Işık kaynaklarının ve termal siklusun kompomer rezinlerin renk stabilitesine etkisi

The effect of light sources and thermocycling on color stability of the compomers resin

Bilal Özmen^{1*}, Yasemin Nayir²

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Pedodonti Ana Bilim Dalı, Samsun, Türkiye, **Orcid¹**: 0000-0002-4435-288X

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Pedodonti Ana Bilim Dalı, Samsun, Türkiye, **Orcid²**: 0000-0000-0002-0460

Atıf/Citation: Özmen, B. & Nayir, Y. (2020). Işık Kaynaklarının ve Termal Siklusun Kompomer Rezinlerin Renk Stabilitesine Etkisi. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 41(2), 83-90.

ÖZ

Giriş ve Amaç: Bu çalışmanın amacı üç kompomer rezinin renk stabilitesine farklı ışık kaynaklarıyla polimerizasyonun ve termal siklusun etkisini değerlendirmektir.

Yöntem ve Gereçler: Bu çalışmada 3 farklı markanın (1- Glasiosite Caps, Voco, 2- Dyract XP, Dentsply ve 3- Nova Compomer, Imicrly) iki farklı renk tonundaki (A2 ve A3) kompomeri test edildi. Her materyalden 10 örnek LED ışık cihazı 1 (Satelec mini LED, Acteon) ile 10'ar örnek de ışık cihazı 2 (Elipar S10, 3M-ESPE) ile polimerize edilerek, 10 mm genişliğinde 2 mm kalınlığında toplamda 120 örnek hazırlandı. Başlangıç ölçümleri bir spektrofotometreyle CIELAB sistemine göre yapıldı. Örnekler 5000 tur termal siklusa bırakıldı. Termal siklus işlemlerinden sonra örneklerin renk ölçümleri yeniden yapıldı ve renk değişimleri (ΔE) belirlendi.

Bulgular: Işık cihazlarının oluşturduğu başlangıç renk farklılıkları ($\Delta E=0,42 \pm 0,32$ ile $2,13 \pm 0,51$) istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Termal sikludan sonra, hem ışık cihazı 1 ($\Delta E= 0,79 \pm 0,80 - 3,93 \pm 1,55$) hem de ışık cihazı 2 ($\Delta E= 3,01 \pm 1,43 - 5,13 \pm 1,80$) ile polimerize edilen kompomer rezinlerin ΔE değerleri arasında istatistiksel fark vardır ($p<0,05$).

Tartışma ve Sonuç: Işık kaynakları ve termal siklus kompomer rezinlerin renk stabilitesini etkileyebilmektedir. Işık kaynaklarının etkisi klinik olarak kabul edilebilir düzeydedir fakat termal siklus kabul edilebilir değerlerden daha fazla renk değişimi yapabilir.

Anahtar Kelimeler: Kompomer rezin, renk stabilitesi, ışık kaynakları, termal siklus

ABSTRACT

Introduction: The aim of this study was to evaluate the effect of the polymerization with different light sources and thermocycling on the color stability of three compomer resins.

Methods: In this study, 3 different brand (1- Glasiosite Caps, Voco, 2- Dyract XP, Dentsply ve 3-Nova Compomer, Imicrly) and 2 different color (A2 and A3) compomer resins were tested. From each materials, 10 specimens cured with a LED curing light 1 (Satelec mini LED, Acteon) and 10 specimens cured with a LED curing light 2 (Elipar S10, 3M-ESPE), totally 120 specimens were prepared in 10mm dimension and 2mm thick. Initial measurements were made with a spectrophotometer according to CIELAB system. Specimens were subjected to 5000 thermocycles. After the thermocycling procedure, colors of the specimens were re-measured and color changes (ΔE) were determined.

Results: The initial color differences ($\Delta E=0.42 \pm 0.32 - 2.13 \pm 0.51$) formed by light devices were statistically significant ($p<0.05$). After thermocycling, there were statistically differences between the ΔE values of the specimens polymerized with both light source 1 ($\Delta E= 0.79 \pm 0.80 - 3.93 \pm 1.55$) and light source 2 ($\Delta E=3.01 \pm 1.43 - 5.13 \pm 1.80$) ($p<0.05$).

Discussion And Conclusion: Light sources and thermocycling could affect the color stability of the compomer resins. The effect of light sources is clinically acceptable but the thermocycling may cause more color change than acceptable values

Keywords: Color stability, compomer resin, light sources, thermocycling

GİRİŞ

Bireysel beklentiler ve materyal teknolojisinde yaşanan gelişmeler, estetik restorasyonlara ilgiyi arttırmıştır.¹ Son yıllarda, diş rengi ile uyumlu materyallerin diş hekimliği pratiğinde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır ve diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin estetik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çok sayıda araştırma yapılmaktadır fakat restorasyonlarda iç ve dış etkilere bağlı olarak zamanla renk değişiklikleri meydana gelebilmektedir.²

Restoratif materyallerdeki renk değişimleri; görsel ve enstrümantal renk analizleriyle belirlenebilir.^{3,4} Görsel ölçümlerde kişilerin görme duygusundan yararlanılır. Bu ölçümler enstrümantal analizler kadar hassas değildir. Sonuçlar, kişiden kişiye ve gözlem koşullarına bağlı olarak değişebilir. Görsel olarak yapılan değerlendirmeye örnek olarak; ticari olarak diş hekimliği için hazırlanmış renk skalaları yardımıyla yapılan değerlendirmeler verilebilir. Ekonomik bir yöntemdir fakat ticari olarak hazırlanan skalalar birbiriyle eşdeğer değildir.⁵

