

# BÖLÜM 7

## ÜNİVERSAL REZİN KOMPOZİTLER

Beyza ARSLANDAŞ DİNÇTÜRK<sup>1</sup>

Cemile KEDİCİ ALP<sup>2</sup>

### REZİN KOMPOZİTLERİN YAPISI

Modern rezin kompozit restoratif materyaller 1960'ların başında Bis-GMA gibi (2,2-bis[4-(2-hidroksi-3-metakriloksipropoksi) fenil]-propan) inorganik partiküllerin keşfiyle başlamıştır. Resin kompozitler çapraz bağı polimer ağları oluşturmak için organik matris, sentetik polimerler, inorganik doldurucular, başlatıcılar, aktivatörler ve inorganik doldurucu maddelerini polimer matrisine bağlayan silan ajanlarından oluşmaktadır (1). Organik matriste; Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, Bis-EMA vb. monomerler bulunmaktadır. En yaygın olarak kullanılan organik matris monomeri olan Bis-GMA, hidroksil grupları ve monomerler arasında meydana gelen hidrojen bağı etkileşimleri nedeniyle çok yüksek bir viskoziteye sahiptir. Bu nedenle uygun viskoziteyi sağlamak için Bis-GMA sıvı monomer ile seyreltilmelidir (2). Daha az viskoz olan ve mükemmel kopolimerizasyon özelliklerine sahip olan TEGDMA monomeri, UDMA ve Bis-GMA bazlı kompozitler için seyreltici monomer olarak sıklıkla kullanılır. TEGDMA, vinil çift bağı dönüşümünü artırır (3). UDMA ve Bis-EMA, daha yüksek moleküler ağırlıklara ve birim ağırlık başına daha az çift bağına sahip olduklarından, genellikle TEGDMA'dan daha az büzülme gösterirler. Polimerizasyon büzülmesini ve nem, asit, sıcaklık değişiklikleri gibi çevresel faktörlerin olumsuz etkilerini azaltmak için birçok üründe TEGDMA'nın yerini UDMA ve Bis-EMA almıştır (4). Modern resin kompozitler, kuvars, kolloidal silika, baryum, stronsiyum ve zirkonyum içeren silika cam gibi doldurucular içerirler. Bu doldurucular dayanıklılığı artırır ve polimerizasyon büzülmesini, termal genleşme katsayısını ve su absorpsiyonunu azaltırlar. İnorganik doldurucular ile organik matris arasında güçlü bir kovalent bağı oluşumu resin kompozitlerde iyi mekanik özellikler elde etmek için esastır.

<sup>1</sup> Arş.Gör., Gazi Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Restoratif Dış Tedavisi AD., beyzarslandas@gmail.com

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Gazi Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Restoratif Dış Tedavisi AD., cemile-kedici@hotmail.com

Bu iki fazın bağlanması fonksiyonel bir grup olan silan bağlama ajanıyla sağlanır. Tipik olarak 3-metakriloksipropiltrimetoksisilan (MPTS) kullanılmaktadır (1). Rezin kompozitlerde ticari olarak kullanılan organik monomerlerin yanında büyük ölçüde inorganik doldurucuların tipi, boyutu ve dağılımında değişiklikler olmaktadır (5).

## **REZİN KOMPOZİTLERİN SINIFLANDIRILMASI**

Rezin kompozitler, günümüze kadar birçok farklı şekilde sınıflandırılmıştır, en çok kullanılan sınıflandırmalardan birisi de inorganik doldurucu partikül büyüklüğüne göre yapılmaktadır (6). Rezin kompozitler doldurucu partikül büyüklüklerine göre; megafil, makrofil, midifil, mikrofil, nanofil ve hibrit olarak sınıflandırılırlar. Partikül büyüklüğü 50-100 µm olan kompozitler megafil, 10-100 µm olan kompozitler makrofil, 1-10 µm olan kompozitler midifil olarak adlandırılır. Makrofil ve midifil kompozitler, geleneksel resin kompozitler olarak adlandırılmaktadır. Partikül büyüklüğü 0,1-1 µm olanlar minifil, partikül büyüklüğü 0,01-0,1 µm olan kompozitler mikrofil, partikül büyüklüğü 0,01 µm olan kompozitler ise nanofil olarak adlandırılır (7). 1975 yılında 0.07 µm partikül boyutlarına sahip mikro ince doldurucu içeren ve daha sonra mikrofil kompozit haline gelecek olan resin kompozit materyaller geliştirilmiş ve doldurucu teknolojisinde önemli bir gelişmeye yol açmışlardır (8). Bu materyaller, düşük doldurucu içeriklerini telafi etmek için ağırlıkça %35-50 doldurucu partikülleri, 0,04 µm silika doldurucu partikülleri ve pre-polimerize resin doldurucular içermektedir. Kaviteye yerleştirirken zorlukla karşılaşılmasında ve polisajlanabilirlikleri iyi olmasına rağmen, fiziksel özellikleri ve düşük kırılma dayanımlarından dolayı geniş anterior restorasyonlar için mikrofil dolduruculu materyaller ideal değildir. 1970'lerin sonlarında, 1980'lerin başında, organik matrisi güçlendirmek, fiziksel özellikleri iyileştirmek, viskozitenin kontrolünü sağlamak ve aşınmayı iyileştirmek için mikrofil doldurucular (0,04 µm genişliğinde pirojenik silika parçacıkları) geleneksel makrofil (10-100 µm) doldurucular ile karıştırılmıştır. Ancak, bu hibrit kompozitlerin kullanımı ve bitim parlaklığı, mikrofil kompozitlerinki kadar iyi değildir (9). Rezin kompozitlerin içeriğindeki inorganik doldurucu partikülün boyutu materyalin özellikleri ve karakteristiği üzerinde etkilidir (10). Farklı doldurucuların boyut, şekil ve doldurucu dağılımının etkileri araştırılan çalışmalarda nano-sferik partiküllerin genellikle üstün mekanik özellikler gösterdiği bulunmuştur (11, 12).

