

Bulk-fill Kompozit Rezinlere Güncel Bakış

Özge Gizem Cabadağ(0000-0001-7898-9259)^α, Tuğba Misilli(0000-0003-0019-4872)^β, Nihan Gönülo(0000-0002-7046-7154)^γ

Selcuk Dent J, 2021; 8: 220-228 (Doi: 10.15311/selcukdentj.439067)

Başvuru Tarihi: 07 Mayıs 2018
Yayına Kabul Tarihi: 12 Şubat 2019

ÖZ

Bulk-fill Kompozit Rezinlere Güncel Bakış

Günümüzde, rezin esaslı kompozitler; matriks, doldurucu ve başlatıcı teknolojilerindeki gelişmelerden dolayı posterior dişler için en popüler restoratif materyallerdir. Geçtiğimiz birkaç yılda ise kompozit rezinlerdeki güncel gelişmeler, bulk-fill kompozitleri restoratif diş hekimliğine kazandırmış olup, bu alandaki çalışmalar devam etmektedir. Bulk fill kompozitler arasında doldurucu miktarı, inorganik partikül boyutları ve morfolojileri, monomer tipi ve fotobaşlatıcı kimyalarına bağlı belirgin farklılıklar mevcuttur. Tüm bu farklılıklar bulk-fill kompozitlerin polimerizasyon derinliği, dönüşüm derecesi, marjinal bütünlük, biyouyumluluk, mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde belirgin etkilere sahiptir.

Bu derlemenin amacı; klinik kullanımları gün geçtikçe artan bulk-fill kompozitler hakkındaki genel bilgiler ile literatürde yer almış olan *in vivo* ve *in vitro* çalışmaları irdeleyerek okuyucunun bilgisine sunmaktır.

ANAHTAR KELİMELER

Bulk-fill, kompozit rezinler, polimerizasyon derinliği, büzülme stresi

Günümüz diş hekimliğinde, hasta ve hekimlerin estetik beklentilerinin artması ve adeziv sistemlerdeki gelişmelerle birlikte, diş doku kayıplarının giderilmesinde kompozit rezin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır.¹⁻³ Kullanıma sunulmalarından itibaren fiziksel ve mekanik özelliklerinde gösterdikleri önemli ölçüde gelişim, geniş ve derin kavitelelerdeki kullanımlarını da rutin hale getirmiştir.^{4,5} Böyle vakalar, sınırlı polimerizasyon derinliği,^{6,7} polimerizasyon büzülmesi ve büzülme stresinin sonuçlarını⁸ indirmek amacıyla 2 mm'lik tabakalardan oluşan tabakalama yöntemini gerektirmektedir. Bu yöntem, her bir tabakanın ayrı ayrı yerleştirildiği ve polimerize edildiği uzun bir tedavi prosedürü içerir. Aynı zamanda kontaminasyon ve boşluk oluşma riskine bağlı tabakalar arası bağlanmada başarısızlık ve konservatif preparasyonlardaki limitli ulaşımına bağlı tabakalama zorluğu gibi bir takım handikaplar barındırır.⁹⁻¹¹

Derin kavitelelerde restorasyon sürecini hızlandırmak ve tabakalama tekniğinden kaynaklı problemlerin üstesinden gelmek için üretici firmalar kütleli olarak yerleştirilebilen kompozit rezinler ile polimerizasyon derinliğini arttırmayı hedeflemiştir. Bu amaçla geçtiğimiz yıllarda önerilen sürede ışık uygulandığında tek seferde 4 veya 5 mm'ye kadar yeterli

ABSTRACT

A Current Overview of Bulk-fill Composites

Nowadays, resin-based composites are the most popular restorative materials for posterior teeth due to improvements in matrix, filler and initiator technologies. Over the past few years, developments in the field of resin-based composites have brought bulk-fill composites to the restorative dentistry, and studies in this area are continuing. Bulk-fill composites have significant differences depending on filler amount, inorganic particle size and morphologies, monomer type and photoinitiator chemistry. All these differences have a significant effect on the depth of cure, degree of conversion, marginal integrity, biocompatibility, mechanical and physical properties of bulk-fill composites.

The purpose of this study is to provide general knowledge about bulk-fill composites which are increasingly used clinically and to inform reader about *in vivo* and *in vitro* studies which are included in the literature.

KEYWORDS

Bulk-fill, resin composites, depth of cure, shrinkage stress

yeterli polimerizasyonun elde edilebileceğini iddia ettikleri yeni rezin esaslı "bulk-fill kompozitler"i piyasaya sürmüşlerdir.¹² Üreticiler, geleneksel kompozitlerin aksine, bulk-fill kompozitlerde daha düşük polimerizasyon büzülme stresi oluştuğunu ve gösterdikleri yüksek ışık geçirgenliği ile polimerizasyon derinliğinin arttığını iddia etmektedirler.¹³⁻¹⁵ Bulk-fill kompozitlerin geliştirilmesinde, doldurucu miktar ve boyutunda değişiklikler, yüksek molekül ağırlıklı monomer ve yeni fotobaşlatıcı sistemlerin ilavesi gibi farklı girişimler söz konusudur.¹⁴

Bulk-fill kompozitlerin, mekanik özellikleri ve uygulama tekniklerindeki farklılıklara bağlı olarak iki tipi mevcuttur;^{12,14,16}

1. Düşük viskoziteli bulk-fill kompozit rezinler
2. Yüksek viskoziteli bulk-fill kompozit rezinler

Düşük viskoziteli bulk-fill kompozitler

İlk defa "SDR" (Dentsply) akışkan kompoziti piyasaya sürülmüştür. Günümüzde ise kaide materyali olarak kullanılabilen akışkan tipte Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer), X-tra base (VOCO), Filtek Bulk Fill (3M ESPE), Beautifil-Bulk Flowable (Shofu) ve Tetric EvoFlow Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) olmak üzere çeşitli tipleri mevcuttur. Düşük viskoziteli bulk-fill kompozitler kaide

^α Pamukkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Denizli, Türkiye

^β Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Çanakkale, Türkiye

^γ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Samsun, Türkiye

olarak tasarlanmıştır, abrazyona dirençlerinin düşük olması sebebiyle üzerlerine daha dirençli bir kompozit rezin tabaka ilavesi gerektirirler.^{13,15,17} Dolayısıyla en başta bahsedilen tabakalama yöntemine ihtiyaç duyulmaması avantajını kısıtlasa da, kondansasyon gerektirmediği için uygulama süresini kısaltır ve metakrilat bazlı kompozitlerle uyumlu olması geniş kullanım alanı sağlar.¹⁸ Bunun yanında bazı düşük viskoziteli bulk-fill kompozitlerin, Sınıf V kavitelere ve oklüzal streslere maruz kalmayan küçük Sınıf I kavitelere daimi restoratif materyal olarak kullanılabilme endikasyonları da mevcuttur.

Yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitler

Piyasada mevcut SonicFill (Kerr), Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent), X-tra fil (VOCO), QuiXfil (Dentsply), Filtek Bulk Fill Posterior Restorative (3M ESPE), Beautifil-Bulk Restorative (Shofu) ve everX Posterior (GC) olmak üzere çok sayıda yüksek viskoziteli bulk-fill kompozit rezin mevcuttur. Yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitlerin üzerlerinin geleneksel bir kompozit rezin ile örtülmesine gerek yoktur, daimi restorasyon materyali olarak kullanılabilirler.¹³

Temel olarak, bulk-fill kompozitlerin başlıca avantajları olarak görülen artmış polimerizasyon derinliği, doldurucu miktarındaki azalma veya boyutundaki artış sonucu matriks-doldurucu arayüzeyinde ışık saçılımının azalması ve dolayısıyla materyallerin yüksek translüensliği ile açıklanırken;¹³ azalmış polimerizasyon stresi ise organik matriks ve/veya doldurucu içeriğindeki modifikasyonlarla ilişkilendirilmiştir.¹⁷ Bu yenilikçi yaklaşımların, üretici firmaların iddia ettikleri şekilde materyalin mekanik ve fiziksel özelliklerinden ödün vermeksizin, polimerizasyon stresinin azaltılmasında ve derinliğinin artırılmasında fayda sağlayıp sağlayamadığı halen güncel bir araştırma konusudur. Bu derlemenin amacı mevcut *in vivo* ve *in vitro* çalışmaları sunarak, bulk-fill teknolojisine genel bir bakış sağlamak, özellikleri ve davranışlarındaki eğilimleri inceleyerek klinik rehberlik oluşturmaktır.

Polimerizasyon Derinliği ve Dönüşüm Derecesi

Işıkla polimerize olan kompozit rezinler, görünür mavi ışıkla polimerizasyonu aktive eden reaktif türlere ayrılan fotobaşlatıcılar içermektedir. Çoğu bulk-fill kompozit, birincil fotobaşlatıcı olarak kamforkinon (CQ) ve ko-başlatıcı olarak bir tersiyer amin içermekteyken, Tetric EvoCeram Bulk Fill'in matriks yapısına klasik CQ/amin başlatıcı sistem yanında germanyum bazlı bir başlatıcı olan "Ivocerin" ilave edilmiştir. Bu fotobaşlatıcı sistem 370-460 nm dalga boyları arasında daha yüksek absorpsiyonla, daha yüksek fotoaktivite göstermektedir. Ayrıca ko-başlatıcı amin eki olmadan en az iki radikal oluşturarak polimerizasyonu başlatabilir.^{19,20} Polimerizasyon derinliği, esas olarak materyalin translüensliği ile ters orantılı olan polimerizasyon ışığının atenüasyonu ile sınırlıdır. SonicFill hariç tüm bulk-fill kompozitler ortak bir özellik olarak geleneksel kompozitlere göre artmış bir translüensite sergilemektedir. Bulk-fill kompozitlerin ışık iletim

özellikleri değerlendirildiğinde, doldurucu miktarı, büyüklüğü, şekil ve kaplamadaki değişiklikler gibi pek çok parametreden yararlandığı görülmüştür. Örneğin Filtek Bulk Fill ve Venus Bulk Fill'de doldurucu oranı azaltılmış,¹⁸ X-tra fil, X-tra base, SDR ve SonicFill'de doldurucu miktarı (ağırlıkça %) değiştirilmeksizin, 20 µm'den geniş partiküllerin ilavesiyle, toplam doldurucu yüzey alanında dolayısıyla organik matriks-inorganik doldurucu arayüzeyinde azalma sağlanmıştır. Daha geniş partikül yapısı, ışığın matriks ve doldurucu arasından geçebileceği geçiş sayısını azalttığından, daha az foton kaçıışı ve daha fazla fotonun materyale penetrasyonu ile polimerizasyon derinliğini arttırmıştır.¹³ Tetric EvoCeram'da ise yeni bir fotobaşlatıcı sistemin ilavesi yanında, yuvarlak, düzenli partikül şekli, saydamlığı arttırmış,²¹ öte yandan içinden geçen ışığın dalga boyundan daha küçük bir çapa sahip nanodoldurucular, ışığı saçamayarak translüensiyi iyileştirmiştir.^{12,13} Bu konuda bir istisna teşkil eden SonicFill için ise bu durumun, düzensiz şekilli partikül yapısı ve matriks-doldurucu arayüzeyindeki uyumsuz kırılma indeksiyle ilişkili olabileceği ortaya konmuştur.¹⁸ Diğer yandan sonik titreşimin termal etkisinin, direkt ya da indirekt olarak serbest radikal mobilitesini artırarak, polimerizasyona katkıda bulunduğu tahmin edilmektedir.²² Bir diğer yenilikçi yaklaşım olarak, everX Posterior bulk-fill kompozitin rezin yapısına ilave edilmiş farklı doğrultularda uzanan cam fiberlerin de ışığın daha derine iletilerek veya dağıtılarak, daha geniş alanlara ulaşabilmesini sağladığı düşünülmektedir.²³

