

Farklı Kalınlıktaki Biyoaktif Rezin Materyalin Optik Özelliklerinin Araştırılması: İn Vitro Çalışma

Investigation of Optical Properties of a Bioactive Resin Material in Different Thickness: An In Vitro Study

 Seda Nur KARAKAŞ^a,  Cihan KÜDEN^b

^aÇukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi ABD, Adana, Türkiye

^bÇukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti ABD, Adana, Türkiye

ÖZET Amaç: Bu çalışma farklı kalınlıklardaki biyoaktif restoratif materyalin (ACTIVA), polimerizasyon ve yapay tükürükte yaşlandırma sonrası renk değişimi ve optik özelliklerini anterior ve posterior kompozit rezinlerle karşılaştırmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** ACTIVA (AC) ve G-aenial anterior (GCa) ve G-aenial Posterior (GCp) kompozit rezin örnekleri, 10 mm çapında, 1- ve 2-mm kalınlığında altı grup (n=10) olarak hazırlandı. Grupların renk parametreleri bir spektrofotometre ile ölçüldü. Polimerizasyon ve yapay tükürükte yaşlandırılma sonrası renk değişimi ve translüsentlik parametresi (TP) CIEDE2000 formülü kullanılarak bulundu. Ayrıca kontrast oranı [contrast ratio (CR)] hesaplandı. Veriler tek yönlü ANOVA ve post-hoc Tukey testleri ile analiz edildi ($\alpha=0,05$). **Bulgular:** Polimerizasyon sonrası tüm grupların rengi önemli ölçüde değişti ($p<0,001$). GCp grubu hariç diğer gruplar her iki materyal kalınlığı için 7 ve 14 gün yaşlandırma sonrasında kabul edilebilirlik eşliğinin (1,8) altında renk değişimi gösterdiler. Materyal kalınlığı AC ve GCp grubunun renk değişimini önemli ölçüde etkilemiştir ($p<0,05$). Kalınlık 1 mm olan gruplar arasında tüm ölçüm zamanları için en düşük TP değeri AC ve en yüksek GCp gruplarında izlendi ($p<0,05$). Kalınlık 1 mm grupları için CR değerleri TP değerleri tamamen ters orantılıydı. **Sonuç:** Materyal kalınlığı AC'nin yaşlandırma sonrası renk değişiminde önemlidir. Polimerizasyon ve yaşlandırma sonrasında AC, GCa'ya göre daha fazla renk değişimi göstermiştir, ancak GCp'ye göre daha stabildir. Bununla birlikte AC, kompozit gruplarına göre daha az TP ve daha yüksek CR değerlerine sahiptir.

ABSTRACT Objective: This study compared the color change and optical properties of bioactive restorative material (ACTIVA) set at the different thicknesses with anterior and posterior composite resins after polymerization, and aging in artificial saliva. **Material and Methods:** The samples of ACTIVA (AC), and G-aenial anterior (GCa) and G-aenial Posterior (GCp) composite resins were prepared in 6 groups (n=10) with a diameter of 10 mm and thicknesses of 1- and 2-mm. The color parameters of the groups were measured with a spectrophotometer. The color change and translucency parameter (TP) after polymerization, and aging in artificial saliva were found using the CIEDE2000 formula. In addition, the contrast ratio (CR) was calculated. The data were analyzed with one-way ANOVA and post-hoc Tukey tests ($\alpha=0.05$). **Results:** The color of all groups changed significantly after polymerization ($p<0.001$). Except the GCp group, the other groups showed color change below the acceptability threshold (1.8) after 7 and 14 days of aging for both material thicknesses. Material thickness significantly affected the color change of AC and GCp groups ($p<0.05$). Among the groups with 1 mm thickness, the lowest TP value was observed in the AC and the highest GCp groups for all measurement times ($p<0.05$). The CR values for the thickness 1 mm groups were completely inversely proportional to the TP values. **Conclusion:** The material thickness is important in the color change of AC after aging. After polymerization and aging, AC showed more color change than GCa but more stable than GCp. However, AC has lower TP and higher CR values than composite groups.

Anahtar Kelimeler: ACTIVA biyoaktif-restoratif; renk; polimerizasyon; spektrofotometre

Keywords: ACTIVA bioactive-restorative; color; polymerization; spectrophotometry

Rezin esaslı materyaller, estetik özellikleri, mekanik dayanımları ve düşük maliyetleri nedeniyle modern diş hekimliğinde popüler materyallerdir. Rezin kompozit materyaller birçok avantaja sahip ol-

masına karşın materyallerin geliştirilmesine olan ihtiyaç devam etmektedir. Restoratif materyallerin özellikle doku, anatomi ve renk açısından doğal dişleri taklit ederek anterior restorasyonların hastaların

Correspondence: Seda Nur KARAKAŞ

Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi ABD, Adana, Türkiye

E-mail: skarakas@cu.edu.tr



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

Received: 16 Nov 2022

Received in revised form: 04 Jun 2023

Accepted: 13 Jun 2023

Available online: 19 Jun 2023

2146-8966 / Copyright © 2023 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

yüksek estetik taleplerini karşılaması beklenmektedir. Renk stabilitesi, estetik bir restorasyon gerçekleştirirken dikkate alınması gereken önemli bir optik özelliktir. Ayrıca materyallerin doku yanıtını indüklemeleri ve genellikle materyallerin iyonları salma ve apatit yapıları oluşturma yeteneği sayesinde remineralizasyonu teşvik etmeleri beklenmektedir.¹ Kompozit rezinlerin geliştirilmesinin sonuçlarından biri olarak üretilen ACTIVA (Pulpdent, Watertown, MA, ABD), ağızdaki değişikliklere iyon değişimi yoluyla tepki vererek uzun süreli klinik faydalar sağlayan, rezin modifiye cam iyonomer ve kompozit rezinin avantajlarını birleştiren yeni bir biyoaktif restoratif materyaldir.² ACTIVA, biyoaktif partiküller içeren doldurucular ve iyon değişimine izin veren bir matriksten oluşurken, doğal dişlerin kimyasal ve fiziksel özelliklerini taklit edebilmektedir. Üretici talimatlarına göre ise estetik olarak anterior bölgede ve basma kuvvetlerine dayanıklı olduğu için posterior bölgede kullanılabilirdiği gösterilmiştir. Aynı zamanda, ACTIVA materyalinin geleneksel cam iyonomerlere kıyasla daha fazla flor iyonu salma yeteneğine sahip olduğu üretici tarafından öne sürülmektedir.²

