

Üç Farklı Kompozit Materyalinin Yüzey Sertliği Üzerinde Polimerizasyon Süresinin Etkisi

The Effect of Polymerization Duration on the Surface Hardness of Three Different Composite Materials

Neslihan TEKÇE,^a
Kaşad PALA,^b
Emre ÖZEL,^a
Safa TUNCER,^c
Mustafa DEMİRCİ^c

^aRestoratif Diş Tedavisi AD,
Kocaeli Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Kocaeli
^bRestoratif Diş Tedavisi AD,
Erciyes Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Kayseri
^cRestoratif Diş Tedavisi AD,
İstanbul Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, İstanbul

Geliş Tarihi/Received: 21.11.2014
Kabul Tarihi/Accepted: 13.03.2015

Yazışma Adresi/Correspondence:
Neslihan TEKÇE
Kocaeli Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Restoratif Diş Tedavisi AD, Kocaeli,
TÜRKİYE/TURKEY
neslihan_arslann@hotmail.com

ÖZET Amaç: Kompozit materyallerinin farklı sürelerde polimerize edilmelerinin, kompozit materyallerinin yüzey sertliği üzerinde oluşturduğu etkiyi incelemektir. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışmada, Filtek Z550 (3M, ESPE), Herculite XRV (Kerr) ve Clearfil Majesty ES-2 (Kuraray, Japonya) olmak üzere üç farklı yapıda nano kompozit kullanılmıştır. Paslanmaz çelik kalıplarda her bir kompozitten 20 adet olacak şekilde toplam 60 adet kompozit disk hazırlanmıştır. Her bir kompozite ait olan 20 diskten 10 tanesi 5 saniye, diğer 10 tanesi ise 20 saniye polimerize edilmiştir (n=10). Numunelerin üst ve alt yüzeylerinin sertliği Struers Duramin 5 (Struers Corp. Japonya) Vicker's sertlik ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılığı belirlemek için Tukey HSD ikili karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır (p<0,001). **Bulgular:** Materyallere 20 saniye ışık verilmesi durumunda, Filtek Z550 kompozit materyali istatistiksel olarak anlamlı düzeyde en yüksek sertlik değerlerini sergilemiştir (p<0,001). Bunu Herculite XRV Ultra ve daha sonra Clearfil Majesty ES-2'nin 20 sn polimerize edildiği gruplar izlemiştir. Kompozit materyaline 20 saniye ya da 5 saniye ışık uygulaması fark etmeksizin, grupların her birinde, üst yüzey sertlikleri alt yüzey sertliklerine göre anlamlı olarak yüksek tespit edilmiştir (p<0,001). **Sonuç:** Kompozit materyallerinin 5 saniye polimerize edilmesi, bu çalışmada kullanılan her bir kompozit materyalinin sertlik değerleri üzerinde azalmaya sebep olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kompozit dental rezin; sağlamlık testleri

ABSTRACT Objective: The purpose of this study was to investigate, the impact of different curing periods of resin composite materials on microhardness values of the materials. **Material and Methods:** The three different nano composite including Filtek Z550 (3M, ESPE), Herculite XRV (Kerr) and Clearfil Majesty ES-2 (Kuraray, Japan) were used in the study. Using a cylindrical stainless steel mold, a total of 60 specimens were fabricated such that 20 disc from each of the composite (n=10). 10 of the 20 disc from each composite were polymerized for 5 sec; other 10 were polymerized for 20 seconds. The hardness of the upper and the bottom surfaces of specimens were recorded with Struers Duramin 5 (Struers Corp. Japan) Vicker's microhardness device. Data were analyzed using the one-way ANOVA test and Tukey HSD multiple comparison tests (p<0.001). **Results:** In case of applying 20 sec light to materials, the highest microhardness values were obtained with Filtek Z550 composite material (p<0.001). This was followed by Herculite XRV Ultra and Clearfil Majesty ES-2 with 20 sec polymerization time. Regardless of 20 sec or 5 sec curing times, the upper surface hardness values of each composite material were significantly higher than the bottom surfaces (p<0.001). **Conclusion:** Five seconds polymerization time caused a decrease in the microhardness values of every composite materials used in the study (p<0,001).

