

T.C.  
GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**KÜTLESEL YERLEŞTİRİLEBİLEN KOMPOZİT REZİNLERİN  
POLİMERİZASYON DERECELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

**Dt. Pınar TUNÇBİLEK**

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Haluk BODUR

ANKARA

ŞUBAT 2012

T.C.  
GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**KÜTLESEL YERLEŞTİRİLEBİLEN KOMPOZİT REZİNLERİN  
POLİMERİZASYON DERECELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

**Dt. Pınar TUNÇBİLEK**

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Haluk BODUR

ANKARA

ŞUBAT 2012

Bu tez Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 03/2011-28 proje numarası ile desteklenmiştir.

T.C.  
GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Pedodonti Anabilim Dalı Doktora Programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

27.02.2012

Prof. Dr. Nurhan ÖZTAŞ  
Gazi Üniversitesi  
Jüri Başkanı



Prof. Dr. Ayşegül ÖLMEZ  
Gazi Üniversitesi



Prof. Dr. Mine ÜÇTAŞLI  
Gazi Üniversitesi



Doç. Dr. Leyent ÖZER  
Ankara Üniversitesi



Doç. Dr. Haluk BODUR  
Gazi Üniversitesi





## **İÇİNDEKİLER**

<b>Kabul ve Onay</b>	<b>I</b>
<b>İçindekiler</b>	<b>II</b>
<b>Şekiller, Resimler, Grafikler</b>	<b>IV</b>
<b>Tablolar</b>	<b>V</b>
<b>Semboller, Kısaltmalar</b>	<b>VI</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	<b>4</b>
2.1. Kompozit Rezinler	4
2.1.1. Kompozit Rezinlerin Yapısı	5
2.1.1.1. Rezin Matriks	5
2.1.1.2. İnorganik Doldurucular	6
2.1.1.3. Bağlayıcı Ajan	8
2.2. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması	8
2.2.1. Geleneksel (Makrofil) Kompozit Rezinler	9
2.2.2. Mikrofil Kompozit Rezinler	10
2.2.3. Hibrit Kompozit Rezinler	11
2.2.4. Akışkan Kompozit Rezinler	12
2.2.5. Kondanse Edilebilen Kompozit Rezinler	13
2.3. Kompozit Rezinlerin Polimerizasyonunda Kullanılan Işık Kaynakları	14
2.3.1. QTH Işık Kaynakları	14
2.3.2. LED Işık Kaynakları	15
2.3.3. PAC Işık Kaynakları	16
2.3.4. Lazer Işık Kaynakları	17

2.4. Polimerizasyon	17
2.4.1. Polimerizasyon Derecesi (Konversiyon)	18
2.4.2. Polimerizasyon Derinliği ve Belirleme Yöntemleri	18
2.4.2.1. Kazıma Testi	19
2.4.2.2. Penetrasyon Testi	20
2.4.2.3. Yüzey Sertlik Ölçümü	20
2.5. Kompozit Rezinlerin Kaviteye Yerleştirilme Teknikleri	22
<b>3. GEREÇ ve YÖNTEM</b>	<b>24</b>
3.1. Test Materyalleri	24
3.2. Test Örneklerinin Hazırlanması	29
<b>4. BULGULAR</b>	<b>35</b>
<b>5. TARTIşMA</b>	<b>53</b>
<b>6. SONUÇ</b>	<b>71</b>
<b>7. ÖZET</b>	<b>73</b>
<b>8. SUMMARY</b>	<b>74</b>
<b>9. KAYNAKLAR</b>	<b>75</b>
<b>10. EKLER</b>	<b>89</b>
<b>11. ÖZGEÇMİş</b>	<b>90</b>

## Şekiller, Resimler ve Grafikler

- Resim 1** : Quixfil™ kompozit rezin.
- Resim 2** : SonicFill™ kompozit rezin.
- Resim 3** : Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezin.
- Resim 4** : X-tra fil kompozit rezin.
- Resim 5** : SureFil® SDR® flow kompozit rezin.
- Resim 6** : Venus® Bulk Fill kompozit rezin.
- Resim 7** : X-tra base kompozit rezin.
- Resim 8** : Kompozit rezin örneklerin elde edilmesinde kullanılan kalıplar.
- Resim 9** : Siman camı ve şeffaf bant üzerindeki kalıba kompozit rezin örneğin yerleştirilmesi.
- Resim 10** : Kalıba yerleştirilen kompozit rezin örneğin üzerine şeffaf bant ve siman camı ile bastırılarak fazla materyalin uzaklaştırılması.
- Resim 11** : Hilux Led-max 550 ışık cihazı (Benlioğlu Dental, Ankara, Türkiye).
- Resim12** : Hazırlanan kompozit rezin örneğe Hilux Led-max 550 ışık cihazı ile ışık uygulanması.
- Resim 13** : Sof-Lex (3M™ ESPE™) bitirme ve polisaj diskleri.
- Resim 14** : Vickers sertlik ölçüm cihazı (HMV-II, Shimadzu, Japan).
- Grafik 1** : Gruplar içerisinde 1. ve 7. gündeki alt yüzey sertlik değerinin üst yüzey sertlik değerine oranına ait ölçümler.

## Tablolar

- Tablo 1** : Doldurucu partikül boyutuna göre kompozit rezin sınıflaması.
- Tablo 2** : Çalışmada kullanılan kompozit rezinler ve içerikleri.
- Tablo 3** : Quixfil™ grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 4** : Quixfil™ grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 5** : SonicFill™ grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 6** : SonicFill™ grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 7** : Tetric EvoCeram Bulk Fill grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 8** : Tetric EvoCeram Bulk Fill grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 9** : X-tra fil grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 10** : X-tra fil grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 11** : SureFil® SDR® flow grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 12** : SureFil® SDR® flow grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 13** : Venus® Bulk Fill grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 14** : Venus® Bulk Fill grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 15** : X-tra base grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 16** : X-tra base grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri.
- Tablo 17** : Gruplar içerisinde 1. ve 7. gündeki üst ve alt yüzey Vickers sertlik ölçümleri.
- Tablo 18** : 1. ve 7. gündeki alt yüzey sertlik değerinin üst yüzey sertlik değerine oranına ait ölçümler ve polimerizasyon başarısının değerlendirilmesi.
- Tablo 19** : Kompozit rezinlerin 1. ve 7. gündeki başarı kriterlerinin istatistiksel değerlendirmesi.

## Semboller ve Kısaltmalar

<b>Bis-GMA</b>	: Bisfenol-A Glisidil Metakrilat
<b>FTIR</b>	: Fourier Transform Infrared Spektrometre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>mW/cm<sup>2</sup></b>	: Miliwat/santimetrekare
<b>s</b>	: Saniye
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>UDMA</b>	: Üretan dimetakrilat
<b>MMA</b>	: Metil metakrilat
<b>EDMA</b>	: Etilen dimetakrilat
<b>TEGDMA</b>	: Trietilenglikol dimetakrilat
<b>CQ</b>	: Kamforokinon
<b>St</b>	: Stronsiyum
<b>Ba</b>	: Baryum
<b>Zn</b>	: Çinko
<b>C</b>	: Karbon
<b>C=C</b>	: Karbon çift bağları
<b>µm</b>	: Mikrometre
<b>m</b>	: Metre
<b>SDR</b>	: Stress Decreasing Resin
<b>QTH</b>	: Quartz Tungsten Halojen
<b>LED</b>	: Light Emitting Diode
<b>PAC</b>	: Plazma Arc
<b>ISO</b>	: International Organization for Standardization
<b>N</b>	: Newton
<b>dk</b>	: Dakika
<b>g</b>	: Gram
<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>Al</b>	: Alüminyum

<b>F</b>	: Fluor
<b>EBPADMA</b>	: Etoksilat bisfenol A dimetakrilat (EBADMA)
<b>BHT</b>	: Bütilat hidroksitoluen
<b>UV</b>	: Ultraviyole
<b>TiO<sub>2</sub></b>	: Titanyum dioksit
<b>Na</b>	: Sodyum
<b>PO<sub>4</sub></b>	: Fosfat
<b>MPa</b>	: Megapaskal
<b>YbF<sub>3</sub></b>	: Ytterbium fluorid
<b>SiO<sub>2</sub></b>	: Silisyum dioksit
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	: Alüminyum oksit
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>AlO<sub>2</sub></b>	: Alüminyum dioksit
<b>Zr</b>	: Zirkonyum
<b>EDMAB</b>	: Etil P-Dimetilamino Benzoat
<b>ÇAG</b>	: Çeyrekler arası genişlik