Piyasadaki yeni materyallerin gelişimi göz önüne alındığında, mükemmel yakın sonuçlar elde edebilmek için uygun restoratif materyal seçimi klinisyen için zorlayıcı olabilmektedir. Özellikle estetik restorasyonlarda materyalin yeterli mekanik özelliklerinin yanında, optik özelliklerinin de dikkatle değerlendirilmesi gereken temel faktörlerden biridir. Estetik restorasyonların başarısı ve uzun ömürlülüğü, kullanılan materyalin yaşlanmasına bağlı olarak oluşan renk stabilitesinin derecesinden önemli ölçüde etkilenir. Estetik restoratif materyallerin renk stabilitesi, matriksi, doldurucu bileşimi, doldurucu içeriği ve oranı gibi etkilerin yanı sıra küçük pigment ilaveleri ve rezin başlatıcı ve inhibitör dâhil olmak üzere bu malzemelerin potansiyel olarak diğer tüm kimyasal bileşenleri tarafından belirlenir.³ Kompozit rezinin renk değişimi restoratif materyalin su absorpsiyonu, polimerizasyon derecesi ve yüzey pürüzlülüğü ile ilişkili olmakla birlikte, bireyin tükettiği besinler de renk stabilitesini etkileyen faktörler arasında gösterilmiştir.⁴ Resin kompozitlerin optik özelliklerindeki değişiklik, sıklıkla materyallerin polimerizasyonundan sonra ortaya çıkabilir

ve bu değişikliğin büyüklüğü, ışığın yönü ve dalga boyundan etkilenir.⁵

Polimerize olmayan rezin kompozit ile komşu diş arasındaki ilk renk uyumu, estetik restorasyonlarda önemli bir klinik adımdır. Uygun bir eşleşme elde edildiğinde, polimerizasyondan sonra renk uyumu korunmalıdır.⁶ Materyallerin yarı saydamlığı ve komşu mine dokusu ile renk uyumu, kürleşmeden sonra tespit edilebilir eşliğin altında kaldığı sürece klinisyen, materyalle mine arasında doğrudan renk eşleşmesi sağlayarak zamandan tasarruf edebilir ve başarılı estetik restorasyonlar gerçekleştirebilir. Bu nedenle polimerizasyon sonrası materyalin renk parametrelerindeki minimum değişiklik, estetik restorasyonlar elde etme başarısını gösteren temel özelliklerden biridir.⁷

Resin kompozitler, komşu diş dokularının ve materyallerin renklerini yansıtabilen farklı derecelerde şeffaflığa sahiptir.⁸ Translüsентlik, restoratif materyalin estetik değerlendirmesinde dikkate alınması gereken en önemli optik özelliklerden biridir.⁷ Kısaca, translüsентlik parametresini (TP) belirli bir kalınlığa sahip bir materyalin siyah beyaz zemin üzerinde renk farklılığı olarak tanımlanır.⁹ Kontrast oranı [contrast ratio (CR)] materyalin opaklığını gösteren bir diğer önemli estetik gösterge iken, TP materyalin şeffaflığını gösterir. Her iki ölçüm parametresi de restoratif materyalin kalınlığından ve çevreden alınan renge göre değişmektedir.¹⁰ Mine şeffaflığı ve dentin opaklığının dengesi, estetik başarının klinik anahtarlarından biri olup, özellikle sınıf IV kavitedeki aşırı yarı saydamlık, restorasyona hoş olmayan grimsi bir görünüm verebilir.¹¹ Ancak gerektiğinde insizal bitiş çizgisinde estetik şeffaflık yaratılmasına da olanak sağlar.¹² Diş bölgelerine göre değişen renk parametrelerine ihtiyaç duyulmasının yanı sıra ışık geçirgenliği ile ilgili restoratif materyallerin araştırılmasında TP ve CR arasında güçlü bir ilişki olduğu da gösterilmiştir.⁸

ACTIVA'nın optik özellikleri ve estetik restorasyonların elde edilmesindeki etkinliği literatürde sınırlıdır. Bu çalışmada, ACTIVA'nın polimerizasyonunun ve yapay tükürükte yaşlandırılmasının, farklı kalınlıklardaki ACTIVA'nın renk değişimi ve optik özellikleri üzerindeki etkisini anterior ve pos-

terior kompozit rezinlerle karşılaştırmayı amaçlanmıştır. Çalışmanın H_0 hipotezi, i) polimerizasyon ve yapay tükürük yaşlandırılması sonrasında oluşabilecek renk değişimi açısından ACTIVA ile diğer materyaller arasında fark olmayacağı, ii) farklı kalınlıktaki materyallerin yarı saydamlık ve kontrast değerleri arasında fark olmayacağı yönündedir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 12.02.2021 tarih ve 2021/108.43 sayılı etik kurul raporuna göre bu çalışma tıbbi açıdan uygun bulunmuştur. Çalışma, Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uygun olarak yürütülmüştür. Bu çalışmadaki materyallerin içerikleri ve üreticileri Tablo 1’de belirtilmiştir. Her bir materyalden farklı kalınlıktaki 20 (n=10) numune olmak üzere toplam 60 numune hazırlandı. A2 renk tonu olarak seçilen materyaller 10 mm çapında 1- ve 2-mm yüksekliğinde teflon kalıplara yerleştirildi. Mylar şerit bant materyallerin üzerine yerleştirildi ve fazla materyalin taşması için cam plaka kullanılarak preslendi. Anterior kompozit rezin grubunda G-aenial anterior (GC corp., Tokyo, Japonya) ve posterior kompozit rezin grubunda G-aenial posterior (GC corp.) kullanıldı. Polimerize olmayan numunelerin başlangıç rengi, bir spektrofotometre (VITA Easyshade V, VITA Zahnfabrik Bad Säckingen, Almanya) ile ölçülmüştür. Restoratif materyal örneklerinin polimerizasyonu, üretici firma önerileri doğrultusunda başlangıç ölçümlerinden sonra bir LED ışık kaynağı (Elipar S10; 3M ESPE,

St Paul, MN, ABD) kullanılarak gerçekleştirildi. Tüm numunelerin üst yüzeyleri orta, ince ve süper ince alüminyum oksit emdirilmiş diskler (Sof-Lex, 3M, St. Paul, MN, ABD), sırasıyla 12.000 rpm’de dönen düşük hızlı bir el aleti üreticinin talimatlarına göre parlatılmıştır.