Key Words: Composite dental resin; hardness tests

doi: 10.5336/dentalsci.2014-42565

Copyright © 2015 by Türkiye Klinikleri

Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2015;21(2):101-8

Günümüzde kompozit rezinler kolay uygulanmaları, gelişmiş mekanik ve fiziksel özellikleri, başarılı estetik uyumları sebebiyle ön ve arka diş restorasyonlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Amalgama alternatif olarak geliştirilen ilk kompozit rezinler, kimyasal sertleşen rezinler olarak kullanıma sunulmuştur. Kimyasal sertleşen kompozit rezinler, monomer rezinin (BisGMA) kuartz ya da alimunosilikat cam doldurucu ile birleştirilmesi sonucu oluşturulmuştur.¹ Arka dişlerde geniş restorasyonlarda kullanılmamaları ve yetersiz estetik görünümleri sebebiyle sınırlı kullanım alanı bulmuşlardır.² 1978 yılında Dart ve ark.nın ışıkla sertleşen kompozit rezinleri geliştirmesi ve 1980'li yıllarda "total-etch" tekniğinin bulunması ile birlikte kimyasal olarak sertleşen kompozit rezinler yerini ışıkla sertleşen kompozit rezinlere bırakmıştır.³⁻⁵

Işıkla sertleşen kompozit rezinler esas olarak üç bileşenden oluşmaktadır. İnorganik doldurucu (ortalama çapı 0,7-1,5 µm cam ya da kuartz), organik matriks [yüksek moleküler ağırlıklı dimetakrilatlar (Bis-GMA) ve düşük viskoziteli dimetakrilatlar (TEGDMA)] ve bu organik ve inorganik matriksi bir arada tutan organik silanlar (3-met-hacryloyloxy-propyltrimethoxysilane). Kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen en önemli eleman ise doldurucu içeriğidir. Doldurucu içeriğin tipi, büyüklüğü ve dağılımı kompozit rezinin direncini, elastik modülünü, kırılma direncini ve sertliğini belirlemede önemli rol oynamaktadır.^{6,7}

Kompozit materyallerinin polimerizasyon bütülmesi ve yetersiz polimerizasyonu gibi dezavantajları nedeni ile birçok diş hekimi bu materyallerle ilgili sorun yaşamaktadır. Polimerizasyon bütülmesi ve yetersiz polimerizasyon sonucu gelişen mikrosızıntı, postoperatif hassasiyet, ağrı, restorasyonlarda kenar bozulmaları, renkleşme ve ikincil çürükler kompozit rezinlerin uzun dönem klinik başarılarını olumsuz etkilemektedir.⁸⁻¹⁰ Kompozit materyali ile yaşanan bu sorunların en aza indirgenmesi için üretici firmalar sıklıkla materyallerin içeriklerini değiştirmektedir. Özellikle, doldurucu çapı düşürülmüş, doldurucu içerik ve oranı artırılmış, monomer yapısı ya da kimyasında yapılan de-

ğişikliklerle materyallerin özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.¹¹⁻¹³

Restorasyonların uzun ömürlü olabilmeleri, doğru endikasyon konulması, hastanın ağız hijyeninin uygun olması ve vakaya uygun kompozit materyalinin seçimi ile sağlanır. Restorasyonların başarılı olabilmeleri için materyaller; yüksek kırılma direncinde ve uygun yüzey sertliğinde olmalı, düşük polimerizasyon bütülme oranı sergilemelidir. Ayrıca, kavite tipine uygun elastik modülde materyal seçilmeli, seçilen materyal düşük çözünürlükte sahip olmalı ve ağız içinde oluşan yıkımlara karşı dirençli olabilmelidir.^{11,14} Kompozit rezinlerin birleşimi kadar, materyallerin polimerizasyon oranı da kompozit rezinlerin klinik performanslarını etkiler.¹⁵ Yeterli oranda polimerizasyon sağlanamaması, postoperatif hassasiyet ve mikrosızıntı oluşturarak restorasyonların uzun dönem klinik başarısını olumsuz etkileyebilmektedir.^{8,9}