2002'de 20 nm partikül boyutuna sahip nanoteknoloji bazlı bir kompozit resin piyasaya sürülmüştür (13). Bu materyalin mevcut versiyonu Filtek Supreme

Ultra'dır (3M Oral Care) (diğer bölgelerde Filtek Supreme XTE, Filtek Ultimate ve Filtek Z350 XT olarak adlandırılır). Nanofil kompozit rezinlerle ilişkili ileri teknolojiye rağmen, klinik sonuçları hibrit kompozitlerinkiyle karşılaştırılabilir (14, 15). Nanohibrit terimi, nanofil partikülleri ve geleneksel doldurucu partiküllerinin bir karışımını içeren hibrit kompozit rezinler için kullanılmıştır. 1990'ların başında mevcut olan Herculite XRV (Kerr Corp.) gibi klasik hibrit kompozitlere bakıldığında, bu materyaller halihazırda nanoboyutlu partiküllerin (40 nm) ve geleneksel makrofil partiküllerin bir karışımını içermektedir. Bu nedenle, şu anda "nanohibrit" olarak bilinen materyaller hibrit kompozit rezinlerdir (16). Bazı yayınlar "nanohibrit" teriminden kaçınmış ve bunun yerine nanofil, submikron kompozitler ve geleneksel mikrohibrit kompozitler gibi terimler kullanmıştır (12). Ancak farklı yayınlar nano dolduruculu ve "nanohibrit" kompozit terimlerini aynı kategoride gruplandırmıştır (15, 17). "Nanohibrit" olarak adlandırılan kompozit rezinlerin klasik mikrohibrit materyallerden daha iyi fiziksel özelliklere sahip olduğuna dair bir kanıt yoktur (18, 19).

## **ÜNİVERSAL REZİN KOMPOZİTLER**

Rezin kompozitler ne kadar çok renk tonu barındırsa da doğal dişlerde gözlenen renk değişkenliğine kıyasla yetersiz olması sebebiyle üreticiler genellikle referans olarak Vita Classical renk kılavuzunu kullanan, birkaç renk tonu içeren rezin kompozitler üretmeye yöneltmiştir (20). Rezin kompozitler genellikle dentin ve minenin optik özelliklerini taklit etmeyi amaçlayan, dişin farklı bölgeleri için kullanılan dentin, opak (gövde) ve mine (translüsent) olarak adlandırılan farklı opasitelerde mevcuttur. Rezin kompozit restorasyonlar için tabakalama tekniği 1980'den beri önerilmektedir (21). Doğal bir dişin optik özelliklerini simüle etmek için kullanılan bu teknik, her tabaka için farklı renk ve opasitelere sahip kompozitlerin kullanımını içerir. Tabakalama tekniğinin renk uyumu için yeterli sonuçlar gösterdiği kanıtlanmış olsa da, bu prosedür iki veya tek ton tekniğinden çok daha karmaşıktır, daha yüksek teknik beceriler ve daha fazla klinik zaman gerektirebilmektedir (22). Basitleştirilmiş klinik protokollerin kullanımına izin veren kompozit materyaller ve restoratif teknikler tedavi süresini kısaltmak ve teknik duyarlılığı en aza indirmek için tercih edilmektedir. Renk seçimi çevresel etkenlere ve klinisyene bağlı olabileceğinden, ton seçimini kolaylaştırma eğilimi, universal kompozitlerin geliştirilmesine yol açmıştır (23).

## **ÜNİVERSAL REZİN KOMPOZİTLERDE RENK AYARLAMA POTANSİYELİ (CAP) VE BLENDİNG ETKİSİ (BE)**

Rezin kompozitlerin renk görünümüleri ve uyumları; renk özellikleri (lightness, chroma ve hue), translüseni, opaklık, ışık saçılımı ve iletimi, floresans gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (24, 25). Rezin kompozitler ve mine gibi translüsent materyaller, bitişiklerindeki alt tabakalardan renk yansıtabilir ve bu da renklerin birbirleri arasında uyumuna neden olabilmektedir (26). Klinik olarak, birlikte bakıldığında diş sert dokuları ve estetik restoratif materyaller arasındaki renk farklılıkları, ayrı ayrı bakıldığında olduğundan daha az algılanır (27). Ek olarak, estetik restoratif materyaller çevreleyen diş yapılarının rengini özümlediğinde restorasyonların genel estetik görünümü iyileşir (27, 28). Rezin kompozit restorasyonlardaki bu etkinin, yansıyan ışıktan ve çevredeki dental dokuların renk uyumundan kaynaklandığı varsayılmaktadır (29). Dental materyallerin renk uyumu iki ana yönden oluşmaktadır, öncelikle algısal bileşen (sübjektif, herhangi bir cihazla ölçülemeyen) olan blending etkisi; diğeri ise fiziksel bileşen (ölçülebilir olan) translüsensidir. Renk ayarlama potansiyeli (CAP), iki bileşenin etkileşimini tanımlamak ve ölçmek amacıyla kullanılan bir terimdir (30).

Bir restoratif materyalin blending etkisi (BE), komşu yapınıninkine benzer bir renk elde etme yeteneğini ifade eder. Üreticiler ürünlerini bu blending potansiyeli ile bu kalemin etkiye sahip olarak tanımlamaktadır (31). Belirgin renk ayarı olan bu rezin kompozitler, çevredeki mine ve dentin ile etkileşime girerek renk farklılıklarının azalmasına neden olur. Bu materyallerin avantajları arasında iyileştirilmiş bir estetik görünüm, basitleştirilmiş renk uyumu, renk kılavuzu sekmelerinin sayısında azalma ve küçük renk uyumsuzluklarının telafisi bulunmaktadır (32). Ton sayısındaki bu azalma, daha az renk tonu kullanarak neredeyse algılanamayan restorasyonların oluşturulmasını kolaylaştırır (30). Üniwersal kompozit rezinler, renk ayarlama potansiyeli (CAP) olarak da bilinen diş yapısı ile geliştirilmiş “blending in” etkisi sayesinde önceki rezin kompozitlere göre daha az renk tonu (single-shade veya group-shade) içermektedir (23, 33, 34). Renk ayarlama potansiyeli (CAP), translüsensiden kaynaklanan blending etkinin fiziksel bileşenini tanımlamak amacıyla tanımlanan bir parametredir ve biri diğeriyle çevriliyken birlikte bakıldığında ve ayrı ayrı bakıldığında iki koşul altında iki nesne arasındaki renk farkı değerlerinin oranı olarak ölçülebilir (35).

Paravina ve ark. (32) restorasyon büyüklüğüne bağlı olarak rezin kompozit materyallerin blending etkisini araştırmışlar ve restorasyon boyutunun küçülmesi ve restorasyon materyalinin şeffaflığının artması ile restorasyonların blending

etkisinin arttığı sonucuna varmışlardır. Literatürdeki çalışmalar (30, 32, 35) sırasıyla farklı tonlardaki rezin kompozitler arasındaki renk uyumunu hesaplayarak, restorasyonu simüle ederek ve sert diş dokularını kullanarak renk uyumunu değerlendirmişler ve renk uyumunun translüsensi parametresiyle doğru orantılı olduğunu, restorasyonun boyutuyla ve rezin kompozitlerin farklı tonları arasındaki renk farkıyla ters orantılı olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, renk uyumu rezin kompozitin tipi ve tonundan etkilenmiştir (30, 32).

