

Özgün araştırma makalesi

Termal siklusun indirekt kompozit rezin materyallerinin renk stabilitesi üzerine etkisi

Arzu Zeynep Yıldırım Biçer, Duygu Karakış,*
Arife Doğan

Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ankara, Türkiye

ÖZET

AMAÇ: Termal siklus uygulamasının üç indirekt kompozit rezin materyalinin renk stabilitesi üzerine etkisinin in vitro olarak değerlendirilmesidir.

GEREÇ VE YÖNTEM: Çalışmada Artglass, Solidex ve Signum olmak üzere üç farklı indirekt kompozit rezin materyali kullanıldı. Her bir indirekt kompozit rezin materyalinden, 10 adet olmak üzere test örnekleri (10 mm çapında, 2 mm kalınlığında) hazırlandı ve 320-500 nm dalga boyu xenon stroboskopik ışık cihazıyla her iki yüzden 180 sn süreyle polimerize edildi. Polimerizasyon sonrası örnekler, orta, ince ve çok ince grit alüminyum oksit diskler ile cilalandı. Daha sonra, kompozit rezin örneklerin kolorimetre cihazı ile ilk renk ölçümleri CIELAB renk sistemine göre yapıldı. Ardından örnekler sırası ile 5 °C ve 55 °C (± 2 °C) su banyolarında 25'er sn bekleyecek ve banyolar arası geçiş 10 sn olacak şekilde 5000 termal siklusa maruz bırakıldı. Termal siklus sonrası, örneklerin renk ölçümleri tekrar yapıldı ve renk değişim değerleri (ΔE) tespit edildi.

BULGULAR: Elde edilen renk değişim değerleri tüm kompozit rezinlerde klinik olarak kabul edilebilir değerlerin üzerinde bulundu ($\Delta E > 3.3$). En fazla renk değişimi Solidex kompozit rezin için görülürken ($\Delta E = 6,87$), bu değer Artglass ($\Delta E = 4,87$) ve Signum ($\Delta E = 5,27$) örneklerinden istatistiksel olarak farklı bulundu ($p < 0.05$). Artglass ve Signum'da renk değişim değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklılık göstermedi ($p > 0.05$).

SONUÇ: Termal siklus uygulamasından sonra, çalışmada kullanılan bütün indirekt kompozit rezinler klinik olarak kabul edilebilir değerlerin üzerinde renk değişimi göstermekle birlikte, en yüksek renk değişim değerini Solidex kompozit göstermiştir. Klinik uygulamalarda bu sonuçlar göz önüne alınarak uygun kompozit seçimi yapılmalı ve indirekt kompozit uygulanan dişlerin klinik kontrolleri daha sık aralıklarla yapılmalıdır.

ANAHTAR KELİMELER: İndirekt kompozit; renk stabilitesi; termal siklus

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN: Yıldırım Biçer AZ, Karakış D, Doğan A. Termal siklusun indirekt kompozit rezin materyallerinin renk stabilitesi üzerine etkisi. *Acta Odontol Turc* 2014;31(1):13-7

[Abstract in English is at the end of the manuscript]

GİRİŞ

Seramik ve direkt kompozit rezinlere alternatif olarak geliştirilen ikinci jenerasyon indirekt kompozit rezinler, kompozit ve seramik teknolojilerinin hibridizasyonu olarak tanıtılsa da, gerçekte bu materyaller, farklı doldurucular içeren bir kompozit rezin matriksten oluşmaktadır.^{1,2} Geleneksel direkt ve indirekt kompozit rezinlere göre, rezin matriksdeki değişikliklere ilave olarak, yüksek oranda inorganik seramik doldurucu içermektedirler. Seramik restorasyonlar, teknik hassasiyet ve zaman alıcı yapım işlemleri gerektirmeleri, karşıt doğal diş aşındırmaları ve yüksek elastikiyet modülüslerinden dolayı çiğneme kuvvetlerinin az bir kısmını absorbe edip büyük bir kısmını alveoler yapıya iletmeleri gibi istenmeyen özelliklere sahiptir.^{3,4} Ayrıca, benzer kimyasal yapılarına rağmen, indirekt kompozit rezin restorasyonlar direkt kompozit rezin restorasyonlara göre daha üstün mekanik özelliklere sahiptirler.⁵ Bu materyaller, direkt kompozit rezin restorasyonlarda görülen polimerizasyon büzülmesi, derin ara yüzelerde görülen polimerizasyon yetersizlikleri, proksimal kontakt ve konturların oluşturulmasındaki sorunları önlemede klinisyenlere alternatif sağlamaktadır.⁶