Polimerizasyon derinliğinin ölçülmesinde birçok yöntem vardır. Örneğin, ISO 4049 spesifikasyonu, yeterince polimerize olmamış materyalin uzaklaştırılması için bir kazıma yöntemini öngörür, daha sonra numune yüksekliği basitçe ölçülür ve ikiye bölünür. Diğer bir durumda veriler genellikle tabandan üste sertlik oranı veya ölçülen maksimum sertliğin yüzdesi gibi yüzde cinsinden ifade edilir.¹¹ Ayrıca polimerizasyon derinliği, (mikro) Raman veya Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ile doğrudan ölçülebilen, dönüşüm derecesine bağlı olarak da değerlendirilebilir.²⁴

Flury ve ark.¹¹ yaptıkları bir çalışmada, polimerizasyon derinliğinin belirlenmesinde ISO 4049 spesifikasyonunu kullandıklarında SDR, Venus Bulk Fill, QuiXfil ve Tetric EvoCeram Bulk Fill için elde edilen ortalama derinlik değerlerinin, sırasıyla 4.93, 6.08, 6.49, 3.83 mm iken, mikrosertlik ölçümü kullanıldığında bu değerlerin 2.5, 4.0, 3.5, 0.2 mm şeklinde olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte, ISO 4049 ölçümlerinin aksine, Vickers sertlik testleri için yarı dairesel bir kalıp kullanılması, numunelerin ışık uygulanmış yüzeyini yarıya indirerek, polimerizasyon derinliğini azaltmış olabileceği belirtilmelidir. Garcia ve ark.²⁵ da ISO 4049'da

belirtilen yöntem kullanıldığında Sonic Fill (3.46 mm) hariç diğer bulkfill kompozitlerin (SDR, Venus Bulk Fill) üretici firma önerilerini karşıladığını, sertlik ölçümleri kullanıldığında ise her üç kompozit içinde 3 mm'den fazla tabakalamanın şüpheli olduğunu ortaya koymuşlardır. Ibarra ve ark.²⁶ da çalışmalarında ISO 4049 standardını kullanmış ve SonicFill 20 saniye polimerize edildiğinde, polimerizasyon derinliğinin 4 mm'nin altında olduğu sonucuna varmışlardır. SDR ve Venus Bulk Fill kompozitlerini değerlendiren bir *in vitro* çalışmada, 2 mm'lik tabakalar yerine 4 mm kütleli yerleştirilmenin veya 40 sn yerine 20 sn ışık uygulamanın dönüşüm derecesini azaltmadığı rapor edilmiştir.²⁷ Bu bulk fill kompozitlere ek X-tra base, Tetric EvoCeram ve Filtek Bulk Fill'in de değerlendirildiği bir başka çalışma yine tabaka kalınlığının bu materyallerin dönüşüm oranında bir azalmaya yol açmadığını ortaya koymuştur.²⁸ X-tra fil'i biaksiyel bükülme dayanımı, Vickers sertlik değerleri, su emilimi ve suda çözünürlük düzeyleri ile inceleyen araştırmacılar, materyalin 4 mm derinlikte bu özellikleri açısından stabilitesini kaybetmeden yeterli polimerizasyonun sağlandığını bildirmişlerdir.²⁹ Goracci ve ark.²², polimerizasyon derinliği değerlerinin, SDR ve everX Posterior'da 4 mm'yi geçerken, SonicFill'de eşik değere oldukça yakın olduğunu; dönüşüm derecesinin SonicFill ve SDR'de uygulama kalınlığı boyunca değişmediğini gözlemişlerdir. Ilie & Stark^{14,30}, mekanik özelliklerden (Vickers sertlik, indentasyon modülü) ödün vermeksizin 4 mm polimerizasyon derinliği için yeterli ışık miktarını ölçmeyi amaçlamışlar, gerekli minimal enerji yoğunluğunu SonicFill için 47,03 J/cm², diğer bulk fill kompozitler için 23,51 J/cm² olarak tespit etmişlerdir.¹⁸

Çoğu bulk-fill kompozit, 4 mm derinlikte % 90'a eşit veya daha yüksek oranda dönüşüm derecesi göstermiştir.¹⁶ Bunun yanında dönüşüm derecesinin, parametrelerdeki değişime mikro sertlikten daha duyarlı olduğu bulunmuştur.³¹ Sonuç olarak polimerizasyondaki spektruma, zamana ve şiddete; kalıplardaki boyut ve materyale ilişkin farklılıklar, metodolojideki fikir birliği ve standardizasyon eksikliği, raporlanan verilerdeki değişikliklerden sorumludur. Bu durum sonuçların yorumlanmasını zorlaştırır ve farklı çalışmalarda çelişkili sonuçlar ortaya çıkmasına neden olabilir.

Polimerizasyon Büzülmesi ve Büzülme Stresi

Araştırmacıların üzerinde durduğu bir diğer konu ise bulk fill kompozitlerin başlıca avantajı olarak bilinen azalmış polimerizasyon stresi ve bununla ilişkili çalışmalar olmuştur. Büzülme stresini etkileyen en önemli faktörler, hacimsel büzülme ve materyalin elastisite modülüdür. Bununla birlikte bu özellikler birbirleriyle ters olarak ilişkili ve büyük ölçüde doldurucu miktarına bağlıdır. Yüksek doldurucu miktarı nedeniyle, yüksek viskoziteli bulk fill kompozitler daha az hacimsel büzülme