Polimerize edilen numunelerin renk parametreleri yukarıda bahsedilen yöntem kullanılarak ölçülmüştür. Her numune için polimerize olmayan ve polimerize olan materyaller arasındaki renk değişimi (ΔE_{00}) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplandı:

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2}$$

Yapay tükürük önceki çalışmada belirtilen formül baz alınarak (1,160 g/L sodyum klorür, 0,600 g/L kalsiyum klorür, 0,600 g/L potasyum fosfat, 1,491 g/L potasyum klorür, 0,050 g/L sodyum florür, eser miktarda sodyum hidroksit) ve pH 7 olarak ayarlanarak uzman kişilerce laboratuvar ortamında hazırlanmıştır.¹³ Materyallerin yapay tükürükte yaşlandırması Güler ve Ünal’ın çalışmasında tarif ettiği şekilde gerçekleştirildi ve 7 ve 14. günlerde elde edilen renk parametreleri yukarıda belirtilen formül kullanılarak grupların renk değişimleri hesaplandı.¹³

Materyallerin TP ve CR değerlerini belirlemek için seçilen standart siyah beyaz fonların CIEDE2000 renk koordinatları sırasıyla (L^* , a^* , b^*) L^* : 8,0, a^* : 0,3, b^* : 1,6 ve L^* : 94,6, a^* : 0,2, b^* : -0,8 olarak tespit edilmiştir. Örneklerin renk koordinatları ölçümü yapay tükürükte 7 ve 14 gün bekletildikten sonra tek-

TABLO 1: Çalışmada kullanılan restoratif materyallerin içerikleri.

Materyaller	İçerikler	Doldurucu oranı	
		(ağırlıkça)	Kategori
G-aenial Posterior (GC Corp, Tokyo, Japonya) Lot:1702271	UDMA, dimetakrilat ko-monomerler, prepolimerize silika ve stronsiyum florit	%80	Mikrohibrid kompozit rezin
G-aenial anterior (GC Corp, Tokyo, Japonya) Lot:2101211	UDMA, dimetakrilat ko-monomerleri, prepolimerize silika ve stronsiyum florür	%76	Mikrohibrid kompozit rezin
ACTIVA (Pulpdent, Watertown, MA, USA) Lot: 191212	Modifiye poliakrilik asit (%44,6), biyoaktif cam dolgu maddesi (%21,8), patentli kauçuklaştırılmış rezin (Embrace), amorf silika (%6,7) ve sodyum florür (%0,75) ile diüretan ve diğer metakrilatların karışımı	%56	Bioaktif cam iyonomer

UDMA: Üretan dimetakrilat.

rarlanmıştır. TP değerleri aşağıdaki denklemi elde etti:

$$TP_{00} = \left[\left(\frac{L'_B - L'_W}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{C'_B - C'_W}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{H'_B - H'_W}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{C'_B - C'_W}{K_C S_C} \right) \left(\frac{H'_B - H'_W}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2}$$

Yukarıdaki formülde ΔL (LB-LW), ΔC (CB-CW) ve ΔH (HB-HW), sırasıyla numunelerdeki lightness, chroma ve hue tonu farklılıklarıdır; SL, SC ve SH sırasıyla açıklık, renk ve ton bileşenleri için ağırlıklandırma fonksiyonlarıdır; RT, mavi bölgedeki renk ve hue farklılıkları arasındaki etkileşimi gösterir. KL, KC ve KH, çalışma koşullarındaki değişimler için parametrik faktörlerdir. Bu çalışmada parametrik faktörler 1 olarak alınmıştır.¹⁴

CR, aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplandı:¹⁵

$$Y = \left(\frac{L + 16}{116} \right)^3 \times Y_N \quad CR = Y_B / Y_W$$

L^* değerleri spektral yansımayı hesaplamak için kullanılmıştır Y değeri (Tristimulus Color Space/luminance XYZ) Y_N yüze eşittir.¹⁶ CR'yi hesaplamak için siyah (Y_B) ve beyaz (Y_W) arka plan üzerine kaydedilen numunelerin Y değerleri, siyah bir arka plana (Y_B) sahip bir test materyalinin ışık gücünün (Y), aynı materyalin beyaz bir arka plana (Y_W) yerleştirildiğindeki parlaklığına (Y) oranı olarak hesaplanmıştır.¹⁶ CR değerleri 0,0 (saydam materyal) ile 1,0 (tamamen opak materyal) arasındadır.¹⁶ TP ve CR değerleri için başlangıç, 7 ve 14. gün ölçümleri kaydedildi. Zamana bağlı TP ve CR değerlerindeki değişimleri belirlemek için ΔTP ve ΔCR değerleri hesaplandı.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde bir istatistiksel analiz programı (IBM SPSS Statistics 26; SPSS, Chicago, IL, ABD) kullanıldı. Varyansların dağılımının homojenliği Shapiro-Wilk testi kullanılarak değerlendirildi. Grupların polimerizasyon sonrası renk değişimi ve tükürük yaşlandırması sonrası renk değişimi, (ΔE_{00}), TP ve CR değerlerinin karşılaştırılması, tek yönlü varyans analizi (one way-ANOVA) ve post-hoc Tukey testleri kullanılarak analiz edildi. Zamana bağlı değişimler eşleştirilmiş t-test kullanılarak ve grupların kalınlık farkının renk, TP ve CR değişimine etkisi bağımsız örneklem t-testi

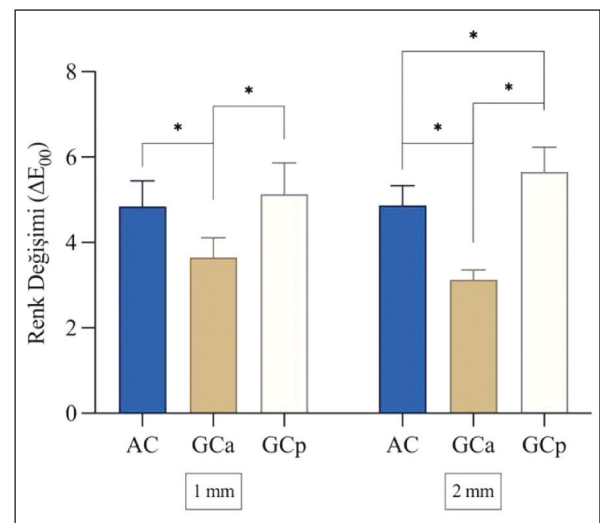
kullanılarak analiz edildi. Materyal kalınlığına göre ΔTP ve ΔCR değerlerindeki istatistiksel farklılıklar, bağımsız örneklem t-testi kullanılarak hesaplandı. Tüm veriler %95 güven aralığı ile değerlendirildi ($p=0,05$).