Renk ölçümünde kullanılan aletlerin diş hekimliğinde kullanımı, ilk olarak endüstriyel alanda kalite kontrol işlemlerinde kullanılmak üzere insan görme duygusunu taklit eden ve rengin değişik boyutlarını matematiksel olarak belirten aletlerin üretilmesiyle başlamıştır. Renk ölçümlerinde kullanılacak başlıca 4 tip cihaz vardır. Bunlar; kolorimetreler, spektrometreler, spektrofotometreler ve dijital fotoğraf makineleridir. Cihaz yardımıyla yapılan ölçümler daha güvenilir ve tekrarlanabilir niteliktedir.^{4,6}

Spektrofotometreler daha çok, yüzey renginin ölçülmesi amacıyla geliştirilmiş, diş hekimliği için çok uygun ve kullanışlı aletlerdir. Spektrofotometrelerde temel çalışma prensibi, bir obje üzerinden yansıyan 1-25 nm dalga boyu aralığındaki ışığın, aletten gönderilen beyaz referans ışığa oranını ölçmektir. Spektral yansıma fonksiyonu ile cismin renk parametreleri hesaplanmaktadır. Bir spektrofotometre; ışık kaynağı, optik sistem ve algılayıcıdan oluşmaktadır.⁷

Rengin belirlenmesinde kullanılan farklı analiz yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılanı "CIELAB" renk sistemidir.⁸ "CIELAB" renk analizi, Comission Internationale de l'Eclairage tarafından 1976'da tanımlanmıştır. Bu sistemde rengin değerlendirilmesi insan gözünün renk algılamasının fizyolojik özellikleri ile bağlantılıdır. CIELAB renk sistemlerinde bir rengin lokasyonu 3 koordinatla (L, a ve b) belirlenir. L*, a* ve b* değerlerini, her bir değer için artı ve eksi yönlü bir koordinat sistemine yerleştirilerek

tarif etmek mümkündür.⁸⁻¹⁰ L* ifadesi objenin beyazlığı-siyahlığı ile ilgilidir. Değerin artması beyaza yakınlığı, azalması siyaha yakınlığı göstermektedir. Bir nesnenin a* koordinatının (+) değer alması kırmızı, (-) değer alması yeşil, bir nesnenin b* koordinatının (+) değer alması sarı, (-) değer alması mavi rengin o nesnede ağırlıklı renk olduğu anlamına gelir. ΔE değeri ise; aynı ya da farklı örneklerin zaman içindeki L*, a* ve b* koordinatlarındaki değişikliklerin miktarını matematiksel olarak ifade eder.¹¹

Işıkla sertleşen estetik restoratif materyallerde polimerizasyonun başlaması için fotobaslatıcılar kullanılmaktadır. En bilineni sarı renge sahip kamforokinondur ve 450-470 nm dalga boyundaki mavi ışığa duyarlıdır. Polimerizasyonun yeterli sürede ve güçte uygulanması ile kamforokinon sarı rengini yitirir ve renksiz bir hale gelir. Yeterli uygulanmayan polimerizasyon estetik materyalin sarımsı kalmasına sebep olabilir. Polimerizasyonun tam olarak gerçekleştirilebilmesi için farklı ışık kaynaklarından yararlanılabilir. En bilinenleri quartz tungsten halogen (QTH), plazma ark ve light emitting diode (LED) ışık kaynaklarıdır.^{12,13}

1995 yılında kullanıma sunulan LED ışık cihazları; QTH ışık cihazlarının çalışmaları sırasında oluşan yüksek ısı sorununa çözüm üretmek için tasarlanmış ve polimerizasyon amacıyla gerekli olan dalga boyutundaki ışığın üretilmesinde filtreleme gereksinimi olmadan kullanılabilen cihazlardır. Enerji kaybı oldukça az ve verimli cihazlar olmaları sebebiyle elektrik enerjisi tüketimleri de azdır.¹⁴

Diş hekimliğinde kullanılan estetik restoratif materyallerin renk analizleri için ağız ortamını taklit eden farklı laboratuvar şartları oluşturulmaktadır. Bu şartlardan birisi de ısısal değişim (termal siklus) uygulaması ile incelenecek örneklerin yapay olarak yaşlandırılmasıdır. Ağız içerisinde yeme, içme ve soluma ile sıcaklık değişimleri oluşmaktadır.¹⁵ Termal siklus; sıcaklık ve nem değişimlerini içeren uzun süreli çevre koşullarına maruz kalmanın oluşturacağı etkiyi taklit eder.^{16,17}

Kompomer rezinler; kompozit ve camiyonomer simanların üstün özelliklerinin bir araya getirilmesiyle, süt dişi restorasyonları için üretilmiş materyallerdir¹ ve çocuk diş hekimliğinde ön ve arka grup dişlerin restorasyonlarında sıklıkla tercih edilirler. Ancak kompomerlerin renk stabiliteyi ile ilgili kompozitler kadar kapsamlı çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada üç farklı markaya ait iki farklı renk tonuna

sahip kompomer rezinlerin renk stabilitelerine LED ışık kaynaklarının ve termal siklusun etkisi incelenmek istenmiştir. Bu çalışmanın sıfır hipotezi; farklı LED ışık kaynakları ile polimerize edilen ve termal siklusa tabi tutulan kompomerlerin renk stabilitelerinde farklılık olmayacağıdır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Örneklerin hazırlanması