## 1. GİRİŞ

Rezin esaslı kompozit teknolojisinin diş hekimliğine girmesiyle restoratif diş hekimliği alanında çok önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Kompozit dolgu materyalleri diş renginde olmaları, civa içermemeleri, biyolojik olarak uyumlu olmaları, ısı iletkenliklerinin düşük olması, diş dokularına bağlanabilmeleri, konservatif kavite preparasyonuna izin vermeleri, çürük temizlendikten sonra geriye kalan diş dokularını desteklemeleri ve restorasyonun tek seansta bitirilebilmesi gibi avantajları sebebiyle hekimler ve hastalar tarafından gün geçtikçe daha çok tercih edilmektedir.<sup>1-5</sup>

Kompozit resin restorasyonların başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biri monomerlerin polimerlere dönüşüm miktarı yani polimerizasyonun derecesidir. Polimerizasyon derecesinin yüksek olması, kompozit rezinde reaksiyona katılmayan artık monomer miktarını azaltmakta ve buna bağlı olarak kompozit resinin fiziksel özellikleri gelişmektedir. Yetersiz polimerizasyon dolgu direncinin azalmasına, restorasyonun dişe bağlanmasında defektler oluşmasına, kenar sızıntısına, postoperatif hassasiyete, renklenmeye, aşınmaya, sekonder çürüğe ve polimerize olmayan toksik monomerlerin pulpa üzerinde olumsuz etkiler yaratmasına yol açabilmektedir. Kompozit resinin yetersiz polimerizasyonunda çok çeşitli faktörler rol oynamaktadır. Kompozit resinin kaviteye kalın tabakalar halinde yerleştirilmesi, ışık cihazı ile kompozit resin arasındaki mesafenin fazla olması ve ışık uygulama süresinin yetersiz olması sonucunda gerçekleşen yetersiz polimerizasyon kompozit resin restorasyonun uzun dönem başarısını etkilemektedir.<sup>5-8</sup>

Polimerizasyon derecesini belirlemek için “Infrared Spektroskopi, Lazer Raman Spektroskopi, Elektrik Spin Rezonans, Fourier Transform Infrared Spektrometre (FTIR), Kromatografi” gibi direkt yöntemler ve “Kazıma Testi, Penetrasyon Testi, Görsel İnceleme, Yüzey Sertlik Ölçümü” gibi indirekt yöntemler kullanılmaktadır. Direkt yöntemlerin karmaşık, zaman alıcı ve pahalı olması sebebiyle polimerizasyon derecesinin belirlenmesinde indirekt yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Polimerizasyon derecesinin belirlenmesinde yüzey sertlik ölçümü basit bir teknik gerektirmesi, elde edilen sonuçların güvenilirliği ve deneylerin tekrarlanabilmesi nedenleri ile oldukça sık başvurulan bir yöntemdir. Yüzey sertlik ölçümü ve polimerizasyon derinliği arasındaki pozitif korelasyon ilişkisi birçok çalışmada gösterilmiştir.<sup>5,9-14</sup>

Kompozit rezinlerin yeterli polimerizasyonunu sağlamak için en fazla 2 mm kalınlığındaki kompozit rezin tabakasına en az 400 mW/cm<sup>2</sup> yoğunluğundaki ışığın 20-60 s uygulanması önerilmektedir.<sup>5,15-18</sup> Kompozit rezinlerin tabakalar halinde polimerize edilmesi derin kavitelere çalışma süresini uzatan bir uygulama olduğundan üretici firmalar tek seferde kaviteye yerleştirilebilecek kompozit rezin kalınlığını arttırmaya yönelik çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmaların sonucunda kütleli yerleştirilebilen kompozit rezinler piyasaya sürülmüştür. Üretici firmalar, kütleli yerleştirilebilen kompozit rezinlerin polimerizasyon derinliklerinin geleneksel kompozit rezinlere kıyasla arttırıldığını ve 4-6 mm derinliğindeki kavitelere tabakalamaya gerek duyulmadan tek seferde yerleştirilebileceklerini iddia etmektedirler.

Bu çalışmada kütlesel yerleştirilebilen yedi farklı kompozit rezinin 4 mm kalınlığında tek tabaka halinde uygulanmaları ile oluşan polimerizasyon derecelerinin yüzey sertlik ölçümü ile belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kompozit Rezinler:

Kompozit terimi, birbiri içinde çözünmeyen, kimyasal olarak birbirinden farklı iki maddenin üç boyutlu kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır ve kompozitler değişik yapı ve özelliğe sahip iki ya da daha fazla farklı materyalin belirgin fazlar oluşturacak şekilde birleştirilmesi ile elde edilen ürünlerdir.<sup>1,2,19</sup> Estetik dolgu materyali olarak diş hekimliğinde uzun yıllardır kullanılan kompozit rezinler fiziksel ve kimyasal özelliklerinin geliştirilmesi, diş dokularına bağlanabilme özellikleri, biyolojik olarak uyumlu olmaları, civa içermemeleri ve geniş renk seçenekleri ile hekimler ve hastalar tarafından amalgamın yerine tercih edilmektedir.<sup>1,2,4-6</sup>

Diş hekimliği tarihinde estetik materyallerin kullanımı silikat simanların geliştirilmesi ile başlamış ve bunu doldurucu içermeyen rezinler izlemiştir. Bisfenol-A glisidil metakrilat (Bis-GMA) yapısının bulunması, asitle pürüzlendirme tekniğinin ve bonding sistemlerin geliştirilmesi ile bu süreç devam etmiştir ve kompozit rezinler günümüzde de üzerinde en çok çalışılan dolgu materyali olma özelliğini taşımaktadırlar.<sup>4,6,19-23</sup>

Diş hekimliğinde ilk kullanımları toz-likit karışımı şeklinde olan kompozit rezinler daha sonra iki pat şeklinde kullanılmış, ancak iki patın karıştırılması sırasında oluşabilecek hava kabarcıklarının kompozit rezinin direncini düşürdüğü, çalışma süresinin kısa olmasının ve tek seferde kütleli olarak kaviteye yerleştirilme zorunluluğunun uygulamada başarısızlıklar yarattığı ortaya konmuştur. Bu nedenlerle günümüzde tek

pat şeklinde ve dalga boyu ortalama 460 nm olan görünür ışıkla polimerize edilen kompozit rezinler geliştirilmiştir.<sup>6,19,22,23</sup>

### 2.1.1. Kompozit Rezinlerin Yapısı:

Diş hekimliğinde kullanılan kompozit restoratif materyaller organik rezin matriks, inorganik doldurucular ve bağlayıcı ajan olmak üzere 3 ana bileşene sahiptir ve kompozit rezinler matriks faz içinde dağılmış olarak bulunan doldurucu partiküllerin silan ajan ile bağlanması sonucu oluşmaktadır.<sup>21-28</sup>

#### 2.1.1.1. Rezin Matriks:

Rezin matriks, kompozit rezinin kimyasal olarak aktive olan kısmıdır ve polimerizasyon reaksiyonu sonunda rijit bir polimere dönüşmektedir.<sup>23,28</sup> Monomerlerden, sertleşmeyi sağlamak için gerekli aktivatör/başlatıcı sistemden ve stabilize edici ajanlardan oluşmaktadır. En yaygın kullanılan monomer Bis-GMA' dır.<sup>2,6,21-23</sup> Kompozit rezinlerin bazılarında Bis-GMA' dan daha ziyade iyi bir adezyon sağlayan ve renk değişimine daha dirençli olan üretan dimetakrilat (UDMA) kullanılmaktadır.<sup>21-23,25,26</sup> Bis-GMA ve UDMA monomerleri yüksek moleküler ağırlıklarından dolayı oldukça visköz değişkenlerdir ve az miktarda doldurucu ilavesi bile klinik kullanım için aşırı sertlik oluşturmaktadır.<sup>21-23,28</sup> Visköziteyi azaltıp akıcılığı arttırmak amacı ile matrikse visközite kontrolörleri olarak bilinen metil metakrilat (MMA), etilen dimetakrilat (EDMA) ve trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) gibi visközitesi düşük olan monomerler ilave edilmektedir.<sup>2,6,22,23,25,28</sup> Yeterli uzunlukta raf ömrü sağlamak için % 0,1 ya da daha az miktarda

