

Rezin Kompozitlerin Renk Stabilitesi İle İlgili Bir Derleme: Kompozit Renklenmelerinin Etyolojisi, Sınıflandırılması Ve Tedavisi

A Review Of The Color Stability Of Resin Composites: The Etiology, Classification And The Treatment Of Composite Staining

Gencay Genç, Tuğba Toz

Istanbul Medipol Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul

ÖZ

Ön ve arka dişler için rezin kompozitlerin restoratif materyal olarak klinik kullanımları son yıllarda, önemli oranda artış göstermiştir. Bununla birlikte, rezin kompozitlerle ilişkili en önemli sorun ise kötü ağız hijyeni, sigara kullanımı, beslenme alışkanlıkları, yetersiz cila işlemleri, yüzey pürüzlülüğü ve bütünlüğünü içeren birçok faktör nedeniyle bu materyallerde gözlenen renklenmelerdir. Rezin kompozitlerin renklenmeleri, çok farklı estetik problemlere ve önemli miktarda zamanın ve paranın da bu durumu yönetmek için kullanılmasına neden olur. Bu derlemede, diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan rezin kompozitlerin renklenme oranlarının etyolojisi, tanısı, tedavisi, renklenme derecelerinin materyal ve türü ile ilişkisi ve tedavisi tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kompozit rezin; renk stabilitesi, treatment of staining

ABSTRACT

The clinical use of resin composite as a restorative material has substantially increased in recent years both for anterior and posterior teeth. However, the major problem associated with the resin composites is the discoloration of the materials because of several factors including bad oral hygiene, tobacco use, dietary patterns, inadequate polishing technique, surface texture, and surface integrity. Resin composites discolorations cause a range of aesthetic problems, and considerable amounts of time and money are invested to address this challenge. In this review, the etiology, determination, treatment, type and material related ratio of discoloration of resin composites that were commonly used in dentistry were discussed.

Key Words: Composite resin; color stability, renklenme tedavisi

GİRİŞ

Kompozit materyaller, renk uyumu ve stabilitesi bakımından doğal diş görünümünü taklit etmelidir. Bununla birlikte, kompozit materyallerin ağız ortamında renklenme eğilimleri vardır.¹ Restorasyonlarda meydana gelen renk değişikliği, hasta memnuniyetsizliğine neden olur. Kompozit restorasyonların yenilenmesindeki ana etkenlerden biri, klinik olarak kabul edilemeyen renklenmelerdir; ancak bu durumun giderilmesi için restorasyonun yenilenmesi, diş dokusunda gözlenebilecek madde kaybı ve zaman kaybının yanı sıra ekonomik olarak da çok tercih edilir bir yöntem değildir. Fiziksel ve kimyasal etkenlerin kompozit materyaller üzerindeki olası etkilerinin

öngörülmesi ile bu etkenlerin önüne geçilebilir ve restorasyonların ömrü uzatılabilir.

Kompozit Rezinlerde Gözlenen Renklenmelerin Sınıflandırılması:

Kompozit materyallerde gözlenen renk değişikliği çeşitli nedenlere bağlı olarak izlenebilir. Renklenmenin derecesini etkileyen yetersiz polimerizasyon, su emilimi, kimyasal tepkime, beslenme alışkanlıkları ağız hijyeni ve restorasyonun yüzey düzgünlüğü gibi iç ve dış kaynaklı birçok faktör vardır. Kompozit materyal yapısından kaynaklanan renk değişiklikleri “iç renklenmeler”, restorasyonun uygulanması sırasında gerçekleşebilen hekim hatalarından kaynaklanan renk değişiklikleri “dış renklenmeler” olarak sınıflandırılır.²

İç Renklenmeler

Kompozit rezinler estetik, fiziksel ve mekanik özelliklerinden dolayı, anterior ve posterior dişlerin direkt restorasyonlarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu materyallerde gözlenen iç renklenmeler materyal yapısına ve içeriğine bağlı olarak gerçekleşen renklenmelerdir. Kompozit rezinler yapısal olarak organik polimer matriks fazı, inorganik faz ve ara faz olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Günümüzde kompozitlerde var olan organik polimer matriksi bir aromatik veya üretilen dimetakrilat oligomeridir. Diş hekimliğinde en yaygın kullanılan 4 oligomer; birçoğunun organik matriksinde esas monomer olan Bis-GMA (bisfenol A diglisil-eter-metakrilat), Bis-EMA (etoksillenmiş bisfenol A dimetakrilat) ve dilüe eden monomer olarak da UDMA (üretan dimetakrilat) ve TEGDMA (triötilen glikol dimetakrilat)'dır. Materyalin rezin matriks içeriği, polimerizasyonu ve doldurucu içeriği gibi ışıkla sertleşen restoratif dental materyallerin rengini etkileyen birçok faktör vardır.²⁻⁵

Rezin matriks bileşiminin iç renklenmelere etkisi:

Kimyasal olarak polimerize olan kompozitlerde sıklıkla gözlenen renklenmeler, tersiyer aromatik aminlerin ağız ortamında kimyasal değişikliğe uğraması sonucu gerçekleşir. Bu tür renklenmeler UV ışığı, nem ve oksidasyon ile hızlanır. Kompozit materyallerde en yaygın kullanılan ışığa duyarlı başlatıcı tipi olan kamforokinon beyazlatılmayan kromofor grubu içeren katı, sarı renk bir bileşendir ve rezin içerisinde fazla oranlarda kullanılmasının, istenmeyen renklenmelere yol açtığı bildirilmiştir. Işıkla polimerize olan kompozitlerin yeterli polimerize edilmediği durumlarda, kamforokinonun tamamen dönüşmemesi ile kompozit rezin içerisinde sarı renklenmeler kalır. Bununla birlikte, materyalin foto-aktivasyonu sonucu, zamanla aminlerin oksidasyonu ile birlikte sarı renk izlerin kahverengiye dönüştüğü ve renklenmeye neden oldukları da bildirilmiştir.⁶⁻⁹ Rezinin depolanma biçimi de renklenme üzerinde etkilidir. Uzun süre sıcak ortamda bekletilen rezinlerde benzoil peroksitin etkisi ile renk değişiklikleri gözlenebilir.¹⁰

Materyallerin monomer içerikleri değerlendirildiğinde renklenmeye makropartiküllü ve Bis-GMA miktarı fazla olan kompozitlerde daha çok, mikropartiküllü olan kompozitlerde ise daha az rastlandığı gözlenmiştir.¹⁰ Hidrofilik ve su emilimi gösteren kompozit materyallerin de renklenme olasılıklarının daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bis-GMA'nın rijit ağ oluşumuna yol açması nedeni ile ana monomer içeriği Bis-GMA olan

kompozitler, TEGDMA içeren kompozitlere göre daha az; UDMA ve Bis-EMA (etoksillenmiş bisfenol A glikol dimetakrilat) içeren kompozitlere göre ise daha fazla su emilimi gösterirler.¹¹ UDMA'nın su emiliminin ve çözünürlüğünün düşük olması, Bis-GMA'ya göre daha az renklenmeye yol açmasına neden olur.¹²⁻¹³ Bis-GMA esaslı rezinlerde su emilimi %0-%1 iken, eklenen TEGDMA oranına bağlı olarak bu oran %3- %6 ya kadar artabilir.¹ TEGDMA'nın merkezinde tekrarlayan ve su molekülüne afinitesi olan etoksi grupları içermesi, kompozit materyalin yüzey hidrofilitesinin artmasıyla sonuçlanır. Bis-GMA ve TEGDMA hidrofilik yapılarından dolayı, yüksek su emilimi değerlerine sahiptirler. Bis-EMA ise yapısındaki hidrofobik gruptan dolayı düşük su emilimi gösterir.⁸ TEGDMA'nın Bis-EMA, Bis-GMA ve UDMA'ya göre önemli oranda daha yüksek su emilimi değerleri gösterdiği bildirilmiştir.¹⁴⁻¹⁵