Polimerizasyonu sağlamak amacıyla sıklıkla kullanılan halojen ışık cihazlarının ağır olması, ışık güçlerinin zamanla azalması, filtrelerinin değiştirilmesinin gerekmesi, çalışma esnasında ısı yayması, yüksek dalga boylarına ulaşamaması, kullanım ömürlerinin kısa olması gibi dezavantajlarından ötürü, "light-emitting diode (LED)" cihazları geliştirilmiş ve kliniklerde kullanılmaya başlanmıştır.^{16,17} Yapılan çalışmalarda, LED ışık cihazlarının, halojen ışık cihazlarının oluşturduğu etkinliğe benzer sonuçlar sergilediği ve kliniklerde güvenle kullanılabileceği bildirilmiştir.^{15,18,19}

Işık ile sertleşen materyallerde monomerin polimere dönüşüm oranı (conversion degree) başlıca ışık yoğunluğundan, polimerizasyon süresinden ve ışık cihazının materyale olan uzaklığından etkilenir.²⁰⁻²² Işık cihazının gücünün 800 mW/cm²den fazla olması durumunda polimerizasyon işleminin daha kısa sürede gerçekleştiği bildirilmektedir.²³ Ancak, kısa polimerizasyon işlemi kompozit materyalinin özellikle alt yüzeyinde, monomerin yetersiz dönüşüm oranı sergilemesine sebep olabilmektedir.²⁴

Bu nedenle bu çalışmada, üç farklı kompozit rezin materyaline iki farklı sürede (5 ve 20 sa-

niye) polimerizasyon işlemi gerçekleştirilerek, polimerizasyon süresinin materyallerin alt ve üst yüzey sertlikleri üzerindeki etkisinin mikrosertlik test yöntemi kullanılarak incelemek amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada, Filtek Z 550 (3M, ESPE), Herculite XRV (Kerr) ve Clearfil Majesty ES2 (Kuraray, Japonya) olmak üzere üç farklı kompozit rezin materyali kullanılmıştır (Tablo 1). Kompozitlerden Filtek Z550 ve Herculite, üretici firmaların önermiş olduğu ışık cihazları ile polimerize edilirken (Tablo 2, 3), Kuraray firmasının ürettiği ve/veya önermiş olduğu bir ışık cihazı olmaması sebebiyle Clearfil Majesty ES2 kompozit materyali çalışmada kullanılan diğer iki ışık cihazının gücüne en yakın olan bir ışık cihazı ile polimerize edilmiştir (Tablo 2).

Kullanılan üç kompozit rezin de A2 renginde seçilmiştir. Test edilecek örneklerin hazırlanabilmesi için 2 mm yüksekliğinde ve 10 mm çapındaki paslanmaz çelik kalıplar içerisine materyaller yerleştirilmiştir (Resim 1). Her bir kompozit rezin materyaline ait olan 10 disk 5 saniye, diğer 10 disk ise 20 saniye polimerize edilmiştir. Her bir grupta 10 örnek olacak şekilde toplam altı grup oluşturulmuştur (Tablo 3). Kalıplara yerleştirilen örneklerden düz bir yüzey elde edilmesi için kompozit rezin, şeffaf bant (Miller matrix strip, Dentsply) ve iki cam parçası arasında sıkıştırılmıştır. Üst yüzey-

deki cam uzaklaştırıldıktan sonra, ışık kaynağının ucu kompozit rezin yüzeyi ile dik açı oluşturacak şekilde, şeffaf bandın hemen üzerinden ışık uygulanarak polimerizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde 60 standart örnek hazırlanmıştır (Resim 1).

Polimerize edilen örnekler 24 saat 37°C suda bekletilmiştir. Suda bekletme sonunda örneklerin Vicker's sertlik değerleri ölçümü, Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Araştırma Laboratuvarında bulunan Struers Duramin-5 (Struers Corp. Japonya) ve DURAMİN 5 MEASUREMENTS yazılımı, Version: 3.2.6.1 (Product 3.2.6.0) kullanılarak yapılmıştır (Resim 2). Vicker's sertlik değeri, 300 g'lık yükün 10 saniye boyunca örneğe uygulanmasıyla meydana gelen izin köşegenlerinin bilgisayar programı yardımıyla ölçülmesiyle elde edildi. Ortalama sertlik değeri her bir örnek için merkezden periferi doğru yapılan üç ölçümün ortalamasının alınmasıyla elde edilmiştir.