BULGULAR

Tüm gruplar polimerizasyon sonrası kabul edilebilirlik eşiğinin (1,8) üzerinde renk değişikliği gösterdi.¹⁷ Her iki kalınlık grubunda polimerizasyon sonrası en yüksek renk değişimini GCp grubu ve en az renk değişimini GCa grubu gösterdi (Şekil 1).

GCa (3,65) 1 mm kalınlık grubu aynı kalınlıkta AC (4,84) ve GCp (5,13) gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az renk değişimi gösterdi ($p<0,0001$). Kalınlık 2 mm olan gruplar kendi içerisinde karşılaştırıldığında, gruplar arasındaki renk değişimi farkı benzer şekilde gözlemlendi. Ancak kalınlık arttığında GCp (5,66) grubuna göre AC (4,87) grubunda gerçekleşen renk değişimi anlamlı olarak bulundu ($p=0,001$). Materyal kalınlığı 2 mm olan GCa grubu 3,13 değeri ile tüm gruplar arasında en düşük renk değişimini gösterdi.

Yapay tükürükte 7 ve 14 gün yaşlandırılma sonrası materyallerin ortalama renk değişimleri (ΔE_{00}) ve aralarındaki istatistiksel farklılıklar Tablo 2'de gösterilmiştir.



ŞEKİL 1: Polimerizasyon sonrası materyallerin renk değişimi (ΔE_{00}) ve gruplar arasındaki istatistiksel farklılıklar. *** istatistiksel olarak anlamlı farkı belirtir ($p<0,001$).

TABLO 2: Yapay tükürük içerisinde 7 gün ve 14 gün yaşlandırılma sonrası farklı kalınlıklardaki materyallerin renk değişimleri (ΔE_{00}) ortalama, standart sapmaları ve istatistiksel farklılıkları.

Materyaller	Materyal kalınlığı	7. gün	14. gün	p değeri
AC	1 mm	0,75±0,15 ^{A,a}	0,91±0,21 ^{A,b}	0,036
GCa	1 mm	0,49±0,05 ^{B,a}	0,72±0,11 ^{B,b}	0,0001
GCp	1 mm	1,96±0,27 ^{C,a}	2,71±0,17 ^{C,b}	0,0001
p değeri		0,0001	0,0001	
AC	2 mm	1,21±0,11 ^{A,a}	1,30±0,10 ^{A,a}	0,106
GCa	2 mm	0,52±0,06 ^{B,a}	0,74±0,10 ^{B,b}	0,001
GCp	2 mm	1,04±0,20 ^{C,a}	1,91±0,24 ^{C,b}	0,0001
p değeri		0,0001	0,001	

Farklı büyük harfler, 7 ve 14 gün periyotlarındaki tükürükte saklama sonucunda materyaller arasındaki renk değişiminin (ΔE_{00}) istatistiksel farkını temsil eder. Farklı küçük harfler, 7 ve 14. günlerde gerçekleştirilen ölçüm zamanı arasındaki istatistiksel farkı temsil eder.

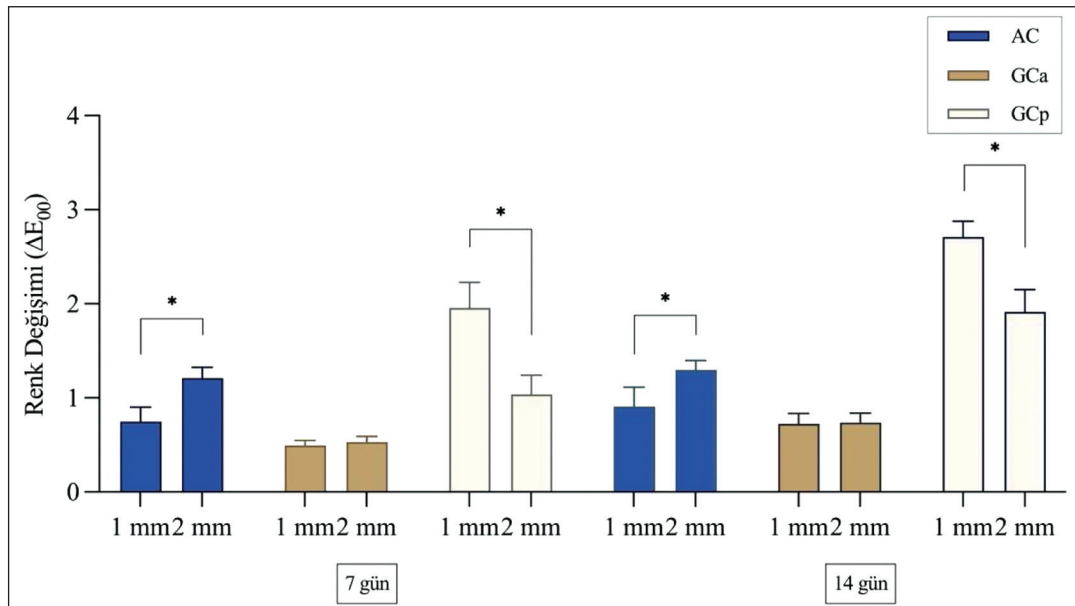
Materyal kalınlığı 1 mm olan gruplar karşılaştırıldığında, 7 ve 14. gün renk ölçümlerinde tüm gruplar arasında anlamlı fark bulunurken, en düşük renk değişimi GCa grubunda gerçekleşti ($p<0,05$) ve her iki ölçüm zamanı için GCp grubu algılanabilirlik eşiğinin üzerinde renk değişimi gösterdi.

Materyal kalınlığı 2 mm olan gruplar karşılaştırıldığında, tüm ölçüm zamanları için tüm gruplar arasındaki fark 1 mm kalınlık gruplarına benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$). GCp grubunun 14. gün gösterdiği renk değişimi haricinde,

2 mm kalınlığa sahip tüm gruplar tüm ölçüm zamanları için algılanabilir eşiğin altında renk değişimi gösterdi.