Filtek Z250 (3M ESPE), Filtek Supreme (3M ESPE) ve Admira (Voco) gibi farklı kompozitlerin renk stabilitesinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; Filtek Z250 ve Filtek Supreme' in benzer rezin matriks bileşimine sahip olmalarına rağmen, Filtek Supreme içerisinde TEGDMA bulunmasının, bu materyalin daha fazla renklenme göstermesine neden olduğu bildirilmiştir.¹⁶ Bununla birlikte Nasim ve arkadaşlarının² çalışmalarında Spectrum TPH'nın (Dentsply) Filtek Z350' ye göre renk stabilitesinin daha iyi olduğu bulunmuş ve bu sonuç, Spectrum TPH'nın çok sert bir rezin olması ve mükemmel aşınma direnci gösteren Bis-GMA içermesi ile ilişkilendirilmiştir. Pruthi ve arkadaşlarının¹⁷ yaptığı farklı bir çalışmada ise, üç boyutlu bağlanan inorganik-organik kopolimer içeren sert organik matriks ve alifatik ve aromatik dimetakrilat içeren ormoserlerin mikrofily ve mikrohibrit kompozitlerle karşılaştırıldıklarında daha yüksek aşınma direnci gösterdikleri ve renklenmeye daha dirençli oldukları belirtilmiştir.

Rezin polimerizasyonunun iç renklenmelere etkisi:

Polimerizasyon süresi ve tercih edilen ışık cihazı da materyalde gözlenebilecek renklenmeler üzerinde etkilidir.^{18,19} Monomer polimer dönüşümünün ve boyutsal stabilitenin artması ile çözünürlüğün azalması renk değişikliğinde düşüşe neden olur;²⁰⁻²² ilave polimerizasyonun ise bütün kompozitler üzerinde etkili olmadığı bildirilmiştir.^{23,24} Falkensammer ve arkadaşlarının²⁵ farklı kompozit rezinleri (dual-polimerize self-adeziv rezin siman, otopolimerize rezin esaslı kompozit, dual-polimerize rezin esaslı kompozit,

nanohibrit kompozit ve mikrohibrit kompozit) farklı solüsyonlarda bekleterek renk stabilitelelerini karşılaştırdıkları bir araştırmada, en fazla renklenme dual olarak polimerize rezin simanda gözlenmiştir. Jain ve arkadaşlarının²⁶ yaptıkları bir çalışmada, Belleglass-NG'nin (Kerr) gösterdiği yüksek renk stabilitesi materyalin sertleşme mekanizmasıyla (140°C' de 20 dakika süreyle nitrojen basıncı altında polimerize edilmesi) ilişkilendirilmiştir. Brackett ve arkadaşlarının²² farklı bir çalışmalarında ise, kamforokinon içeren kompozitlerdeki arda kalan sarı renk miktarı, QTH (kuartz-tungsten-halojen) ve LED (light-emitting diode) ile polimerize edildikten sonra karşılaştırılmış; QTH kullanımı sonrası daha fazla miktarda sarımsı izler kaldığı bildirilmiş ve bu farklılıkların gözle farkedilebilir oranda olduğu da belirtilmiştir.²⁷ Samra ve arkadaşları²⁸ ise postpolimerizasyon sistemi ve artmış renk stabilitesi arasında direkt bir ilişki bulamamışlardır. Son yapılan çalışmalarda, iyi polimerize edilmiş kompozit materyallerin iç renklemelerinin daha düşük olduğu gözlenmiştir.^{1,12} Yeterli polimerize edilmemiş kompozit rezinlerin, kimyasal boyalara ve gıda boya maddelerine maruz kaldıklarında ise önemli ölçüde renk değişikliğine uğradıkları bildirilmiştir.^{25,26}

Doldurucu içeriğinin iç renklemelere etkisi:

Kompozit materyallerin renklemelerinde, doldurucuların da önemli etkileri vardır. Düşük doldurucu içerikli kompozit materyallerin renk stabilitelelerinin, daha az olduğu bilinmektedir. Rezin kompozitin aşınması, doldurucuların rezin matriksten ayrılmasına neden olabilir, bu nedenle artan yüzey pürüzlülüğü restorasyonu dış renklenme oluşumuna karşı daha uygun hale gelir.²⁸ Farklı büyüklükte doldurucu partikül içeren kompozit rezinler karşılaştırıldığında, hibrit kompozitlerin diğer kompozitlerden daha fazla renklendikleri gözlenmiştir.²⁹ Aguiar ve arkadaşları³⁰, test ettikleri kompozit rezinin düşük doldurucu içeriğine sahip olması nedeni ile doldurucu-matriks ara yüzüne daha fazla su emilimi gerçekleştiğini ve emilen suyun, doldurucu ve matriks ayrışmasına ya da doldurucunun hidrolitik bozunmasına neden olması sonucunda materyalin daha fazla renklenme gösterdiğini bildirmişlerdir. Kompozit restorasyonların aşınması, yüzey bozunması ve su emilimleri, içeceklerdeki kimyasalların etkisi sonucu gerçekleşebilir ve bu da dış renklenme ile sonuçlanır.³¹ Bu içeceklerin, kompozit materyallerin rengi ve mikro sertliği üzerindeki etkileri, kompozitin kimyasal bileşimine de bağlıdır.¹⁶ Ren ve arkadaşları³² farklı bir araştırmada, renklenme derecesini rezin matriks ve doldurucu bileşimi ile

ilişkilendirmişlerdir; ve test ettikleri materyal içerisindeki doldurucuları boyar maddelerin penetrasyonunu kolaylaştıran porozitelere sahip olan, zirkonya/silika nanopartiküllerinin kümelenmesiyle oluşan mikron boyutlu partiküller (0,6-10µm) olarak tanımlamışlardır. Rezin matriks yapılarının benzer olmalarına rağmen farklı renk stabilitelelerine sahip olmalarının doldurucu bileşimindeki farklılıklarla ilişkili olduğunu vurgulamışlardır.^{32,33}

Dış Renklenmeler

Dış renklemeler özellikle kırmızı şarap, kahve, kola ve çay gibi çeşitli renklendirici solüsyonlar ile temas ve bunların emiliminden kaynaklanır.³⁴ Bununla birlikte dış renklemelerde hekime bağlı uygulama hataları da söz konusudur. Kompozit materyallerin, kullanılan aletlerle ya da kavitenin tam izole edilememesi sonucu dişetinden sızan nem ve kan ile kontamine olması, renk değişikliklerine neden olur. Hatalı bitirme ve polisaj işlemi, kötü ağız hijyeni, boyayıcı maddeler de dış renklemelerde rol oynayan etkenler arasındadır. Kompozitin yapısı ve doldurucu partikül özelliklerinin, yüzey düzgünlüğü ve dış renklemeye yatkınlık üzerinde de direkt etkisi vardır.²

Bitirme ve cila işlemlerinin dış renklemelere etkisi:

Kompozit rezin restorasyonların bitirme ve cila işlemleri, restoratif diş hekimliğinin esas aşamalarındandır.³⁵ Kavite sınıflamasına ve lokalizasyonuna bakılmaksızın düz bir yüzey bitimi kompozit restorasyonun estetiği ve uzun ömürlü olması açısından klinik olarak önemlidir. Yetersiz bitirme ve cila işlemlerinden kaynaklanan yüzey düzensizliği, renklenme, plak birikimi, dişeti hasarı ve tekrarlayan çürük gibi klinik sorunları ortaya çıkarabilir.³⁶ Restorasyonların doğru bitirilmesi, sadece dental estetik için değil, aynı zamanda plak birikimini önlediği için ağız sağlığını koruma açısından da önemlidir.^{37,38} Bitirme ile ifade edilen işlem, kaba şekillendirme ya da istenilen diş anatomisinin elde edilmesi için restorasyonun şekillendirilmesidir.^{38,39} Cilalama olarak ifade edilen işlem ise, bitirilmiş olan yüzeylerin çeşitli aletler ile parlatılmasıdır.⁴⁰ Kompozit restorasyonların bitirme ve cila işlemleri için genellikle kullanılan aletler, karbit frezler, döner aletlerle kullanılan 25µm-50µm elmas aşındırıcılar, aşındırıcı lastikler, diskler ve cila patlarıdır.⁴¹ Bitirme ve cila işleminde kullanılan aşındırıcılar kompozit yüzeyinde silika partiküllerinin yer değiştirmesine veya yüzeyden uzaklaşmasına neden olabilirler. Partikül büyüklüğü 0,01-1 µm arasında değişen küçük partiküllü kompozitlerde cila işlemi

başarılı sonuç verirken partikül büyüklüğü 10 µm den fazla olan kompozitlerde yüzeyin pürüzlü olduğu görülür. Erdemir ve arkadaşlarının⁴² yaptıkları çalışmada; bitirme işleminden sonra bile düzensiz sıralanmış inorganik doldurucu partiküllerin neden olduğu kompozit yüzey pürüzlülüklerinin zamanla daha kolay renklenmeye neden olduğu gösterilmiştir. Patel ve arkadaşları,¹⁸ kompozit materyallerin renklendirici solüsyonlarda bekletilmeden önce 15 µm elmas aşındırıcılar ve 1 µm alüminyum oksit patlarla cilalandıklarında, daha düşük renklenme gösterdiklerini bildirmişlerdir.

Cila materyallerinin dış renklenmelere etkisi:

Doldurucu içermeyen rezinler ile kompozit restorasyonların yüzeylerinin kaplanması ilk olarak 20 yıl önce önerilmiştir. Bunlar cila materyali olarak adlandırılan, Bis-GMA matris içeren, otopolimerizan rezinlerdir ve kompozit rezinlerin özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılmaları önerilmiştir.^{43,44} Bitirme işlemi sırasında, yüzeydeki partiküllerin uzaklaştırılmasına bağlı olarak, mikro çatlaklar ve düzensizlikler gibi çeşitli yüzey defektleri gözlenebilir. Bu defektleri doldurmak ve arka bölge kompozit rezinlerin aşınma direncini geliştirmek amacıyla, bitirme işleminden sonra materyalin yüzeyine rezin uygulanması da önerilmiştir.⁴⁵ Saraç ve arkadaşları³⁷ yüzey cilası olarak diş hekimlerinin kullanımına sunulan Biscovey'in (Bisco) dokusal mikro defektleri doldurduğunu ve daha düzgün bir yüzey sağlamaya yardımcı olduğunu gözlemlemişlerdir. Cila materyallerinin kompozit materyallerin yüzey dokusu üzerinde birçok avantajı olmasına rağmen dezavantajlarının da olduğu bildirilmiştir.⁴³ Takeuchi ve arkadaşları⁴⁴ cila materyallerinin yüzey pürüzlülüğünü önlemede çok etkili olmadığını bildirmişlerdir. Farklı bir çalışmada, cila materyallerinin içeriğinin ve polimerizasyon sürelerinin renklenme direncini etkilediği belirtilmiş ve metakrilat veya dimetakrilat rezin içeren cila materyallerinin Bis-EMA bileşeni içerenlere göre renklenmeye daha dirençli oldukları bildirilmiştir.^{44,45,46}

Renklendirici içeceklerin dış renklenmelere etkisi:

Kompozit materyaller suyu absorbe edebildikleri gibi, diğer sıvıları ve pigmentleri de absorbe edebilir ve bu da kompozitin renklenmesiyle sonuçlanır.¹² Kahve, çay, kırmızı şarap, meyve suyu, kola, soya sosu, hardal ve ketçap gibi yaygın olarak tüketilen yiyecek ve içeceklerle yapılan çok sayıda *in vitro* çalışmanın sonuçlarına göre, materyallerin kompozit restorasyon yüzeyinde önemli ölçüde renk değişikliğine neden olduğu belirtilmiştir.^{4,47-49} Benzer renk değerleri göstermelerine rağmen, kahve gibi boyar madde içeren belirli içeceklerin, kola gibi

içeceklerle göre daha ciddi renklenmelere neden olduğu bulunmuştur.⁵⁰ Bu durum renklendiricilerin yüzeye itilmesi ve yüzey altı tabakaya emilimden kaynaklanırken, kompozit materyalin polimerik fazının kahvede bulunan sarı renklendiricilerle bağdaşması ve sarı renge meyilli olan b* koordinat değerinin artmasıyla da ilişkili olabileceği belirtilmiştir.²⁴ Falkensammer ve arkadaşlarının²⁵ yaptıkları bir çalışmada en fazla renklenmenin kırmızı şarap ile olduğu, bunu siyah çayın takip ettiği gözlenmiştir. Solüsyonda bekletilme süresi boyunca kompozitin renklenme derecesini etkileyen önemli nedenlerden biri de kırmızı şarabın asidik yapısının dışında, şarap içerisindeki pigmentlerin zamanla değişmesi olarak bildirilmiştir. Aynı çalışmada renkli ağız yıkama solüsyonlarının daha az renklenmeye (klinik olarak kabul edilebilir değerlerde) neden olduğu gözlenmiştir.⁵¹ Barutçigil ve arkadaşlarının¹ yaptığı farklı bir çalışmada, kırmızı şarabın renklenmeye en fazla neden olan solüsyon olduğu ve bu materyali sırası ile kahve, çay, kola ve distile suyun izlediği bildirilmiştir. Düşük pH'nın ve alkolün, kompozit restorasyonların yüzey bütünlüğünü bozabileceği ve renklenmeye neden olabileceği de belirtilmektedir.²⁸ Alkolün, kompozit materyallerin yüzeyinde bozulmaya neden olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı, daha pürüzlü ve bozunmuş bir yüzey, pigmentlerin emilimine uygun olan yaygın bir yüzey sağlar ve bu durum da daha fazla renklenmeye neden olur.⁵²⁻⁵⁴ Su emilimi solüsyonun sıcaklığına bağlıdır, solüsyonun sıcaklığı artarken emilimin artmasına rağmen, çözünübilirliğin buna bağlı olmadığı da bildirilmiştir. Sadece düşük sıcaklıktaki solüsyonlarda, su emilimi ve çözünübilirlik arasında doğru orantılı sonuçlar elde edilmiştir.³¹

Güler ve arkadaşları⁵⁵ çayın renklenme üzerindeki etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, şeker ilavesinin siyah çayın neden olduğu renklenmeyi arttırdığını bildirmişlerdir. Kahve ve çayın farklı yoğunluklara sahip sarı renk boyar maddeler içermeleri, kompozit materyallerin çay ve kahve ile neden renklendiklerini açıklayabilir. Kolanın ise düşük pH değerine sahip olduğundan kompozit materyallerin yüzey bütünlüğüne zarar vermesine rağmen, sarı renk boyar madde içermediği için kahve ve çay kadar renklenmeye neden olmadığı gösterilmiştir.¹² Bu verilerle tutarlı olarak Barutçigil ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada da, çay ve kahvenin koladan daha fazla renklenmeye neden oldukları bildirilmiştir.¹ Garoushi ve arkadaşları⁵⁶ kahve ve çay solüsyonlarında

bekletilen örneklerin ΔE değerlerinin, klinik olarak kabul edilemez değer olan 3,3' den yüksek bulunmuşken, kolada bekletilen ve tekrar cilalama işlemi yapılan örneklerin renklerinin hemen hemen ilk ölçüm değerlerine geri döndüğünü bildirmişlerdir. Bunlara ilaveten, koladaki fosfat iyonları varlığının dişteki kalsiyum fosfatın çözünme oranını azalttığı bilindiğinden, kolanın çözünmeyi baskılayabileceği vurgulanmıştır.^{57,58} Mathias ve arkadaşları⁵⁹ sigara dumanı ve renklendirici solüsyonların kompozit materyallere etkisini birlikte değerlendirdikleri farklı bir çalışmada, kompozit materyallerin parlaklıklarının azaldığını (L^*) ve kırmızı pigmentasyonun arttığını bildirmişlerdir.

