve 3. yıllarda restorasyonların çoğunda alfa skoru elde edilmiş. Mahmoud ve ark. (6) 3 yıl sonra QuiXfil ve siloran kompozit için benzer sonuçlar bulmuşlardır. Van Dijken ve ark. (73, 74) tarafından yürütülen randomize klinik çalışmada 52 restorasyon çifti 3 ve 6 yıl sonra değerlendirilmiş ve akışkan bulk fill materyal olan SDR test edilmiştir. 3 yılın sonunda materyalin iyi klinik davranış sergilediğini, 6 yıl sonra ise yine materyalin kabul edilebilir klinik sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir.

### SONUÇ

Temel olarak bulk fill kompozitler PD' nin artışına katkıda bulunan translüsentliğin artırılması ile geleneksel kompozitlerden ayrılmaktadır. Diğer taraftan üretici firmalar tarafından doldurucu şekil ve boyutuyla ilgili özellikler geliştirilmiştir. Literatürde PD, ölçüm sırasında kullanılan materyaller ve yöntemlerden dolayı farklılık göstermektedir. Uygulanan ışığın zayıflamasıyla, belirli bir derinliği geçtikten sonra kompozit rezinlerin monomer dönüşümü azalır ve homojen olmayan bir yapı ile sonuçlanır. Büyük hacimli restorasyonlarda, restorasyonun derin kısımlarında tam bir polimerizasyon sağlamak zordur. Bununla birlikte çalışmaların çoğunda ölçülen parametre ve deneysel yöntemler ile ilgili olarak, konvansiyonel kompozitlerle karşılaştırıldığında bulk fill kompozitler için PD' de artış bulunmuştur. Böylece klinik olarak bulk fill kompozitler 4 mm ye kadar uygulandığında PD açısından yeterli hale gelir. Kavite büyüklüğü, tipi ve lokasyonu klinikte materyal seçimi için rehber olmalıdır. Akışkan (taban) bulk fill kompozitler düşük viskoziteye sahip oldukları için erişilmesi zor olan dar, derin kavite ve post endodontik restorasyonlar gibi 4mm derinliği aşan sınıf I kavite için uygun olabilir. Buna karşılık daha büyük kavite de aşınma ve kırığa karşı direnç önemlidir. Burada yüksek miktarda doldurucu içeren materyaller tercih edilmelidir. Bulk fill kompozitlerin klinik olarak uygunluğu klinik araştırmalar tarafından daha net ortaya konabilir. Yürütülen bazı klinik çalışmalarda kavitenin derinliği ve büyüklüğü büyük ölçüde bilinmemektedir. Bulk fill kompozitlerin klinik davranışlarını saptamak ve klinik olarak yararlarını ortaya koymak

için özellikle derin ve geniş restorasyonların değerlendirildiği pek çok klinik çalışmaya ihtiyaç vardır.

### KAYNAKLAR

1. Rees JS, Jagger DC, Williams DR, Brown G, Duguid W. A reappraisal of the incremental packing technique for light cured composite resins. J Oral Rehabil 2004; 31:81-84.
2. Tjan AH, Bergh BH, Lidner C. Effect of various incremental techniques on the marginal adaptation of class II composite resin restorations. J Prosthet Dent 1992; 67:62-66.
3. Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu TM, Katsilieri I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 shade and microhardness of types of materials and shades. Oper Dent 2008; 33:408-412.
4. Lee MR, Cho BH, Son HH, Um CM, Lee IB. Influence of cavity dimension and restoration methods on the cusp deflection of premolars in composite restoration. Dent Mater 2007; 23:288-295.
5. Kwon Y, Ferracane J, Lee IB. Effect of layering methods, composite type, and flowable liner on the polymerization shrinkage stress of light cured composites. Dent Mater 2012; 28:801-809.
6. Mahmoud SH, Ali AK, Hegazi HA. A three-year prospective randomized study of silorane- and methacrylate-based composite restorative systems in class II restorations. J Adhes Dent 2014; 16:285-292.
7. Schmidt M, Dige I, Kirkevang LL, Vaeth M, Horsted-Bindslev P. Five-year evaluation of a randomize Silorane resin composite material: a randomized clinical trial. Clin Oral Investig 2015; 19:245-251.
8. Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, et al. Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. Dent Mater 2014; 30:688-694.
9. Hamano N, Ino S, Fukuyama T, Hickel R, Kunzelmann KH. Repair of silorane-based composites: microtensile bond strength of silorane-based composites repaired with methacrylate-based composites. Dent Mater J 2013; 32:695-701.
10. Baur V, Ilie N. Repair of dental resin-based composites. Clin Oral Investig 2013; 17:601-608.
11. Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. Dent Mater 2014; 30:149-154.
12. Li X, Pongprueksa P, Van Meerbeek B, De Munck J. Curing profile of bulk-fill resin-based composites. J Dent 2015; 43:664-672.
13. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, et al. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. J Dent 2014; 42:993-1000.
14. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. Clin Oral Investig 2013; 17:227-235.
15. Ilie N, Bucuta S, & Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: An in vitro assessment of their mechanical performance. Operative Dentistry 2013; 38:618-625.
16. Tiba A, Zeller GG, Estrich CG, Hong A. A laboratory evaluation of bulk-fill versus traditional multi-