sergilerken^{15,25}, daha yüksek elastisite modülü göstermektedir.^{17,18}

Büzülme stresi açısından, SDR en çok araştırılan üründür. İlk üretilen bulk-fill kompozit kaide materyali olup, adını 'Stress Decreasing Resin' kelimelerinin baş harflerinden almıştır. Adından da anlaşılacağı üzere üreticileri, materyalle ilgili olarak SDR patentli UDMA monomerinin merkezine eklenen 'Polimerizasyon Modülütörü' ile dönüşüm oranında azalma olmadan, hacimsel büzülmenin etkisinin kompanse edilip, büzülme stresinin azaltıldığını; geniş moleküler boyutunun ise hacimsel büzülmede azalma sağladığını ileri sürmektedirler. Polimerizasyon Modülütörünün çalışma prensibi, kamforinon fotobaşlatıcı sistemi ile sinerjik olarak etkileşime girerek çok fazla çapraz bağlanma olmadan daha fazla doğrusal/dallanan zincir yapısı ile çapraz bağ yoğunluğundaki ani artışın önlenip kontrollü polimerizasyona olanak sağlama şeklinde açıklanmıştır.³² Polimerizasyon stresinin azaltılmasında, organik matriks yapısında modifikasyonlara gidilmiş bir diğer materyal olan Filtek Bulk Fill Flowable Restorative, yüksek moleküler ağırlıklı monomerler (Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, procrylat rezin) kullanılarak üretilmiş olup, bu yüksek moleküler ağırlıklı monomerlerin oranları ayarlanarak, akışkanlık için uygun viskozite elde edilmiştir. Üretici firma tarafından bu sayede polimerizasyon büzülmesindeki azalmayla birlikte düşük elastisite modülü ile strese de azalma elde edildiği iddia edilmektedir.³³ Filtek Bulk Fill Posterior Restorative geliştirilmesinde ise rezinin yapısında iki yeni metakrilat monomer söz konusudur. Bunlardan ilki rezin içerisindeki reaktif grupların sayısını azaltan yüksek moleküler ağırlıklı aromatik bir dimetakrilat olan AUDMA monomeridir. Üreticiler bu monomerin, strese yol açan hacimsel büzülme ve polimer matriks rijiditesinin dengelenmesine yardımcı olduğunu iddia etmektedirler. İlave fragmentasyon monomeri (addition-fragmentation monomers, AFM) olarak adlandırılan diğer metakrilat monomerinin ise çapraz bağ yapısına katılarak üçüncü reaktif bölgesi sayesinde parçalara ayırıp polimerik ağ oluşumunu rahatlattığını ve devamında strese azalmaya yol açtığını ileri sürmektedirler.³⁴

Bir kısım bulk-fill kompozitte ise polimerizasyon stresinin azaltılması için doldurucu içeriği ve tipinde değişikliklere gidilmiştir. Örneğin Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozitinin yapısına, elastisite modülü nispeten düşük (geleneksel cam doldurucuların elastisite modülü yaklaşık 71GPa iken, bu özel doldurucuların 10 GPa'dır) prepolimerize doldurucular ilave edilmiştir. Bu doldurucuların mikroskobik yay gibi davranarak, polimerizasyon süreci boyunca stresi absorbladığı iddia edilmektedir.³⁵ Kullanılan bir diğer yöntemi, farklı boyutlardaki doldurucuları içeren 'multihibrit doldurucu teknolojisi' oluşturmaktadır.^{36,37} everX Posterior da ise yapısındaki farklı doğrultularda uzanan güçlendirici fiberler ile her yöne eşit dağılmayan büzülme ile polimerizasyonun kontrolü ve

stresin hafifletilmesi hedeflenmiştir.³⁸

Araştırmaların çoğu bulk fill kompozitlerdeki değiştirilmiş polimerizasyon davranışının, geleneksel kompozitlere kıyasla büzülme stresinde belirgin bir azalma oluşturduğunu³⁹⁻⁴², hacimsel büzülme oranının ise akışkan formunda belirgin bir azalma gösterirken^{15,25,28}, yüksek viskoziteli kompozitlerde (geleneksel/bulk) benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur.^{15,28,43} Araştırmacılar akışkan bulk fill kompozitlerin, geleneksel akışkan kompozitlere göre daha düşük polimerizasyon büzülme stresi göstermesini, viskozitenin azaltılmasında TEGDMA miktarını artırmak yerine UDMA ve etoksilenmiş dimetakrilatlar gibi daha yüksek molekül ağırlıklı monomerlerin kullanılmasıyla ilişkilendirmişlerdir.²⁸ Bunun yanında incelenen kompozitler arasında Venus Bulk Fill istisna teşkil ederek, geleneksel akışkan kompozitlerden daha fazla polimerizasyon büzülmesi göstermiştir.^{25,28} Jang ve ark.⁴⁴, bulk fill kompozitleri geleneksel kompozit rezinlerle karşılaştırdıkları çalışmalarında, hacimsel büzülme ve büzülme stresi açısından yüksek viskoziteli formların benzer ve düşük viskoziteli bulk fill kompozitlerden daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Shibasaki ve ark.⁴⁵ ise önceki bulguların aksine yüksek viskoziteli bulk fill kompozitleri, geleneksel ve düşük polimerizasyon büzülmesi gösteren kompozitler ile karşılaştırdıklarında, bulk fill kompozitlerin daha yüksek hacimsel büzülme gösterdiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar EverX Posterior'u, birçok çalışmayla düşük büzülme stresi kanıtlanmış SDR ile karşılaştırmış ve büzülme gerilim oranının (%0.17) oldukça düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumu büzülmenin fiberlerin doğrultusunda kontrol altında olup, horizontal yönde orijinal boyutunu korurken yalnızca fiberler arasındaki polimer matrikste oluşan büzülme sonucu vertikal yönde gerçekleşebileceği şeklinde açıklamışlardır.³⁸

Mikrosızıntı ve Kenar Uyumu

Bulk-fill kompozitleri, konvansiyonel kompozitlerden ayıran bir diğer özellik ise kavite duvarlarına adaptasyonunu arttırmak için reolojisinde yapıldığı iddia edilen birtakım değişikliklerdir.¹³ Ancak araştırmalarda bulk-fill kompozitler, kenar adaptasyonu açısından, geleneksel tabakalama yöntemiyle uygulanan kompozit restorasyonlara benzer özellikler sergileyerek üstünlük sağlamamıştır.⁴⁶⁻⁴⁸ Agarwal ve ark.⁴⁹ yaptıkları çalışmada, SDR ve SonicFill'in (sonik enerji uygulaması ile) erken polimerizasyon aşamasındaki plastik akışını kolaylaştıran düşük viskoziteli yapısının, yüksek viskoziteli olanlara göre kavite duvarlarına adaptasyonunu arttırdığını gözlerken, bazı düşük viskoziteli bulk fill kompozitlerin (X-tra base ve Venus Bulk Fill) akışkan formlarına rağmen servikal kenarlarda artmış gap oluşumuna neden olduğu tespit edilmiştir.^{43,46} Mikrosızıntı çalışmaları da benzer şekilde

bulk-fill kompozitlerle restore edilen Sınıf II kaviteilerin, tabakalama yöntemi ve geleneksel kompozitlerin kullanıldığı restorasyonlara göre dentin kenarlarında marjinal mikrosızıntı açısından bir fark oluşturmadığını bildirmişlerdir.⁵⁰ Bunun yanında Moorthy ve ark.⁵¹ ve Webber ve ark.⁵² da Sınıf II kaviteelerde kaide olarak bulk fill kompozitlerin kullanılmasının mikrosızıntı açısından belirgin bir olumlu etki yaratmadığını, her iki durumda da primer sınırlayıcı faktörün bağlanan substrat yapısı olduğunu tespit etmişlerdir.