Bu sonuçlar; dış renklenmenin kompozit rezin restorasyonların renk stabilitesini ve uzun dönem klinik başarısını etkileyen faktörlerden biri olduğunu desteklemektedir. Bununla birlikte estetik restorasyonlarda kullanılan yeni rezin esaslı materyallerin renklenme dirençlerinin geliştirilmesinin; materyal bilimciler ve diş hekimliği araştırmacıları tarafından incelenmesi gereken önemli bir alan olduğu da vurgulanabilir.

Rezin Esaslı Kompozit Materyallerin Sınıflandırılması Ve Renk Stabiliteleeri

Kompozit materyallerin fiziksel özellikleri, matrikslerinin veya doldurucu partikül büyüklüğünün ve türünün değiştirilmesiyle geliştirilmiştir. Hidrofilite ve rezin matriksin sıvı emme derecesi, kompozit materyallerin renklenme durumunu etkileyebilir. Doldurucu partikül miktarı fazla olan kompozitlerin daha az su emmelerinden dolayı, renklerinin daha stabil olduğu bildirilmiştir. Eğer kompozit su ya da diğer sıvıları emerse bu durum renklenme ile sonuçlanır.¹² Su emilimi, rezin matriksin içine direkt emilim ile gerçekleşirken; doldurucu cam partikülleri, suyu materyalin yapısına emmez ve materyalin dış yüzeyine iter. Kompozit materyallerin su emmesi; rezin komponentin yoğunlaşmasına, genişmesine ve mikro çatlak oluşumuna neden olarak restorasyonların klinik ömrünü azaltabilir. Mikro çatlaklar ya da doldurucu ve matriks ara yüzeyindeki boşluklar, renklendiricilerin penetrasyonuna neden olur. Hidrofilik materyallerin yüksek derecede su emilimi gösterdiği ve buna bağlı olarak, renklendirici solüsyonlarla, hidrofobik materyallerden daha çok renklendikleri bildirilmiştir.¹⁰

Kompozit materyaller, genellikle içerdiği doldurucu şekline ve büyüklüğüne, rezin matrikslerine ve kullanıldığı bölgeye göre sınıflandırılırlar. En yaygın kullanılan sınıflama ise doldurucu büyüklüğüne göre

olandır.⁵⁷ Günümüzde yaygın olarak kullanılan 3 kompozit türü: mikrofil, mikrohibrit ve nanokompozitlerdir.⁵⁸ Megafil, makrofil, midifil gibi partikül büyüklüğü fazla olan geleneksel kompozitler günümüzde sıklıkla tercih edilmemektedir. Partiküllerin büyük ve sert olması, organik matriksin inorganik partiküllerden daha fazla aşınmasına yol açar. Bu da önemli bir sorun olan yüzey pürüzlülüğüne ve renklenmelere neden olur. Minifil kompozitlerin partikül miktarı, makrofil kompozitlere oranla daha fazladır. İnorganik doldurucu partiküllerin küçük ve çok sayıda olması, makrofil kompozitlere oranla daha düzgün bir yüzey elde edilmesini sağlar. Yüzey pürüzlülüğünde partiküllerin büyüklüğü kadar yapısı da etkilidir.⁵⁸ Mikrofil kompozitlerde, inorganik doldurucular koloidal silika partikülleri olup, partikül büyüklükleri 0,01-0,1 μm arasındadır ve organik matriks ile hemen hemen aynı hızda aşınırlar. Bu nedenle bitirme ve polisaj işlemlerinden sonra makrofil kompozitlere oranla daha düzgün bir yüzey elde edilebilmektedir.⁵⁹ Farklı büyüklükte doldurucu partiküller içeren iki farklı kompozit rezin karışımına hibrit kompozit denir. Hibrit kompozitlerde koloidal silika ve ağır metaller içeren cam partikülleri harmanlanmış ve inorganik doldurucu olarak organik matrikse katılmıştır. Buna bağlı olarak doldurucu partikül yüzdesi ağırlıkça yaklaşık %10-20'si koloidal silika olmak üzere %75-80'e ulaşmıştır. Submikron büyüklüğündeki inorganik doldurucu partiküller (1-3 μm) büyük partiküller arasına gelişigüzel serpiştirildiği için yüzey düzdür.⁵⁹ Mikrohibrit kompozit materyal olan Filtek Z250, nanofil kompozit materyal olan Filtek Supreme ve Admira'nın renklenmelerini karşılaştıran bir araştırmada; renk stabilitesi en iyi olan materyal Filtek Z250 olarak gözlenmiş ve bunu takip eden adeziv restoratif materyal Admira olmuştur. Admira'nın inorganik-organik kopolimerleri, bu materyallerin polimerizasyon avantajlarının daha çok olmasına izin vermiştir.¹⁶ Nano teknolojinin diş hekimliğimde kullanımı ile üretilen nano dolduruculu kompozitler, yüzey düzgünlüğü ve estetik açıdan mikrofil kompozitlere benzerlik gösterirler. Bu tür kompozitlerde inorganik doldurucu partiküllerin büyüklüğü 0,005-0,01 μm olup, görünür ışık dalga boyundan daha küçüktürler. Bu nedenle görünür ışık ile absorpsiyon veya saçılım gibi etkileşimlere girmezler. Yüzeyleri mikrofil kompozitler gibi düzgün ve parlak görünür.⁵⁹ Nasim ve arkadaşları² doldurucu partiküllerin büyüklüğü ve bileşiminin yüzey

pürüzlülüğü ve dış renklenme riskini azalttığını belirtmişlerdir. Bu nedenle, nanokompozit rezin olan Filtek Z350' nin küçük partikül boyutu nedeni ile daha az renklenme göstermesini beklemişler ancak, tam tersi bir sonuç ile karşılaşmışlardır. Bu durumu ise rezin matrisin yapısı (UDMA, TEGDMA, Bis-EMA ve zirkonyum silika) ve doldurucu ve cam partiküllerdeki olası porozite ile ilişkilendirmişlerdir. Mikrofil kompozit Heliomolar'ın (Ivoclar) mikrohibrit kompozit olan Spectrum TPH'a göre daha çok renklenmesi ise Heliomolar'ın yüksek oranda alifatik amin içeriği ile açıklanmıştır.