Örneklerin hazırlanması amacıyla üç firmaya ait (1- Glasiosite Caps, Voco, Almanya 2- Dyract XP, Dentsply, Japonya ve 3- R&D Series Nova Compomer, Imicrly, Türkiye) A2 ve A3 renk kompomer rezinler kullanıldı. Çalışmada kullanılan kompomer rezinler ve içerikleri tablo 1’de gösterildi. Çalışmada kullanılan tüm örnekler polivinil klorürden hazırlanmış çapı 10 mm ve yüksekliği 2 mm olan içerisinde silindirik yuvalar bulunan yapışmaz özellikli bir kalıp kullanılarak üretici talimatlarına göre hazırlandı. Bir siman camının üzeri polyester strip bantla kaplandı ve kalıp siman camı üzerine yerleştirildi. Silindir yuva içerisine yerleştirilen kompomer ağız

spatülü yardımıyla düzeltildi. Üzerine şeffaf bant ve siman camı yerleştirilerek hafif bası uygulandı. Fazlalık materyalin taşması ve düzgün bir yüzey elde edilmesi sağlandı. Her bir materyalden 10 örnek ışık cihazı 1 (Satelec mini LED, Acteon, Fransa, 1000 mW/cm² ışık yoğunluğuna sahip) 10’ar örnek de ışık cihazı 2 (Elipar S10, 3M-ESPE, St Paul, Amerika Birleşik Devletleri, 1200 mW/cm² ışık yoğunluğuna sahip) ile polimerize edildi. Işık cihazları her grup için tam şarz edilerek kullanıldı. Gruplar arasında örneklerin renk ölçümü yapılacak yüzeylerine standart polisaj işlemleri zımpara cihazı ile (Phoenix Beta, Buehler, Illinois, ABD) sırasıyla 600, 800 ve 1000 gritlik silikon karbid zımpara diskleri kullanılarak 100 devir/dk’da, 15’er saniye boyunca su soğutması altında uygulandı. Tüm örnekler inkübasyon amacıyla distile su içerisinde 37 °C’de 24 saat bekletildi. Başlangıç renk ölçümleri her bir örneğin kurutma kağıdıyla kurulanmasından sonra elde edildi. Daha sonra örnekler, her bir tur için 25 saniyesi 55 C°’de, 25 saniyesi 5 C°’de ve 10 saniyesi havada olmak üzere toplam 5000 tur termal siklusa tabi tutuldu. Örneklerin renk ölçümleri tekrarlandı.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan kompomerler, üreticiler ve içerikler

Kompomerler	Üretici firma	Renk	Lot	İçerik
Glasiosite Caps	Voco	A2	1622231	BİS-GMA, Diüretan-dimetilakrilat, TEGDMA ve BHT (2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methylpheno) , doldurucular,
Glasiosite Caps	Voco	A3	1521622	BİS-GMA, Diüretan-dimetilakrilat, TEGDMA ve BHT (2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methylpheno) , doldurucular,
Dyract XP	Dentsply	A2	0973A2	UDMA, TCB rezin, TEGDMA, trimetakrilat ve dimetakrilat rezin, BHT, Stronsiyumalumino-sodyum-floro-fosforsilikat cam, Stronsiyum flor
Dyract XP	Dentsply	A3	0143A3	UDMA, TCB rezin, TEGDMA, trimetakrilat ve dimetakrilat rezin, BHT, Stronsiyumalumino-sodyum-floro-fosforsilikat cam, Stronsiyum flor
R&D Series Nova Compomer	Imicrly	A2	16221	Dimetakrilat, silanlanmış iterbiyum triflorür, St-Al-Fluorosilikat glass, katalizörler, stabilizatörler ve pigmentler
R&D Series Nova Compomer	Imicrly	A3	16247	Dimetakrilat, silanlanmış iterbiyum triflorür, St-Al-Fluorosilikat glass, katalizörler, stabilizatörler ve pigmentler

Renk ölçüm standardizasyonunun sağlanması

Spektrofotometrenin (Vita Easyshade, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) ölçüm ucuna uygun olacak şekilde üst kapak kısmında giriş deliği bulunan, alt kısmında ise kompomer örneğin sığabileceği boşluğu bulunan ve özel olarak beyaz poliasetatdan üretilmiş bir blok, örneklerin renk ölçümlerinde kolaylık sağlamak için kullanıldı. Kalıbın alt parçasındaki boşluğun arka poliasetat yüzeyi, ölçümlerin standart beyaz arka plan kullanılarak yapılmasını, üst parçasındaki delik, ölçümlerin örneğin merkezinden yapılmasını sağlamıştır (Resim 1a-e). Ölçümler CIE (Commission International

de l'Eclairage) L*a*b* sistemi kullanılarak yapıldı. Ölçümler hata payını azaltmak amaçlı üç kez tekrarlandı ve üç ölçümün ortalaması L*, a* ve b* değerleri olarak kaydedildi. Bir gruptan diğer grubun renk ölçümüne geçilirken ölçüm cihazı kalibre edildi. Örneklerden elde edilen renk değerlerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılan formül aşağıda gösterildi. ΔE ; renk değerleri arasındaki farklılığı ifade etmektedir.