Mekanik ve Fiziksel Özellikleri

Bulk-fill kompozitlerle yapılan restorasyonların başarısından söz edebilmek için bu materyaller, sertlik, elastisite modülü, akma, bükülme dayanımı, kırılma tokluğu, aşınma direnci, yüzey pürüzlülüğü, su emilimi ve suda çözünürlük gibi pek çok fiziko-mekanik özellik açısından yeterli olmalıdır.

Ilie ve ark.¹³, bulk-fill kompozitleri, geleneksel ve akışkan tipteki kompozitlerle karşılaştırmış, bükülme dayanımı açısından mevcut bulk-fill kompozitlerin 120.8 ile 142.8 MPa arasında değişen bükülme dayanımı değerleriyle, nanohibrit ve mikrohibrit kompozitlere benzer, akışkan kompozitlerden ise belirgin daha yüksek değerler verdiğini ortaya koymuşlardır. Aynı çalışmada, bulk-fill kompozitler için elde edilen elastisite modülü, indentasyon modülü ve Vickers sertlik değerleri ise hibrit ve akışkan kompozitlerden elde edilen değerler arasında seyretmektedir. Bulk-fill kompozitleri düşük ve yüksek viskoziteli olmak üzere iki farklı grup şeklinde, nanohibrit ve akışkan kompozitlerle karşılaştıran başka bir çalışmada, yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitlerin en yüksek indentasyon modülü ve nanohibritlere benzer sertlik değerleri gösterdiği, akışkan bulk-fill kompozitlerin ise her iki mekanik özellik açısından da belirgin en düşük değerleri sergilediği tespit edilmiştir.¹⁸ Aşınma ve kırılma direnci açısından akışkan bulk-fill kompozitler, geleneksel formlarına benzerlik göstermiş, kendi aralarında ise doldurucu oranına paralel olarak en yüksek değerler x-tra base grubunda elde edilmiştir.⁵³ Yüksek viskoziteli bulk-fill ve geleneksel kompozitler arasındaki karşılaştırmanın sonucunda da SonicFill'de yüzeyden kopan ve kırılan geniş doldurucu yapısıyla geleneksel kompozitlere kıyasla daha fazla aşınma, Tetric EvoCeram Bulk Fill'de ise geleneksel kompozitlere benzer performans gözlenmiştir.⁵⁴ everX Posterior'un diğer bulk-fill kompozitlerden farklı olarak içeriğindeki yarı penetre polimer ağı ve kısa fiber yapısı aşınma direncini⁵⁵ ve materyal içerisindeki çatlak yayılımını önleyerek kırılma dayanımını³⁸ arttırmış, diğer kompozitlere göre üstünlük sağlamıştır. Akma değerleri incelendiğinde, bulk-fill ve akışkan kompozitlerin benzer şekilde, nanohibrit ve mikrohibrit kompozitlerden belirgin daha düşük direnç

gösterdikleri tespit edilmiştir.¹³ Bu çalışmanın aksine, akma dayanımının değerlendirildiği başka bir çalışmada bulk-fill kompozitlerin yük altında kabul edilebilir deformasyon davranışı ile geleneksel kompozitlere benzer, yüksek boyutsal stabilite sergiledikleri ve doldurucu içeriğiyle orantılı olarak strain oranının azaldığı bildirilmiştir.¹⁰ Bulk-fill kompozitler kendi içlerinde değerlendirildiğinde, ölçülen tüm mekanik özelliklerin en fazla hacimce doldurucu oranı olmak üzere, sırasıyla ağırlıkça doldurucu oranı ve materyale ait özelliklerden etkilendiği, özellikle SDR, Venus Bulk Fill ve Filtek Bulk Fill kompozit rezinlerinin en düşük değerleri verdiği bildirilmiştir.^{13,17} Yüzey pürüzlülüğü ise daha çok doldurucu şekli ve boyutuyla ilgilidir. Pürüzlülüğün renklenmeye ve plak birikimine elverişli bir ortam oluşturması, bulk-fill kompozitlerin farklı koşullardaki davranışlarının incelenmesi gerekliliğini doğurmuştur. Fırçalama simülasyonu⁵⁶ ve yaşlandırma,⁵⁷ özellikle mikrohibrit ve nanohibrit yapıdaki bulk-fill kompozitlerin, yüzey pürüzlülüklerini geleneksel kompozit rezinlere oranla daha fazla arttırmış (nanofil yapıdaki bulk-fill için bu değer nispeten daha düşük); gıdaları taklit eden sıvılarda bekletildiklerinde, geniş ve düzensiz doldurucu yapısı pürüzlülük artışında etkili olmuştur.⁵⁸ Diğer yandan yaşlandırma sonrası pürüzlülükteki artış ve renk değişimi paralellik göstermemiş, en yüksek renk stabilitesi nanohibrit yapıdaki SonicFill'de elde edilmiştir.⁵⁷ Bir diğer çalışma da renklendirici solüsyonda 3 haftalık bekletme sürecinin bulk-fill kompozitlerde, nanohibrit yapıdaki geleneksel kompozite göre daha fazla renk değişimine yol açtığını bildirmiştir. Bununla birlikte renk değişimi nanohibrit kompozitte 1 haftadan sonra stabil kalırken, bulk-fill kompozitlerde zaman içinde artış devam etmiştir.⁵⁹ Parlatılabilirlikleri açısından klinikte en sık kullanılan polisaj sistemleri karşılaştırılmış, yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitlerin yüzey pürüzlülüklerinde kullanılan sisteme bağlı farklılıklar gözlenirken, akışkan tiplerinde her iki polisaj sistemi de pürüzlülüğü arttırmıştır. Araştırmacılar buna istinaden, yapıları gereği oklüzal kuvvet almayan ve aproksimal alanlarda ağız ortamına açık bırakılabilen akışkan bulk-fill kompozitlerin, eğer mümkünse parlatma işlemi uygulanmamış, en pürüzsüz haliyle bırakılmasını önermişlerdir.⁶⁰ Su emilimi ve suda çözünürlük değerleri ele alındığında, materyaldeki doldurucu miktarının önemli bir etkisi varsa da,⁶¹ daha çok polimer matriks yapısına bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.⁶²