- increment-fill resin-based composites. Journal of the American Dental Association 2013; 144:1182-1183.
17. Yasa E, Yasa B, Aglarci OS, Ertas ET. Evaluation of the radiopacities of bulk-fill restoratives using two digital radiography systems. Operative Dentistry 2015; 40:E197-E205.
  18. Tomaszewska IM, Kearns JO, Ilie N, Fleming GJ. Bulk fill restoratives: to cap or not to cap--that is the question? J Dent 2015; 43:309-316.
  19. Al-Ahdal K, Silikas N, Watts DC. Rheological properties of resin composites according to variations in composition and temperature. Dent Mater 2014; 30:517-524.
  20. Garoushi S, Mangoush E, Vallittu M, Lassila L. Short fiber reinforced composite: a new alternative for direct onlay restorations. Open Dent J 2013;7:181-185.
  21. Garoushi S, Sailyoja E, Vallittu PK, Lassila L. Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. Dent Mater 2013; 29:835-841.
  22. Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R. Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. Oper Dent 2004; 29:481-508.
  23. Opdam NJ, van de Sande FH, Bronkhorst E, et al. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. J Dent Res 2014; 93:943-949.
  24. Moszner N, Fischer UK, Ganster B, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. Dent Mater 2008; 24:901-907.
  25. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. Clin Oral Investig 2014; 18:1991-2000.
  26. Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Takahashi H, Ban S. Effect of filler properties in composite resins on light transmittance characteristics and color. Dent Mater J 2007; 26:38-44.
  27. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. Oper Dent 2013; 38:618-625.
  28. Ilie N, Kessler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. J Dent 2013; 41:695-702.
  29. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Husler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? Dent Mater 2012; 28:521-528.
  30. Leprince JG, Leveque P, Nysten B, et al. New insight into the "depth of cure" of dimethacrylate-based dental composites. Dent Mater 2012; 28:512-520.
  31. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM. Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. Oper Dent 2004; 29:698-704.
  32. Par M, Gamulin O, Marovic D, Klaric E, Tarle Z. Raman spectroscopic assessment of degree of conversion of bulk-fill resin composites--changes at 24 hours post cure. Oper Dent 2015; 40:E92-101.
  33. Tarle Z, Attin T, Marovic D, et al. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. Clin Oral Investig 2015; 19:831-840.
  34. Ilie N, Fleming GJ. In vitro comparison of polymerisation kinetics and the micro-mechanical properties of low and high viscosity giomers and RBC materials. J Dent. 2015; 43:814-822.
  35. Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. Oper Dent 2014; 39:441-448.
  36. Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. Oper Dent 2015; 40:172-180.
  37. Lassila LV, Nagas E, Vallittu PK, Garoushi S. Translucency of flowable bulk-filling composites of various thicknesses. Chin J Dent Res 2012; 15:31-35.
  38. Ferracane JL. Resin-based composite performance: are there some things we can't predict? Dent Mater 2013; 29:51-58.
  39. Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Honore D, Pedersen MK, Pallesen U. Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. Oper Dent 2015; 40:190-200.
  40. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. Dent Mater 1998; 14:51-56.
  41. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. Biomaterials 2002; 23:1819-1829.
  42. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. Dent Mater 2011; 27:348-355.
  43. Rullmann I, Schattenberg A, Marx M, Willershausen B, Ernst CP. Photoelastic determination of polymerization shrinkage stress in low-shrinkage resin composites. Schweiz Monatschr Zahnmed 2012; 122:294-299.
  44. Braga RR, Ferracane JL. Alternatives in polymerization contraction stress management. Crit Rev Oral Biol Med 2004; 15:176-184.
  45. Ferracane JL. Buonocore Lecture. Placing dental composites--a stressful experience. Oper Dent 2008; 33:247-257.
  46. Schneider LF, Cavalcante LM, Silikas N. Shrinkage Stresses Generated during Resin-Composite Applications: A Review. J Dent Biomech 2010.
  47. Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. J Dent 2015; 43:430-439.
  48. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and