$$\Delta E = \left[\left(\frac{L_2 - L_1}{2} \right)^2 + \left(\frac{a_2 - a_1}{2} \right)^2 + \left(\frac{b_2 - b_1}{2} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Resim 1. a) Poliasetat kalıp, **b)** Kalıbın içerisine kompomer numunenin yerleştirilmesi, **c)** Üst kapağın kapatılması, **d)** Spektrofotometre cihazı, **e)** Spektrofotometre cihazı ile renk ölçümü yapılması

İstatistiksel analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel olarak hesaplanmasında varyans analizi (ANOVA), ortalamaların çoklu karşılaştırılmasında ise Tukey HSD testi kullanıldı (SPSS version 15, Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, ABD). İstatistiksel anlamlılık değeri 0,05 olarak kabul edildi.

BULGULAR

Farklı ışık cihazları ile polimerize edilen kompomer örneklerin başlangıç ΔE değerleri arasında ($0,42 \pm 0,32$ ile $2,13 \pm 0,51$) istatistiksel farklılık tespit edildi ($p < 0,05$).

En düşük ΔE değeri Dyract XP A2 renk kompomerlerde, en fazla Nova Compomer A2 kompomerlerde gözlemlendi (Tablo 2). Işık cihazları arasındaki ΔE farklılıkları, termal siklus uygulamasından sonra da istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0,05$). En düşük ΔE değeri Dyract XP A2 renk kompomerlerde, en fazla Glasiosite Caps A2 kompomerlerde gözlemlendi (Tablo 3).

A2 renk tonundaki kompomer örneklerin başlangıç ΔE değerleri arasındaki istatistiksel farklılık, termal siklus sonrasında da devam etmektedir ($p < 0,05$). Aynı durum A3 renk tonu kompomer örneklerde de gözlemlenmiştir (Tablo 2 ve 3).

Tablo 2. Farklı ışık kaynaklarıyla polimerize edilen kompomer örneklerden elde edilen başlangıç ortalama L*, a*, b* ve ΔE değerleri

Gruplar	N	Işık cihazı 1 başlangıç değerleri			Işık cihazı 2 başlangıç değerleri			Işık cihazları arasındaki başlangıç ΔE
		L	a	b	L	a	b	
Glasiosite Caps A2	10	85,5	2,2	25,3	86,9	2,0	23,9	$1,88^a \pm 0,40$
Glasiosite Caps A3	10	81,9	2,8	29,7	82,7	2,8	27,8	$2,02^{cd} \pm 0,47$
Dyract XP A2	10	81,4	5,1	21,2	81,6	4,8	21,0	$0,42^a \pm 0,32$
Dyract XP A3	10	79,4	4,5	25,6	79,6	4,8	26,5	$0,94^b \pm 0,25$
Nova Compomer A2	10	84,5	1,5	21,9	86,3	1,5	20,7	$2,13^d \pm 0,51$
Nova Compomer A3	10	83,4	2,9	26,7	85,2	2,2	26,5	$1,96^c \pm 0,40$

* Farklı harfler istatistiksel farkı ifade etmektedir.

Tablo 3. Farklı ışık kaynaklarıyla polimerize edilen kompomer örneklerden elde edilen termal siklus sonrası ortalama L*, a*, b* ve ΔE değerleri

Gruplar	N	Işık cihazı 1 termal siklus sonrası değerler			Işık cihazı 2 termal siklus sonrası değerler			Termal siklus sonrası ΔE değerleri
		L	a	b	L	a	b	
Glasiosite Caps A2	10	82,4	3,7	23,5	82,9	4,8	22,2	1,77 ^e ± 0,49
Glasiosite Caps A3	10	79,8	3,9	27,3	79,2	4,8	26,1	1,59 ^d ± 0,48
Dyract XP A2	10	80,3	6,5	19,2	80,1	6,6	19,1	0,24 ^a ± 0,38
Dyract XP A3	10	78,7	5,4	23,5	78,1	6,6	23,3	1,34 ^c ± 0,59
Nova Compomer A2	10	84,1	2,7	20,4	83,8	3,5	19,2	1,44 ^{cd} ± 0,66
Nova Compomer A3	10	82,7	3,3	26,5	82,3	3,7	27,1	0,85 ^b ± 0,48

* Farklı harfler istatistiksel farkı ifade etmektedir.

Termal siklusun kompomerlerin renk stabilitesine etkisi değerlendirildiğinde, ışık cihazları arasındaki ΔE farklılıklarından daha yüksek ΔE değerleri tespit edildi. Işık cihazı 1 ile polimerize edilen kompomerlerde termal siklus sonrasında ΔE değerlerinde (0,79 ± 0,80 ile 3,93 ± 1,55) istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlendi (p<0,05). En yüksek ΔE farklılığı Glasiosite Caps A2

renk kompomerlerde, en düşük ΔE Nova Compomer A3 renk kompomerlerde tespit edildi (Tablo 4). Benzer bir fark ışık cihazı 2 ile polimerize edilen örneklerde de gözlemlendi (p<0,05). En yüksek ΔE farklılığı (ΔE=5,13 ± 1,80) Glasiosite Caps A2 renk kompomerlerde, en düşük ΔE (ΔE=3,01 ± 1,43) Dyract XP A2 renk kompomerlerde tespit edildi (Tablo 5).