## **ÜNİVERSAL REZİN KOMPOZİTLERDE YAPISAL RENK TEKNOLOJİSİ**

Üniversal rezin kompozit materyaller ile her diş rengine tek bir renk kullanarak estetik uyum sağlamak için «yapısal renk» teknolojisi kullanılmaktadır. Yapısal renk pigmentler veya boyalarla değil yalnızca ışığın fiziksel özellikleriyle ifade edilir yani yapısal renkler, kırınım, interferens veya saçılma gibi temel optik süreçlerin sonucudur. Işık farklı dalga boyları, materyalin kendi yapısı tarafından büyütülür veya zayıflatılır, bu da gerçekte olabileceğinden farklı renkleri algılamamızı sağlamaktadır (36). Işık rezin kompozitlere nüfuz ettiğinde, ışık akışının materyalde yansıtıcı iletimi, yüzeyden ışık yansımaları ve materyal içinde emilmesi ve saçılması gibi materyalle ilişkili farklı durumlar meydana gelebilmektedir (37). Resin kompozitlere, klinik olarak kabul edilebilir tonlar üretmek için renkli pigmentler dahil edilir ve pigmentlerin resin kompozitlerin translüsensiliğini ve rengini etkileyebileceği bildirilmiştir (38). Bu nedenle, klinikte optimal estetik sonucun elde edilmesinde önemli bir faktör olarak resin kompozitlere dahil edilen pigmentlerin dikkate alınmasına özen gösterilmelidir. Renk gelişimi, ışık ve pigmentler arasında bir kimyasal enerji alışverişi ile doğal veya yapay pigmentler tarafından üretilir (39). Belirli bir dalga boyundaki ışık, pigmentli materyal tarafından emildiğinde, dalga boyları yansıtıldığında ve iletildiğinde materyal rengi tanımlanabilir. Pigmentli materyallerin aksine, yapısal renk kullananlar nano yapılarla seçici olarak etkileşime giren ışığa dayalı bir renk kullanır (40). Yapısal renk, görünür ışığın dalga boyuna benzer veya ondan daha küçük bir ölçekte maddenin yapısal özelliklerinden türetildiği kromojenik bir fenomen olduğu düşünülmektedir. Pigmentler veya boyalar gibi renklendiricilerin aksine, yapısal renk üreten maddelerin kendilerine ait bir rengi yoktur, ancak üst yapılarından kaynaklanan ışık etkileşimlerinden dolayı görünür renkler gösterebilirler (41). Yapısal renk pigmentlerde olduğu gibi ışık enerjisinde bir değişiklik olmaksızın yalnızca ışığın fiziksel özellikleri ile ifade edilir. Materyallerdeki pigment ve flo-

resan renk ifadelerinden farklı olarak yapısal renk; ışık yansımaları, dağınık yansımalar, kırınım ve fotonik materyallerde uzamsal olarak düzenlenmiş nano veya mikro yapılarla etkileşimden üretilir (42). Görünür bölgede belirli yapılar aktif olduğunda yapısal bir renk üretilir. Yapay yapısal renk materyalleri oluşturmak için litografi, sıvı kristaller, blok kopolimerler ve koloidal parçacıkların kullanımı araştırılmıştır (43). Bu metodolojiler arasında, koloidal parçacıkların birleşimine dayalı yapısal renk materyallerinin en kullanılabilir olduğu düşünülmüştür, bu materyaller çeşitli yollarla kolayca daha uzun dalga boylu yapısal renkler oluşturabilir ve nano teknolojide kullanılabilirler (44). Ortalama parçacık boyutu 260 nm olan, ağırlıkça %79, hacimce %68 doldurucu içeriğine sahip, sferik doldurucu içeren yapısal renge sahip bir rezin kompozit, sarıdan kırmızıya renkleri ifade eder (23). Aynı zamanda, yapısal renkler kırılma indisine bağlıdır dağılımı ve rezin matrisi ile inorganik doldurucunun kırılma indekslerindeki farklılıklar da dikkate alınmalıdır. Doldurucunun ve rezin matrisinin kırılma indeksleri arasında bir uyumsuzluk varsa doldurucu maddesi artacak ve ışık saçılımını engelleyecektir (45).

İnorganik doldurucu maddeleri ve rezin kompozitlerinin matris fazı arasındaki daha büyük kırılma indisi farkları, doldurucu-matris arayüzlerinde çoklu yansımalar ve kırılma olayları nedeniyle materyallerin opaklığını artırır. Kırılma indisleri, monomer karışımlarından polimerize yapılara yaklaşık 0,04 oranında artar bu nedenle doldurucunun kırılma indisinin bazı rezin monomer karışımlarınınkinden biraz daha yüksek yapılması uygun olacaktır, böylece rezin fazının kırılma indisi polimerizasyon sırasında doldurucu ile çakışabilir. Yapısal renk, monomer karışımlarının ve inorganik doldurucu maddelerinin kırılma indislerindeki farklılıklar değiştirilerek modüle edilebilir. Düzgün boyutlu sferik doldurucunun kırılma indisi matris rezinin kırılma indisini aştığında, gelen ışığın saçılması nedeniyle daha güçlü bir yapısal renk ifade edilebilir. Bir materyalin rengi çeşitli faktörlerden etkilenir ve rezin kompozitlerin ışık geçirgenlik özelliklerindeki farklılıklar, restore edilen dişin rengine uyma yeteneklerini etkileyebilir. Resin kompozitlerinin doğal translüsensiliği, arka plan gölgesinin parlamasına izin vererek optik özelliklerine katkıda bulunabilir (46).