“hidrokinon” gibi inhibitörlerin ilavesi ile kompozit rezinlerin restorasyon öncesi polimerizasyonu önlenmektedir.<sup>6,22,23</sup>

Kompozit rezinlerde sertleşme yani donma reaksiyonu polimerizasyonun başlaması ile gerçekleşmektedir. Organik faz içerisindeki başlatıcı, kimyasal ve/veya fiziksel aktivasyon ile serbest radikallerin oluşmasına ve polimer zincirlerinin meydana gelmesine neden olmaktadır. Polimerizasyon başlatıcısı (reaktör), “benzoil peroksit” veya “kamforokinon (CQ)” dur. Ancak kullanılan aktivatörler farklı olabilmektedir. Aktivatör reaktörü yani polimerizasyon başlatıcısını aktive etmektedir. Işık ile sertleşen kompozit rezinlerde aktivatör “benzoil metileter” dir. Bu madde fotonları absorbe ederek foton enerjisini polimerizasyon enerjisine dönüştürmektedir.<sup>6,22,25</sup>

Matriks fazı kompozit rezin materyalin en zayıf ve aşınma direncinin en düşük olduğu fazdır, suyu absorbe eder, boyanabilir ve renklenebilir. Bundan dolayı üreticiler kompozit rezin materyalin matriks içeriğini azaltıp doldurucu içeriğini arttırarak daha güçlü kompozit rezinler oluşturmayı hedeflemektedir.<sup>1</sup>

#### 2.1.1.2. İnorganik Doldurucular:

Doldurucu partiküllerin öncelikli amacı matriks materyalin miktarını azaltmak ve kompozit rezini güçlendirmektir.<sup>24</sup> Başlangıçta kompozit rezinlerde doldurucu olarak ağız ortamında kimyasal olarak stabil kalabilen, güçlü ve sert doğal kuartz materyalleri kullanılmıştır. Daha sonra üreticiler optimal dayanıklılığa, sertliğe ve kimyasal yapıya sahip

cam materyaller geliştirmişlerdir.<sup>1,2,23</sup> Günümüzde inorganik doldurucular matriks içine dağılmış çeşitli şekildeki ve büyüklükteki kuartz, borosilikat, lityum alüminyum silikat, baryum alüminyum silikat cam gibi partiküllerden oluşmaktadır.<sup>2,4,6,21,28</sup>

Doldurucu ilavesinin potansiyel faydaları şunlardır:

1. Metil metakrilat monomerlerin polimerizasyonu sonucu oluşan büzülme yüksektir. Cam doldurucuların bol miktarda ilavesi ile rezin miktarının azalması ve doldurucuların polimerizasyon sürecinde yer almaması sebebiyle polimerizasyon büzülmesi azaltılmıştır.

2. Metakrilat monomerler yüksek ısısal genişleme katsayısına sahiptir. Doldurucuların ilavesi bu katsayıyı azaltır ve dış dokusunun ısısal genişleme katsayısına benzer hale getirir.

3. Doldurucular sertlik ve basınca dayanım gibi mekanik özellikleri geliştirir, su emilimini ve boyanmayı azaltır.

4. Cama baryum (Ba) ve stronsiyum (St) gibi ağır metallerin katılımı radyoaktifiteyi sağlar.

5. Doldurucular renk, translüsenesi ve floresans gibi çeşitli estetik özelliklerin kontrolünü sağlar.

6. Visköziteyi değiştirerek çalışma zamanını ayarlar.

<sup>1,2,6,21,23,24</sup>

### 2.1.1.3. Bağlayıcı Ajan:

Kompozit rezinlerin kabul edilebilir mekanik özelliklere sahip olması için doldurucu ve rezinin birbirine kuvvetlice bağlanması son derece önemlidir.<sup>2,6,21-24,28</sup> Organik rezin matriks ile inorganik doldurucu arasındaki “ara faz” denilen bağlanma ne kadar kuvvetliyse kompozit rezinin mekanik özellikleri o kadar iyi olacaktır.<sup>19,23,24</sup> Bu bağlantıyı sağlayan ajanlar silanlardır ve cam dolduruculu kompozit rezinlerde en yaygın kullanılan “ $\gamma$ -metakriloksi-propiltrimetoksisilan”dır.<sup>2,6,28</sup>

Rezin ve doldurucu partiküller arasında bağlanma olmadığında ya da bozulduğunda yükleme altında gelişen streslerin materyal boyunca rezin ve cam arasında etkili yayılması sağlanamayacak ve stresin çoğu rezin matriks tarafından taşınacaktır. Bu durum aşırı deformasyona, fraktüre, restorasyonun aşınmasına ve kompozit rezinin parçalanmasına yol açacaktır. Bu nedenle rezin ve cam doldurucu arasındaki bağın kalitesinin sağlanması, aşınmaya dirençli kompozit rezin materyalin gelişimine belirgin olarak katkıda bulunmaktadır.<sup>23</sup>

## **2.2. Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması:**

Üretici firmaların organik matriks, inorganik doldurucular ve bağlayıcı ajan üzerinde yaptıkları çalışmalar sonucunda günümüzde çok sayıda kompozit rezin çeşidi bulunmaktadır. Kompozit rezinler; sahip oldukları inorganik doldurucuların miktarına, partikül boyutuna, polimerizasyon yöntemlerine ve viskozitelerine göre sınıflandırılmaktadırlar.<sup>1,2,4,21-24</sup> Yaygın olarak kullanılan doldurucu

partikül büyüklüğüne göre kompozit rezinlerin sınıflaması Tablo 1' de gösterilmiştir.<sup>24</sup>

**Tablo 1: Doldurucu partikül boyutuna göre kompozit rezin sınıflaması:**

Kompozit rezinler	Doldurucu partikül büyüklüğü
Geleneksel kompozit rezinler (büyük partiküllü)	1-50 µm cam
Hibrit kompozit rezinler (büyük partiküllü)	(1) 1-20 µm cam (2) 0,04 µm silika
Hibrit kompozit rezinler (orta partiküllü)	(1) 0,1-10 µm cam (2) 0,04 µm silika
Hibrit kompozit rezinler (küçük partiküllü)	(1) 0,1-2 µm cam (2) 0,04 µm silika
Kondanse edilebilen kompozit rezinler	Orta doldurucu/küçük doldurucu
Akışkan kompozit rezinler	Orta doldurucu

### 2.2.1. Geleneksel (Makrofil) Kompozit Reziner:

Geleneksel kompozit rezinler ortalama 1-50 µm partikül boyutunda doldurucu kuartz cam partiküller içermektedirler.<sup>1,23,24</sup> Doldurucu içerik ağırlıkça % 70-80' dir. Hacimce ve ağırlıkça ölçüldüğünde doldurucu içerik arasında farklar bulunmaktadır. Doldurucu fazı rezin fazdan daha yoğun olduğundan hacim yüzdesi ağırlık yüzdesinden tipik olarak % 10-15 daha düşüktür. Üreticiler ağırlık yüzdesini bu sebeple daha yüksek rapor etmektedirler. Her iki yüzde değeri de materyalin değerlendirilmesinde kullanılabilir.<sup>1</sup>

Makrofil kompozit rezinlerdeki doldurucu partiküllerin geniş boyutu restorasyonda gözle görülür pürüzlülüğe yol açmaktadır. Plak akümülyasyonu ve boyanma ihtimali makrofil kompozit rezinlerde kompozitin diğere tiplerine göre daha yüksektir. Enstrümanla kazındığında makrofil kompozit rezin yavaşça griye dönmektedir. Bu özellik makrofil kompozit restorasyonların lokasyonuna yardımcı olmaktadır. Günümüzde makrofillerin klinik önemi bazı ortodontistlerin kullanması dışında azalmıştır. Pürüzlülük hissi ve kolay tespitleri ortodontik braketlerin ya da apareylerin kaldırılması sırasında avantaj sağlamaktadır.<sup>1,23,24</sup>