Son yıllarda monomerlerin polimerlere dönüşümü sırasında gözlenen polimerizasyon büzülmesini ve buna bağlı olarak ortaya çıkan sorunları azaltmak amacı ile kimyasal yapısı farklı silikon esaslı hidrofobik monomer olan siloranlar geliştirilmiştir.⁶⁰⁻⁶³ Siloran esaslı kompozitlerin, siloksan ve oksiran moleküllerinin reaksiyonlarından elde edilmesi, bu materyallere iki avantaj sağlar. Bu avantajlardan biri oksiran halkası açık polimerizasyon reaksiyonundan dolayı materyalin düşük polimerizasyon büzülmesi göstermesi; ikincisi ise siloksan varlığının, ağız sıvılarında çözünmeyen materyal miktarını arttırmasına bağlı olarak daha hidrofobik bir yapıya neden olmasıdır. Hidrofobik materyallerin birçok nedenden dolayı daha az yüzey değişiklikleri göstermeleri beklenir.^{64,65} Mevcut kompozit materyaller içerisinde siloranlar, siloksan radikalleri içerdiklerinden hidrofobik olarak bilinirler. Sonuç olarak, siloran daha düşük higroskopik genleşme ve daha yüksek boyutsal stabiliteye sahiptir. Hidrofobik özelliklerine ek olarak, düşük su emilimi, çözünürlük ve difüzyon katsayısına sahiptirler. Biyolojik sıvıları taklit eden sitrik asit, hidroklorik asit, heptanlar ya da hidrolaz, esteraz enzimleri gibi içeriği olan sıvılarda yapılan çalışmalarda da siloranın stabil ve çözünmez olduğu bildirilmiştir.⁶⁶⁻⁶⁸ Literatürde siloran esaslı kompozitlerle ilgili birçok araştırma bulunmasına rağmen, bu çalışmalar genellikle materyallerin mekanik özellikleri ile ilgilidir. Siloranların optik özelliklerinin değerlendirildiği çalışmada Perez ve arkadaşları⁶⁹ siloran esaslı kompozit restoratif sistemlerin, dimetakrilat esaslı kompozitlerle kıyaslandığında farklı optik özellikler gösterdiğini bildirmişlerdir. Siloran esaslı kompozitlerin renk değişikliklerinin Δa^* ve Δb^* koordinatlarındaki değişime bağlı olduğunu, ancak dimetakrilat esaslı kompozitler için renk değişikliğinin çoğunlukla ΔL^* ve Δb^* den kaynaklandığını vurgulamışlardır. Bununla birlikte siloran esaslı kompozitlerin en düşük translüsentlik değerlerini gösterdiğini de belirtmişlerdir.⁶³ Mourouzis ve arkadaşlarının⁶⁸ yaptıkları farklı bir

çalışmada, siloran esaslı kompozitlerin, beyazlatma uygulamalarından sonra renginde ve parlaklığında değişiklikler olduğu bildirilmiştir.

Renklenme Tespiti

Renk karışık bir olgu olduğundan; ışık şartları, translüensi, opasite, ışık saçılması ve insan gözü gibi birçok faktör rengin algılanmasını etkileyebilir.⁶⁵ Kompozitlerin renklenmesi, görsel olarak veya bazı enstrümental teknikler kullanılarak belirlenebilir. Enstrümental teknikler, görsel renk karşılaştırmasının doğasında olan subjektif yorumları elimine eder. Bu nedenle, dental restoratif materyallerin renk değişimlerinin bulunmasında spektrofotometreler, kolorimetreler ve dijital görüntü analizleri geniş kullanım alanı bulmuştur. Renk uyumunun değerlendirilmesinde, en sık kullanılan cihaz olan spektrofotometreler, görünen spektrum aralığında, 1-25 nm aralıklarla objeden yansıyan ışık enerjisinin miktarını ölçerler.⁶⁶ Spektrofotometre; ışığı dağıtan bir optik radyasyon kaynağı, ölçüm yapan bir optik sistem ve analizin gerçekleşmesi için elde edilen ışığı sinyale dönüştüren bir detektör içerir. Konvansiyonel tekniklerle ya da insan gözü ile yapılan değerlendirmelerle karşılaştırıldığında, spektrofotometrelerin %33 artmış doğruluk oranına sahip oldukları ve vakaların %93,3 ünde daha objektif eşleştirme yaptıkları bildirilmiştir.⁶⁷

Renk farklılıklarının değerlendirilmesinde genellikle Munsell ve CIE Lab (Commission International de l'Eclairage) renk sistemi olmak üzere iki renk sistemi kullanılır. CIE Lab renk sistemi, günümüzde diş hekimliğinde en yaygın olarak kullanılan renk ölçme sistemlerindedir.⁶⁸ CIE $L^*a^*b^*$ kademeli renk sistemine göre ise, doğadaki tüm renkler üç ana renk koordinatlarının bileşiminden elde edilir. CIE $L^*a^*b^*$ sisteminin renk koordinatları: L^* (parlaklık, akromatik koordinat, siyah-beyaz arası dizilir; en üst değer beyazdır (100) ve en alt değer siyahtır (0), a^* (-a yeşil, +a kırmızı) ve b^* (-b* mavi, +b sarı) ⁶⁹. Kroma, merkezden CIE $L^*a^*b^*$ küresinin çevresine çapraz geçen radyal eksendir. Kürenin merkezi en düşük çevresi ise en yüksek kroma değerine sahiptir. Bu sistem, diş hekimliğinde araştırmacılar tarafından farklı materyallerin renklenmelerinin incelenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.²⁹ Renk değişiklikleri farklı örneklerin ya da aynı örneğin farklı yerlerinin $L^*a^*b^*$ değerleri arasındaki farkın (ΔE) matematiksel ifadesidir. Prensipite, eğer bir materyalin rengi tamamen stabil ise, yapılan testlere maruz kalma sonucu hiç renk

farkı saptanmamalıdır ($\Delta E=0$). ΔE değerlerinin spektrofotometre yardımıyla ölçülebilmesine rağmen, insan gözü 1,5' dan daha az olan değerleri saptayamaz. Estetik restorasyonlardaki renk farklılıklarını gözlemlerken, ΔE değerleri 3,3 e eşit ya da 3,3 den fazla olduğunda klinik olarak izlenebileceği bildirilmiştir.⁷⁰

AE hesaplanması:

$$\Delta E=[(\Delta L)^2+ (\Delta a)^2+ (\Delta b)^2]^{1/2}$$

ΔE = renk farkı

ΔL = parlaklık değerleri arasındaki fark ($L2 - L1$)

L^* koordinatı parlaklıkla ilgili değeri verir ve insan gözünde siyah ve beyazı algılayan (parlaklığı) hücrelerin sayısı, rengi algılayan hücrelerin sayısından daha fazla olması sebebi ile renk stabilitesi ve klinik başarı için ΔL değeri önemlidir.

“L1” renklenme öncesi, “L2” ise renklenme sonrası parlaklık değerini gösterir.
(en açık beyaz ve en koyu siyah arasında 100 değer)

Δa = kırmızı-yeşil skalasındaki farkı belirler. ($a2 - a1$).
 $a1$ renklenme öncesindeki değeri gösterirken, $a2$ renklenme sonrası değeri gösterir.
“a” = kırmızı (pozitif değerler) ve yeşilin (negatif değerler) miktarını gösterir.

Δb = yeşil-sarı skalasındaki farkı belirler. ($b2 - b1$).
 $b1$, renklenme öncesindeki değeri gösterirken, $b2$ renklenme sonrası değeri gösterir.
“b”= sarı (pozitif değerler) ve mavinin (negatif değerler) miktarını gösterir.

Renklenen Restorasyonların Konservatif Tedavisi

Dış renklenme gösteren kompozit restorasyonların konservatif tedavisinde seçenekler, rutin periodontal profilaksinin yanı sıra, hafif mikroabrazyon veya renklenmiş üst tabakanın alev uçlu karbit bitirme frezi veya elmas frez ile düzeltilebilmesi (örn; makroabrazyon) ve bunu takiben aşındırıcı disk veya uçlar ile cilalanması ile gerçekleştirilir. Ağız hijyenini koruma tedavileri, periodontal ve restoratif tedavilerin tamamlayıcı kısmıdır. Bütün ulaşılabilir diş yüzeylerinden plağın ve lekelerin uzaklaştırılması, kontrol randevularında rutin olarak yapılmalıdır. Geleneksel lastik profilaksisi ve hava tozu

cila sistemi, doğru kullanıldıklarında dişe ve dişeti dokusuna zararı olmayan, plak ve leke uzaklaştırmada etkili ve profesyonel tekniklerdir.⁷⁰ Kompozit restorasyonlarda renklenme oluştuktan sonra, tekrar cilalama ve beyazlatma işlemleri ile lekelerin kısmen veya tamamen uzaklaştırılabileceği düşünülmüştür.⁷¹ Tekrar cilalama işlemlerinin renklenmelerin giderilmesinde etkisi:

Kompozit restorasyonlarda gözlenen renklenmelerin tekrarlanan bitirme ve polisaj işlemleri ile uzaklaştırılabileceği vurgulanmaktadır.⁷¹ Fontes ve arkadaşları¹³ yaptıkları çalışmada, teorik olarak, kompozitin dış renklenme gösteren yüzeyinin (~ 40 μ m) cila yöntemleri ile uzaklaştırılabileceği belirtilmiştir. Bu bulguları destekler bir biçimde Garoushi ve arkadaşlarının⁵⁶ yaptığı farklı bir çalışmada, hem tekrar cilalama hem de beyazlatma yöntemleri ile bütün kompozit örneklerde renk değişimlerinin azaldığı bildirilmiştir. Bununla birlikte kompozit örneklerin çoğunda, tekrar cilalamanın beyazlatmaya göre renklenmenin giderilmesinde daha etkili olduğu da bildirilmiştir. Mundim ve arkadaşları⁵² tekrar cilalama işleminin kahveden kaynaklanan kompozit renklenmelerinde, ΔE değerlerini azalttığı bildirmişlerdir. Türkün ve Türkün'ün⁷² yaptığı farklı bir çalışmada, kompozit materyallerdeki çay ve kahve renklenmelerinin beyazlatma ve tekrar cilalama yöntemleri ile uzaklaştırılabilirliği tespit edilmiştir. Beyazlatma ve tekrar cilalama yöntemlerinin renklenmeleri uzaklaştırmada etkili olduğu belirtilirken, ofis tipi beyazlatma işleminin tekrar cilalama yöntemine göre daha etkili olduğu bildirilmiştir. Mathias ve arkadaşlarının⁵⁹, sigara dumanı ve renklendirici solüsyonların kompozit materyallere etkisinin birlikte değerlendirdikleri çalışmada, tekrar cilalama işleminin parlaklığı arttırdığı ve renklenmeyi azalttığı bildirilmiştir. Bununla birlikte sigara dumanı ve kırmızı şarap gibi renklendirici maddeler ile etkileşime giren restorasyonlarda tekrar cilalama işlemi uygulamalarından sonra renk farklılığı izlense de oluşan renk değişikliklerinin tamamen geri dönmediği bildirilmiştir.⁵⁵ Elhamid ve Mosallam⁷³ yaptıkları farklı bir çalışmada ise, karbamid peroksitle gerçekleştirilen beyazlatma ve tekrar cilalama işleminin renk üzerindeki etkilerini karşılaştırmış ve farklılık gözlemediklerini belirtmişlerdir.

Beyazlatma işlemlerinin renklenmelerin giderilmesinde etkisi:

Dişlerdeki iç kaynaklı ve dış kaynaklı renklenmelerin uzaklaştırılması için etkili ve konservatif bir yaklaşım olan beyazlatma işlemi de önerilmekte ve yaygınlaşmaktadır.⁷¹ Beyazlatma jelinin renklenen kompozit örnekler üzerindeki etkisi beyazlatma işleminden (oksidasyon) sorumlu olan serbest radikallerin pigmente olmuş büyük molekülleri okside ederek, küçük ve daha az görülebilen molekülleri oluşturması ile açıklanmıştır. Bazı elektron mikroskop görüntüleri ve profilometrik analiz içeren çalışmalarda, %10-%16 karbamid peroksit içeren beyazlatma jellerinin, hibrit ve mikrofil kompozitlerin yüzey pürüzlülüğünü ve porozitesini istatistiksel olarak önemli oranda arttırdığı bildirilmiştir. Literatür ile çelişen bu sonuçların ise materyaller, teknikler, içecekler ve bekletilme süreleri arasındaki farklılıklardan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.^{74,75}

Diş hekimi yönetiminde beyazlatma, diş hekimi gözetiminde beyazlatma, gece koruyuculu beyazlatma ve raf ürünleriyle yapılan beyazlatma olmak üzere vital diş beyazlatma işlemi evde ve ofiste farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Beyazlatma işlemi sırasında bu materyaller sadece dişlerle değil aynı zamanda restoratif materyallerle de temas ederler ve bu da birçok çalışmanın beyazlatma ajanlarının, restoratif materyallerin yüzey mikrosertliği, pürüzlülüğü ve renk stabilitelere olan etkisi üzerine odaklanma nedenini açıklamaktadır.^{76,77} Kompozit materyallerin beyazlatma ajanlarına olan tepkisinin, ajanın konsantrasyonu, türü ve toplam beyazlatma süresi ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir.⁷⁸⁻⁸⁰ Crest Night Effects, Colgate Simply White, Opalescence Quick beyazlatma ajanlarının rezin esaslı kompozit materyallerin dış renklenmelerini başarılı bir şekilde ortadan kaldırdıklarını gösteren bir çalışmada, bu ajanların kompozit restorasyonlar üzerindeki etkilerinin dişler kadar iyi olmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle, beyazlatma sonrası kompozit restorasyonların rengi, çevresindeki beyazlamış diş dokusuyla eşleşmez hatta beyazlatma restorasyonun yüzey pürüzlülüğünü arttırabilir ve restorasyon beyazlatma işleminden sonra daha kolay renklenebilir.^{28,81,82} Rosentritt ve arkadaşları⁸³ beyazlatmanın kompozit materyallerin yüzey yapısını bozduğu ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini arttırdığını bildirilmişlerdir. Kim ve arkadaşlarının⁸⁴ yaptığı, diş beyazlatma için bant türü ve film türü ajanların kullanıldığı çalışmada kompozit materyallerdeki renk değişiklikleri ve yüzey pürüzlülükleri değerlendirilmiştir. Beyazlatma filmleri ve bantları sonrası kompozit materyallerin yüzey pürüzlülüğündeki ve rengindeki

değişiklikler bu çalışmaya göre önemsiz olarak kaydedilmiştir. Whiteness Perfect, Whiteness Super, Whiteness HP beyazlatma ajanlarının Admira, Durafill VS (Heraeus Kulzer) ve Gradia Direct (GC Dental) kompozitlerinin renk değişikliklerine ve kırılma indekslerine olan etkilerini değerlendiren bir çalışmada, beyazlatma sonrası ve ilk ölçüm değerleri arasındaki renk farkı tüm gruplar için 3,3' den az bulunmuştur. Bununla birlikte, Whiteness HP ile beyazlatmanın Admira ve Durafill VS için fark edilebilir renk değişikliğine yol açtığı bildirilmiştir. Bu ajanın, kompozit materyallerin kırılma indekslerine etkisi olmazken, karbamid peroksit içeren diğer iki ajanın kırılma indekslerini arttırdığı bildirilmiştir. Bu sonuçlar, beyazlatmadan sonra bazı kompozit restorasyonların değiştirilmesi gerektiği düşüncesini desteklemektedir.⁷⁹ %10 karbamid peroksit ve %10 hidrojen peroksit ev tipi beyazlatma uygulamalarının değerlendirildiği diğer bir çalışmada, beyazlatma ajanına maruz kaldıktan sonra bütün kompozitlerde kabul edilemez renk değişikliği gözlenmiştir ancak karbamid peroksit ve hidrojen peroksit grupları arasında önemli bir fark bulunmamıştır.⁸⁰ Li ve arkadaşlarının yaptığı farklı bir çalışmada, %15 karbamid peroksit içerikli ev tipi beyazlatma jelinin, kompozitlerde ve cam iyonmer simanlarda renk değişikliğine neden olmazken, poliasit modifiye kompozitlerde önemli renk ve kimyasal bileşimlerinde değişikliklere neden olduğu bulunmuştur. Bu sonucu test edilen poliasit modifiye kompozit rezinin yüzeyinde beyazlatma ajanının oluşturduğu bozunma (yüzey pürüzlülüğü) ve materyalin bazı içeriğinin oksidasyonu ile ilişkilendirilmişlerdir. Kompozitlere göre izlenen düşük renk değişimi bu materyallerin (kompozitlerin) yüksek moleküler ağırlıklı polimerler içermesi sebebi ile beyazlatma ajanlarının difüzyonunun daha uzun sürmesi; cam iyonmer simanlardan daha fazla renklenme göstermeleri ise tükürük ve cam iyonmer arasında gerçekleşen iyon-değişim reaksiyonu ile açıklanmıştır.⁸⁵