## YAYGIN OLARAK KULLANILAN ÜNİVERSAL REZİN KOMPOZİTLER

Tablo 1. Üniuersal Rezin Kompozitler		
ÜNİVERSAL KOMPOZİT REZİNLER	İÇERİKLERİ	DOLDURUCU TİPLERİ/ RENK SKALASI
<b>Omnichroma</b> (Tokuyama Dental, Tokyo, Japan)	<b>Matris:</b> UDMA, TEGDMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %79 tek tip supra-nano sferik doldurucu (SiO <sub>2</sub> -ZrO <sub>2</sub> 260 nm), yuvarlak şekilli kompozit doldurucu (260 nm sferik SiO <sub>2</sub> -ZrO <sub>2</sub> içerir).	Supra-nanofil / Single shade, Maskeleyici
<b>Essentia Universal</b> (GC Corporation, Tokyo, Japan)	<b>Matris:</b> UDMA, Bis-EMA, Bis-GMA, TEGDMA. <b>Doldurucular:</b> Hacimce %65 prepolimerize doldurucular, baryum cam, silika	Mikrohibrit / Single shade
<b>Vittra APS Unique</b> (FGM, Joinville, SC, Brasil)	<b>Matris:</b> Metakrilat monomerleri karışımı, UDMA, TEGDMA, foto başlatıcı bileşimi (APS). <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %72-80, hacimce %52-60 boron-alüminyum-silikat cam.	Nanofil / Single shade
<b>Filtek Universal</b> (3M ESPE, St Paul, MN)	<b>Matris:</b> AUDMA, AFM, diüretan-DMA ve 1,12- dodekan-DMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %76,5 Silika doldurucu (20 nm), zirkonya doldurucu (4 ile 11 nm), iterbium triflüorid (100 nm).	Nanofil / A1, A2, A3, A3.5, A4, B1, B2, D3, Ekstra beyaz, Pembe maskeleyici
<b>TPH Spectra ST</b> (Dentsply Sirona, York, Pennsylvania)	<b>Matris:</b> Üretan modifiye Bis-GMA; TEGDMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %77,2, hacimce %57 Sferik baryum cam, pre-polimerize doldurucular ve iterbiyum florür,	Nanohibrit / A1, A2, A3, A3.5, A4, Ağartıcı beyaz

Tablo 1. Üniversal Rezin Kompozitler (DEVAMI)		
ÜNİVERSAL KOMPOZİT REZİNLER	İÇERİKLERİ	DOLDURUCU TİPLERİ/ RENK SKALASI
<b>Clearfil Majesty ES-2</b> (Kuraray, Noritake, Japan)	<b>Matris:</b> Bis-GMA, hidrofobik aromatik DMA ve hidrofobik alifatik DMA, dl-kamforkinon. <b>Doldurucular:</b> Ağırılıkça %78 hacimce %40 silanlı baryum cam (partikül boyutu 0.37–1.5 µm) ve pre-polimerize doldurucu.	Nanohibrit / A1, A2, A3, A3.5, A4, A6, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D2, D3, XW, A1E, A2E, A3E, A3.5E, A4E, XWE, WE, A1D, A2D, A3D, A3.5D, A4D, XWD, XWD, CLEAR, AMBER, BLUE, GRAY
<b>Herculite XRV Ultra</b> (Kerr Corporation, Orange, CA)	<b>Matris:</b> Bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırılıkça %78 hacimce %61 Baryum-alüminyum-borosilikat cam (ortalama parçacık boyutu 0,4 µm); silika nanofiller (50 nm); pre-polimerize doldurucu (≈1 µm).	Nanohibrit / Mine: A1, A2, A3, A3.5, B2, B3, C2, D2 Dentin: A2, A3
<b>Tetric EvoCeram</b> (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	<b>Matris:</b> Bis-GMA, UDMA, etoksillenmiş Bis-EMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırılıkça %75 hacimce %53 Baryum cam, İterbiyum triflorür, mix oksit, pre-polimerize doldurucular.	Nanohibrid / A1, A2, A2D, A3, A3.5D, A3.5, A4, A4D, B2, B2D, B3, C1, C2, C3, Ağartıcı I, Ağartıcı L, Ağartıcı M, Ağartıcı XL
<b>Venus Pearl ONE</b> (Kulzer GmbH)	<b>Matris:</b> TCD-DI-HEA, UDMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırılıkça %75 hacimce %59 Ba-Al-F-cam, pre-polimerize doldurucular, SiO <sub>2</sub> nanofil doldurucular (gren büyüklüğü: 5 nm to 5 µm).	Nanohibrit / Single shade
<b>GC Kalore</b> (GC Corporation, Tokyo, Japan)	<b>Matris:</b> UDMA, DMA, DX-511. <b>Doldurucular:</b> Ağırılıkça %82 hacimce %69 Floro Alüminosilikat cam, pre-polimerize doldurucu (stronsiyum cam ve lantanoid florür) silikon dioksit. Partikül büyüklüğü: 16 nm to 17µm.	Nanohibrit / A1, A2, A3, A3.5, A4, B1, B2, B3, C2, C3, D2, CV, CVD, BW, XBW



<p><b>Harmonize</b> (Kerr Co., Orange, CA, USA)</p>	<p><b>Matris:</b> Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %81 hacimce %64,5 ART'de moleküler bir süspansiyondan oluşturulmuş 5 ila 400 nm arasında sferik silika ve zirkonya parçacıkları, baryum cam.</p>	<p>Nanohibrit / XL , A1E ,A2E ,A3E ,A3.5E ,A4 ,B1E , C2E ,A1D, A2D ,A3.5D ,A4D ,B3D ,C4D ,B2E,B3E ,B4E ,C1E ,C3E ,C4E ,D2E ,D3E ,D4E ,XL2 ,TA-AMBER,TB-BLUE ,TC-CLEAR ,TC-GRAY</p>
<p><b>Estelite Sigma Quick</b> (Tokuyama Dental, Tokyo, Japan)</p>	<p><b>Matris:</b> Bis-GMA, TEGDMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %82 hacimce %71 silika zirkonya doldurucular, 100-300 nm partikül büyüklüğü.</p>	<p>Supra-nanofil / A1, A2, A3, A3.5,A4, B1, B2, B3,C2, C3, OA1, OA2, OPA2, OA3, BW, EC, WE, Universal</p>
<p><b>Filtek Suprem Ultra</b> (3M Oral Care, St. Paul, MN, USA)</p>	<p><b>Matris:</b> bis-GMA, UDMA, TEGDMA, bis-EMA, PEGDMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %78,5 hacimce %63,3 zirkonya/silika kümeleri (0,6-10 µm) silika (20 nm silika doldurucu), zirkonya (4-11 nm).</p>	<p>Nanofil / A1B, A1D, A1E, A2B, A2D, A2E, A3.5B, A3B, A3D, A3E, A4B, A4D, A6B, Amber, B1B, B1E, B2B, B2E, B3B, B3D, B5B, Blue, C1B, C2B, C3B, C4D, Clear, D2B, D2E, D3B, Extra White, Gray, White</p>
<p><b>Venus Diamond ONE</b> (Kulzer GmbH)</p>	<p><b>Matris:</b> UDMA, TCD-DI-HEA, TEGDMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %81 hacimce %64 Ba-Al-F-cam, SiO2 nanofil doldurucu (gren büyüklüğü: 5 nm to 20 n µm).</p>	<p>Nanohibrit / Single shade</p>
<p><b>Zenchroma</b> (Presidential, Germany)</p>	<p><b>Matris:</b> Bis-GMA, Tetrametilen dimetakrilat, Diüretan dimetakrilat. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %75 hacimce %53 doldurucu Silikon dioksit, cam tozu.</p>	<p>Mikrohibrit / Single shade, Maskeleyici</p>
<p><b>X-Tra Fil</b> (Voco, Cuxhaven, Germany)</p>	<p><b>Matris:</b> Bis-GMA, UDMA, TEGDMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %86 hacimce %70,1 doldurucu.</p>	<p>Hibrit / Üniversal shade bulk-fill</p>