Elde edilen verilerin istatistiksel olarak incelenmesi one-way ANOVA ile; çoklu karşılaştırmalar Tukey HSD çok yönlü karşılaştırma testi ile yapılmıştır ($p<0,001$).

BULGULAR

Çalışmada örneklerden elde edilen sertlik değerlerinin istatistiksel olarak ortalama ve standart sapmaları Tablo 4'te görülmektedir. Alt ve üst yüzey sertlik değerleri karşılaştırıldığında; her üç kom-

TABLO 1: Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyalleri.

Materyal	Kompozit tipi	İçerik	Partikül boyutu	Doldurucu oranı		Üretici firma
				(Hacimce)	(Ağırlıkça)	
Filtek Z550	Nanohibrid	BIS-GMA, UDMA, BIS-EMA, PEGDMA ve TEGDMA rezinler	0,1-10 µ Zirkonya/Silika	%67,8	%81,8	3M ESPE, ABD
Herculite XRV Ultra	Nanohibrid	Sertleşmemiş etakrilat ester monomerleri, titanyum dioksit (TiO2) ve pigmentler, 4-metoksifenol (MEHQ), benzoil peroksit (BPO), trimetilpropan triakrilat ve initiatörler	0,6 µm	%59	-	Kerr, ABD
Clearfil Majesty ES2	Nanohibrid	BIS-GMA, TEGDMA, hidrofofik, aromatik, dimetakrilat, silane, cam seramik, mikro doldurucu, alumina	1,5 µm-20 nm Silanated barium cam doldurucu	%40	%78	Kuraray, Japonya

TABLO 2: Çalışmada kullanılan ışık cihazları.

İşık cihazları	Tipi	Yoğunluk-güç	Üretici firma
Elipar S10	LED	1200 mW/cm ²	3M ESPE, St Paul, MN, ABD
Kerr Demi Ultra	LED	1330 mW/cm ²	Kerr Corporation, ABD
Ultradent Valo Xtra Power	LED	1400 mW/cm ²	Ultradent Products, ABD

pozit materyali için de 20 saniye ışık uygulanması durumunda kompozit rezin materyallerinin üst yüzey sertlikleri, alt yüzeylerine göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$). Gruplar arası karşılaştırmada, bütün gruplar içinde en yüksek sertlik değerini anlamlı olarak Filtek Z550 sergilemiştir ($p<0,001$). Bunu sırasıyla Herculite XRV ve Clearfil Majesty ES2 izlemiştir. Bu sıralama, 5 saniye polimerizasyon işlemi uygulamasında da değişmemiştir.

Kompozit rezin materyallerine 20 saniye ışık uygulaması yapılması, her üç kompozit materyalinin de sertlik değerlerinin, 5 saniye ışık uygulamasının yapıldığı gruplara göre, anlamlı olarak yüksek bulunmasına sebep olmuştur ($p<0,001$).

TARTIŞMA

Kompozit rezin materyalinin fiziksel ve mekanik özelliklerini tam olarak sergileyebilmesi ve uzun dönemde klinik olarak başarılı olabilmesi için yeterli oranda polimerize edilmesi gerekmektedir. Kompozit rezin materyalinin optimum düzeyde polimerize olduğunun bir göstergesi materyalin yeterli oranda sertlik değerlerine ulaşmasıdır.²⁵ Yüzey sertlik testleri; farklı kalınlıklarda uygulanan kompozit rezinleri (örneğin; “bulk-fill” tekniği), farklı polimerizasyon süre ve yöntemleri, farklı ışık cihazlarının etkinliğinin incelenmesi ve farklı yapı-

**RESİM 1:** Kompozit diskler.

daki diş dokularına ait sertlik ölçümleri (örneğin; çürük dentin) gibi konular hakkında araştırmacılara geniş kapsamlı bilgi sağlamaktadır.²⁶⁻³⁰

Bir üretici firma (3M ESPE), Elipar S10 LED ışık cihazının 1200 mW/cm² gücünde olduğunu ve kompozit rezin materyalinin polimerizasyon işlemini 5 saniyede gerçekleştirebileceğini ileri sürmüştür. Bu nedenle, bu çalışmada 20 saniyeden daha kısa sürede yapılan polimerizasyon işleminin, farklı kompozit materyalleri üzerinde, yetersiz polimerizasyona sebep olup olmadığının araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre; her üç kompozit rezin materyali için de 5 saniye ışık uygulama işlemi, 20 saniye uygulamaya göre, özellikle kompozit rezin materyallerinin alt yüzey sertlikleri üzerinde anlamlı bir azalmaya sebep olmuştur.