Tablo 4. Işık cihazı 1 kullanılan gruplardan elde edilen termal siklus sonrası ortalama L*, a*, b* ve ΔE değerleri

Gruplar	N	Işık cihazı 1 başlangıç değerleri			Işık cihazı 1 termal siklus sonrası değerler			Termal siklus sonrası ΔE değerleri
		L	a	b	L	a	b	
Glasiosite Caps A2	10	85,5	2,2	25,3	82,4	3,7	23,5	3,93 ^d ± 1,55
Glasiosite Caps A3	10	81,9	2,8	29,7	79,8	3,9	27,3	3,42 ^d ± 0,86
Dyract XP A2	10	81,4	5,1	21,2	80,3	6,5	19,2	2,60 ^e ± 1,01
Dyract XP A3	10	79,4	4,5	25,6	78,7	5,4	23,5	2,48 ^e ± 0,60
Nova Compomer A2	10	84,5	1,5	21,9	84,1	2,7	20,4	1,95 ^b ± 1,35
Nova Compomer A3	10	83,4	2,9	26,7	82,7	3,3	26,5	0,79 ^a ± 0,80

* Farklı harfler istatistiksel farkı ifade etmektedir.

Tablo 5. Işık cihazı 2 kullanılan gruplardan elde edilen termal siklus sonrası ortalama L*, a*, b* ve ΔE değerleri

Gruplar	N	Işık cihazı 2 başlangıç değerleri			Işık cihazı 2 termal siklus sonrası değerler			Termal siklus sonrası ΔE değerleri
		L	a	b	L	a	b	
Glasiosite Caps A2	10	86,9	2,0	23,9	82,9	4,8	22,2	5,13 ^e ± 1,80
Glasiosite Caps A3	10	82,7	2,8	27,8	79,2	4,8	26,1	4,32 ^d ± 1,68
Dyract XP A2	10	81,6	4,8	21,0	80,1	6,6	19,1	3,01 ^a ± 1,43
Dyract XP A3	10	79,6	4,8	26,5	78,1	6,6	23,3	3,91 ^c ± 2,13
Nova Compomer A2	10	86,3	1,5	20,7	83,8	3,5	19,2	3,49 ^b ± 0,95
Nova Compomer A3	10	85,2	2,2	26,5	82,3	3,7	27,1	3,35 ^b ± 1,56

* Farklı harfler istatistiksel farkı ifade etmektedir.

TARTIŞMA

Modern diş hekimliğinde en fazla karşılaşılan problemlerden birisi de, diş ve restorasyon arasındaki renk uyumunun bozulmasıdır.⁵ Bu konuda ciddi ilerlemeler kaydedilmesine rağmen, renk stabilitesinin korunamaması hala büyük bir problemdir ve restorasyonların yenilenmesindeki en önemli nedenlerden biri renk değişimleridir.

Renk değişimlerinin belirlenmesinde insan gözü yetersiz kalabilmektedir. İdeal olarak hazırlanmış

laboratuvar şartlarında, gözlemcilerin çoğu 3,3'den daha fazla ΔE değerlerine sahip renk farklılıklarını kolaylıkla anlayabilmektedir. Bu nedenle ΔE değerinin 3,3'den az olması klinik olarak kabul edilebilir.¹⁸

Restorasyonlar ağız ortamında ısı, ışık, çiğneme kuvvetleri, diş fırçalama ve besin maddeleri ile yaşlanmaya maruz kalmaktadır.¹⁹ Buna bağlı olarak estetik restorasyonlarda renk değişiklikleri oluşabilmektedir. Laboratuvar çalışmalarında ağız içinde meydana gelen yaşlanma taklit edilerek, restorasyonların renk analizleri

yapılabilmektedir.²⁰ İn-vitro olarak gerçekleştirilen bu çalışmada farklı ışık kaynakları ve termal siklus kullanılmıştır.

Saraç ve ark. çalışmalarında halojen ve LED ışık kaynaklarının kompozit rezinlerin renk stabilitesine etkisini değerlendirmiş ve halojen ışık kaynaklarının daha az renk değişimine neden olduğunu bildirmişlerdir.¹³ LED ışık kaynaklarının spektrum bandının genişliğinin (430-490nm) kamforokinonun emilim bandının genişliğinden (380-510 nm) daha düşük olduğunu, halojen ışık kaynağının LED ışık kaynaklarından kamforokinonu daha iyi dönüştürdüğünü ve LED ışık cihazıyla polimerize edilen örneklerde daha fazla renk değişikliğini bildirmiş olsalar da, çalışmalarında kullandıkları LED ışık cihazı, ilk jenerasyon cihazlardandır. Günümüzde ise ikinci ve üçüncü jenerasyon LED ışık cihazları kullanılmakta ve bu cihazlarla halojen ışık cihazlarına göre daha yüksek polimerizasyon derinliği elde edilebilmektedir.¹³ Çalışmamızda orta ve yüksek ışık yoğunluğuna sahip iki farklı LED ışık cihazı kullanılmıştır.