Tablo 1. Üniwersal Rezin Kompozitler (DEVAMI)		
ÜNİVERSAL KOMPOZİT REZİNLER	İÇERİKLERİ	DOLDURUCU TİPLERİ/ RENK SKALASI
<b>GrandioSO</b> (Voco, Cuxhaven, Germany)	<b>Matris:</b> Bis-GMA, TEGDMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %87 hacimce %71,4 doldurucu.	Nanohibrit / A1, A2, A3, A3.5, A4, B1, B2, B3, C2, D3, GA3.25, GA5, OA1, OA2, OA3.5, BL, WO, I
<b>Arabesk</b> (Voco, Cuxhaven, Germany)	<b>Matris:</b> BIS-GMA, UDMA, TEGDMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %76,5 hacimce %60 inorganik doldurucular.	Mikrohibrit / A1, A2, A3, A3.5, B2, B3, I
<b>OptiShade™</b> (Kerr Co., Orange, CA, USA)	<b>Matris:</b> BisGMA, BisDMA, TEGDMA. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %81 hacimce %64 sferik silika ve zirkonya partikülleri (partikül büyüklüğü 5 – 400 nanometre) ve 400 nm baryum cam.	Mikrohibrit / Açık, Orta, Koyu, Ağartıcı Beyaz, Universal Opak
<b>Charisma Diamond One</b> (Kulzer, Hanau, Germany)	<b>Matris:</b> Geliştirilmiş TCD Matris, BPA içermez. <b>Doldurucular:</b> Ağırlıkça %75 doldurucu.	Nanohibrit / Single shade

Üniwersal kompozit rezin materyalleri arasında Clearfil Majesty ES-2 Premium (Kuraray Noritake Dental, Inc.), Essential Universal (GC Europe, Leuven, Belçika), Filtek Universal (3M Oral Care), Omnichroma (Tokuyama Dental America, Inc.), TPH Spectra ST (Dentsply Sirona, York, PA) ve Tablo 1'de gösterilen materyaller bulunmaktadır. Essentia Universal (GC Europe, Leuven, Belçika) tek renkte mevcuttur; Filtek Universal (3M Oral Care), pembe maskeleyici ve ekstra beyaz dahil olmak üzere on renkte mevcuttur; Omnichroma'nın (Tokuyama Dental America, Inc.) yalnızca bir renk tonu ve bir maskeleyicisi vardır; OptiShade Universal Composite (Kerr Corp.) ağartıcı beyaz, üniwersal maskeleyici ve üç renkte mevcuttur ve TPH Spectra ST'nin (Dentsply Sirona, York, PA) beş rengi ve bir ağartıcı rengi vardır. Essentia Universal (GC Europe), Filtek Universal (3M Oral Care), Omnichroma (Tokuyama Dental America, Inc.), OptiShade Universal Composite (Kerr Corp.) ve TPH Spectra ST (Dentsply Sirona) dişin farklı alanlarının optik özelliklerini taklit etmek için kullanılan çoklu mine, dentin ve gövde

tonları yerine tek bir translüsensilikte mevcuttur. Bu özellik universal kompozitleri, 20 yılı aşkın süredir kullanılan kapsamlı anterior restorasyonlar için tabakalama tekniği ile yapılan restorasyonlara kıyasla kullanım kolaylığı sağlamaktadır (47, 48). Diğer universal kompozitler farklı kompozit rezin translüsensiliği bulundurmaktadır. Clearfil Majesty ES-2 Premiumun beş mine rengi, beş dentin rengi, dört ağartılmış renk tonu ve dört translüsensi rengi mevcuttur. Harmonize, üç farklı translüsensi içeren 30 renkte mevcut olduğu için universal kompozit rezinler arasında “en az” universal olarak katagorize edilmektedir (16) (Tablo 1).

Omnichroma (Tokuyama Dental America, Inc.) ilk universal rezin kompozittir. 16 (A1'den D4'e kadar) Vita Classical tonunun tümüne (VITA North America, Yorba Linda, CA) uyması belirtilen single-shade bir kompozittir. Ayrıca, sınıf IV restorasyonlar gibi translüsent alanlarda dentin rengi olarak kullanılmak üzere maskeleyici olarak bilinen bir opaklaştırıcı renk tonu içerir. Omnichroma'nın bileşimi, ağırlıkça %75-%80 doldurucu partikül olan silikon dioksit (SiO<sub>2</sub>) ve zirkonyum dioksitin (ZrO<sub>2</sub>) 200 nm boyutunda küresel parçacıklarının bir karışımından oluşur (Tablo 1). Diğer universal kompozit rezinlerden daha az radyopak mikروفil bir kompozit rezin olarak düşünülebilir (16).

Perdigao ve arkadaşları (16) Omnichroma'nın (Tokuyama Dental America, Inc.) partiküllerinin, Estelite Quick ve Estelite Sigma Quick'in (Tokuyama Dental America, Inc.) partiküllerine çok benzer olduğunu belirtmişlerdir ve SEM ile ultra-morfolojik değerlendirmelerde 4 um ila 20 um arasında değişen pre-poli-merize partikül kümelerini rapor etmişlerdir. Omnichroma'nın renk uyumunun önceki nesil kompozit rezinlere kıyasla daha iyi olduğu gösterilmiştir (23). Ancak Omnichroma gibi single-shade materyaller, value değerinde düşüş ve chroma değerinde artışına maruz kaldıkları için tahmin edilemez olabilir (34). Genel olarak, single-shade ve group-shade kompozit rezinler, geleneksel çok multishade kompozit rezinlere (Tetric Evo-Ceram, Ivoclar Vivadent) göre daha kötü renk eşleştirme yeteneği sergiledi. Single-shade Omnichroma, yüksek value tonlarla daha iyi eşleştiğinden, estetik açıdan zorlu vakalarda ve düşük value değerli dişlerde renk uyumları soru işareti oluşturabilir (34). Klinik olarak kullandığımız universal kompozitlerin bitirilmesi çok kolaydır, polisajlanmaları iyidir (16). Bununla birlikte, mevcut her universal rezin kompozitin renk stabilitesinin ideal olmadığı bildirilmiştir (49).