TABLO 3: Çalışmada oluşturulan gruplar.

Gruplar	Kompozit	İşık cihazı	Polimerizasyon süresi
Grup 1	Filtek Z550	Elipar S10	20 saniye
Grup 2	Filtek Z550	Elipar S10	5 saniye
Grup 3	Herculite XRV Ultra	Demi Ultra	20 saniye
Grup 4	Herculite XRV Ultra	Demi Ultra	5 saniye
Grup 5	Clearfil Majesty ES2	VALO Xtra Power	20 saniye
Grup 6	Clearfil Majesty ES2	VALO Xtra Power	5 saniye

Kompozit rezin materyalinin yetersiz polimerizasyonu, su emilimi, aşınma direnci gibi özellikleri etkilediği gibi, aynı zamanda materyalden toksik ve allerjik komponentlerin de salınmasına sebep olmaktadır.³¹ Farklı polimerizasyon süresinin kompozit rezin materyali üzerinde oluşturduğu etki birçok araştırmacı tarafından incelenmektedir.³²⁻³⁷ Lombardini ve ark., kompozit rezin materyaline 20 veya 40 saniye ışık uygulamasının, farklı materyallerin sertlik değerleri üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmadığını belirtmişlerdir.³² Pfeifer ve ark. ile Poggio ve ark., 20 saniyeden uzun süre ışık uygulaması ile yapılan polimerizasyon işleminin, yöntemleri farklı olsa da ("soft-start" ya da geleneksel yöntem) kompozit rezin materyalinin mikrosertliği üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmadığını bildirmişlerdir.^{33,34} Lima ve ark., 40 saniye ışık uygulaması ile yapılan polimerizasyon işleminin, Filtek Supreme kompozit rezin materyalinin mikrosertliğini 20 saniye uygulamasına göre artırdığını ve materyale polimerizasyonunda kullanılan ışık cihazının LED ya da halojen olmasının materyalin mikrosertliği üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmadığını ileri sürmüşlerdir.³⁵ Aguiar ve ark., 550 mW/cm² ışık gücündeki ışık cihazının 30 saniye uygulanması ile 1060 mW/cm² ışık gücündeki ışık cihazının 10 saniye uygulanmasının kompozit materyalinin mikrosertlik değerleri üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmadığını ifade etmişlerdir.³⁸ Ancak, 10 sa-

niye sonucunda elde edilen değerlerin 30 saniyeye göre hafif düzeyde daha düşük olduğunu, ışık uygulama süresinin azalmasının, ışık kaynaklarının gücü arttığı takdirde tolere edilebileceğini bildirmişlerdir.³⁸ Czasch ve ark., 10, 20 ve 40 saniye ışık uygulamasının akışkan kompozit rezinler üzerinde oluşturduğu etkiyi inceledikleri çalışmada, elde edilen en düşük sertlik değerlerinin 10 saniye polimerizasyon sonucunda gerçekleştiğini ileri sürmüşlerdir.³⁶ 40 saniye ışık uygulamasının ise kompozitin mikrosertlik değerlerini 10 ve 20 saniye uygulamalarına göre artırdığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, bu değişimde kompozit rezin materyalinin doldurucu içeriği ve oranı ile materyalin kalınlığının etkisi olabileceğini bildirmişlerdir.³¹ Scotti ve ark., 1100 m/cm² ve 2400 m/cm² ışık gücüne sahip üç farklı ışık cihazı (Swiss



RESİM 2: Çalışmada kullanılan Vicker's sertlik ölçüm cihazı.

TABLO 4: Mikrosertlik ortalama değerleri ve standart sapmaları.