Ölçüm zamanları 2 mm AC grubu haricindeki tüm grupların 7 ve 14. gün ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$).

Farklı materyal kalınlıklarının renk değişimine etkisi Şekil 2’de gösterilmiştir. Her iki ölçüm zamanı için de GCa grubunda renk değişimi istatistiksel olarak anlamlı değilken ($p>0,05$), GCp ve AC gruplarındaki renk değişimi kalınlık farkından önemli derecede etkilendi ($p<0,05$).



ŞEKİL 2: Grupların 7 ve 14 gün yapay tükürük sıvısında yaşlandırılmasından sonra farklı kalınlıkların materyallerin renk değişmesine etkisi. “*” istatistiksel olarak anlamlı farkı belirtir ($p<0,01$).

Farklı materyal kalınlıklarına göre grupların başlangıç, 7 ve 14. gün yapay tükürük içerisinde yaşlandırılması sonrası translüsentlik parametresi değerleri ve istatistiksel farklar Şekil 3'te gösterildi. Materyal kalınlığı 1 mm olan gruplar arasındaki fark tüm ölçüm zamanları için önemli bulundu ($p < 0,05$). Gruplar arasında en düşük TP değerleri başlangıç, 7 ve 14.gün ölçüm zamanları için AC grubunda gözlenirken, değerler sırasıyla 9,98, 9,79 ve 9,78 olarak bulundu. Materyal kalınlığı 2 mm olan gruplar arasındaki fark TP değerinin başlangıç ölçümü açısından önemli değilken, 7 ve 14. gün ölçümlerinde AC grubu GCp grubuna göre anlamlı olarak daha düşük TP değeri gösterdi (sırasıyla $p=0,007$ ve $p < 0,001$).

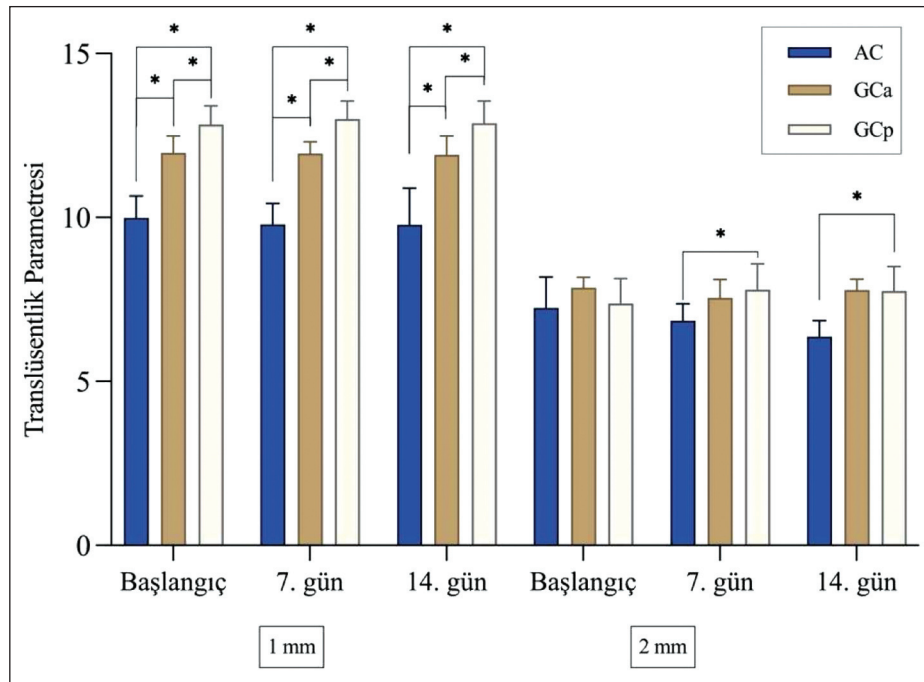
Materyallerin TP değerleri kendi içinde kalınlıkları açısından karşılaştırıldığında, 2 mm kalınlığa sahip tüm gruplar 1 mm kalınlığa sahip gruplara göre tüm ölçüm zamanları için anlamlı olarak daha düşük TP değerleri gösterdi ($p < 0,001$).

Tükürükte yaşlandırma sonrasında kalınlık 1 mm gruplarında TP değişimi (ΔTP) tüm gruplar için hem 7 hem 14. gün ölçümlerinde anlamlı fark bulunmadı ($p > 0,05$). Ancak kalınlık 2 mm gruplarında 14.

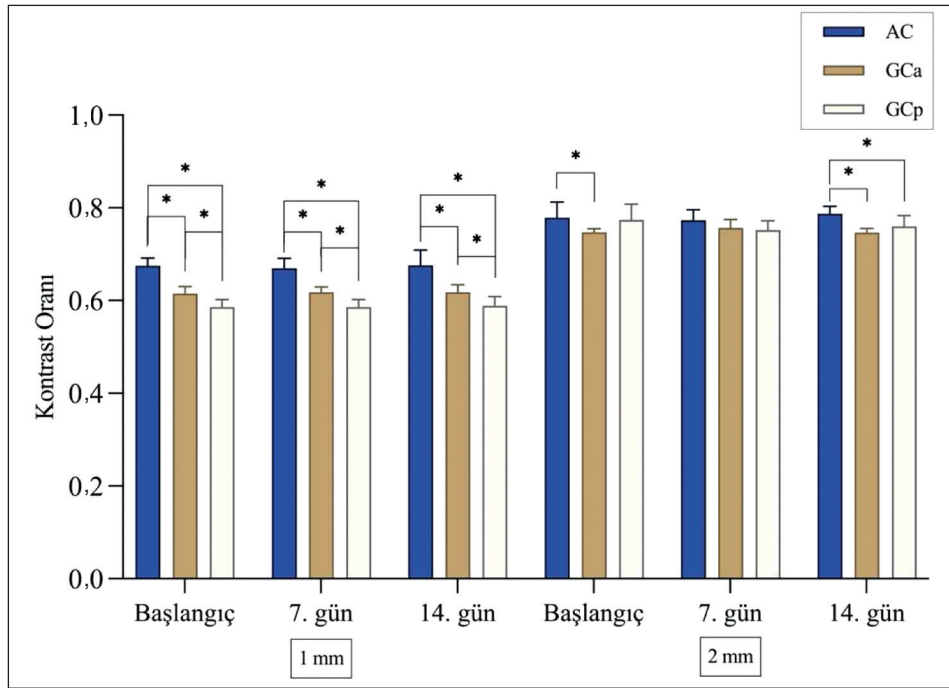
gün ölçümünde en yüksek ΔTP değeri AC grubunda (0,88) izlendi ve bu fark diğer gruplara göre istatistiksel olarak önemli bulundu ($p < 0,001$).