Diş hekimliğinde kullanılan kompozit rezinlerin bitişimindeki diş dokusuna renk uyumunun olması ve bu uyumun uzun süre korunması, klinik olarak sağlanması gereken amaçlar arasındadır.⁷ Ancak tüm rezin sistemlerinin doğal yapıları gereği pöröz yapıda olmalarından dolayı, bu materyallerde zaman içerisinde boyanma, renk değişimi ve plak birikimi oluşabilmektedir.^{8,9} Önceki çalışmalarda, kompozit rezinlerin yaşlandırma sonrası önemli renk değişimi gösterdikleri ve bu renk değişiminin kompozit rezinlerin karakteristiğine göre değiştiği bildirilmiştir.⁷ Rosentritt ve ark.⁹ indirekt kompozit re-

Makale gönderiliş tarihi: 13 Haziran 2013; Yayına kabul tarihi: 07 Ekim 2013
*İletişim: Duygu Karakış, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, 06510, Emek, Ankara, Türkiye; e-posta: dtduygukc@hotmail.com

zinlerin renk stabilitesinde 1-2 sene sonra gözle görü-
lür değişim olduğunu belirtmişlerdir. Kompozit rezin-
lerde meydana gelen bu renk değişiklikleri, kimyasal
bozunma, reaksiyona girmemiş karbon çift bağlarındaki
oksidasyon, dehidratasyon, su absorpsiyonu, sızıntı
veya yüzey pürüzlülüğünden kaynaklanabilmektedir.¹⁰

Renk değişimleri görsel ve enstrümental renk ana-
lizleriyle belirlenebilir.¹¹ Renk farklılıklarını belirlemede
görsel analizler, enstrümental analizler kadar hassas
değildir; sonuçlar kişiden kişiye ve gözlem koşullarına
bağlı olarak değişebilmektedir.¹² Enstrümental renk ana-
lizleri ise daha nesnel, ölçülebilir ve hızlı sonuçlar verme
gibi avantajlar sunmaktadır.¹³ Böyle bir renk analizinde
spektrofotometre veya kolorimetre kullanımıyla renk pa-
rametreleri tespit edilebilmektedir.¹⁴

Renk parametrelerini belirlemede kullanılan farklı
renk sistemleri arasında en yaygın kullanılan CIELAB
renk sistemidir;¹⁵ rengi belirlemek için ölçülen L*, a* ve
b* parametrelerinden L* değeri bir cismin renginin
açıklık veya koyuluğunun ölçümüdür, a* değeri kırmızı
ve yeşil renklerin eksenidir, b* değeri mavi ve sarı renk-
lerin eksenidir. Bu değerlerden, a* değerinin pozitif ol-
ması (+a*) kırmızı kromanın miktarını, a* değerinin
negatif olması (-a*) ise yeşil kromanın miktarını göster-
mekteyken; pozitif b* (+b*) sarılığın miktarını ve negatif
b (-b*) maviliğin miktarını gösterir. L* değeri büyüdükçe
cismin rengi parlaklaşır, değer düştükçe renkte koyu-
laşma olur.^{4,16} CIELAB sistemindeki renk değişiminin
büyüklüğü ΔE ile ifade edilir. ΔL^* , Δa^* , Δb^* değerleri, iki
örneğin CIE L*a*b* renk parametreleri arasındaki fark-
ları verir.¹⁷ Klinik olarak renk farklılığında kabul edilebi-
lir değer $\Delta E \leq 3.3$ olduğu bildirilmiştir.¹⁸ Renk
stabilitesi, estetik restorasyonların başarısı açısından
önemlidir. İndirekt rezin kompozitlerin renk stabilitesine
ilişkin veriler çelişkilidir: Birçok çalışmada, indirekt kom-
pozit rezinlerin yeterli renk stabilitesi gösterdiği bildiril-
mesine karşın,^{2,19,20} bazı çalışmalarda ise kliniksel olarak
kabul edilemez renk değişiklikleri ($\Delta E > 3.3$) gösterdikleri
bildirilmiştir.⁴