Değişken	Grup	n	Ortalama	Std. sapma	F (p)
Ortalama üst yüzey	1	10	106,06 ^a	2,74	266,79 (<0,001)
	2	10	51,09 ^b	5,47	
	3	10	59,03 ^d	4,82	
	4	10	51,69 ^{b,c}	4,74	
	5	10	56,65 ^{c,d}	3,90	
	6	10	50,64 ^b	2,57	
Ortalama alt yüzey	1	10	95,83 ^x	2,54	639,70 (<0,001)
	2	10	29,64 ^y	4,00	
	3	10	52,13 ^z	2,39	
	4	10	28,92 ^y	1,84	
	5	10	48,91 ^z	3,68	
	6	10	33,86 ^w	3,89	

Aynı sütunda yer alan aynı küçük harfler, istatistiksel olarak farklılık bulunmadığını gösterirken, farklı küçük harfler, istatistiksel olarak farklılık bulunduğunu gösterir.

Master Light, Translux Power Blue ve Ultralume 5) ile yaptıkları çalışmada, kompozitlerin polimerizasyon oranlarını 5, 10, 15 ve 20 saniyede incelemişlerdir.²³ Araştırmacılar, çalışmamızın bulguları ile benzer şekilde uzatılmış polimerizasyon işleminin kompozit rezinin dönüşüm oranını anlamlı olarak artırdığını, 2 mm kalınlığındaki bir kompozitin ideal dönüşüm oranı sergileyebilmesi için kullanılan (LED ya da halojen) ışık cihazı fark etmeksizin, 20 saniye polimerize edilmesi gerektiğini ileri sürmüşlerdir.²³

Çalışmamızın bulgularıyla uyum içinde, Schulze ve ark., düşük doldurucu içeriği ve büyüklüğünün kompozit rezinlerin mikrosertliğini azalttığını bildirmişlerdir.³⁹ Araştırmacılar, yaptıkları çalışmada en yüksek sertlik değerlerinin en yüksek doldurucu oranı (%80) içeren kompozit rezine ait olduğunu; en düşük sertlik değerinin ise en düşük doldurucu oranı (%39) içeren kompozit rezine ait olduğunu ifade etmişlerdir.³⁹ Çalışmamızda da en yüksek sertlik değerleri anlamlı olarak Filtek Z550'den elde edilmiştir ($p<0,001$). Filtek Z550 kompozit rezin materyalinden bu kadar yüksek sertlik değerleri elde edilmesinde, yüksek doldurucu içeriğinin yanında, materyalin içeriğinde bulunan zirkonya/silika cam parçacıklarının etkisinin olabileceği düşünülebilir. Bu çalışmada kullanılan her üç kompozit rezin materyali de nanohibrid yapıda kompozit materyallerdir. Yaygın olarak kullanılan kompozit rezinler, mikrofil ve hibrid yapıda kompozit rezinlerdir. Ancak, günümüzde güçlü doldurucu partikülleri kompozit rezin içeriğine eklenmesi ile birlikte nanofil kompozit rezinler de anterior-posterior restorasyonlarda kullanım alanı bulmaktadır.

Moszner ve ark., kompozit rezinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde materyallerin içeriğinin önemli rolü olduğu gibi; monomerin dönüşüm oranının da (monomerin polimere dönüşüm oranı, polimerizasyon oranı) etkisi oldu-

ğunu bildirmişlerdir.^{36,40,41} Materyallerin doldurucu içeriğinin artması, monomer oranının azalmasına sebep olur.⁴²⁻⁴⁴ En yaygın kullanılan monomerlerden biri olan Bis-GMA, güçlü hidrojen bağlarına sahip, en viskoz (katı, akışmaz) ve aynı zamanda en az esnek monomerdur. Üretici firmalar, Bis-GMA'nın bu katı yapısını seyreltmek için kompozit rezinlere UDMA eklemektedir. UDMA daha zayıf hidrojen bağları içermesi nedeni ile diğer metakrilatlara göre daha seyrektrir.⁴⁵ UDMA monomer esaslı kompozit rezinler, yoğun Bis-GMA içeren kompozit rezinlere göre daha yüksek polimer dönüşüm oranı sergilerler. Monomerin polimere dönüşüm oranı da, doldurucu içeriği gibi materyalin sertlik değerlerini etkiler.⁴⁵ Bu çalışmada kullanılan kompozit rezin materyallerinden yalnızca Filtek Z550 UDMA içermektedir. Ancak, Filtek Z550'nin yüksek miktarda zirkonya/silika cam partikülleri içermesi (hacimce %67,8) UDMA'nın viskozülüğünü tolere etmiş olabilir. Bu çalışmada Clearfil Majesty ES2'nin en düşük sertlik değerleri sergilemesinde ise %40 oran ile diğer iki kompozit içerisinde en düşük oranda doldurucu içermesinin etkisi bulunabilir.