### 2.2.2. Mikrofil Kompozit Reziner:

Mikrofil kompozit rezinler ortalama 0,04 µm büyüklüğünde kolloidal silika partikülleri içermektedirler.<sup>1,6,23,24</sup> Bu kompozit rezinlerde doldurucu yüklemesi hacimce % 20-55, ağırlıkça % 35-60 oranındadır.<sup>6</sup> Partiküllerin küçük boyutu çok düzgün yüzeyle bitirilmelerine imkan vermekte ve görünüm mineye çok benzemektedir. Mikrofil kompozit rezinlerin problemi düşük doldurucu oranıdır. Doldurucunun çok küçük partiküllerinin kullanımı rezinle kontakta olan doldurucu yüzey alanının çok geniş olmasına yol açmaktadır. Geniş yüzey alanı doldurucu partiküllerin yüzeyi ıslatması için çok daha fazla rezin gerektirmekte, yüksek rezin içeriği de, artmış termal ekspansiyon katsayısı ve düşük dayanıklılık ile sonuçlanmaktadır.<sup>1,23</sup>

### 2.2.3. Hibrit Kompozit Reziner:

Kompozit rezinlerde estetik ve dayanıklılığın ideal kombinasyonunun "hibrit" denilen materyaller ile başarılı olduğu ileri sürülmektedir.<sup>22</sup> Hibrit veya melez kompozit rezinler, farklı büyüklükteki doldurucu partiküllerin karışımını içeren kompozit rezinlerdir.<sup>1,25</sup> "Hibrit kompozit rezin" olarak adlandırılmalarının sebebi partikül boyutlarının 0,1-20 µm arasında değişken olmasıdır.<sup>1,23-25</sup> Makrofil ve mikrofil kompozit rezinlerin özelliklerinden yararlanmak amacı ile geliştirilmişlerdir. Partikül büyüklüğü makropartiküllü rezinden daha küçük, partikül miktarı ise mikropartiküllü rezinden daha fazladır. Mekanik özellikleri her ikisine göre daha iyidir. Hibrit kompozit rezinlerde doldurucu partikül içeriği % 87' ye kadar çıkarılmış, taşıyıcı faz ise hacimsel olarak azaltılmıştır. Polimer matriksin az olması iyi kondanse edilebilmelerine, aşınmaya karşı direncin yükselmesine, polimerizasyon büzülmesinin ve pulpal irritasyonların azalmasına neden olmuştur. Hibrit türünün belirlenmesinde büyük partikül adı kullanılmaktadır. Küçük partiküller karışımın ikinci komponentidir. Örneğin büyük partiküller makrofil düzeyde ise kompozit rezin "makrofil hibrit" adını almaktadır.<sup>25</sup>

Nanoteknolojideki gelişmeler hibrit kompozit rezinleri de etkilemiş ve nanopartiküller içeren kompozit rezinler üretilmiştir. Bu nanokompozit rezinlerin organik yapısı diğer kompozit rezinlere benzer polimer yapılardan meydana gelmektedir ancak nanopartiküllerin üretimi farklılık göstermektedir. Geleneksel doldurucu partiküllerde büyük kütlelerin öğütülmesi ile küçük partiküller elde edilirken, nanopartikül teknolojisinde elde edilen partikül atomun atoma, molekülün moleküle ilavesi şeklinde olmaktadır.<sup>29</sup> Bu alanda ilk üretilen kompozit rezinler yapısal özelliklerinden dolayı daha çok ön bölge restorasyonlar için

önerilirken, daha sonra geliştirilen nanohibrit yapıdaki kompozit rezinler hem ön hem de arka grup restorasyonlarda kullanılabilme özelliğine sahip olmuştur.<sup>30</sup> Nanohibrit kompozit rezinlerin üstün cilalanabilirlik, yüksek kırılma ve aşınma direnci, azalmış polimerizasyon büzülmesi, daha iyi estetik ve optik özellik avantajlarına sahip oldukları bildirilmiştir.<sup>29</sup>

#### 2.2.4. Akışkan Kompozit Rezinler:

Akışkan kompozit rezinlerde doldurucu içeriğin hacimce % 45' ten daha aza düşürülmesi ile viskozite azaltılmış, akışkanlık arttırılmıştır.<sup>1,4,22,25</sup> Düşük viskozite, kompozit rezinin şırınga formunda tutulabilmesine ve kavite preparasyonu içine akmasına izin vermektedir.<sup>1,21,25</sup> Doldurucu içeriğin azaltılması materyalin zayıflamasına ve abrazyona direncinin düşmesine yol açmıştır. Bu nedenle akışkan kompozit rezinler düşük stres alanlarındaki restorasyonlarda, kaide tabakası olarak kompozit rezin restorasyonların altında, fissürlerin örtülmesinde, servikal lezyonlarda, pediatrik restorasyonlarda ve restorasyon tamirlerinde kullanılabilirler.<sup>1,4,21,25</sup>

Monomer kimyasında yapılan çalışmalar sonucunda "Stress Decreasing Resin-SDR™" adı verilen ve polimerizasyon modülatörü olarak görev yaptığı ileri sürülen yeni rezin monomerler geliştirilmiştir. SDR™ teknolojisi ile oluşturulan kompozit rezinlerin kontrollü polimerizasyon ile sertleştiği ve böylelikle polimerizasyon sırasında oluşan streslerin azaldığı ileri sürülmektedir. Yeni geliştirilen bu sistemin özellikle doldurucu içeriği düşük akışkan kompozit rezinlerle kullanımının başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir. SDR™ teknolojisi ile oluşturulan akışkan kompozit rezin "Surefil® SDR™ flow" adı ile (Dentsply Caulk, Milford, DE,

USA) piyasaya sürülmüştür ve bu kompozit rezin ile yapılmış az sayıda klinik çalışma bulunmaktadır.<sup>31-35</sup>

Yeni geliştirilen diğer bir kompozit rezin de akışkan kompozit rezin sınıfına dahil olmayan ancak materyalin akışkanlığının hekim tarafından ayarlanabildiği SonicFill™ (Kerr, Orange, CA, USA) kompozit rezindir. Bu kompozit rezinde SonicFill™ teknolojisine özgü monomerler sonik enerji ile reaksiyona başlamaktadır. Özel geliştirilmiş el aletinin üzerindeki 1-5 arası kademelerle şiddeti değiştirilebilen sonik aktivasyon, kompozit rezinin viskozitesini ayarlayabilmektedir. Sonik enerji uygulaması ile birlikte azalan viskozite, kompozit rezinin daha hızlı yayılmasına ve kavite duvarlarına adapte olmasına izin vermektedir. Sonik enerji durdurulduğunda kompozit rezin viskoz hale gelerek kolayca şekillendirilebilmektedir. Yapılan literatür taramasında yeni geliştirilen SonicFill™ kompozit rezin ile ilgili yayınlanmış çalışma bulunamamıştır.

#### 2.2.5. Kondanse Edilebilen Kompozit Reziner:

İnorganik doldurucu partikül miktarının artırılması ile kondanse edilebilen viskoz kompozit rezinler elde edilmiştir. Hacimce % 66-70 oranında doldurucu içeren bu kompozit rezinler aşırı basınç altındaki posterior restorasyonlarda amalgama benzer şekilde uygulanmaktadırlar. Hibrit kompozit rezinlere oranla daha büyük doldurucu partiküller içermelerinden dolayı bitirme ve polisaj işlemlerinden sonra pürüzlü yüzey oluşma riskinin fazla olduğu ileri sürülmektedir.<sup>4,20-22,25</sup>

### **2.3. Kompozit Rezinlerin Polimerizasyonunda Kullanılan Işık Kaynakları:**

Kompozit rezinlerin mavi ışık ile polimerizasyonu ilk kez 1970 yılında gündeme gelmiştir. Işık kaynağının rezin içeriğindeki başlatıcı molekülleri aktive etmesi ile serbest radikaller oluşmakta ve polimerizasyon başlamaktadır. Başlatıcı moleküllerin ışık kaynağı ile aktive edilebilmesi için ışığın ve moleküllerin birbirlerine uygun dalga boylarında olmaları gerekmektedir. Aksi takdirde rezin materyalin polimerizasyonunun yetersiz olacağı bildirilmiştir.<sup>1,2,6,23,36</sup> Günümüzde kompozit rezinlerin polimerizasyonunda kullanılan ışık kaynakları; kuartz tungsten halojen (QTH), light emitting diode (LED), plazma ark (PAC) ve lazer ışık kaynaklarıdır.<sup>1,2,6,8,20-26,36</sup>