Dış hekimliğinde kullanılan materyallerin analiz edil-
mesi amacıyla ağız ortamını taklit eden farklı laboratu-
var şartları oluşturulmaktadır. Bu şartlardan biri de ısıl
değişim (termal siklus) uygulamasıdır. Ağız içerisinde
yeme, içme ve soluma ile sıcaklık değişimleri oluşmak-
tadır.²¹ Termal siklus, sıcaklık ve nem değişimleri içeren
uzun süreli çevre koşullarına maruz kalmanın oluştur-
acağı etkiyi taklit eder.⁴ Önceki çalışmalarda kompozit
rezinlerin termal siklus sonrası önemli renk değişimi gö-
sterdikleri ve bu renk değişiminin materyal karakteristi-
ğine göre değişiklik gösterdiği bildirilmiştir.⁷

Bu çalışmanın amacı, termal siklus uygulamasının
üç indirekt kompozit rezin materyalinin renk stabilitesi
üzerine etkisini *in vitro* olarak değerlendirmektir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada üç farklı indirekt kompozit rezin materyali
kullanıldı (Tablo 1): Artglass (mikrohibrit; Heraeus Kul-
zer, Wehrheim, Almanya), Solidex (hibrit; Shofu Inc.,
Kyoto, Japonya) ve Signum (nanohibrit; Heraeus Kulzer);
standardizasyon sağlamak için her bir kompozit rezinin
A2 rengi seçildi. Kompozit rezin örnekleri hazırlamak için
2 mm kalınlığında ve 10 mm çapında teflon kalıp hazır-
landı ve bu teflon kalıp, üzerinde polyester strip bant bu-
lunan bir siman camı üzerine yerleştirildi. Kompozit
rezinler plastik bir el aleti ile kalıba yerleştirildikten sonra
başka bir polyester strip ve siman camı kompozit rezinin
üzerine yerleştirildi. Her bir indirekt kompozit rezin ma-
teryalinden 10 adet olmak üzere toplam 30 adet disk şe-
kinde örnekler hazırlandı. İndirekt kompozit rezin
materyallerinin tümü, her iki yüzden 180 sn olacak şe-
kilde 320-500 nm dalga boyu ile xenon stroboskopik ışık
cihazıyla (Dentacolor XS, Kulzer, Wehrheim, Almanya)
polimerize edildi. Daha sonra, orta, ince ve çok ince grit
alüminyum oksit Sof-Lex diskler (3M ESPE, St. Paul,
MN, ABD) kullanılarak 5000 rpm turla 20 sn süreyle ör-
nekler polisaj işlemine tabi tutuldu. Polisaj işleminden
sonra kompozit rezinler 37 °C'de 24 saat kuru olarak be-
kletildi. Tamamlanan örneklerin ilk renk ölçümleri kolo-

Tablo 1. İndirekt kompozit rezin materyallerinin özellikleri

Materyaller	Matris tipi	Doldurucu içeriği	Doldurucu oranı (ağırlık %)	Ortalama doldurucu partikül büyüklüğü (µm)
Artglass (Heraeus Kulzer, Wehrheim, Almanya)	TEGDMA, Bis-GMA, UDMA	Baryum-alüminyum silikat cam, inorganik pigmentler	72	0.7-2
Solidex (Shofu Inc., Kyoto, Japonya)	Bis-GMA, UDMA, HEMA, EGDMA: (%25)	İnorganik seramik, mikrodoldurucu (silikon dioksit ve alüminyum dioksit partikülleri; %22)	53	0.16-7
Signum (Heraeus Kulzer, Wehrheim, Almanya)	TEGDMA, Bis-GMA	Silikon dioksit, SiO ₂ , Ba-Al-Si	70	1

TEGDMA: Trietilenglikol-dimetakrilat, Bis-GMA: Bisfenol A-glisidil metakrilat, UDMA: Üretan dimetakrilat, EGDMA: Etilen glikol dimetakrilat, HEMA: 2-Hidroksietil metakrilat

rimetre cihazı (CR21, Minolta Ltd. Radiometric Instruments Operations, Osaka, Japonya) ile yapıldı. Bu çalışmada kullanılan renk cihazının ölçüm başlığının çapı 3 mm'dir ve her bir örneği 3 mm'lik bir sahada ölçmektedir. İlk renk ölçümü sonrası, örnekler termal siklus cihazı (Nüve Sanayi Malzemeleri, Ankara, Türkiye) ile 5000 termal siklusa maruz bırakıldı. Bu işlem, 5 °C ve 55 °C (±2 °C)'deki su banyolarında 25'er sn bekleyerek ve banyolar arası geçiş 10 sn olarak gerçekleştirildi. Her ölçüm öncesinde cihazın kalibrasyonu yapıldı. Termal siklus sonrası, örneklerin ikinci renk ölçümleri yapıldı.