Farklı materyal kalınlıklarına göre grupların başlangıç, 7 ve 14 gün yapay tükürük içerisinde yaşlandırılması sonrası CR değerleri ve istatistiksel farklar Şekil 4'te gösterildi. Kalınlık 1 mm gruplarında tüm ölçüm zamanları için gruplar arasındaki fark anlamlı bulundu ($p < 0,001$) ve her 3 ölçüm zamanı için GCp grubunun CR değeri 0,59 olmakla birlikte diğer gruplara göre en düşük CR değeri olarak ortaya çıktı ($p < 0,001$). Kalınlık 2 mm gruplarında tüm ölçüm zamanları için en yüksek CR değeri AC grubunda izlendi. Başlangıç ölçümünde AC (0,78) grubu GCa (0,75) grubuna göre önemli derecede daha yüksek bulunurken ($p=0,047$), 14. gün ölçümünde AC (0,79) grubu GCa (0,75) ve GCp (0,76) gruplarına göre anlamlı olarak daha yüksek gözlemlendi (sırasıyla $p < 0,001$ ve $p=0,002$).

Materyallerin CR değerleri kendi içinde kalınlıkları açısından karşılaştırıldığında, 2 mm kalınlığa sahip tüm gruplar 1 mm kalınlığa sahip gruplara göre tüm ölçüm zamanları için anlamlı olarak daha yüksek CR değerleri gösterdi ($p < 0,001$).



ŞEKİL 3: Grupların 7 ve 14 gün yapay tükürükte yaşlandırılması sonrası translüsentlik parametresindeki değişimler *** istatistiksel olarak anlamlı farkı belirtir ($p < 0,05$).



ŞEKİL 4: Grupların 7 ve 14 gün yapay tükürükte yaşlandırılması sonrası kontrast oranındaki değişimler. *** istatistiksel olarak anlamlı farkı belirtir ($p<0,05$).

Farklı materyal kalınlıkları için tüm gruplar arasında tüm ölçüm zamanlarında kontrast değişimi (ΔCR) açısından anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$).

Materyal kalınlığı ile başlangıç TP değeri arasındaki ilişki her 3 materyal için önemli ölçüde ters orantılı olup, materyal kalınlığı ile başlangıç CR değeri her 3 materyal için önemli olarak doğru orantılı bulundu ($p<0,001$).

TARTIŞMA

Restorasyonun işlevsel ömrü boyunca renk stabilitesi, materyalin mekanik özellikleri kadar önemlidir. Zamanla optik özelliklerdeki değişiklikler, restorasyonların ömrünü ve kalitesini sınırlayabilir. Kompozit rezinin rengi, kompozit rezinin yerleştirilmesinden önce ve ışıkla polimerizasyon işleminden sonra uygun klinik değerlendirme için sabit olmalıdır. Bu çalışmada, biyoaktif resin materyali ACTIVA, anterior ve posterior kompozit rezinler, polimerizasyon ve yapay tükürükte yaşlandırma sonrasında renk değişimi göstermiştir. Böylece 1. hipotez reddedilmiştir. Farklı kalınlıktaki materyallerin TP ve CR değerleri arasında fark bulunduğundan 2. hipotez de reddedilmiştir.

Renk stabilitesini değerlendirmenin yaygın bir prosedürü, bir yaşlandırma solüsyonuna daldırmak ve bir spektrofotometre, spektrometre veya kolorimetre kullanarak renkteki değişikliği araştırmaktır.¹⁸ Spektrofotometrelerdeki siyah ve beyaz arka plan değerlendirmesi 2 önemli klinik duruma karşılık gelir.¹⁹ Siyah arka plan, palatinal veya lingual destekleyici diş sert dokusu bulunmayan sınıf IV kompozit restorasyonların klinik durumunu taklit eder. Beyaz arka plan, Sınıf I, II, III ve veneer kronları gibi duvarlardan birinin bulunduğu durumu temsil eder.²⁰

CIEDE2000 renk farkı, küçük renk değişimlerini ayarlayan ve görsel renk farkı algısını geliştiren önerilen bir formüldür. Bu çalışmada renk değişimini belirlemek için CIEDE2000 kullanılmıştır. CIEDE2000 (ΔE_{00}) ve renk farklılıkları saptanabilirlik ve klinik kabul edilebilirlik eşikleri açısından değerlendirildi. Paravina ve ark., CIEDE2000 %50:50 renk algılanabilirliği ve kabul edilebilirlik eşiklerinin sırasıyla 0,8 ve 1,8 olduğunu belirtmiştir.¹⁷ Resin bazlı kompozitlerin renk stabilitesini test etmek için su ve diğer sıvılarda depolama veya yapay olarak hızlandırılmış yaşlandırma gibi bazı in vitro yaşlandırma teknikleri örnekleri renklendirmek için sıklıkla kul-

lanılır.²¹ Literatürde, 7-30 gün arasında değişen birçok farklı daldırma süresi tanımlanmıştır.^{22,23} Ertaş ve ark., 24 saat boyunca renklendirme solüsyonlarına daldırmanın yaklaşık 1 aylık klinik yaşlanmaya karşılık geldiğini gözlemlemişlerdir.²³ Araştırmaların çoğu, kompozit rezinin refraktif indeksindeki değişikliklerdeki farklılıklar nedeniyle renk değişiminin kompozit formülasyona ve daldırma süresine bağlı olduğunu göstermektedir.²⁴ Kompozit rezinlerin renklendirici pigment olmaksızın distile suda renk değiştirmesi iç renk değişikliği olarak nitelendirildi.²⁵ Polimerize kompozit rezinlerin su veya yapay tükürük içinde saklanması, çeşitli araştırmalarda incelenen kompozit rezinler için zorlukla algılanabilir ile algılanabilir arasındaki bir aralıkta derecelendirilen renk değişikliklerine neden olduğu gösterilmiştir.^{3,21,23} Bu sebeplerden, çalışmada yaşlandırma solüsyonu olarak yapay tükürük seçilerek kompozit rezinlerin ağız boşluğunda uzun süreli kullanım sırasında renk değiştirme eğilimi değerlendirildi. Bu çalışmada, AC ve GCa renk değişimi minimum düzeydeydi ve su emilimi rengi önemli ölçüde değiştirmede. On dört gün boyunca tükürükte yaşlandırmadan sonra GCp klinik olarak kabul edilebilir eşğin üzerinde renk değişimi göstermiştir. Bu durum, GCp kompozit rezinin doldurucu oranın AC ve GCa'dan daha yüksek olmasından kaynaklanabilir.