#### **2.3.1. QTH Işık Kaynakları:**

Polimerizasyon amacıyla yaygın olarak kullanılan QTH ışık kaynakları tungsten filamente sahip kuartz lambadan oluşmakta ve 380-520 nm dalga boyları arasında, 300-800 mW/cm<sup>2</sup> yoğunluğunda ışık yaymaktadırlar.<sup>8,20,24,36</sup> Halojen ışık kaynaklarından elde edilen kızılötesi enerji materyal tarafından absorbe edildiğinde ısı oluşturmaktadır. Bu enerjinin dişe ulaşmasını engellemek amacıyla ısı absorbe edici filtreler kullanılmaktadır. Filtre, kızılötesi ışığı tutarak görünür ışık elde edilmesini sağlamaktadır. Filtreler özelliklerini kaybettiklerinde diş yüzeyine daha fazla enerji ulaşmakta, filtre edilemeyen kızılötesi ışık pulpada ve mukozada ısı oluşturmaktadır. Bu nedenle halojen ışık kaynaklarının bütün aksamaları ve ışık verimi periyodik olarak kontrol edilmelidir.<sup>8</sup>

Işık üretimi sırasında yüksek miktarda ısı açığa çıkmakta ve ısı düşürülemediğinde lambanın ömrü kısalmaktadır. Bu nedenle halojen ışık kaynaklarına fan yerleştirilmiştir. Fan ayrı bir enerji gereksinimi demektir ve havalandırma delikleri kontaminasyona olanak sağlayarak dezenfeksiyonu zorlaştırmaktadır.<sup>8</sup> Lambanın ömrü yaklaşık 100 saattir ve ışık çıkışı devamlı kullanımla azalmaktadır.<sup>20</sup>

QTH cihazları diğer ışık kaynaklarına göre ucuz sistemlerdir. Geniş dalga boyu aralığına sahip olmaları nedeniyle farklı polimerizasyon başlatıcıları ile kullanılabilirler. Ancak halojen ışık cihazlarının aşırı ısı oluşturması, lamba ömürlerinin saatlerle sınırlı olması, zamanla reflektörün, filtrelerin etkinliğini yitirmesi ve ışık yoğunluğunun azalması sebepleriyle yeni ışık kaynakları geliştirilmeye çalışılmaktadır.<sup>8,24,36</sup>

### 2.3.2. LED Işık Kaynakları:

'Işık yayan diyot' anlamındaki LED ışık kaynakları 440-486 nm dalga boyları arasında görünür ışık yaymakta ve bu dalga boyu çoğu kompozit rezin içerisinde başlatıcı olarak bulunan CQ' nun aktivasyonu için gerekli olan 470 nm dalga boyunu karşılamaktadır.<sup>8,20,24,36</sup> Yapılarında elektronların birinden diğerine geçişini sağlayan iki yarı iletken bulunmakta ve elektronların geçişi sonucunda ışık oluşmaktadır. Işık üretimi sırasında ısı açığa çıkarmadıkları ve gereken dalga boyunda ışık ürettikleri için filtre edilmelerine gerek yoktur.<sup>8,20,36</sup> Filtre gerektirmeyen tek ışık kaynağıdır. LED ışık lambaları oldukça uzun ömürlüdür (yaklaşık 10.000 saat) ve lambanın ışık şiddeti zamanla değişmez.<sup>8,36</sup> Hafif, kablosuz ve ergonomik olmaları klinik kullanımları açısından kolaylık sağlamaktadır.<sup>36</sup>

LED ışık kaynaklarının dar ışık spektrumuna sahip olmaları nedeni ile rezin materyaldeki polimerizasyon başlatıcılarının tiplerinin bilinmesi önemlidir. CQ içermeyen bazı kompozit rezinler için LED ışığının dalga boyunun uygun olmayabileceği bildirilmiştir. Bu nedenle restoratif materyalin yapısı iyi bilinmeli ve ona uygun ışık kaynağı seçilmelidir.<sup>23,36</sup>

### 2.3.3. PAC Işık Kaynakları:

PAC ışık kaynaklarında enerji üretiminde xenon lambalardan yararlanılmaktadır.<sup>36</sup> Cihazdan yayılan ışığın dalga boyu 380-500 nm' dir ve ışık kaynağının gücü 2500 mW/cm<sup>2</sup>' ye kadar çıkabilmektedir.<sup>24,36</sup> "Plazma" kelimesi yüksek ısıda pozitif iyonlardan ve elektronlardan oluşmuş iyonize gazı ifade etmektedir, böylece çok yüksek seviyelerde enerji açığa çıkmaktadır.<sup>8</sup> Oluşan gereksiz ve zararlı dalga boylarını engellemek amacıyla daha fazla filtrasyon gerekmektedir.<sup>8,24</sup>

PAC ışık kaynakları kompozit rezinlerin polimerizasyon sürelerini kısaltmak ve polimerizasyon etkinliklerini arttırmak amacıyla geliştirilmişlerdir.<sup>36</sup> Polimerizasyon süresinin kısa olması avantaj gibi görünse de (3-9 s) polimerizasyonun hızlı olmasına bağlı olarak polimerizasyon büzülmesinde artış meydana gelebilmekte, uygulama süresi arttırıldığında ise istenmeyen ısı artışı görülmektedir.<sup>8,36</sup> PAC ışık kaynaklarının ömrü yaklaşık 5 yıldır ve zamanla ışık gücünde azalma meydana gelmektedir.<sup>8</sup>

#### 2.3.4. Lazer Işık Kaynakları:

Diş hekimliğinde kullanılan farklı tipteki lazer sistemleri içerisinde argon lazer sistemi CQ'yu aktive edebilen tek sistemdir. 400-502 nm dalga boyunda ışık üreten lazer cihazlarının uygulama süreleri kısadır.<sup>8,36</sup> Kızılötesi ışık dalgaları olmadığı için pulpada ve oral dokularda ısı artışı en aza inmiştir.<sup>8</sup> Sahip oldukları dalga boyu sabittir ve uygulama alanı içindeki her yerde enerji yoğunluğu aynıdır. Lazer ışık kaynağı ile polimerize edilen kompozit rezinlerde sıkışma-gerilme direncinin, elastisite modülünün, aşınma direncinin arttığı bildirilmiştir. Pahalı ve boyutunun büyük olması pratik kullanıma girmesini engellemiştir.<sup>23,36</sup>

#### **2.4. Polimerizasyon:**

“Polimer” kelimesi yunanca “poli” (çok) ve “meros” (parça) kelimelerinin birleşimidir ve “monomer” (mono=tek) denilen küçük moleküllerin birbirlerine eklenmesiyle oluşan çok uzun zincirli moleküllerdir. Monomerlerin polimerlere dönüşme süreci “polimerizasyon” olarak adlandırılmaktadır. Modern hayatın neredeyse her safhasında bulunan sentetik polimerler 60 yıldan fazla süredir kullanılmaktadır ve polimer zincir, atomların rastgele düzenlenmeleri ile değil zinciri yapan monomerlerdeki atom gruplarının tekrarlanması ile oluşmaktadır.<sup>26</sup>

Monomerler, reaktif grupla birlikte polimerizasyon reaksiyonuna katılan moleküllerdir. Bu reaktif grup “fonksiyonel grup” olarak adlandırılmaktadır. Resin monomerlerin fonksiyonel grubu karbon-karbon çift bağıdır (C=C). Bu çift bağ, iki karbon atomu tarafından paylaşılan iki çift elektrona sahiptir. C=C monomerin reaktif kısmı olmasına

rağmen, diğer atomlar ve yan gruplar C=C' nin karbon atomlarının birine ya da her ikisine bağlanabilmektedir. Yan gruplar polimer zincirinde asılı hale gelerek sonuçta oluşan polimerin kimyasal ve fiziksel özelliklerini belirlemektedirler.<sup>1</sup>

#### 2.4.1. Polimerizasyon Derecesi (Konversiyon):

“Polimerizasyon derecesi” ya da “konversiyon”, polimerizasyon boyunca monomerlerin polimere dönüşüm miktarına verilen addır ve karbon çift bağlarının tek bağlara dönüşme miktarının yüzde cinsinden ifadesidir. Polimere dönüşmeden kalan artık monomerler materyal yapısında bozukluğa yol açarak restorasyonun başarısızlıkla sonuçlanmasına sebep olacaktır. Polimerizasyon derecesi yüksek olduğunda reaksiyona girmeyen artık monomer miktarı azalmakta ve kompozit rezinin fiziksel özellikleri gelişmektedir. Bu nedenle ideal bir kompozit rezinin yüksek polimerizasyon derecesine sahip olması yani monomerlerin maksimum seviyede polimerize edilmesi gerekmektedir.<sup>8,9,24,37</sup> Monomerlerin polimere dönüşmesi; kompozit rezinin içeriği, kalınlığı, ışık geçirgenliği, başlatıcıların ve inhibitörlerin konsantrasyonu, ışık kaynağının kalitesi, kullanılan metot gibi birçok faktöre bağlıdır.<sup>23,24,38</sup>