SONUÇ

- Kompozit rezin materyallerinin 5 saniye ışık uygulaması ile polimerize edilmesi, 20 saniye polimerize edilmesine göre, bu çalışmada kullanılan her üç kompozit materyalinin de mikrosertlik değerlerinde azalmaya sebep olmuştur.

- Kompozit rezinlerin 5 saniye polimerize edilmesi örneklerin alt yüzeylerinden elde edilen mikrosertlik değerlerinin ciddi oranda düşmesine sebep olmuştur.

- Sertlik değerleri üzerinde polimerizasyon süresi kadar, kompozit rezin materyalinin doldurucu içeriğinin de etkili olabileceği düşünülebilir.

KAYNAKLAR

1. Bowen RL. Synthesis of a silica-resin direct filling material: progress report. *J Dent Research* 1958;37:90-1.
2. Phillips RW, Avery DR, Mehra R, Swartz ML, McCune RJ. Observations on a composite resin for Class II restorations: three-year report. *J Prosthodontic Dent* 1973;30(6):891-7.
3. Dart EC, Cantwell JB, Traynor JR, Taworzyn JF, Nemeck J. Method of repairing teeth using a composition which is curable by visible light. 1978; US Patent 4, 089,763.
4. Fusayama T. *New Concepts in Operative Dentistry: Differentiating Two Layers of Carious Dentin and Using an Adhesive Resin*. 1st ed. Tokyo: Quintessence Publishing Co., Inc;1980. p.61-156.
5. Meerbeek BV, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Ende AV, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater* 2010;26(2):e100-21.
6. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. [Mechanical properties of new compozite restorative materials. *J Biomed Mater Res* 2000;53(4):353-61.
7. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable compozite resins. *Dent Mater* 2000;16(1):33-40.
8. Chen HY, Manhart J, Hickel R, Kunzelmann KH. Polymerization contraction stress in light-cured packable compozite resins. *Dent Mater* 2001;17(3):253-9.
9. Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Polymerization shrinkage and contraction stres of dental resin composites. *Dent Mater* 2005;21(12):1150-7.
10. Civelek A, Özel E. [Depth of cure of light activated composites]. *Akademik Dental Dişhekimliği Dergisi* 2004;6(4):34-8.
11. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. *Aust Dent J* 2011;56(Suppl 1):59-66.
12. Hickel R, Roulet JF, Bayne S, Heintze SD, Mjör IA, Peters M, et al. Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials. Science Committee Project 2/98--FDI World Dental Federation study design (Part I) and criteria for evaluation (Part II) of direct and indirect restorations including onlays and partial crowns. *J Adhes Dent* 2007;9(Suppl 1):121-47.
13. Ferracane JL. Current trends in dental composites. *Crit Rev Oral Biol Med* 1995;6(4):302-18.
14. Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stres in resin-composites: a systematic review. *Dent Mater* 2005;21(10):962-70.
15. Mills RW, Uhl A, Blackwell GB, Jandt KD. High power light emitting diode (LED) arrays versus halogen light polymerization of oral bio-materials: Barcol hardness, compressive strength and radiometric properties. *Biomaterials* 2002;23(14):2955-63.
16. Martin FE. A survey of the efficiency of visible light curing units. *J Dent* 1998;26(3):239-43.
17. Miyazaki M, Hattori T, Ichiishi Y, Kondo M, Onose H, Moore BK. Evaluation of curing units used in private dental offices. *Oper Dent* 1998;23(2):50-4.
18. Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater* 2000;16(1):41-7.
19. Tsai PCL, Meyers IA, Walsh LJ. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. *Dent Mater* 2004;20(4):364-9.
20. Nomoto R, Asada M, McCabe JF, Hirano S. Light exposure required for optimum conversion of light activated resin systems. *Dent Mater* 2006;22(12):1135-42.
21. Davidson-Kaban SS, Davidson CL, Feilzer AJ, de Gee AJ, Erdilek N. The effect of curing light variations on bulk curing and wall-to-wall quality of two types and various shades of resin composites. *Dent Mater* 1997;13(6):344-52.