Kim ve Lee kompozit markalarının, renk tonlarının ve içeriklerinin, renk değişimi üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir.²¹ Janda ve ark. iserestoratifmateryal çeşidinin, test metodunun, saklama ortamının, sertleştirme süresinin ve kullanılan sertleştirme cihazının renk değişimi üzerinde etkili olduğunu, ayrıca kompomer olarak kullandığı Dyract AP'nin renginin kompozitlerden daha kararsız olduğunu, saklama ortamlarından ve kullanılan ışık cihazlarından Dyract AP'nin daha fazla etkilendiğini bildirmişlerdir.¹² Önceki çalışmalarda olduğu gibi, çalışmamızda da gerek örneklerin hazırlanması gerekse de saklanma ve renk ölçüm metotları tüm gruplarda aynı standartlarda gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda polimerizasyon amacıyla farklı ışık kaynakları kullanıldığında, kompomerlerin renginin etkilendiği gözlenmiştir. A2 renk örnekler arasında rengi en stabil olanın Dyract XP ($\Delta E=0,42 \pm 0,32$), rengi en fazla değişenin Nova Compomer ($\Delta E=2,13 \pm 0,51$) olduğu görülmüştür. A3 renk kompomer örnekler arasında rengini en iyi koruyan grubun Dyract XP ($\Delta E=0,94 \pm 0,25$) olduğu, en fazla renk değişimi gösteren grubun Glasiosite Caps ($\Delta E=2,02 \pm 0,47$) olduğu tespit edilmiştir. Hem A2 hem de A3 renk kompomerler arasında ışık cihazlarının yoğunluk farklılıklarından en az etkilenen Dyract XP gruplarıdır. Dyract XP kompomerlerin her iki rengine de diğer kompomerlerden farklı olarak üretilen dimetakrilat monomeri bulunmaktadır. Ayrıca kompomerlere eklenen renk pigmentlerindeki farklılıklar ile içerik farklılıkları; hem kompomer

markaları açısından hem de renk tonları açısından elde edilen ΔE değerlerindeki farklılıkların sebebi olabilir.²⁰ Işık yoğunluğu fazla olan ışık cihazının, kompomer polimerizasyonunda tercih edilebilirliği gündeme gelmiş olmasına rağmen, termal siklus işlemi sonrası, bu cihazla polimerize edilen kompomerlerin, başlangıça göre daha fazla renk değişim değerine sahip olduğu bulunmuştur. Bu durumu; ışık yoğunluğu yüksek olan ışık cihazının, kompomer rezinlerin içerisinde bulunan ve sarı renkli kamforokinonu daha iyi dönüştürmüş olması, buna bağlı olarak ışık cihazı 2'nin kullanıldığı örneklerde başlangıçta daha beyaz renk elde edilmesi (yüksek L^* değerleri) fakat bu örneklerin termal değişikliklerden daha fazla etkilenmiş olmasıyla açıklamak mümkündür. Sunulan çalışmada ışık cihazlarının oluşturduğu renk farklılıkları klinik olarak kabul edilebilir değerden ($\Delta E < 3,3$) daha düşüktür. Kompomerlerin oluşturduğu renk farklılıkları neticesinde sıfır hipotezimiz reddedilmiştir.

Bir çalışmada 8 kompozit markasına ait farklı renklerdeki toplam 41 kompozitin renk değişikliği termal siklus sonrasında değerlendirilmiş, A2 ve A3 renk kompozitler arasında farklı ΔE değerleri bildirilmiş olmasına rağmen, aradaki farklılığın önemli derecede olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.²⁰ Başka bir çalışmada farklı renk kompozit örneklerin renk ve saydamlığının; polimerizasyondan, polisajdan ve termal siklusdan etkilendiği bildirilmiştir.¹⁷ Çalışmamızda kullanılan kompomerler renk tonları açısından ele alındığında, hem A2 hem de A3 renk örnekler arasında ΔE değerleri açısından istatistiksel farklılıklar tespit edilmiştir. Bu durum termal siklus sonrasında da devam etmiştir. Restoratif materyallerdeki renk değişikliklerinin muhtemel sebepleri; kimyasal bozunma, reaksiyona girmemiş karbon çift bağlarının oksidasyonu, dehidratasyon, su emilimi, sızıntı, zayıf bağlanma ve yüzey pürüzlülüğü olabileceği belirtilmiştir.^{17,20} Çalışmamızda da yukarıda sayılan bir veya birkaç nedene bağlı olarak kompomerlerin renk stabilitelerinde değişikliklerin oluştuğunu düşünmek mümkündür.

Literatür incelendiğinde, yapay yaşlandırma işlemleri için farklı alternatifler görülmektedir. Bunlar; 60 C° de belirli süreler (1, 4 ve 8 hafta gibi) bekletme, ışıqla yaşlandırma (24 saat boyunca 135000 Lux, 450 nm olacak şekilde devamlı olarak ışık uygulanması), hızlandırılmış yaşlandırma (ısı, ışık ve nem birlikte), suda uzun süre (1 yıl gibi) bekletme ve numune üzerine kuvvet uygulamak gibi işlemlerdir.²² Yaygın olarak kullanılan bir diğer yaşlandırma yöntemi ise "termal siklus" uygulamasıdır. ISO TR 11450 standardına göre (1994, 2003) 5°C ve

55°C'lik suda 30 saniye daldırma süresi ile 500 tur termal siklus işlemi, uygun bir yapay yaşlandırma testi olarak kabul görmektedir.²³ Termal siklus sayısının artması ile daha uzun süreli yaşlandırma verileri elde edilebilir. Çalışmamızda farklı kompomer grupları için yapay yaşlandırma işlemlerinde termal siklus tercih edilmiş ve kompomerlere 5000 tur termal siklus uygulanmıştır.