#### 2.4.2. Polimerizasyon Derinliği ve Belirleme Yöntemleri:

Monomerden polimere dönüşebilen rezinin kalınlığı “polimerizasyon derinliği” ya da “sertleşme derinliği” olarak adlandırılmakta ve polimerizasyonun derecesini belirlemektedir.<sup>24</sup> Polimerizasyon derinliğini belirlemek için direkt ve indirekt yöntemler kullanılabilir. “İnfrared Spektroskopi, Lazer Raman Spektroskopi, Elektrik Spin

Rezonans, FTIR ve Kromatografi”, polimerizasyon reaksiyonları esnasında karbon çift bağlarının tek bağlara dönüşme yüzdesini ve reaksiyona girmemiş monomerlerin miktarını direkt olarak belirleyebilmektedir. Karmaşık, yüksek maliyetli ve zaman alıcı yöntemler olmaları nedeniyle bu direkt yöntemlerin hepsi rutin kullanıma girememiştir. İndirekt yöntemler ise; “Kazıma Testi, Penetrasyon Testi, Görsel İnceleme ve Yüzey Sertlik Ölçümü” nü içermektedir.<sup>9-11</sup>

#### 2.4.2.1. Kazıma Testi:

Uluslararası Standart Organizasyonu (International Organization for Standardization-ISO)’ nun 4049 numaralı standardı diş hekimliğinde kullanılan polimer esaslı restoratif materyallere ayrılmıştır. Bu standarda göre sertleşme derinliğini kazıma testi ile belirlemek için 6 mm kalınlığında ve 4 mm çapında silindir şeklinde paslanmaz çelik kalıp, mikroskop camı üzerine araya şeffaf bant konarak yerleştirilir. Kalıp, kompozit rezin ile hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulur. Üzeri şeffaf bantla örtülür ve ikinci bir mikroskop camı ile bastırılarak fazla materyalin uzaklaşması sağlanır. Cam kaldırılarak şeffaf bant üzerinden üretici talimatına uygun sürede ışık uygulanır ve örnekler kalıptan çıkarılır. Sertleşmemiş materyal plastik spatul ile kazınır. Kalan sertleşmiş materyalin kalınlığı mikrometre ile ölçülür ve sonuç ikiye bölünerek sertleşme derinliği belirlenir. ISO 4049, kompozit rezinler için sertleşme derinliğinin minimum 1,5 mm olması gerektiğini bildirmiştir.<sup>39,40</sup>

Sertleşme derinliği; kompozit rezinin rengi, kimyasal yapısı, kaviteye yerleştirilen kalınlığı, ışık uygulaması gibi birçok faktörden etkilenmektedir.<sup>23</sup> Üretici firmaların talimatlarına uyulduğunda dahi yeterli polimerizasyonun elde edilemediği durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle başarılı polimerizasyon elde etmek için diş hekimlerine, kliniklerinde kullandıkları kompozit rezin materyale hangi kalınlıkta ne kadar süre ışık uygulandığında yeterli polimerizasyon derinliği elde edilebildiğini kazıma testi ile kendilerinin belirlemeleri önerilmektedir.<sup>26,40,41</sup>

#### 2.4.2.2. Penetrasyon Testi:

“Penetrometre”, bir cismin veya zeminin sertliğinin ve yumuşaklığının ölçülmesine yarayan cihazdır ve belli ağırlıktaki konik bir ucun belirli bir sürede, bir kap içine doldurulmuş cisme batma miktarını ölçmektedir. Bu metotta ışık uygulamasından hemen sonra kalıp içindeki örnekler ters çevrilerek penetrasyon cihazına yerleştirilmekte ve ışık uygulanmayan alt yüzeyin ortasına 0,5 mm çapında penetrasyon iğnesi 12,5 N kuvvet ile 1 mm/dk süre batırılmaktadır. Penetrasyonun derinliği dijital olarak kaydedilerek sertleşme derinliği belirlenmektedir.<sup>42</sup>

#### 2.4.2.3. Yüzey Sertlik Ölçümü:

Yüzey sertlik ölçümü basit oluşu ve diğer yöntemlere göre numuneyi daha az tahrip etmesi sebebiyle malzemeler üzerinde yapılan en genel deneydir. Sertlik ölçümü, standart bir ucun malzemeye batırılmasına karşı malzemenin gösterdiği direnci ölçmekten ibarettir. Uygun olarak seçilen sert uç, belirlenen bir yük altında malzemeye

batırıldığında malzeme üzerinde bir iz bırakacaktır. Malzemenin sertliği bu izin büyüklüğü ile ters orantılıdır.<sup>43</sup>

Sertlik ölçme yöntemleri; Brinell, Rockwell, Shore, Barcol, Knoop ve Vickers sertlik testleridir.<sup>43-45</sup> Sertlik testleri yöntemin nispeten kolaylığı ve elde edilen sonuçların güvenilirliği nedeniyle rezinlerin polimerizasyon derinliğinin belirlenmesinde oldukça sık kullanılan bir yöntemdir. Polimerizasyon derinliğinin yeterli kabul edilebilmesi için alt yüzeyin sahip olduğu sertlik değerinin, üst yüzeyin sertlik değerinin en az % 80' i olması gerektiği bildirilmiştir.<sup>10,11,15,38,46,47</sup>

Vickers sertlik ölçme yöntemi, yüzeyleri arasında 136 °C' lik açı bulunan kare tabanlı piramit şeklindeki elmas ucun sertliği ölçülecek malzeme parçasının yüzeyine belirli bir yük altında batırılması ve yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegenlerinin ölçülmesinden ibarettir.<sup>6,43,45</sup> Oluşan iz ve Vickers sertlik değeri ters orantılıdır. İz ne kadar küçükse Vickers sertlik değeri o kadar büyüktür ve materyal o kadar serttir. Vickers sertlik değeri, kg olarak ifade edilen deney yükünün mm<sup>2</sup> olarak ifade edilen iz alanına bölümüdür.<sup>43</sup> Kısaca uygulanan yükün batma alanına bölünmesi ile Vickers sertlik değeri elde edilmektedir.<sup>26,45</sup>

## 2.5. Kompozit Resinlerin Kaviteye Yerleştirilme

### Teknikleri:

Kompozit resinlerin kaviteye yerleştirilme şekli de polimerizasyon derinliğini etkileyen faktörlerdendir. Kompozit resinler kaviteye “inkremental” (tabakalı) ve “bulk” (kütlesel) teknikle yerleştirilebilmektedir. Kompozit resinlerin en fazla 2 mm kalınlığında yerleştirilip en az 400 mW/cm<sup>2</sup> yoğunluğundaki ışık ile 20-60 s polimerize edilmesi standart kabul edilmektedir. Tabakalı tekniğin derin kavitelere uygulamasında 2 mm kalınlığında kompozit resin yerleştirilip ışık ile sertleştirilmekte, ardından 2 mm’ lik tabakalar aynı yöntemle eklenerek restorasyon tamamlanmaktadır. Kompozit resin kaviteye 2 mm’ den daha kalın bir tabaka halinde yerleştirildiğinde üst yüzeye uygulanan ışık, kompozit resinin alt yüzeyine yaklaştıkça etkisini yitirmekte ve polimerizasyon tam olarak gerçekleşmemektedir. Tam olmayan polimerizasyon; fraktür, sızıntı, sekonder çürük oluşumu gibi sebeplerle restorasyonu başarısız kılacaktır.<sup>6,20-23,25,26</sup>

Tabakalı tekniğin zaman alıcı uygulaması araştırmacıları daha derin kavitelere tek seferde uygulanabilen kompozit resinleri geliştirmeye yöneltmiştir. Bu amaçla geliştirilen kompozit resinlerin 4-6 mm derinliğindeki kavitelere tek seferde kütlesel yerleştirilebileceği ve yeterli polimerizasyon oluşturabilecekleri iddia edilmektedir. Literatürde kütlesel yerleştirilebilen Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), SonicFill (Kerr, Orange, CA, USA), X-tra Base (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany) ve Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer, Dübendorf, Germany) adlı kompozit resinlerle ilgili yayınlanmış çalışma bulunmamaktadır. Yeni geliştirilen kütlesel yerleştirilebilen kompozit resinlerin yeterli polimerizasyon oluşturma özelliklerinin yapılacak

alışmalarla araştırılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında kütlesel yerleştirilebilen yedi farklı kompozit rezinin polimerizasyon derecelerinin Vickers sertlik ölçümü ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Test Materyalleri

Bu araştırmada kütleli yerleştirilebilen 7 farklı tipte kompozit rezin kullanıldı. Bu materyaller;

- Quixfil™ (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) (Resim 1),
- SonicFill™ (Kerr, Orange, CA, USA) (Resim 2),
- Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (Resim 3),
- X-tra fil (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany) (Resim 4),
- SureFil® SDR® flow (Dentsply Caulk, Milford, DE, USA) (Resim 5),
- Venus® Bulk Fill (Heraeus Kulzer, Dübendorf, Germany) (Resim 6),
- X-tra base (VOCO GmbH, Cuxhaven, Germany) (Resim 7)' dir.