Biyouyumluluk

Rezin kalınlığının artmasıyla tehlikeye giren ışık penetrasyonunun gündeme getirdiği diğer bir konu ise azalmış polimer dönüşümü sonucu meydana gelen artık monomer salımı ve toksisite problemidir. Polimerize olmamış artık monomerler yanında, organik rezin matriks içindeki fotobaşlatıcıyla diğer katkı maddelerinin ve inorganik dolduruculardan metal

iyonlarının salımı nedeniyle de sitotoksisite oluşabilmektedir.⁶³ Bu konuyla ilgili olarak araştırmacılar, bulk-fill kompozitlerin genel olarak geleneksel kompozitlerden daha yüksek veya benzer düzeyde hücre canlılığı gösterdiğini ancak "S-PRG dolduruculu" olanların istisna teşkil ettiğini bildirmişlerdir.⁶⁴ Beautifil®-Bulk Flowable/ Restorative içeriğindeki bu inorganik yapı, üretim sürecinde doldurucu partiküllerin, matrikse eklenmeden önce dayanıklı bir cam iyonomer fazla kaplanması sonucu elde edilir. Flor salımı ve reşarj özelliği ile yüksek biyoaktivite gösterir.⁶⁵ Bu kompozitlerde daha fazla sitotoksisite gözlenmesi ise dönüşüm derecesinin yanında diğer bulk-fill kompozitlerden farklı bir teknoloji olan flor ve diğer iyonların salımı özelliklerinin sorumlu olabileceğini düşündürmüştür. Bunun yanında sadece SDR ve everX Posterior 4 mm'de kabul edilebilir (ISO standartlarına göre >%70) biyouyumluluk sergilerken,⁶⁴ başka bir çalışmada da X-tra fil için benzer sonuçlar bildirilmiştir.²⁹ Bulk-fill kompozitler genotoksisite açısından değerlendirildiğinde, test edilen materyallerin (SDR, Venus Bulk Fill, X-tra base) 4 mm uygulama kalınlığı ve 20 saniyelik polimerizasyon süresi ile incelenen genotoksik etkilere neden olmadan, biyouyumluluk açısından bir sakınca oluşturmadığı tespit edilmiştir. Bunun yanında polimerizasyon süresinin artırılması ek bir fayda sağlamamıştır.⁶⁶

Klinik Çalışmalar

Bir kompozitin hasta ağızındaki ömrü için en iyi referans uzun dönemli klinik çalışmalardır. Bulk-fill kompozitlerle ilgili olarak in vivo çalışmalara ilk kez klinik kullanımlarının kabulünden yıllar sonra rastlanmaktadır. QuiXfil kompozit rezini 18. ay,⁶⁷ 3.⁶⁸ ve 4. yılda,⁶⁹ geleneksel bir kompozit rezinle kıyaslanarak modifiye USPHS kriterleriyle incelenmiş, her iki kompozitte 4 yılın sonunda ağırlıklı alfa skorlarıyla benzer ve klinik olarak mükemmel veya kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir. Ancak bu çalışmada bulk-fill kompozit yalnızca kavite derinliği yeterli olduğunda, 4 mm'lik kütleli uygulanabilmiştir.

SDR bulk-fill kompozit rezininin 3⁷⁰ ve 5⁷¹ yıllık randomize kontrollü çalışmaları, 5 yılın sonunda %1.1'lik yıllık başarısızlık oranıyla karşılaştırıldığı konvansiyonel kompozit rezine (%1.3) benzer ve kabul edilebilir klinik sonuçlar sergilediğini ortaya koymuştur. Yalnızca Sınıf II kavite için değerlendirildiğinde ise %2.1 yıllık başarısızlık oranı gösteren geleneksel rezine göre, bulk-fill için bu değer %1.4 olarak tespit edilmiştir.

Yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitlerin süt dişlerinde Sınıf I,⁷² daimi dişlerde Sınıf II restorasyonlarda; akışkan tiplerini Sınıf II restorasyonlarda kaide materyali olarak⁷³ veya çürüksüz servikal lezyonlarda,⁷⁴ 1 yıl sonundaki

modifiye USPHS kriterleriyle değerlendirme sonuçları, tüm restorasyonları kabul edilebilir olarak sınıflandırmıştır. Servikal lezyonların restorasyonlarındaki 1 yıllık klinik performansları, yüzey pürüzlülüğü açısından daha iyi sonuçlar vermesinin dışında geleneksel kompozitlerle aralarında anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Benzer şekilde, Karaman ve ark. da endodontik tedavi sonrası açık sandviç uyguladıkları restorasyonların 3-yıllık klinik takiplerinde tabakalama yönteminin uygulandığı kontrol grubuna benzer ve klinik olarak kabul edilebilir sonuçlar bildirmişlerdir.⁷⁵ Klinik etkinlik ile ilgili bu ilk bulgular, posterior kavitetlerin bulk-fill kompozitlerle restorasyonları için kısa ve orta vadede umut vericidir.