Çalışmamızda 5000 tur termal siklusun kompomerlerin renk stabilitesine etkisi değerlendirildiğinde, ışık cihazı 1'in kullanıldığı örneklerde en yüksek renk değişimi Glasiosite Caps, A2 renk tonunda $\Delta E = 3,93 \pm 1,55$, en düşük renk değişim değeri Nova Compomer, A3 renk tonunda $\Delta E = 0,79 \pm 0,80$ elde edilmiştir. Benzer durum ışık cihazı 2'nin kullanıldığı örneklerde de geçerlidir. En yüksek renk değişimi Glasiosite Caps, A2 renk tonunda $\Delta E = 5,13 \pm 1,80$ ve en düşük Dyract XP, A2 renk tonunda $\Delta E = 3,01 \pm 1,43$ elde edilmiştir. Renk farklılıklarının kabul edilebilir klinik değerden ($\Delta E < 3,3$) genellikle daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızla uyumlu olarak Lee ve Lee²⁰ çalışmalarında 5000 tur termal siklusun, kompozitlerde kabul edilebilir değerden daha yüksek ΔE farklılıklarına ($\Delta E = 1,1$ ile $4,6$) neden olabileceğini bildirmiştir. Yıldırım Bıçer ve ark. üç farklı kompozit materyali 5000 tur termal siklusa maruz bırakarak, klinik olarak kabul edilebilir değerden daha yüksek sonuçlar ($4,87 - 6,87$) bildirmiştir.¹⁰ Zanin ve ark. ısı ve ışık uygulayarak hızlı yaşlandırma işlemi gerçekleştirdikleri kompozitlerde, klinik olarak kabul edilebilir değerlerden daha yüksek ΔE değerleri ($4,31$) tespit etmişlerdir.²⁴

Çalışmamızda termal siklus sonrası tüm örneklerde ışık cihazı farkı gözetmeksizin tüm L^* , a^* ve b^* değerlerinde değişiklik gözlenmiştir. Örneklerin hepsinde gözlenen L^* değerindeki düşüş, örneklerin termal siklus işlemi ile yaşlanmış olduğunu ve başlangıç beyaz renginde azalma olduğunu göstermektedir. Buna karşın termal siklus sonrasında tüm örneklerin a^* değerlerinde artış saptanmıştır. Bu artış, örneklerde kırmızı rengin fazlaştığını ifade etmektedir. Elde edilen b^* değerlerinde genel olarak bir azalma tespit edilmiştir. Bu durum örneklerde mavi rengin ağırlık kazanmış olduğu anlamına gelmektedir. Işık cihazlarının sarı renkli kamforokinonu tamamen dönüştürmesi neticesinde, termal siklusun da etkisiyle örneklerin su emilimiyle birlikte, örneklerde mavi rengin artmış olabileceği düşünülmüştür. Önceki çalışmalarda sadece suda bekletilen veya kontrol grubunu oluşturan örneklerde dahi renk değişiklikleri bildirilmektedir.^{1,2,9,11} Termal siklus uygulaması, çalışmamızda tüm kompomer

gruplarına benzer şekilde etki ederek L^* , a^* , b^* ve ΔE değerlerini değiştirmiştir. Çalışmamızda termal siklus sonrası elde edilen değerlerle uyumlu olarak, Janda ve ark.¹² kompomerlerin su emiliminin kompozitlerden daha fazla olmasının, kompomerlerde negatif L ve b değerlerini arttırdığını bildirmiştir.¹² Tekçe ve ark.²⁵ kompomer olarak kullandığı Dyract XP'nin, kompozitlerden daha fazla pozitif Δa^* değerleri gösterdiğini, su içerisinde bekletilen tüm materyallerde ise negatif Δb^* değerleri saptandığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Pinto Gda ve ark. yaşlandırma işlemi uyguladıkları iki farklı kompozit materyalinin L^* , a^* ve b^* değerlerinde değişiklik, özellikle b^* değerlerinde düşüş bildirmiştir.²⁶

Çalışmanın sınırlamaları dahilinde; pek çok in vitro çalışmada olduğu gibi, ağız ortamı tam olarak yansıtamamıştır. Bu nedenle sonuçlarımızın klinik olarak desteklenmesinin gerekli olduğu kanısındayız. Örnekler tam şarj edilmiş LED ışık cihazları kullanılarak polimerize edilmiştir. Sonraki çalışmalarda farklı tip ışık cihazlarına yer verilmesi mümkündür. Renk ölçümlerinin hassasiyetle yapılabilmesi için, numunelerin içine yerleştirildiği özel bir ölçüm aparatı gerekebilir. Ayrıca her örnek grubunun incelenmesinden sonra renk ölçüm cihazı kalibre edilmelidir. Kompomer örneklerin rengini etkileyebilecek diğer faktörler (yiyecek, içecek, ısı vb.) sonraki çalışmalara eklenebilir.