CIELAB renk sistemine göre, termal siklus öncesi ve sonrası elde edilen renk ölçüm değerleri Tablo 2'de gösterildi. Renk değişimi (ΔE) aşağıdaki formül ile belirlendi:²²

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

İndirekt kompozit rezinlerin termal siklus sonrasında oluşan renk değişimlerinin karşılaştırılması için one-way ANOVA istatistiksel analizi uygulandı (SPSS version 11, Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, ABD). Farklı grupların karşılaştırılması için Tukey testi uygulandı; istatistiksel anlamlılık değeri 0.05 olarak kabul edildi.

BULGULAR

Tek yönlü ANOVA analizi sonucu elde edilen, her bir kompozit rezin materyalinin renk değişim değerleri, standart deviasyonları ve istatistiksel farklılıkları Tablo 2'de verilmiştir. Elde edilen renk değişim değerleri tüm kompozit rezinlerde klinik olarak kabul edilebilir değerlerin ($\Delta E > 3.3$) üzerinde bulundu. En fazla renk değişimi Solidex kompozit rezin için görülürken ($\Delta E=6,87$), bu değer Artglass ($\Delta E=4,87$) ve Signum ($\Delta E=5,27$) örneklerden istatistiksel olarak farklı bulundu ($p < 0.05$). En düşük renk değişimi ise Artglass kompozit rezinlerde saptandı, bununla beraber Artglass ve Signum örneklerin renk değişim değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklılık göstermedi ($p > 0.05$).

TARTIŞMA

Termal siklus uygulaması, tekrarlayan ani ısı değişimleriyle kompozit rezinlerde hidrolitik ve termal ayrışma-

lara neden olmaktadır. Bu işlem süresince su ataklarının cam doldurucu partiküller ile metakrilat esaslı rezinlerin arasında kovalent bağ oluşturarak kompozit rezinlerin güçlenmesini sağlayan silanize bağlantıyı modifiye edilebileceği bildirilmiştir.^{23,24} Silan ve doldurucu arayüzünde doğrudan hidrolitik bozunma matrisi ile doldurucu arasında ayrılmaya, mikroçatlak ve korozyonlara neden olmaktadır.²³⁻²⁵ Schulze ve ark.²⁶ 122 saatlik yaşlandırma işlemi sonrasında kompozit rezinlerin yüzeyinde karbon:oksijen, karbon:silisyum, karbon:baryum oranlarının arttığını bildirmişlerdir. Bu durum yaşlandırma işlemi sonucu yüzeyden inorganik materyallerin uzaklaştığını göstermektedir. Doldurucuların polimer materyalinden ayrılması ile renk değişikliklerinin oluşabileceği ifade edilmiştir.²⁶ Benzer şekilde, termal siklusa bağlı oluşan bu ayrışma, su absorpsiyonu, ve lekelenme, kompozit rezinlerde renk değişiklikleri oluşturmaktadır.¹⁹

Matsumura ve ark.²⁷ artık monomer miktarının renk stabilitesinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Termal siklus işlemi sırasında uygulanan ısı ile polimerize edilmiş indirekt kompozit rezinlerde karbon çift bağlarının karbon tek bağlarına dönüşümünü arttıracak ikinci bir polimerizasyon etkisi oluştuğuna dikkat çekilmiştir.^{26,28,29} Ancak Papadopoulos ve ark.²⁰ termal siklus sırasında uygulanan yüksek sıcaklıkların, kompozit rezin örneklerin renk stabilitesi üzerine etkili olduğunu öne sürerken, Jain ve ark.²⁸ polimerizasyondan sonra uygulanan yüksek sıcaklıkların kompozit rezinlerin renk stabilitesini klinik olarak kabul edilebilir bir seviyede değiştirmediklerini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda, 5000 termal siklus sonucu indirekt kompozit rezin materyallerinde oluşan renk değişikliğinin klinik olarak kabul edilebilir değerlerin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Lee ve ark.¹⁹ indirekt kompozit rezinlerde 5000 termal siklus sonrası oluşan renk farklılıklarını karşılaştırmışlar ve renk değişiminin (ΔE) 0.3-1.5 arasında olduğunu göstermişlerdir, ancak bizim çalışmamızdan farklı olarak, Lee ve ark.¹⁹ farklı indirekt kompozit rezinleri test etmişler ve rezin polimerizasyonu için ikinci bir polimerizasyon uygulamışlardır. Önceki çalışmalarda ikinci polimerizasyon sonrası artan karbon çift bağlarının renk stabilitesini artırdığı bildirilmiştir.^{30,31}