Polimerizasyon reaksiyonu sırasında ve polimerizasyonunu takiben kompozit rezinler sıklıkla renk değişiklikleri sergiler.²⁶ Kompozit rezinler, ışıkla sertleştirme işlemi sırasında renk değiştirmeye eğilimlidir.²⁶ Kompozit rezinlerin, monomerlerin polimerlere dönüştürülmesi sırasında rezin fazının artan kırılma indeksinin neden olduğu büyük dağılık yansımaya sahip olma eğilimi, çoğunlukla renk değişiminden sorumludur.²⁷ Önceki araştırmalar, polimerizasyonun kompozit rezinlerin rengi üzerindeki etkisini değerlendirdi ve oldukça büyük bir renk farkı belgelendi.^{26,28} Çelik ve ark., farklı kompozit rezin markalarının polimerizasyondan sonra renk parametrelerindeki değişikliklere ilişkin farklı sonuçların, test edilen kompozit rezinlerinin aktivatör, başlatıcı, inhibitör veya pigmentler gibi kimyasal bileşimlerdeki farklılıklardan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.³ Ayrıca polimerizasyondan sonra kompozit rezinlerin renk değişiminin, karakteristik

kromatik kaymalardan ortaya çıktığı düşünülmektedir. Genel olarak, ışıkla polimerize olan kompozit rezinlerin b* değeri renk uzayının mavi bölgesine doğru kaydığından, kompozit rezinler ışıkla polimerizasyondan sonra daha açık veya daha yarı saydam hâle gelir, bu da sarı croma'da algılanan bir azalmaya neden olur.³ Bu çalışmada, 1- ve 2-mm kalınlıktaki tüm materyaller polimerizasyon sonrası klinik kabul edilebilirliğin üzerinde bir renk değişimi göstermiştir. Mevcut çalışma sonuçları ile ilgili olarak, polimerizasyondan sonra kompozit rezinlerin ve özellikle AC'nin renginin önemli ölçüde değişmesi nedeniyle polimerizasyon öncesi renk seçiminin dikkatli bir şekilde yapılması önerilir. Işıkla polimerizasyon öncesinde kürlenmemiş restoratif materyal rengini restorasyon için kesin renk olarak kabul etmek klinisyeni yanıtlanabilir. Bu sebeple doğal diş dokusuna renk uyumunun sağlanmasında polimerizasyonu tamamlanmış materyalin dikkate alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Diş dokularının ve materyallerin oldukça önemli bir özelliği olan TP, estetik restoratif materyallerin değerlendirilmesinde, doğal dişlerinin translüsentliği kılavuz olarak alınmalıdır.²⁹ Doğal dişlerin şeffaflığı kesici kenardan servikal bölgeye doğru azalma eğilimindedir.³⁰ Materyallerdeki dolgu partikülleri, pigmentler, opaklaştırıcılar ve rezin matrisinin saçılma ve absorpsiyon katsayılarının yanı sıra materyal kalınlığı da rezin kompozitlerin yarı saydamlığını etkiler.^{6,31} Resin kompozitlerin rengi, resin kalınlığının değiştirilmesinden etkilenir.³¹ Kim ve ark., 6 farklı bulk-fill kompozitin kalınlıkları arttıkça translüsentliklerinin azaldığını bildirmişlerdir.³¹ Estetik kompozit rezinlerle hazırlanan 1 ve 2 mm kalınlıkta örneklerin kalınlığı arttıkça translüsentliklerinin azaldığı, maskeleyebilme kabiliyetinin arttığı bulundu.³² Bu çalışmada, TP ve CR değerleri kalınlıktan etkilenmiştir. Test edilen tüm materyallerin TP değerleri, artan kalınlıkla neredeyse yarı yarıya azaldı. Başlangıç TP değerine göre 7 ve 14 gün sonra özellikle AC'de düşüş görüldü ve materyal kalınlığı 2 mm olan AC grubu 14. günde TP algılanabilirlik eşğinin (0,62) üzerinde değişim gösterdi.¹⁴ Materyallerin TP'si kalınlık kadar tip ve içerikten de etkilenmiştir. Lee, TP'nin materyal bileşimindeki artan doldurucu miktarıyla azaldığını bildirmişti.³³ Ayrıca

daha büyük dolgu boyutunun veya daha düşük inorganik dolgu içeriğinin daha yüksek bir TP gerçekleştirilebileceği bildirilmiştir.³⁴ Bir materyal yüksek dolgu içeriğine sahip olmasına rağmen aynı zamanda önceden polimerize edilmiş doldurucular içerir, bu da inorganik dolgu içeriğinin daha düşük olduğunu gösterir.³⁵ Başka bir çalışma, kompozit rezinin dolgu maddesi içeriğinin yüksek olmasına rağmen önceden polimerize edilmiş dolgu maddeleri içermesi nedeniyle yüksek TP gösterdiğini bildirmiştir.³¹ Anterior ve posterior kompozit rezinler ACTIVA'ya göre daha fazla doldurucu oranına sahip olsa da kompozit rezinlerde daha yüksek TP gözlemlenmesi, bu çalışmada prepolimerize dolgular içermesine bağlanabilir.