SONUÇ

1- Işık cihazlarının yoğunluğundaki farklılıklar, kompomerlerin rengine etki etmektedir ve ΔE değerlerinde farklılıklar oluşmaktadır. Bu farklılıklar klinik olarak kabul edilebilir değerden ($\Delta E < 3,3$) daha azdır.

2- Yapay bir yaşlandırma yöntemi olan termal siklus işlemi, kompomerlerin rengine klinik olarak kabul edilebilir değerden ($\Delta E < 3,3$) daha fazla etki edebilmektedir.

3- Kompomer rezinlerin renk tonları, renk değişimleri açısından önemlidir. Genel olarak A2 renk tonu kompomerler termal siklus sonrasında A3 renk kompomerlerden daha fazla renk değişimi göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Araştırmacılar, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Proje Yönetim Ofisi'ne çalışmamıza sağladıkları destek nedeniyle teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

1. Bezgin T, Özer L, Tulga Öz F, Özkan P. Effect of toothbrushing on color changes of esthetic restorative materials. *J Esthet Restor Dent* 2015; 27(1): S65-73.
2. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins-an in vitro study. *J Dent*. 2010; (2): e137- e142.
3. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet. Dent* 1998; 80(6): 642-648.
4. Joiner A. Tooth color: a review of the literature. *J Dent* 2004; 32: 3-12.
5. Miller L. Esthetic Dentistry development program shade selection. *J Esthet Dent* 1994; 6(2): 47-60.
6. Liberman R, Combe EC, Piddock V, Pawson C, Watts DC. Development and assessment of an objective method of colour change measurement for acrylic denture base resins. *J Oral Rehabil* 1995; 22: 445-449.
7. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent* 2010; 38(2): 2-16.
8. Ersoy NM, Kesim B. Hızlandırılmış yaşlandırma sonrası farklı porselen laminate veneerlerin renk değişimine kompozit rezin simanların etkisi. *SÜ Diş Hek Fak Derg* 2011; 20: 165-172.
9. Öngül D, Mim A, Şahin H, Değer S. Ağız gargaralarının restoratif materyallerin renk stabilitesine olan etkisi. *İstanbul Ün Diş Hek Fak Derg* 2012; 46(2): 13-20.
10. Yıldırım-Biçer AZ, Karakış D, Doğan A. Termal siklusun indirekt kompozit rezin materyallerinin renk stabilitesi üzerine etkisi. *Acta Odontol Turc* 2014; 31(1): 13-17.
11. Özmen B, Nayir Y. Kompomer rezinin renk stabilitesine içeceklerin, ağız çalkalama solüsyonlarının ve diş macunlarının etkisi. *Cumhuriyet Dental Journal* 2018; 21(2): 134-138.
12. Janda R, Roulet JF, Latta M, Steffin G, Rüttermann S. Color stability of resin-based filling materials after aging when cured with plasma or halogen light. *Eur J Oral Sci* 2005; 113(3): 251-257.
13. Saraç D, Saraç Ş, Külünk T, Külünk Ş, Ural Ç. Kompozitlerin renk stabilitelerine ışık kaynaklarının etkisi. *Hacettepe Dişhekimliği Dergisi* 2006; 30(2): 77-82.
14. Türkoğlu Ö, Bulut AC. Geçmişten günümüze polimerizasyon cihazları. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg* 2017.
15. Kawano F, Ohguri T, Ichikawa T, Matsumoto N. Influence of thermal cycles in water on flexural strength of laboratory processed composite resin. *J Oral Rehabil* 2001; 28: 703-707.
16. Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J Prosthet Dent* 2000; 83: 166-170.
17. Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC, Powers JM. Changes of optical properties of dental nano-filled resin composites after curing and thermocycling. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2004; 71: 16-21.
18. Ruyter IE, Niler K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crowns and bridge veneers. *Dent Mater* 1987; 3: 246-251.
19. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* 2000; 79: 1385-1391.
20. Lee SH, Lee YK. Effect of thermocycling on optical parameters of resin composites by the brand and shade. *Am J Dent*. 2008;21(6):361-367.
21. Kim SH, Lee YK. Changes in color and color coordinates of an indirect resin composite during curing cycle. *J Dent* 2008; 36(5): 337-342.
22. Küçükeşmen, HC, Küçükeşmen Ç, Üşümez A. Yaşlandırma prosedürünün farklı restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi. *SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2010; 1(2): 39-48.
23. Munck JD, Landuyt KV, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. *J Dent Res* 2005; 84(2): 118-132.
24. Zanin FR, Garcia Lda F, Casemiro LA, Pires-de-Souza Fde C. Effect of artificial accelerated aging on color stability and surface roughness of indirect composites. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2008; 16(1): 10-14.
25. Tekçe N, Tuncer S, Demirci M, Serim ME, Baydemir C. The effect of different drinks on the color stability of different restorative materials after one month. *Restor Dent Endod* 2015; 40(4): 255-261.
26. Pinto Gda C, Dias KC, Cruvinel DR, Garcia Lda F, Consani S, Pires-De-Souza Fde C. Influence of finishing/polishing on color stability and surface roughness of composites submitted to accelerated artificial aging. *Indian J Dent Res* 2013; 24(3): 363-368.