Resim 1: Quixfil™ kompozit rezin.



Resim 2: SonicFill™ kompozit rezin.



Resim 3: Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezin.



Resim 4: X-tra fil kompozit rezin.



Resim 5: SureFil® SDR® flow kompozit rezin.



Resim 6: Venus® Bulk Fill kompozit rezin.



Resim 7: X-tra base kompozit rezin.

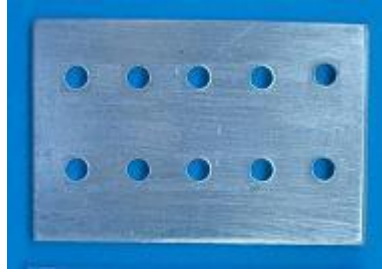
Firmalardan alınan materyal içerik bilgileri Tablo 2' de gösterildi.

**Tablo 2: Çalışmada kullanılan kompozit rezinler ve içerikleri:**

Marka	Tür	İçerik	Doldurucu oranı	Doldurucu boyutu
<b>Quixfil™</b>	hibrit	St-Al-Na-F-PO <sub>4</sub> silikat cam, UDMA, TEGDMA, BisEMA, TMPTMA, di ve trimetakrilat rezinler, karboksilik asitle modifiye dimetakrilat rezin, etil-4-dimetil amino benzoat, CQ, BHT, UV stabilize edici, ZrO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub>	ağırlıkça % 86 hacimce % 66	1-10 µm
<b>SonicFill™</b>	nanohibrit	Cam, Oksit, Kimyasallar, 3-trimetoksisilil propil metakrilat, silikon dioksit, bisfenol-A-bis-(2-hidroksi-3-metakriloksipropil)eter, EBPADMA, TEGDMA, BisGMA, CQ	ağırlıkça % 83,5 hacimce % 66	firma belirtmemiş
<b>Tetric EvoCeram Bulk Fill</b>	nanohibrit	Ba cam, YbF <sub>3</sub> , Oksit, Prepolimer, katalizörler, stabilize ediciler, pigmentler	ağırlıkça % 79-81 hacimce % 60-61	0,55 µm
<b>X-tra fil</b>	hibrit	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	ağırlıkça % 86 hacimce % 70,1	firma belirtmemiş
<b>SureFil® SDR® flow</b>	akışkan	Ba-Al-F-borosilikat cam, St-Al-F-silikat cam, SDR™ patentli UDMA, EBPADMA, TEGDMA, CQ, BHT, UV stabilize edici, TiO <sub>2</sub> ve FeO pigmentleri	ağırlıkça % 68 hacimce % 45	4,2 µm
<b>Venus® Bulk Fill</b>	akışkan	Ba-Al-F silikat cam, YbF <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> , UDMA, EBADMA	ağırlıkça % 65 hacimce % 38	0,02-5 µm
<b>X-tra base</b>	akışkan	Metakrilatlar, BHT	ağırlıkça % 75	firma belirtmemiş

### 3.2. Test Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan kalıplar Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metalurji Bölümü' nde 4 mm kalınlığındaki 7 metal levha üzerine 5 mm çapında 10 silindirik boşluk açılarak hazırlandı (Resim 8).

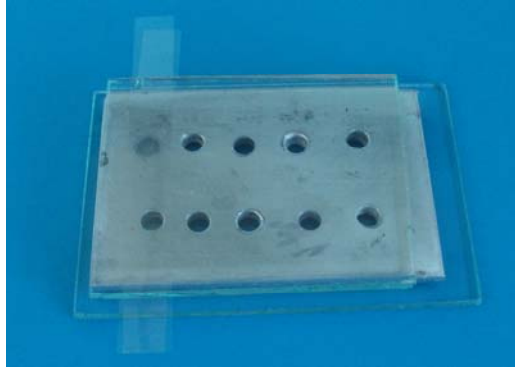


Resim 8: Kompozit rezin örneklerin elde edilmesinde kullanılan kalıplar.

Her kompozit rezin grubu için 7 örnek hazırlanması amacıyla kalıpların ışık uygulanacak yüzeyleri üst yüzey olarak işaretlendi. Örnekler hazırlanırken düz yüzeyler elde etmek amacıyla levhanın alt yüzeyine siman camı ve şeffaf bant kondu. Levhadaki silindir boşluğa kompozit rezin tek seferde yerleştirildi, üzerine şeffaf bant kapatılıp fazla materyalin uzaklaştırılması amacıyla siman camı ile bastırıldı (Resim 9 ve 10). Üstteki siman camı kaldırılıp fazla kompozit rezin uzaklaştırıldıktan sonra 1500 mW/cm<sup>2</sup> güç yoğunluğuna sahip LED ışık cihazının (Hilux Led-max 550, Benlioğlu Dental, Ankara, Türkiye) (Resim 11) ucu şeffaf banta direkt temasta ve dik olacak şekilde yerleştirilerek 20 s ışık uygulandı (Resim 12).



Resim 9: Siman camı ve şeffaf bant üzerindeki kalıba kompozit rezin örneğinin yerleştirilmesi.



Resim 10: Kalıba yerleştirilen kompozit rezin örneğinin üzerine şeffaf bant ve siman camı ile bastırılarak fazla materyalin uzaklaştırılması.



Resim 11: Hilux Led-max 550 ışık cihazı (Benlioğlu Dental, Ankara, Türkiye).



Resim 12: Hazırlanan kompozit rezin örneğe Hilux Led-max 550 ışık cihazı ile ışık uygulanması.

Işık yoğunluğu her kompozit rezin örneğin polimerizasyonundan önce radyometre ile kontrol edildi. Işık uygulaması biten kompozit rezin örneklerin yüzeyi metal para ile kapatılarak diğer

örneklerin polimerizasyonunda kullanılan ışıktan etkilenmeleri önleildi. Her kompozit rezin grubu için 7 örnek elde edildi. Işık uygulamasının hemen ardından kalıp içindeki kompozit rezin örneklerin ışık uygulanan yüzeylerine mikromotor ve alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ) emdirilmiş diskler (Sof-Lex, 3M™ ESPE™) ile bitirme ve polisaj işlemleri yapıldı (Resim 13). Kompozit rezin örneklerin alt yüzeylerine herhangi bir işlem uygulanmadı.



Resim 13: Sof-Lex (3M™ ESPE™) bitirme ve polisaj diskleri.

Bu işlem için diskler standart 4 aşamalı sistemde kullanıldı. Her kompozit rezin örneğin üst yüzeyine 2 bitirme disk (iri ve orta grenli) ve 2 cila disk (ince ve çok ince grenli) sıra ile birbirini takip ederek 10 s uygulandı. Diskler her örnekte değiştirildi. Bitirme ve polisaj işlemi biten kompozit rezin örnekler 37 °C kuru, karanlık ortamda 24 saat bekletildi. 24 saatin sonunda 100 g kuvvet 10 s uygulanarak her örneğin alt ve üst yüzeylerinden 5' er kez olacak şekilde mikrosertlik ölçümleri yapıldı.

Ölçümler Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi ve Endodonti Anabilim Dalı Araştırma Laboratuvarı' nda bulunan Vickers sertlik ölçüm cihazı (HMV-II, Shimadzu, Japan) ile gerçekleştirildi (Resim 14).