22. Wang X, Sang J. Vicker hardness of hybrid composites cured by high power curing lights. *J Dent Res* 2001;80(Special Issue):1743.
23. Scotti N, Venturello A, Migliaretti G, Pera F, Pasqualini D, Geobaldo F, et al. New-generation curing units and short irradiation time: the degree of conversion of microhybrid composite resin. *Quintessence Int* 2011;42(8):e89-95.
24. Caughman WF, Caughman GB, Shiflett RA, Rueggeberg F, Schuster GS. Correlation of cytotoxicity, filler loading and cure time of dental composites. *Biomaterials* 1991;12(8):737-40.
25. Yap AU. Effectiveness of polymerization in composite restoratives claiming bulk placement: impact of cavity depth and exposure time. *Oper Dent* 2000;25(2):113-20.
26. Finan L, Palin WM, Moskwa N, McGinley EL, Fleming GJP. The influence of irradiation potential on the degree of conversion and mechanical properties of two bulk-fill flowable RBC base materials. *Dent Mater* 2013;29(8):906-12.
27. Çoğulu D, Ersin N, Ertuğrul F. [The evaluation of the effect of resin shade, tip distance and curing time on microhardness of two different compomer resins]. *EÜ Dişhek Fak Derg* 2007;28(2):187-92.
28. Deliktaş D, Ulusoy N. [Effect of different curing lights on surface hardness of hybrid and nanohybrid composite resins]. *A.Ü. Diş Hek. Fak. Derg.* 2006;33(1):1-10.
29. Price RBT, Ehmford L, Andreou P, Felix CA. Comparison of quartz tungsten-halogen, Light-emitting diode, and plazma arc curing units. *J Adhes Dent* 2003;5(3):193-207.
30. Wei S, Sadr A, Shimada Y, Tagami J. Effect of caries-affected dentin hardness on the shear bond strength of current adhesives. *J Adhes Dent* 2008;10(6):431-40.
31. da Silva EM, Poskus LT, Guimarães JG, de Araão Lima Barcellos A, Fellows CE. Influence of light polimerization modes on degree of conversion and crosslink density of dental composites. *J Mater Sci Mater Med* 2008;19(3):1027-32.
32. Lombardini M, Chiesa M, Scribante A, Colombo M, Poggio C. Influence of polymerization time and depth of cure of resin composites determined by Vickers hardness. *Dent Res J* 2012;9(6):735-40.
33. Preifer CSC, Braga RR, Ferracane JL. Pulse-delay curing: influence of initial irradiance and delay time on shirinkage stres and microhardness of restorative composites. *Oper Dent* 2006;31(5):610-5.
34. Poggio C, Lombardini M, Gaviati S, Chiesa M. Evaluation of Vickers hardness and depth of cure of six composite resins photo-activated with different polymerization modes. *J Conserv Dent* 2012;15(3):237-41.
35. Lima AF, Andrade KM, Alves LE, Soares GP, Marchi GM, Aguiar FH, et al. Influence of light source and extended time of curing on microhardness and degree of conversion of different regions of a nanofilled composite resin. *Eur J Dent* 2012;6(2):153-7.
36. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of a self-adhesive and four novel flowable composites. *J Adhes Dent* 2013;15(3):229-36.
37. Çakmakcioğlu Ö, Topbaşı B. [Effect of different curing units on composite polymerization]. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg* 2005;15(1):48-54.
38. Aguiar FH, Braceiro AT, Amnrosano GM, Lovadino JR. Hardness and diametral tensile strength of a hybrid composite resin polymerized with different modes and immersed in ethanol or distilled water media. *Dent Mater* 2005;21(12):1098-103.
39. Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dent Mater* 2003;19(7):612-9.

40. Moszner N, Salz U. New developments of polymeric dental composites. *Prog Polym Sci* 2001;26(1):535-76.
41. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater* 2013;29(9):e213-7.
42. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater* 1985;1(1):11-4.
43. Ferracane J, Greener E. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J Biomed Mater Res* 1986;20(1):121-31.
44. Ilie N, Hickel R. Investigations on mechanical behaviour of dental composites. *Clin Oral Invest* 2009;13(4):427-38.
45. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomater* 2002;23(8):1819-29.