SONUÇ

Bu literatür derlemesinde, kompozit materyallerin estetik olmaları, porselen restorasyonlarla karşılaştırıldığında diş dokusunda minimum preparasyon gerektirmeleri ve daha ekonomik olmaları gibi birçok avantajları bulunurken en önemli dezavantajlarından biri olan ve genellikle restorasyonun değişimi için esas sebeplerden sayılan renklenme konusu ele alınmıştır. Dış renklenmelerden kaynaklanan

sorunların çözümü daha mümkünken, iç renklemelerin tedavisinin ancak restorasyonun değiştirilmesiyle gerçekleştirilebilmesinin yanısıra önlenmesi ise kompozit materyalinin yapısal bileşiminin geliştirilmesiyle mümkündür. Diş hekimliğindeki güncel gelişmelerin ışığı altında, hekimlerinin kullanımına sunulan yeni materyallerin renklenme derecelerini değerlendiren çalışmalar sıklıkla gerçekleştirilmektedir ve bu konu halen materyal bilimcilerin ve hekimlerinin ilgisini çekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Barutçigil C, Yıldız M. Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. *J Dent* 2012; 40: 57-63.
2. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins--an in vitro study. *J Dent* 2010; 38: 137-142.
3. Martin N, Jedynekiewicz NM, Fisher AC. Hygroscopic expansion and solubility of composite restoratives. *Dent Mater J* 2003; 19: 77-86.
4. Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The in vivo perception of roughness of restorations. *Br Dent J* 2004; 196: 42-45.
5. Kaizer R, Diesel PG, Mallmann A, Jacques LB. Ageing of silorane-based and methacrylate-based composite resins: effects on translucency *J Dent* 2012; 40: 64-71.
6. Janda R, Roulet JF, Kaminsky M, Steffin G, Latta M. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *Eur J Oral Sci* 2004; 112: 280-285.
7. Santos PH, Souza FI, Guedes AP, Pavan S. Effect of postpolymerization method on the color stability of composite resins submitted to ultraviolet aging. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2012; 32: 95-100.
8. Kim K, Son KM, Kwon JH, Lim BS, Yang HC. The effects of restorative composite resins on the cytotoxicity of dentine bonding agents. *Dent Mater J* 2013; 32: 709-717.
9. Ardu S, Gutemberg D, Krejci I, Feilzer AJ, Di Bella E, Dietschi D. Influence of water sorption on resin composite color and color variation amongst various composite brands with identical shade code: an in vitro evaluation. *J Dent* 2011; 39: 37-44.
10. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dent Mater* 2003; 19: 12-18.
11. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2003; 24: 655-665.
12. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent* 2005; 33: 389-398.
13. Fontes ST, Fernández MR, Moura CM, Meireles SS. Color stability of a nanofill composite: effect of different immersion media. *J Appl Oral Sci* 2009; 17: 388-391.
14. Moharamzadeh K, Van Noort R, Brook IM, Scutt AM. HPLC analysis of components released from dental composites with different resin compositions using different extraction media. *J Mater Sci Mater Med* 2007; 18: 133-137.
15. Shortall AC, Palin WM, Burtscher P. Refractive index mismatch and monomer reactivity influence composite curing depth. *J Dent Res* 2008; 87: 84-88.
16. Wedad YA, Eftekar SG, Huda AMB. The effect of commonly used types of coffee on surface microhardness and color stability of resin-based composite restorations. *Saudi Dent J* 2010; 22: 177-181.
17. Pruthi G, Jain V, Kandpal HC, Mathur VP, Shah N. Effect of bleaching on color change and surface topography of composite restorations. *Int J Dent* 2010; 54: 695-748.
18. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *J Am Dent Assoc* 2004; 135: 587-594.
19. Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia GF, Powers JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *J Prosthet Dent* 2006; 95: 137-142.
20. Correr AB, Sinhoreti MA, Sobrinho LC, Tango RN, Schneider LF, Consani S. Effect of the increase of energy density on Knoop hardness of dental composites light-cured by conventional QTH, LED and xenon plasma arc. *Braz Dent J* 2005; 16: 218-224.
21. Micali B, Basting RT. Effectiveness of composite resin polymerization using light-emitting diodes (LEDs) or halogen-based light-curing units. *Braz Oral Res* 2004; 18: 266-270.
22. Brackett MG, Brackett WW, Browning WD, Rueggeberg FA. The effect of light curing source on the residual yellowing of resin composites. *Oper Dent* 2007; 32: 443-450.
23. Celik EU, Aladağ A, Türkün LŞ, Yılmaz G. Color changes of dental resin composites before and after polymerization and storage in water. *J Esthet Restor Dent* 2011; 23: 179-188.
24. Gaintantzopoulou M, Kakaboura A, Vougiouklakis G. Colour stability of tooth-coloured restorative materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2005; 13: 51-56.

25. Falkensammer F, Arnetzl GV, Wildburger A, Freudenthaler J. Color stability of different composite resin materials. *J Prosthet Dent* 2013;109:378-383.
26. Jain V, Platt JA, Moore K, Spohr AM, Borges GA. Color stability, gloss, and surface roughness of indirect composite resins. *J Oral Sci* 2013; 55: 9-15.
27. Kim SH, Lee YK. Changes in color and color coordinates of an indirect resin composite during curing cycle. *J Dent* 2008; 36: 337-342.
28. Samra AP, Pereira SK, Delgado LC, Borges CP. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. *Braz Oral Res* 2008; 22: 205-10.
29. Paravina RD, Roeder L, Lu H, Vogel K, Powers JM. Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness, gloss and color of resin-based composites. *Am J Dent* 2004; 17: 262-266.
30. Aguiar FH, Oliveira TR, Lima DA, Paulillo LA, Lovadino JR. Effect of light curing modes and ethanol immersion media on the susceptibility of a microhybrid composite resin to staining. *J Appl Oral Sci* 2007; 15: 105-109.
31. Kim TH, Garcia GF, Ko CC, Park JK, Kim HI, Kwon YH. Effect of temperature on the mass and color stability of additional photoinitiator-containing composite resins. *Dent Mater J* 2013; 32: 628-636.
32. Ren YF, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects of common beverage colorants on color stability of dental composite resins: the utility of a thermocycling stain challenge model in vitro. *J Dent* 2012; 40: 48-56.
33. Choi M.S, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. *J Mater Sci Mater Med* 2005; 16: 347-353.
34. Ertas E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J* 2006; 25: 371-376.
35. Roeder LB, Powers JM. Surface roughness of resin composite prepared by single-use and multi-use diamonds. *Am J Dent* 2004; 17: 109-112.
36. Yap AU, Yap SH, Teo CK, Ng JJ. Finishing/polishing of composite and compomer restoratives: effectiveness of one-step systems. *Oper Dent* 2004; 29: 275-279.
37. Sarac D, Sarac YS, Kulunk S, Ural C, Kulunk T. The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *J Prosthet Dent* 2006; 96: 33-40.
38. Schmidlin PR, Gohring TN. Finishing tooth-colored restorations in vitro: an index of surface alteration and finish-line destruction. *Oper Dent* 2004; 29: 80-86.
39. Yap AU, Tan S, Teh TY. The effect of polishing systems on microleakage of tooth coloured restoratives: Part 1. Conventional and resin-modified glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil* 2000 ;27: 117-123.
40. Turkun LS, Turkun M. The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Oper Dent* 2004; 29: 203-11.
41. Ozgunaltay G, Yazici AR, Gorucu J. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth-coloured restoratives. *J Oral Rehabil* 2003; 30: 218-224.
42. Erdemir U, Yildiz E, Eren MM. Effects of sports drinks on color stability of nanofilled and microhybrid composites after long-term immersion. *J Dent* 2012 ;40: 55-63.
43. Barghi, N, Alexander C. A new surface sealant for polishing composite resin restorations. *Compend Contin Educ Dent* 2003; 24: 30-33.
44. Takeuchi CY, Orbegoso FVH, Palma DRG, Panzeri H, Lara EH, Dinelli W. Assessing the surface roughness of a posterior resin composite: effect of surface sealing. *Oper Dent*, 2003; 28: 281-286.
45. Roeder LB, Tate WH, Powers JM. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of packable composites. *Oper Dent* 2000; 25: 534-543.
46. Doray PG, Eldiwany MS, Powers JM. Effect of resin surface sealers on improvement of stain resistance for a composite provisional material. *J Esthet Restor Dent* 2003; 15: 244-249.
47. Uctasli MB, Bala O, Gullu A. Surface roughness of flowable and packable composite resin materials after finishing with abrasive discs. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 1197-1202.
48. Ashcroft AT, Cox TF, Joiner A ve ark. Evaluation of a new silica whitening toothpaste containing blue covarine on the colour of anterior restoration materials in vitro. *J Dent* 2008; 36: 26-31.
49. Tunc ES, Bayrak S, Guler AU, Tuloglu N. The effects of children's drinks on the color stability of various restorative materials. *J Clin Pediatr Dent* 2009; 34: 147-150.
50. Ardu S, Braut V, Gutemberg D, Krejci I, Dietschi D, Feilzer AJ. A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. *Quintessence Int* 2010; 41: 695-702.
51. Soares GD, Scaramucci T, Steagall-Jr W, Braga SR, Sobral MA. Interaction between staining and degradation of a composite resin in contact with colored foods. *Braz Oral Res* 2011; 25: 369-375.
52. Mundim FM, Garcia LF, Pires-de-Souza FC. Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *J Appl Oral Sci* 2010; 18: 249-254.
53. Brouillard RS, Chassaing, Fougerousse A. Why are grape/fresh wine anthocyanins so simple and why is it that red wine color lasts so long. *Phytochemistry* 2003; 64: 1179-1186.