- the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 1984; 63:1396-1399.
49. Bicalho AA, Pereira RD, Zanatta RF, et al. Incremental filling technique and composite material--part I: cuspal deformation, bond strength, and physical properties. *Oper Dent* 2014; 39:E71-82.
  50. El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Oper Dent* 2014; 39:374-382.
  51. Moorthy A, Hogg CH, Dowling AH, et al. Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk-fill flowable resin-based composite base materials. *J Dent* 2012; 40:500-505.
  52. Ferracane JL, Mitchem JC. Relationship between composite contraction stress and leakage in Class V cavities. *Am J Dent* 2003; 16:239-243.
  53. Roggendorf MJ, Kramer N, Appelt A, Naumann M, Frankenberger R. Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite. *J Dent* 2011; 39:643-647.
  54. Scotti N, Comba A, Gambino A, et al. Microleakage at enamel and dentin margins with a bulk fills flowable resin. *Eur J Dent* 2014; 8:1-8.
  55. Furness A, Tadros MY, Looney SW, Rueggeberg FA. Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *J Dent* 2014; 42:439-449.
  56. Nazari A, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. 3D assessment of void and gap formation in flowable resin composites using optical coherence tomography. *J Adhes Dent* 2013; 15:237-243.
  57. Nazari A, Sadr A, Saghiri MA, et al. Non-destructive characterization of voids in six flowable composites using swept-source optical coherence tomography. *Dent Mater* 2013; 29:278-286.
  58. Agarwal RS, Hiremath H, Agarwal J, Garg A. Evaluation of cervical marginal and internal adaptation using newer bulk fill composites: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2015; 18:56-61.
  59. Poggio C, Chiesa M, Scribante A, Mekler J, Colombo M. Microleakage in Class II composite restorations with margins below the CEJ: in vitro evaluation of different restorative techniques. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2013; 18:e793-798.
  60. Campos EA, Ardu S, Lefever D, et al. Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. *J Dent* 2014; 42:575-581.
  61. Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dent Mater* 2014; 30:1104-1112.
  62. Van Ende A, De Munck J, Van Landuyt KL, et al. Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: effect on adhesion to cavity-bottom dentin. *Dent Mater* 2013; 29:269-277.
  63. Ilie N, Schoner C, Bucher K, Hickel R. An in-vitro assessment of the shear bond strength of bulk-fill resin composites to permanent and deciduous teeth. *J Dent* 2014; 42:850-855.
  64. Juloski J, Carrabba M, Aragonese JM, et al. Microleakage of Class II restorations and microtensile bond strength to dentin of low-shrinkage composites. *Am J Dent* 2013; 26:271-277.
  65. Manhart J, Chen HY, Neuerer P, et al. Clinical performance of the posterior composite QuiXfil after 3, 6, and 18 months in Class 1 and 2 cavities. *Quintessence Int* 2008; 39:757-765.
  66. Manhart J, Chen HY, Hickel R. Three-year results of a randomized controlled clinical trial of the posterior composite QuiXfil in class I and II cavities. *Clin Oral Invest* 2009; 13:301-307.
  67. Manhart J, Chen HY, Hickel R. Clinical evaluation of the posterior composite Quixfil in class I and II cavities: 4-year follow-up of a randomized controlled trial. *J Adhes Dent* 2010; 12:237-243.
  68. Dogan D, Ercan E, Hamidi MM, Aylikci BU, Colak H. One-year clinical evaluation of Quixfil and Gradia Direct composite restorative materials in posterior teeth. *J Mich Dent Assoc* 2013; 95:36-41.
  69. Colak H, Tokay U, Uzgur R, Hamidi MM, Ercan E. A prospective, randomized, double-blind clinical trial of one nano-hybrid and one high-viscosity bulk-fill composite restorative systems in class II cavities: 12 months results. *Niger J Clin Pract* 2017; 20:822-831.
  70. Celik C, Arhun N, Yamanel K. Clinical evaluation of resin-based composites in posterior restorations: 12-month results. *Eur J Dent* 2010; 4:57-65.
  71. Arhun N, Celik C, Yamanel K. Clinical evaluation of resin-based composites in posterior restorations: two-year results. *Oper Dent* 2010; 35:397-404.
  72. Celik C, Arhun N, Yamanel K. Clinical evaluation of resin-based composites in posterior restorations: a 3-year study. *Med Princ Pract* 2014; 23:453-459.
  73. van Dijken JW, Pallesen U. Randomized 3-year clinical evaluation of Class I and II posterior resin restorations placed with a bulk-fill resin composite and a one-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent* 2015; 17:81-88.
  74. van Dijken JWV, Pallesen U. Bulk-filled posterior resin restorations based on stress-decreasing resin technology: a randomized, controlled 6-year evaluation. *Eur J Oral Sci* 2017; 125:303-309.