Zanin ve ark.² Artglass ve Solidex indirekt kompozit

Tablo 2. İndirekt kompozit rezin materyallerin L^* , a^* , b^* ve renk değişikliği (ΔE) ortalama değerleri ve standart sapmaları

Materyaller	Termal siklus öncesi			Termal siklus sonrası			Renk değişikliği (ΔE)
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	
Artglass	79.59±1.41	-4.32±0.46	3.45±0.09	82.99±1.50	-4.85±0.08	6.94±0.32	4.87±0.51 ^a
Solidex	91.77±1.27	-5.32±0.42	6.34±0.61	98.38±1.45	-4.28±0.56	6.04±1.27	6.87±0.24 ^{a,b}
Signum	62.06±0.42	-5.57±0.05	11.23±0.3	66.80±0.8	-7.45±0.37	10.88±1.18	5.27±0.59 ^b

^{a,b}Renk değişikliği (ΔE) sütunu için, aynı harfler ile işaretlenmiş sonuçlar istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir ($p < 0.05$)

rezinlerin yaşlandırma işlemi sonrası renk stabilitesini 4 sa. UV-B ışığında 50 °C'de (280-320 nm) ve 4 sa. 50 °C'de suda tutarak toplam 384 saatlik yaşlandırma işlemi sonrası değerlendirmişler ve renk değişim değerlerinin Artglass için $\Delta E=2,99$ ve Solidex için $\Delta E=4,3$ olduğunu saptamışlar ve sonuç olarak renk değişiminin materyale göre değiştiğini bildirmişlerdir. Bazı araştırmacılar, yaşlandırma işlemi ile termal siklus işlemi sonucu oluşan renk farklılıklarının doğrudan karşılaştırılmayacağı görüşünde olsa da^{2,19} Zanin ve arkadaşlarının² çalışmasındaki hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonucu oluşan renk değişim bulguları, çalışmamızda da kullandığımız Artglass ve Solidex kompozit rezin materyallerinin renk stabilitesi davranışına ilişkin fikir vermektedir.

Çalışmamızda test edilen indirekt kompozit rezin materyalleri arasında, termal siklus sonrası önemli renk değişikliği gözlenmiştir; en fazla renk değişikliğine uğrayan Solidex için bulunan $\Delta E=6,87$ değeri, Artglass ve Signum rezin materyallerininkinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksektir. Artglass ve Signum materyalleri ise renk değişim değeri açısından istatistiksel farklılık göstermemiştir. Bu sonuçlar, her bir materyalin içerdiği farklı doldurucu tip/miktarı ve matris yapısından kaynaklanabilir.¹⁹ Geurtsen ve ark.²³ hibrit materyallerin yüksek organik matris içeriklerinden dolayı daha yüksek su absorpsiyon ve materyal ayrışması gösterdiklerini bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra, monomer tipine bağlı olarak materyallerin su absorpsiyon seviyelerinin farklılık gösterdiği ve farklı monomerlerin farklı renk değişiklikleri oluşturabildiği de bilinmektedir.³² Test ettiğimiz materyaller arasında Solidex, diğerlerinden daha yüksek oranda bisfenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA; %22) içermektedir ve yapılan çalışmalarda Bis-GMA'nın, trietileneglikol-dimetakrilat ve üretan dimetakrilat'tan (UDMA) daha fazla miktarda su emilimi gösterdiği bildirilmiştir;²⁰ dolayısıyla Solidex için gözlenen renk değişikliğinin diğer indirekt kompozitlerden fazla olması, daha fazla Bis-GMA içeriğiyle açıklanabilir.