54. Azer SS, Hague AL, Johnston WM. Effect of bleaching on tooth discoloration from food colourant in vitro. *J Dent* 2011; 3: 52-56.
55. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005; 94: 118-124.
56. Garoushi S, Lassila L, Hatem M, Shembesh M, Baady L, Salim Z. Influence of staining solutions and whitening procedures on discoloration of hybrid composite resins. *Acta Odontol Scand* 2013; 71: 144-150.
57. Autio-Gold JT, Barrett AA. Effect of fluoride varnishes on color stability of esthetic restorative materials. *Oper Dent* 2004; 29: 636-641.
58. Sarkis E. Color change of some aesthetic dental materials: Effect of immersion solutions and finishing of their surfaces. *Saudi Dent J* 2012; 24: 85-89.
59. Mathias P, Rossi TA, Cavalcanti AN, Lima MJ, Fontes CM, Nogueira-Filho GR. Cigarette smoke combined with staining beverages decreases luminosity and increases pigmentation in composite resin restorations. *Compend Contin Educ Dent* 2011; 32: 66-70.
60. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. *Aust Dent J* 2011; 56: 59-66.
61. Ritter AV. Direct resin-based composites: current recommendations for optimal clinical results. *Compend Contin Educ Dent* 2005; 26: 481-490.
62. Dayangaç B. Kompozit Restorasyonlar. 2 ed. İstanbul; Quintessence Yayıncılık: 2011. p. 131.
63. Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J Prosthet Dent* 2000; 83: 166-170.
64. Pires-de-Souza F, Garcia LFC, Roselino LM, Naves LZ. Color stability of silorane-based composites submitted to accelerated artificial ageing--an in situ study. *J Dent* 2011; 39: 18-24.
65. Ilie N, Hickel R. Silorane-based dental composite: behavior and ağabeylities. *Dent Mater J* 2006; 25: 445-454.
66. Al-Boni R, Raja OM. Microleakage evaluation of silorane based composite versus methacrylate based composite. *J Conserv Dent* 2010; 13: 152-155.
67. Wei YJ, Silikas N, Zhang ZT, Watts DC. Hygroscopic dimensional changes of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles. *Dent Mater* 2011; 27: 259-266.
68. Mourouzis P, Koulaouzidou EA, Helvatjoglu-Antoniades M. Effect of in-office bleaching agents on physical properties of dental composite resins. *Quintessence Int* 2013; 44: 295-302.
69. Perez MM, Ghinea RU, Garte-Alván LI, Pulgar R, Paravina RD. Color and translucency in silorane-based resin composite compared to universal and nanofilled composites. *J Dent* 2010; 38: 110-116.
70. Lasserre JF, Pop-Ciutirila IS, Colosi HA. A comparison between a new visual method of colour matching by intraoral camera and conventional visual and spectrometric methods. *J Dent* 2011; 39: 29-36.
71. Kielbassa AM, Beheim-Schwarzbach NJ, Neumann K, Nat R, Zantner C. In vitro comparison of visual and computer-aided pre- and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. *J Prosthet Dent* 2009; 101: 92-100.
72. Turkun LS, Turkun M. Effect of bleaching and repolishing procedures on coffee and tea stain removal from three anterior composite veneering materials. *J Esthet Restor Dent* 2004; 16: 290-301.
73. Abd Elhamid M, Mosallam R. Effect of bleaching versus repolishing on colour and surface topography of stained resin composite. *Aust Dent J* 2010; 55: 390-398.
74. Paravina RD, Kimura M, Powers JM. Evaluation of polymerization-dependent changes in color and translucency of resin composites using two formulae. *Odontology* 2005; 93: 46-51.
75. Burrow MF, Makinson OF. Color change in light-cured resins exposed to daylight. *Quintessence Int* 1991; 22: 447-452.
76. Brook AH, Smith RN, Lath DJ. The clinical measurement of tooth colour and stain. *Int Dent J* 2007; 57: 324-330.
77. Guler AU, Duran I, Yücel AÇ, Ozkan P. Effects of air-polishing powders on color stability of composite resins. *J Appl Oral Sci* 2011; 19: 505-510.
78. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent* 2009; 1: 2-6.
79. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems: Review of clinical and research aspects. *J Dent* 2010; 38: 2-16.
80. Turker SB, Biskin T. Effect of three bleaching agents on the surface properties of three different esthetic restorative materials. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 466-473.
81. Celik C, Yüzügüllü B, Erkut S, Yazici AR. Effect of bleaching on staining susceptibility of resin composite restorative materials. *J Esthet Restor Dent* 2009; 21: 407-414.
82. Attin T, Hannig C, Wiegand A, Attin R. Effect of bleaching on restorative materials and restorations--a systematic review. *Dent Mater* 2004; 20: 852-861.
83. Rosentritt M, Lang R, Plein T, Behr M, Handel G. Discoloration of restorative materials after bleaching application. *Quintessence Int* 2005; 36: 33-39.
84. Kim JH, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Effect of tooth-whitening strips and films on changes in color and surface roughness of resin composites. *Clin Oral Investig* 2004; 8: 118-122.

85. Li Q, Yu H, Wang Y. Colour and surface analysis of carbamide peroxide bleaching effects on the dental restorative materials in situ. *J Dent* 2009; 37: 348-356.

Yazışma Adresi:

Dt. Gencay GENÇ
İstanbul Medipol Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi AD
Atatürk Bulvarı No:27 34083
Unkapanı Fatih, İstanbul, Türkiye
05349335938
gncy.gnc@hotmail.com