SONUÇ

Genel olarak mevcut *in vitro* çalışmalar üreticilerin iddialarını doğrulamakta ve bulk-fill kompozitlerin kullanımını desteklemektedir. Ancak klinik davranışlarını destekleyen kanıtlar sağlamak için uzun süreli *in vivo* çalışmalar gereklidir. Polimerizasyon derinliği ve stresi açısından üretici firmalar tarafından farklı stratejiler izlenmesi, materyaller arasındaki bu bileşimsel varyasyonların genellikle üretici tarafından tam olarak açıklanmaması ve *in vitro* çalışmalardaki metodoloji farklılıklarından dolayı bulk-fill olarak sınıflandırılan tüm materyaller için ortak bir sonuca varılması mümkün değildir. Bu nedenle, daha fazla veri bulunana kadar klinisyenlerin materyalleri dikkatli bir şekilde seçmeleri ve üretici talimatlarına uymaları önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Arıkan S. Posterior kompozit restorasyonlar. *Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Derg* 2005;8:63-70.
2. Duarte S Jr, Saad JR. Marginal adaptation of class ii adhesive restorations. *Quintessence Int* 2008;39:413-8.
3. 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;28:801-9.
4. Van Nieuwenhuysen JP, D'Hoore W, Carvalho J, Qvist V. Long-term evaluation of extensive restorations in permanent teeth. *J Dent* 2003;31:395-405.
5. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res* 2010;89:1063-7.
6. Leprince JG, Leveque P, Nysten B, Gallez B, Devaux J, Leloup G. New insight into the "depth of cure" of dimethacrylate-based dental composites. *Dent Mater* 2012;28:512-20.
7. Shortall AC, Palin WM, Burtscher P. Refractive index mismatch and monomer reactivity influence composite curing depth. *J Dent Res* 2008;87:84-8.
8. Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling. *Dent Mater* 2008;24:1501-5.
9. Abbas G, Fleming GJP, Harrington E, Shortall ACC, Burke FJT. Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with a packable composite cured in bulk or in increments. *J Dent* 2003;31:437-44.
10. El-Safty S, Silikas N, Watts DC. Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dent Mater* 2012;28:928-35.
11. 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;28:521-8.
12. 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* 2013a;41:695-702.
13. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assesment of their mechanical performance. *Oper Dent* 2013b;38:618-25.
14. Ilie N, Stark K. Curing behavior of high viscosity bulk-fill composites. *J Dent* 2014;42:977-85.
15. 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;43:430-9.
16. Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Tauböck TT. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clin Oral Invest* 2015;19:831-40.
17. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent* 2014;42:993-1000.
18. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Invest*. 2014; 18: 1991-2000.
19. Ivoclar Vivadent Pty Ltd. Scientific documentation Tetric EvoCeram Bulk Fill. <http://www.ivoclarvivadent.us/en-us/composites/restorative-materials/tetric-evoceram-bulk-fill> Son erişim tarihi: 09.11.2015.
20. Moszner N, Fischer UK, Ganster B, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. *Dent Mater* 2008;24:901-7.
21. 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.
22. Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, Giangrosso G, Juloski J, Vichi A, et al. Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. *Dent Mater* 2014;30:688-94.
23. Omran TA, Garoushi S, Abdulmajeed AA, Lassila LV, Vallittu PK. Influence of increment thickness on dentin bond strength and light transmission of composite base materials. *Clin Oral Investig* 2017;21:1717-24.
24. 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;40:92-101.
25. Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Oper Dent* 2014;39:441-8.
26. Ibarra ET, Lien W, Casey J, Dixon SA, Vanderwalle KS. Physical properties of a new sonically placed composite resin restorative material. *Gen Dent* 2015;63:51-6.
27. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig* 2013;17:227-35.
28. Zorzin J, Maier E, Harre S, Fey T, Belli R, Lohbauer U, et al. Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing. *Dent Mater* 2015;31:293-301.
29. Fleming GJ, Awan M, Cooper PR, Sloan AJ. The potential of a resin-composite to be cured to a 4mm depth. *Dent Mater* 2008;24:522-9.
30. Ilie N, Stark K. Effect of different curing protocols on the mechanical properties of low-viscosity bulk-fill composites. *Clin Oral Investig* 2015;19:271-9.