Matriks içerik ve komponentlerine ilaveten, doldurucu içeriklerinin de renk stabilitesi üzerinde etkili olduğu ve doldurucu içeriğinin az olmasının zayıf renk stabilitesine neden olduğu bildirilmiştir.^{2,26} Bu sonuçlara paralel olarak, birbirine yakın inorganik doldurucu içeriğine sahip Artglass (%72) ve Signum (%70), en düşük doldurucu miktarına sahip Solidex'e (%53) oranla daha az renk değişimi göstermişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, düşük dolduruculu kompozit rezinlerde renk stabilitesinin zayıf olduğu görüşünü desteklemektedir.

Klinik çalışmaların maliyetli ve zaman alıcı olmalarından dolayı dental materyallerin klinik ömürleri genellikle laboratuvar simülasyonları ile değerlendirilmektedir. Ancak termal siklus sayısının ve materyallerin ağız içerisinde kullanım süresini nasıl yansıtacağı tam olarak

bilinmemektedir. Bunun yanında termal siklus çalışmalarında örnek tipi, suda bekletme zamanı ve sıcaklık değişimleri gibi standart koşulları belirleyen spesifikasyon oluşturulmamıştır. Bu nedenle ağız içini iyi bir şekilde yansıtan termal siklus işlemlerinde standart koşulların ileri çalışmalarda araştırılarak sağlanması gerekmektedir.^{19,25,33,34}

SONUÇ

Çalışmanın sınırlamaları içerisinde, 5000 termal siklus uygulanmış indirekt kompozit rezinlerin renk stabilitesinin klinik olarak kabul edilebilir değerlerin üzerinde renk değişimi gösterdiği görüldü. Daha ileri çalışmalarda indirekt kompozit rezinlerin renk stabilitesinin farklı termal siklus sayıları ve koşullarda araştırılması termal siklus çalışmalarında standardizasyonun oluşturulmasına fayda sağlayabilir.

TEŞEKKÜR VE ANMA

Bu yayın, uluslararası 37. European Prosthodontic Association (EPA) kongresinde poster olarak sunulmuştur (21-24 Ağustos 2013, Turku, Finlandiya).

Çıkar çatışması: Yazarlar bu çalışmayla ilgili herhangi bir çıkar çatışmalarının bulunmadığını bildirmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Mandikos MN, McGivney GP, Davis E, Bush PJ, Carter JM. A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. *J Prosthet Dent* 2001;85:386-95.
2. Zanin FR, Garcia LFR, Casemiro LA, Pires-de-Souza FC. Effect of artificial accelerated aging on color stability and surface roughness of indirect composites. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2008;16:10-4.
3. Nilsson E, Alaeddin S, Karlsson S, Milleding P, Wennerberg A. Factors affecting the shear bond strength of bonded composite inlays. *Int J Prosthodont* 2000;13:52-8.
4. Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J Prosthet Dent* 2000;83:166-70.
5. Cesar PF, Miranda WG Jr, Braga RR. Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. *J Prosthet Dent* 2001;86:289-96.
6. Nandini S. Indirect resin composites. *J Conserv Dent* 2010;13:184-94.
7. 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.
8. Blank JT. Scientifically based rationale and protocol for use of modern indirect resin inlays and onlays. *J Esthet Dent* 2000;12:195-208.
9. Rosentritt M, Esch J, Behr M, Leibrock A, Handel G. In vivo color stability of resin composite veneers and acrylic resin teeth in removable partial dentures. *Quintessence Int* 1998;29:517-22.
10. Powers JM, Dennison JB, Koran A. Color stability of restorative resins under accelerated aging. *J Dent Res* 1978;57:964-70.
11. Goodkind RJ, Keenan KM, Schwabacher WB. A comparison of chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth. *J Prosthet Dent* 1985;53:105-9.
12. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819-22.

13. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent* 2002;87:657-66.
14. Paravina RD, Ontiveros JC, Powers JM. Accelerated aging effects on color and translucency of bleaching-shade composites. *J Esthet Restor Dent* 2004;16:117-26.
15. Ersoy NM, Kesim B. Hızlandırılmış yaşlandırma sonrası farklı por-selen laminate veneerlerin renk değişimine kompozit rezin simanların etkisi. *SÜ Diş Hek Fak Derg* 2011;20:165-72.
16. O'Brien WJ. *Dental Materials and Their Selection*. 3rd edn. Carol Stream: Quintessence Publishing; 2002. p.1-418.
17. Buchalla W, Attin T, Hilgers RD, Hellwig E. The effect of water storage and light exposure on the color and translucency of a hybrid and a microfilled composite. *J Prosthet Dent* 2002;87:264-70.
18. Ruyter IE, Nielner K, Möller BR. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987;3:246-51.
19. Lee YK, Yu B, Lim HN, Lim JI. Difference in the color stability of direct and indirect resin composites. *J Appl Oral Sci* 2011;19:154-60.
20. Papadopoulos T, Sarafianou A, Hatzikyriakos A. Color stability of veneering composites after accelerated aging. *Eur J Dent* 2010;4:137-42.
21. 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;28:703-7.
22. CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). *CIE Technical Report, Colorimetry*. 3rd edn. Vienna: CIE Pub; 2004. p.1-72.
23. Geurtsen W, Leyhausen G, Garcia-Godoy F. Effect of storage media on the fluoride release and surface microhardness of four polyacid-modified composite resins (compomers). *Dent Mater* 1999;15:196-201.
24. Souza RO, Ozcan M, Michida SM, de Melo RM, Pavanelli CA, Bottino MA, *et al*. Conversion degree of indirect resin composites and effect of thermocycling on their physical properties. *J Prosthodont* 2010;19:218-25.
25. Pereira SM, Castilho AA, Salazar-Marcho SM, Costa Oliveira KM, Vázquez VZ, Bottino MA. Thermocycling effect on microhardness of laboratory composite resins. *Braz J Oral Sci* 2007;22:1372-5.
26. Schulze KA, Tinschert J, Marshall SJ, Marshall GW. Spectroscopic analysis of polymer-ceramic dental composites after accelerated aging. *Int J Prosthodont* 2003;16:355-61.
27. Matsumura H, Nakamura M, Tanoue N, Atsuta M. Clinical evaluation of an urethane tetramethacrylate-based composite material as a prosthetic veneering agent. *J Oral Rehabil* 2000;27:846-52.
28. 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.
29. Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dent Mater* 2003;19:612-9.
30. Tanoue N, Koishi Y, Atsuta M, Matsumura H. Properties of dual-curable luting composites polymerized with single and dual curing modes. *J Oral Rehabil*. 2003;30:1015-21.
31. Kim SH, Lee YK. Changes in color and color coordinates of an indirect resin composite during curing cycle. *J Dent* 2008;36:337-42.
32. Nakamura T, Saito O, Mizuno M, Tanaka H. Changes in translucency and color of particulate filler composite resins. *Int J Prosthodont* 2002;15:494-9.

33. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. *Dent Mater* 1994;10:353-62.

34. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999;27:89-99.

The effect of thermocycling on color stability of three indirect composite resin materials

ABSTRACT

OBJECTIVE: The aim of this study was to evaluate the effect of thermocycling on the color stability of three indirect composite resins.

MATERIALS AND METHOD: In this study, three indirect composite resins: Artglass, Solidex and Signum were tested. Ten specimens (10 mm diameter and 2 mm depth) were prepared from each composite material and were polymerized at both sides for 180 s at 320-500 nm using a xenon stroboscopic light curing unit. The specimens were then subjected to polishing procedures using medium, fine and super fine grit aluminum oxide discs. After initial measurements were made with a colorimeter according to CIELAB system, specimens were subjected to 5000 thermocycles between 5 °C and 55 °C with a dwell time of 25 s in each bath and with a transfer time of 10 s between baths. After the thermocycling procedure, colors of the specimens were re-measured and color changes (ΔE) were determined.

RESULTS: The color change for all composite resin materials were above the clinically acceptable limit ($\Delta E > 3.3$). The greatest color change was found for Solidex composite resin samples ($\Delta E = 6.87$); this value was significantly different from those for Artglass ($\Delta E = 4.87$) and Signum ($\Delta E = 5.27$) samples ($p < 0.05$). Color change values for the Artglass and Signum samples were not statistically different from each other ($p > 0.05$).

CONCLUSION: After thermocycling, the color changes of all the tested indirect composites were above the clinically accepted values. In clinical application, these results should be considered during composite resin selection, and teeth restored with indirect resin should be controlled more frequently.

KEYWORDS: Color stability; indirect composite; thermocycling