Bazı universal kompozit rezinlerde, organik matriste Bis-GMA bulunmamaktadır. İlk rezin kompozitin tanıtılmasından bu yana, rezin kompozitlerin organik matrisinin bileşimi önemli ölçüde değişmemiştir. İlk istisna, siloran bazı kompozittir (Filtek P90, 3M ESPE). Bununla birlikte klinik başarısı, Filtek Z250

(3M Oral Care) gibi Bis-GMA bazlı rezin kompozitlerin başarısını geçmemiştir (50, 51). BPA toksisitesinden kaynaklanan son gelişmeler, dental adezivlerin ve kompozitin bileşiminde değişiklikler oluşturmuştur. İlgili üreticilerin SDS belgelerine göre, Filtek Universal ve Omnichroma'nın rezin matriks formülasyonları Bis-GMA veya bisfenol A etoksilat dimetakrilat (Bis-EMA) içermez. Filtek Universal 1,12-dodekandiol dimetakrilat (DDDMA), üretan dimetakrilat (UDMA), aromatik üretan dimetakrilat (AUDMA) ve addition-fragmentation monomeri (52) içerirken Omnichroma, trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) ve UDMA içermektedir.

Kimyasal yapılarının yanında rezin kompozitlerden en çok beklenen özellikler renk/renk stabilitesidir. Renk stabilitesi, bir materyalin uzun süreli zorlu koşullara maruz kaldıktan sonra görünen rengindeki değişikliklere direnme yeteneği olarak tanımlanır. Bu faktörler genellikle ultraviyole (UV) ışığa maruz kalma, nem, sıcaklık değişiklikleri, asitlik, mekanik stres ve diyetle alınan yiyeceklerden kaynaklanan kromojenleri içerir (36). Çeşitli rezin bileşenlerinin kimyasal modifikasyonu ve yüzey mikro yapısındaki değişiklikler nedeniyle renk stabilitesinin yapay yaşlanma sürecinden önemli ölçüde etkilendiği çeşitli çalışmalarla daha önce gösterilmiştir (33, 53). Sensi ve arkadaşları çalışmalarında, hızlandırılmış yaşlandırmanın CAP sahip universal kompozit rezinlerin genel renk stabilitesi üzerindeki etkilerini karşılaştırmış ve Omnichroma ve Venus Pearl, üstün renk stabilitesi ve en düşük renk değişikliği sunarken, GC Kalore ve Harmonize klinik olarak kabul edilemez derecede önemli renk değişikliği göstermiştir (36).

Restorasyonlarda renk uyumunu basitleştirmek klinik olarak önemlidir ve yakın zamanda piyasaya sürülen bazı universal kompozitlerin bu hedefi kolaylaştırma potansiyeli bulunmaktadır. Literatürde universal kompozitlerin optik özellikleriyle (23, 29, 31, 46, 48, 54, 55) ve mekanik özellikleriyle (41, 56) ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Sanchez ve arkadaşları çalışmalarında (23) universal rezin kompozitlerin enstrümantal ve görsel olarak renk ayarlama potansiyelini (CAP) değerlendirmişler ve Omnichroma'nın en belirgin CAP 'e sahip olduğu ve onu sırasıyla Tetric EvoCeram >TPH Spectra = Filtek Supreme Ultra >Herculite Ultra kompozitlerin izlediğini göstermişlerdir. De Abreu ve arkadaşları çalışmalarında (48) , Sınıf III restorasyonlarda farklı universal kompozitlerin santral kesici dişlerdeki renk uyumunu görsel ve fotoğrafik değerlendirme yöntemlerini kullanarak değerlendirmişler ve çok tonlu universal kompozitler (Tetric Evoceram, Filtek Universal, and TPH Spectra Universal), tek tonlu universal kompozitten (Omnichroma) daha yüksek renk uyumu sunduğunu göstermişlerdir. Trifkovic ve arkadaşları (30) çalışmalarında universal rezin kompozitlerin CAP' ni görsel

ve enstrümantal yöntemler kullanarak değerlendirmişler ve en büyük renk uyumunu, HRi ENA mine için kaydetmişler ve bunu Clearfil Majesty ES2 izlemiştir. En yüksek görsel (CAP) Herculite Ultra, HRi ENA mine ve Clearfil Majesty ES2 için kaydedilmiştir. Akgül ve arkadaşları (55) 3 üniversal kompozitin (Omnichroma, Estelite Sigma Quick ve Filtek Universal) 2 zaman aralığında ve 2 derinlikte enstrümantal renk ayarlama potansiyelini (CAPI) karşılaştırmışlar ve 24 saatte Omnichroma en yüksek değerleri göstermiş ( $P < 0.05$ ), bunu Estelite Sigma Quick ve Filtek Universal izlemiştir. CAP-I, tüm gruplarda 1 ayda 24 saate göre anlamlı derecede yüksektir, tüm gruplarda 3.0 mm derinliğe sahip restorasyonlar, 2.0 mm derinliğe sahip restorasyonlardan daha iyi sonuç göstermiştir ( $P < 0.05$ ).