Bu çalışma in vitro araştırma doğası gereği bazı sınırlamalar içermektedir. Dental arkta bitişik komşu dişlerin varlığı ışığın yansıma kırılmasında etkili olarak restorasyonun ana diş rengi ile uyumunda rol oynayabileceği oral ortamı yansıtabilmek açısından göz önünde bulundurulmalıdır. Restoratif materyaller ağız boşluğunda yiyecek ve içecek kaynaklı renklendirici maddelere maruz bırakılırken, sürekli olarak tükürük ile çalkalanır ve ağız hijyeni teknikleri ile fırçalanır. Bu çalışma bu prosedürleri içermese de biyoaktif bir materyalin ışıkla sertleşme ve yaşlanma nedeniyle optik özelliklerini anterior ve posterior kompozitlerle karşılaştırmalı olarak inceleyen ilk çalışma olarak öne çıkmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmanın sınırlamaları dâhilinde, biyoaktif bir materyal olan AC, ışıkla polimerize olduktan sonra kompozite göre daha yüksek renk değişimi göstermiştir. Materyallerin renk, TP ve CR değişimleri materyal kalınlığından etkilenmiştir. ACTIVA, düşük şeffaflık ve yüksek kontrasta sahip olduğundan estetik alanlarda kullanımına dikkat edilmelidir. ACTIVA'nın polimerizasyonu materyalin algılanabilir derecede renk değişimini değişimine yol açmıştır ve ACTIVA'nın farklı kalınlıkları materyalin optik özellikleri üzerinde önemli bir etki oluşturmuştur

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Bu çalışma hazırlanırken tüm yazarlar eşit katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

1. Tay FR, Pashley DH. Guided tissue remineralisation of partially demineralised human dentine. *Biomaterials*. 2008;29(8):1127-37. [Crossref] [PubMed]
2. Garoushi S, Vallittu PK, Lassila L. Characterization of fluoride releasing restorative dental materials. *Dent Mater J*. 2018;37(2):293-300. [Crossref] [PubMed]
3. Çelik 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(3):179-88. [Crossref] [PubMed]
4. 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(5):587-94; quiz 654. [Crossref] [PubMed]
5. Taira M, Okazaki M, Takahashi J. Studies on optical properties of two commercial visible-light-cured composite resins by diffuse reflectance measurements. *J Oral Rehabil*. 1999;26(4):329-37. [Crossref] [PubMed]
6. Kim IJ, Lee YK. Changes in color and color parameters of dental resin composites after polymerization. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2007;80(2):541-6. [Crossref] [PubMed]
7. Sidhu SK, Ikeda T, Omata Y, Fujita M, Sano H. Change of color and translucency by light curing in resin composites. *Oper Dent*. 2006;31(5):598-603. [Crossref] [PubMed]
8. Durand LB, Ruiz-López J, Perez BG, Ionescu AM, Carrillo-Pérez F, Ghinea R, et al. Color, lightness, chroma, hue, and translucency adjustment potential of resin composites using CIEDE2000 color difference formula. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33(6):836-43. [Crossref] [PubMed]
9. Tauböck TT, Tarle Z, Marovic D, Attin T. Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: effects on shrinkage force and monomer conversion. *J Dent*. 2015;43(11):1358-64. [Crossref] [PubMed]
10. Miyagawa Y, Powers JM, O'Brien WJ. Optical properties of direct restorative materials. *J Dent Res*. 1981;60(5):890-4. [Crossref] [PubMed]

11. Betrisey E, Krejci I, Di Bella E, Ardu S. The influence of stratification on color and appearance of resin composites. *Odontology*. 2016;104(2):176-83. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
12. Ardu S, Rossier I, di Bella E, Krejci I, Dietschi D. Resin composite thickness' influence on L*a*b* coordinates and translucency. *Clin Oral Investig*. 2019;23(4):1583-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
13. Guler S, Unal M. The evaluation of color and surface roughness changes in resin based restorative materials with different contents after waiting in various liquids: an SEM and AFM study. *Microsc Res Tech*. 2018;81(12):1422-33. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
14. Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. *Dent Mater*. 2018;34(8):1168-74. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
15. Yu B, Ahn JS, Lee YK. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. *Acta Odontol Scand*. 2009;67(1):57-64. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
16. Nogueira AD, Della Bona A. The effect of a coupling medium on color and translucency of CAD-CAM ceramics. *J Dent*. 2013;41 Suppl 3:e18-23. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
17. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27 Suppl 1:S1-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
18. Prodan DA, Gasparik C, Mada DC, Miclăuş V, Băciuş M, Dudea D. Influence of opacity on the color stability of a nanocomposite. *Clin Oral Investig*. 2015;19(4):867-75. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
19. Ardu S, Braut V, Di Bella E, Lefever D. Influence of background on natural tooth colour coordinates: an in vivo evaluation. *Odontology*. 2014;102(2):267-71. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
20. 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(8):695-702. [[PubMed](#)]
21. Kilinc E, Antonson SA, Hardigan PC, Kesercioglu A. Resin cement color stability and its influence on the final shade of all-ceramics. *J Dent*. 2011;39 Suppl 1:e30-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
22. Albuquerque PP, Moreira AD, Moraes RR, Cavalcante LM, Schneider LF. Color stability, conversion, water sorption and solubility of dental composites formulated with different photoinitiator systems. *J Dent*. 2013;41 Suppl 3:e67-72. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
23. Ertaş E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J*. 2006;25(2):371-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
24. Oliveira DC, Souza-Júnior EJ, Prieto LT, Coppini EK, Maia RR, Paulillo LA. Color stability and polymerization behavior of direct esthetic restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2014;26(4):288-95. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
25. Barutçigil Ç, Yıldız M. Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. *J Dent*. 2012;40 Suppl 1:e57-63. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Barutçigil C, Harorli OT, Yıldız M, Özcan E, Arslan H, Bayındır F. The color differences of direct esthetic restorative materials after setting and compared with a shade guide. *J Am Dent Assoc*. 2011;142(6):658-65. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
27. Hadis MA, Shortall AC, Palin WM. Competitive light absorbers in photoactive dental resin-based materials. *Dent Mater*. 2012;28(8):831-41. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
28. Barutçigil Ç, Barutçigil K, Özarslan MM, Dündar A, Yılmaz B. Color of bulk-fill composite resin restorative materials. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30(2):E3-E8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
29. Lee YK. Translucency of human teeth and dental restorative materials and its clinical relevance. *J Biomed Opt*. 2015;20(4):045002. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
30. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent*. 2000;83(4):418-23. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
31. Kim EH, Jung KH, Son SA, Hur B, Kwon YH, Park JK. Effect of resin thickness on the microhardness and optical properties of bulk-fill resin composites. *Restor Dent Endod*. 2015;40(2):128-35. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
32. Ryan EA, Tam LE, McComb D. Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials. *J Can Dent Assoc*. 2010;76:a84. [[PubMed](#)]
33. Lee YK. Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater*. 2008;24(9):1243-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
34. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent*. 2013;38(6):618-25. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig*. 2013;17(1):227-35. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]