31. Ilie N, Fleming GJP. In vitro comparison of polymerisation kinetics and the micro-mechanical properties of low and high viscosity comonomers and RBC materials. *J Dent* 2015;43:814-22.
32. Dentsply Detrey GmbH. Scientific compendium SDR. <http://dentsplymea.com/products/restorative/composites/sdr>
Son erişim tarihi: 08.11.2015.
33. 3M ESPE Dental Products. Filtek Bulk Fill Flowable Restorative technical product profile. http://www.3m.com/3M/en_US/Dental/Products/Catalog/~/_/Filtek-Bulk-Fill-Flowable-Restorative
Son erişim tarihi: 10.11.2015.
34. 3M ESPE Dental Products. Filtek Bulk Fill Posterior Restorative technical product profile. http://www.3m.com/3M/en_US/Dental/Products/Catalog/~/_/Filtek-Bulk-Fill-Posterior-Restorative
Son erişim tarihi: 10.11.2015.
35. Ivoclar Vivadent. Tetric EvoCeram Bulk Fill: The bulk composite without compromises. Scientific Documentation 2011:1-20.
36. VOCO GmbH - The Dentists. X-tra fil light-curing posterior filling material. http://www.voco.com/en/product/x_tra_fil/index.html
Son erişim tarihi: 07.12.2016.
37. Dentsply Detrey GmbH. Scientific compendium on QuiXfil. <http://www.dentsplymea.com/products/restorative/composites/quixfil>
Son erişim tarihi: 10.11.2015.
38. Garoushi S, Säilynoja E, Vallittu PK, Lassila L. Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. *Dent Mater* 2013;29:835-41.
39. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on SDR technology. *Dent Mater* 2011;27:348-55.
40. Marovic D, Tauböck TT, Attin T, Panduric V, Tarle Z. Monomer conversion and shrinkage force kinetics of low-viscosity bulk-fill resin composites. *Acta Odontol Scand* 2014;73:474-80.
41. El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Oper Dent* 2014;39:374-82.
42. Al Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Surface and bulk properties of dental resin-composites after solvent storage. *Dent Mater* 2016;32:987-97.
43. Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Honoré D, Pedersen M, Pallesen U. Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Oper Dent* 2015;40:190-200.
44. 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;40:172-80.
45. Shibasaki S, Takamizawa T, Nojiri K, Imai A, Tsujimoto A, Endo H, et al. Polymerization behavior and mechanical properties of high-viscosity bulk-fill and low shrinkage resin composites. *Oper Dent* 2017;42:177-87.
46. Campos EA, Ardu S, Lefever D, Jassé FF, Bortolotto T, Krejci I. Marginal adaptation of class ii cavities restored with bulk-fill composites. *J Dent* 2014;42:575-81.
47. Furness A, Tadros MY, Looney SW, Rueggeberg FA. Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *J Dent* 2014;42:439-49.
48. Roggendorf MJ, Krämer N, Appelt A, Naumann M, Frankenberger R. Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite. *J Dent* 2011;39:643-7.
49. Agarwal R, 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.
50. Kalmowicz J, Phebus JG, Owens BM, Johnson WW, King GT. Microleakage of class i and ii composite resin restorations using a sonic-resin placement system. *Oper Dent* 2015;40:653-61.
51. Moorthy A, Hogg CH, Dowling AH, Grufferty BF, Benetti AR, Fleming GJ. Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk-fill flowable resin-based composite base materials. *J Dent* 2012;40:500-5.
52. Webber MBF, Marin GC, Progiante PS, Lolli LF, Marson FC. Bulk-fill resin-based composites: microleakage of class ii restorations. *JSCD* 2014;2:15-9.
53. Engelhardt F, Hahnel S, Preis V, Rosentritt M. Comparison of flowable bulk-fill and flowable resin-based composites: an in vitro analysis. *Clin Oral Investig* 2016;20:2123-30.
54. Barkmeier WW, Takamizawa T, Erickson RL, Tsujimoto A, Latta M, Miyazaki M. Localized and generalized simulated wear of resin composites. *Oper Dent* 2015;40:322-35.
55. Kumar A, Sarthaj AS, Majumder DS. Comparative evaluation of wear resistance of cast gold with bulk-fill composites an in vitro study. *J Conserv Dent* 2018;21:302-5.
56. O'Neill C, Kreplak L, Rueggeberg FA, Labrie D, Shimokawa CAK, Price RB. Effect of tooth brushing on gloss retention and surface roughness of five bulk-fill resin composites. *J Esthet Restor Dent* 2018;30:59-69.
57. Karadas M, Demirbuğa, S. Evaluation of color stability and surface roughness of bulk-fill resin composites and nanocomposites. *Meandros Med Dent J* 2017;18:199-206.
58. Tanthanuch S, Kukiattrakoon B, Eiam-O-Pas K, Pokawattana K, Pamanee N, Thongkamkaew W, et al. Surface changes of various bulk-fill resin-based composites after exposure to different food-simulating liquid and beverages. *J Esthet Restor Dent* 2018;30:126-35.
59. Barutçigil Ç, Barutçigil K, Özarslan MM, Dündar A, Yilmaz B. Color of bulk-fill composite resin restorative materials. *J Esthet Restor Dent* 2018;30:E3-E8.

60. Rigo LC, Bordin D, Fardin VP, Coelho PG, Bromage TG, Reis A, et al. Influence of polishing system on the surface roughness of flowable and regular-viscosity bulk fill composites. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2018;38:79-86.
61. Mansouri SA, Zidan AZ. Effect of Water Sorption and Solubility on Color Stability of Bulk-Fill Resin Composite. *J Contemp Dent Pract* 2018;19:1129-34.
62. Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Long-term sorption and solubility of bulk-fill and conventional resin-composites in water and artificial saliva. *J Dent* 2015;43:1511-8.
63. Caughman WF, Caughman GB, Shiflett RA, Rueggeberg F, Schuster GS. Correlation of cytotoxicity, filler loading and curing time of dental composites. *Biomaterials* 1991;12:737-40.
64. Toh WS, Yap AUJ, Lim SY. In vitro biocompatibility of contemporary bulk-fill composites. *Oper Dent* 2015;40:644-52.
65. Shofu Dental Corporation. Beautiful-Bulk: one bulk-fill composite-two viscosities http://shofu.de/uploads/tx_shofuproducts/download_s/BeautifulBulk_GB_2015-09.pdf Son erişim tarihi: 09.11.2015.
66. Tauböck TT, Marovic D, Zeljezic D, Steingruber AD, Attin T, Tarle Z. Genotoxic potential of dental bulk-fill resin composites. *Dent Mater* 2017;33:788-95.
67. Manhart J, Chen H, Neuerer P, Thiele L, Jaensch B, Hickel R. Clinical performance of the posterior composite QuiXfil after 3, 6, and 18 months in class 1 and 2 cavities. *Quintessence Int* 2008;39:757-65.
68. 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 Investig* 2009;13:301-7.
69. 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;12:237-43.
70. van Dijken JW, Pallesen U. A randomized controlled three year evaluation of "bulk-filled" posterior resin restorations based on stress decreasing resin technology. *Dent Mater* 2014;30:245-51.
71. van Dijken JW, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: a 5-year randomized controlled clinical study. *J Dent* 2016;51:29-35.
72. Öter B, Deniz K, Çehreli SB. Preliminary data on clinical performance of bulk-fill restorations in primary molars. *Niger J Clin Pract* 2018;21:1484-91.
73. Bayraktar Y, Ercan E, Hamidi MM, Çolak H. One-year clinical evaluation of different types of bulk-fill composites. *J Investig Clin Dent* 2017;8:1-9.
74. Canali GD, Ignácio SA, Rached RN, Souza EM. One-year clinical evaluation of bulk-fill flowable vs. regular nanofilled composite in non-carious cervical lesions. *Clin Oral Investig* 2018;1-9.
75. Karaman E, Keskin B, Inan U. Three-year clinical evaluation of class II posterior composite restorations placed with different techniques and flowable composite linings in endodontically treated teeth. *Clin Oral Investig* 2017;21:709-16.

Yazışma Adresi:

Özge Gizem CABADAĞ
Pamukkale Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi AD, Denizli, Türkiye
E-mail : gizemyndny@outlook.com