Abdelraouf ve arkadaşları (31) farklı renk ve kavite boyutlarına sahip modellere ve doğal dişlere yerleştirilmiş üniversal bulk-fill kompozit rezinin (X-Tra Fil, Voco, Cuxhaven, Germany) görsel olarak renk eşleşmesini ve blending etkisini değerlendirmişlerdir. Modellerde, üniversal bulk-fill kompoziti, modele çok yakın eşleşme göstermiş, çekilmiş dişlerde dişlere yakın renk uyumu göstermiş, hastaların molar dişlerinde üniversal bulk-fill kompoziti iyi uyum göstermiştir. Durand ve arkadaşları (29) CIEDE2000 renk farkı formülünü kullanarak rezin kompozitlerin renk, açıklık, kroma, ton ve translüsensi ayarlama potansiyelini değerlendirmişler ve açıklık, ton, renk ve translüsensi ayarlama potansiyeli, CIE-DE2000 renk farkı formülü kullanılarak tanıtılmış ve diş hekimliğinde blending etkisini değerlendirmek için yararlı olduklarını göstermiştir. Renk koordinatları ve translüsensi ayarlama potansiyeli dental materyale bağlı bulunmuştur. Filtek Universal, Harmonize ve Omnichroma üniversal kompozitler arasında Omnichroma en belirgin blending etkiyi göstermiştir. Saegusa ve arkadaşları (46) çalışmalarında yapısal renk kullanan rezin kompozitin renk eşleştirme kabiliyetini, pigment kullanan rezin kompozitleri ile karşılaştırmış ve Omnichromanın yapay dişlerin rengiyle eşleşme yeteneği, yapay dişlerin renginden ve kavite derinliğinden bağımsız olarak kabul edilebilir renk uyumluluğu göstermiştir. Ancak Estelite  $\Sigma$  Quick ve Filtek Supreme Ultra, özellikle 3,0 mm boşluk derinliği için azaltılmış renk uyumluluğu göstermiştir. Yapısal renkli rezin kompozit Omnichroma için mükemmel renk eşleştirme yeteneği doğrulanmış, bu da renk farklılıklarının azalmasına neden olup ve bu nedenle restorasyonun estetik görünümünü iyileştirmiş, renk uyumunu basitleştirmiş ve herhangi bir renk uyumsuzluğunu telafi etmiştir. Lucena ve arkadaşları (54) farklı kalınlıklardaki tek tonlu üniversal rezin kompozitlerin optik özelliklerini, translüsensi ve opaklık parametrelerini değerlendirmişler ve Omnichroma tüm kalınlıklar için en translüsensi değerlerini göstermiş, translüsensi kalınlık arttıkça anlamlı farklarla azalmıştır. Venus Pearl ve Venus Diamond en düşük opaklık değerlerini göstermiştir.

Mizutani ve arkadaşları (41) geleneksel rezin kompozitlere kıyasla (Filtek Supreme Ultra, Tetric EvoCeram) farklı bitirme ve cilalama yöntemlerinden sonra rezin kompozitin (Omnichroma) eğilme dayanımını ve yüzey özelliklerini karşılaştırmış ve eğilme dayanımı en düşük Omnichromada gözlenmiş, sırasıyla Tetric EvoCeram ve en yüksek Filtek Supreme Ultra bulunmuştur. Ayrıca yapısal renkli rezin kompozit Omnichroma, önemli ölçüde daha düşük eğilme dayanımı ve elastik modülü değerleri göstermesine rağmen, diğer rezin kompozitlerine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek dayanıklılık modülü göstermiştir. Graf ve arkadaşları (56) tek tonlu rezin kompozitlerin (Venus Diamond, Venus Pearl, Omnichroma) uzun vadeli mekanik özelliklerini, güvenilirliğini ve ışık iletimini karşılaştırmışlar ve eğilme dayanımı, eğilme modülü Venus Pearl için en yüksek değerleri göstermiştir.

## KAYNAKÇA

1. Chen MH. Update on dental nanocomposites. *Journal of Dental Research*. 2010;89(6):549-60.
2. Ferracane JL. Current trends in dental composites. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*. 1995;6(4):302-18.
3. Reed BB CK, Dickens SH, Stansbury JW Effect of resin composition of kinetics of dimethacrylate photopolymerization. *American Chemical Society Division of Polymer Chemistry, Polymer Preprints*. 1997;38:108-9.
4. Yap AU, Low JS, Ong LF. Effect of food-simulating liquids on surface characteristics of composite and polyacid-modified composite restoratives. *Operative Dentistry*. 2000;25(3):170-6.
5. Habib E, Wang R, Wang Y, Zhu M, Zhu XX. Inorganic Fillers for Dental Resin Composites: Present and Future. *ACS Biomaterials Science & Engineering*. 2016;2(1):1-11.
6. Puckett AD, Fitchie JG, Kirk PC, Gamblin J. Direct composite restorative materials. *Dental Clinics of North America*. 2007;51(3):659-75, vii.
7. Robberson TM HH, Swift EJ. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 5th Edition ed. Missouri, USA: Mosby Elsevier Inc.; 2011
8. Braden M. Dental materials: 1976 literature review. Part I. *Journal of Dentistry*. 1978;6(1):1-22.
9. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1983;50(4):480-8.
10. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dental Materials*. 2000;16(1):33-40.
11. Kim KH, Ong JL, Okuno O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. *J Prosthet Dent*. 2002;87(6):642-9.
12. Kaizer MR, de Oliveira-Ogliari A, Cenci MS, Opdam NJ, Moraes RR. Do nanofill or submicron composites show improved smoothness and gloss? A systematic review of in vitro studies. *Dental Materials*. 2014;30(4):e41-78.
13. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *The Journal of the American Dental Association*. 2003;134(10):1382-90.
14. Palaniappan S, Bharadwaj D, Mattar DL, Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Three-year randomized clinical trial to evaluate the clinical performance and wear of a nanocomposite versus a hybrid composite. *Dental Materials*. 2009;25(11):1302-14.
15. Angerame D, De Biasi M. Do Nanofilled/Nanohybrid Composites Allow for Better Clinical Performance of Direct Restorations Than Traditional Microhybrid Composites? A Systematic Review. *Operative Dentistry*. 2018;43(4):E191-e209.

16. Perdigao J, Araujo E, Ramos RQ, Gomes G, Pizzolotto L. Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(1):51-68.
17. Maran BM, de Geus JL, Gutiérrez MF, Heintze S, Tardem C, Barceleiro MO, et al. Nanofilled/nanohybrid and hybrid resin-based composite in patients with direct restorations in posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*. 2020;99:103407.
18. Krämer N, Reinelt C, Richter G, Petschelt A, Frankenberger R. Nanohybrid vs. fine hybrid composite in Class II cavities: clinical results and margin analysis after four years. *Dental Materials*. 2009;25(6):750-9.
19. Han JM, Zhang H, Choe HS, Lin H, Zheng G, Hong G. Abrasive wear and surface roughness of contemporary dental composite resin. *Dental Materials Journal*. 2014;33(6):725-32.
20. da Costa J, Fox P, Ferracane J. Comparison of various resin composite shades and layering technique with a shade guide. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2010;22(2):114-24.
21. Dietschi D, Fahl N, Jr. Shading concepts and layering techniques to master direct anterior composite restorations: an update. *British Dental Journal*. 2016;221(12):765-71.
22. Fahl N, Jr. Single-shaded direct anterior composite restorations: a simplified technique for enhanced results. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*. 2012;33(2):150-4.
23. Pereira Sanchez N, Powers JM, Paravina RD. Instrumental and visual evaluation of the color adjustment potential of resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019;31(5):465-70.
24. Della Bona A. Color and Appearance in Dentistry. Switzerland: Springer; 2020.
25. Lee YK, Yu B, Lee SH, Cho MS, Lee CY, Lim HN. Shade compatibility of esthetic restorative materials--A review. *Dental Materials*. 2010;26(12):1119-26.
26. Hatayama T, Kano Y, Aida A, Chiba A, Sato K, Seki N, et al. The combined effect of light-illuminating direction and enamel rod orientation on color adjustment at the enamel borders of composite restorations. *Clinical Oral Investigations*. 2020;24(7):2305-13.
27. Hall NR, Kafalias MC. Composite colour matching: the development and evaluation of a restorative colour matching system. *Australian Prosthodontic Journal*. 1991;5:47-52.
28. Swift EJ, Jr., Hammel SA, Lund PS. Colorimetric evaluation of vita shade resin composites. *The International Journal of Prosthodontics*. 1994;7(4):356-61.
29. Durand LB, Ruiz-Lopez J, Perez BG, Ionescu AM, Carrillo-Perez F, Ghinea R, et al. Color, lightness, chroma, hue, and translucency adjustment potential of resin composites using CIE-DE2000 color difference formula. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(6):836-43.
30. Trifkovic B, Powers JM, Paravina RD. Color adjustment potential of resin composites. *Clinical Oral Investigations*. 2018;22(3):1601-7.
31. Abdelraouf RM, Habib NA. Color-Matching and Blending-Effect of Universal Shade Bulk-Fill-Resin-Composite in Resin-Composite-Models and Natural Teeth. *BioMed Research International*. 2016;2016:4183432.
32. Paravina RD, Westland S, Imai FH, Kimura M, Powers JM. Evaluation of blending effect of composites related to restoration size. *Dental Materials*. 2006;22(4):299-307.
33. Suh YR, Ahn JS, Ju SW, Kim KM. Influences of filler content and size on the color adjustment potential of nonlayered resin composites. *Dental Material Journal*. 2017;36(1):35-40.
34. Iyer RS, Babani VR, Yaman P, Dennison J. Color match using instrumental and visual methods for single, group, and multi-shade composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(2):394-400.
35. Paravina RD, Westland S, Johnston WM, Powers JM. Color adjustment potential of resin composites. *Journal of Dental Research*. 2008;87(5):499-503.
36. Sensi L, Winkler C, Geraldelli S. Accelerated Aging Effects on Color Stability of Potentially Color Adjusting Resin-based Composites. *Operative Dentistry*. 2021;46(2):188-96.
37. Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira OB, Jr. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2011;23(2):73-87.

38. Azhar G, Haas K, Wood DJ, van Noort R, Moharamzadeh K. The Effects of Colored Pigments on the Translucency of Experimental Dental Resin Composites. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*. 2019;27(1):3-9.
39. Brainard DH, Cottaris NP, Radonjić A. The perception of colour and material in naturalistic tasks. *Interface Focus*. 2018;8(4):20180012.
40. Dumanli AG, Savin T. Recent advances in the biomimicry of structural colours. *Chemical Society Reviews*. 2016;45(24):6698-724.
41. Mizutani K, Takamizawa T, Ishii R, Shibasaki S, Kurokawa H, Suzuki M, et al. Flexural Properties and Polished Surface Characteristics of a Structural Colored Resin Composite. *Operative Dentistry*. 2021;46(3):E117-E31.
42. Zhao Y, Zhao Y, Hu S, Lv J, Ying Y, Gervinskis G, et al. Artificial Structural Color Pixels: A Review. *Materials (Basel)*. 2017;10(8).
43. Fu Y, Tippets CA, Donev EU, Lopez R. Structural colors: from natural to artificial systems. *Wiley Interdisciplinary Reviews Nanomedicine and Nanobiotechnology*. 2016;8(5):758-75.
44. Goerlitzer ESA, Klupp Taylor RN, Vogel N. Bioinspired Photonic Pigments from Colloidal Self-Assembly. *Advanced Materials*. 2018;30(28):e1706654.
45. Yu B, Lee YK. Influence of color parameters of resin composites on their translucency. *Dental Materials*. 2008;24(9):1236-42.
46. Saegusa M, Kurokawa H, Takahashi N, Takamizawa T, Ishii R, Shiratsuchi K, et al. Evaluation of Color-matching Ability of a Structural Colored Resin Composite. *Operative Dentistry*. 2021;46(3):306-15.
47. Dietschi D. Free-hand composite resin restorations: a key to anterior aesthetics. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*. 1995;7(7):15-25; quiz 7.
48. de Abreu JLB, Sampaio CS, Benalcázar Jalkh EB, Hirata R. Analysis of the color matching of universal resin composites in anterior restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(2):269-76.
49. Sulaiman TA, Rodgers B, Suliman AA, Johnston WM. Color and translucency stability of contemporary resin-based restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(6):899-905.
50. Schmidt M, Dige I, Kirkevang LL, Vaeth M, Hørsted-Bindslev P. Five-year evaluation of a low-shrinkage Silorane resin composite material: a randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*. 2015;19(2):245-51.
51. Baracco B, Fuentes MV, Ceballos L. Five-year clinical performance of a silorane- vs a methacrylate-based composite combined with two different adhesive approaches. *Clinical Oral Investigations*. 2016;20(5):991-1001.
52. Park HY, Kloxin CJ, Abuelyaman AS, Oxman JD, Bowman CN. Novel dental restorative materials having low polymerization shrinkage stress via stress relaxation by addition-fragmentation chain transfer. *Dental Materials*. 2012;28(11):1113-9.
53. Perez MM, Hita-Iglesias C, Ghinea R, Yebra A, Pecho OE, Ionescu AM, et al. Optical properties of supra-nano spherical filled resin composites compared to nanofilled, nano-hybrid and micro-hybrid composites. *Dental Materials Journal*. 2016;35(3):353-9.
54. Lucena C, Ruiz-López J, Pulgar R, Della Bona A, Pérez MM. Optical behavior of one-shaded resin-based composites. *Dental Materials*. 2021;37(5):840-8.
55. Akgül S, Gündoğdu C, Bala O. Effects of storage time and restoration depth on instrumental color adjustment potential of universal resin composites. *Journal of Oral Science*. 2022;64(1):49-52.
56. Graf N, Ilie N. Long-term mechanical stability and light transmission characteristics of one shade resin-based composites. *Journal of Dentistry*. 2022;116:103915.