Resim 14: Vickers sertlik ölçüm cihazı (HMV-II, Shimadzu, Japan).

Ölçümü biten örnekler tekrar 37 °C kuru, karanlık ortama yerleştirildi ve ışık uygulamasının üzerinden 1 hafta geçene kadar bekletildi. 1 hafta sonunda Vickers sertlik ölçüm cihazı ile aynı ölçümler tekrarlandı. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildi.

#### 4. BULGULAR

Çalışmada Quixfil™, SonicFill™, Tetric EvoCeram Bulk Fill, X-tra fil, SureFil® SDR® flow, Venus® Bulk Fill ve X-tra base adlı kütlesel yerleştirilebilen yedi farklı kompozit rezin LED ışık cihazı ile polimerize edildi. Elde edilen kompozit rezin örneklerin alt ve üst yüzey sertlik değerleri polimerizasyondan sonraki 1. ve 7. günde Vickers sertlik cihazı ile ölçüldü. Her kompozit rezin grubu için 1. ve 7. günde elde edilen ölçümler Tablo 3- Tablo 16 arasında gösterildi.

**Tablo 3: Quixfil™ grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	73,4	73,6	73,8	78,8	82,7
	Alt	68,8	64,3	61	65,1	68,3
2	Üst	80,6	87,7	84,6	82,1	81,8
	Alt	59,6	58	61,5	57,5	58,1
3	Üst	84,6	89,6	87,1	77,6	75,9
	Alt	59,1	66,9	60,8	62	57
4	Üst	71	71,9	74,2	74,4	71
	Alt	64,3	62,2	61,4	59,1	61,9
5	Üst	84,2	84,9	78,6	74,2	80,7
	Alt	58,1	66,2	60,2	64	59,2
6	Üst	74,4	73,6	88,3	83	80,9
	Alt	57,9	63,9	67,6	60,5	58,7
7	Üst	80,5	72,6	76,8	75,2	78,7
	Alt	61,8	62,6	57,5	55,2	53,6

**Tablo 4: Quixfil™ grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	73,3	79,5	75,3	70,4	70,5
	Alt	70,1	69,6	64,5	65,5	67,3
2	Üst	76,8	76,3	78	83,5	84
	Alt	57,6	50	50,3	50,2	51,2
3	Üst	72,3	76,6	77,8	72,3	73,5
	Alt	55,3	54,8	52,7	59,7	50,2
4	Üst	82,4	83,2	87	84	80,7
	Alt	68,2	68	67	64,3	63,4
5	Üst	86	88,6	85,2	84,5	85,4
	Alt	67,4	64,5	65,1	64,9	65,7
6	Üst	77,4	70,7	75,4	78,1	75
	Alt	63,6	55,2	59,5	68,4	59,1
7	Üst	79,6	84,6	83,5	81,2	78,2
	Alt	61,3	62,8	63,1	64,3	58,8

**Tablo 5: SonicFill grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	72,7	76,5	78,5	77,9	76,7
	Alt	58,7	60,4	55,7	57,5	61,5
2	Üst	67,7	74,6	77,1	77,4	70
	Alt	64,2	58,1	63,3	64,8	61,8
3	Üst	70,2	77,4	78	77,1	75,9
	Alt	63,1	64,2	62,1	58,6	59,1
4	Üst	74,5	74,8	79,8	76,5	70,5
	Alt	61,2	64,2	63,5	60,9	61,5
5	Üst	69	68,9	69,3	73,3	71
	Alt	56,6	55,2	57,1	57,7	52,6
6	Üst	65,7	69,4	69,8	62	64,7
	Alt	54,2	51,1	56,5	51,7	56,5
7	Üst	73,5	70,9	70,7	67,4	68,6
	Alt	61,7	61	59	58,7	57,7

**Tablo 6: SonicFill™ grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	67,9	73,3	72	69,1	69,3
	Alt	57,1	57,5	57,7	57,2	60,2
2	Üst	67,3	79,8	70,3	74,9	74,7
	Alt	61	59,2	62,5	61,8	62,8
3	Üst	74,3	72,7	69,6	70	75,8
	Alt	55,9	56,1	55,6	55,7	54,7
4	Üst	78,3	74,9	75,2	76,6	75
	Alt	62,8	60,3	61,7	65,4	58,5
5	Üst	74,6	72	71,5	74,7	71
	Alt	55,6	52,7	51,3	50,2	54,7
6	Üst	71,9	70,4	68,4	72,5	74,8
	Alt	51,7	53,6	52,8	55,5	52,6
7	Üst	64,1	70,7	63,7	71	69,8
	Alt	58,1	61,7	56	59,9	57,7

**Tablo 7: Tetric EvoCeram Bulk Fill grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	53,4	54,1	56,6	55,7	50,8
	Alt	34,4	32,2	36,5	32,6	33,8
2	Üst	56,3	50,4	49,5	49,6	53,4
	Alt	35	36	33,6	33,2	31,8
3	Üst	58,8	50,5	53	49,7	53,5
	Alt	31,8	34,1	31,3	30,2	32,8
4	Üst	58,3	56,5	52,7	56,1	55
	Alt	33,3	28,1	35	29,3	29,2
5	Üst	58,8	53,7	58,7	52,6	54,3
	Alt	33,6	34,1	34,6	32,4	34,6
6	Üst	57,1	54	55	58	55,5
	Alt	34,9	34,3	30,5	35,7	36,6
7	Üst	54,8	54,3	54,9	51,5	54,1
	Alt	35,2	35	36,2	35,1	37,2

**Tablo 8: Tetric EvoCeram Bulk Fill grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	54,4	58	54,3	53,1	56,5
	Alt	35,5	37,1	31,5	33,2	30,2
2	Üst	50,3	52,9	50,1	51,3	50,5
	Alt	36,4	34,3	37,1	30,8	33,8
3	Üst	56,1	51,4	53,7	53,9	51,2
	Alt	34,9	38,6	37,3	32	33,9
4	Üst	54,3	55,1	56	52,8	56,2
	Alt	31,8	31,1	31,8	30,4	30,6
5	Üst	53,5	54,8	53,4	54,4	53,7
	Alt	35,8	39,6	35,1	35,1	37
6	Üst	57,4	58,8	54,1	53,6	54,4
	Alt	30,1	31,8	32,9	37,7	34
7	Üst	55,6	54,3	55,8	52,2	57,1
	Alt	34,3	31,3	34,1	30,9	32,9

**Tablo 9: X-tra fil grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	83,1	83,7	85,8	89,6	82,6
	Alt	72,4	70,5	71,8	76,4	77,8
2	Üst	87,3	84,7	84,9	81,5	82
	Alt	71,4	72	74	71,2	70
3	Üst	89,4	86,6	87,4	82,4	87,9
	Alt	66	64,2	64,6	70,1	66,3
4	Üst	78,8	73,8	79,3	82,5	85,1
	Alt	63	66,6	68,4	71,9	71,3
5	Üst	88,5	82,9	89,5	82,5	82,7
	Alt	74,5	69,6	71,8	65,9	75,7
6	Üst	82,3	88,2	87	86,2	88,1
	Alt	64,1	64,2	69,3	70,8	71,3
7	Üst	81,4	80,8	86,9	86,1	85,2
	Alt	74,9	72,7	74,9	70,1	73,3

**Tablo 10: X-tra fil grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	89,8	87,2	84,9	80,8	86,2
	Alt	74,7	69,7	69,4	77,8	75
2	Üst	94,2	93	81,2	78	75,4
	Alt	64,4	67,9	69,9	67,7	75,6
3	Üst	83,7	82,4	90,4	85	87,9
	Alt	62,7	65,5	66	67	66,8
4	Üst	77,3	81,3	79,3	75,4	82,9
	Alt	73,4	69,5	63,5	68,2	64,2
5	Üst	86,2	91,6	78	78,4	78,3
	Alt	73,1	65,5	70,7	78,2	64,2
6	Üst	87	81,1	82,5	86,6	85,6
	Alt	67,6	66	69,2	72,9	68,6
7	Üst	79,9	79,9	85	80	80,5
	Alt	73	76,4	74,2	64,4	73,3

**Tablo 11: SureFil® SDR® flow grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	34,5	35	37,6	40,4	40,4
	Alt	28,8	25,9	28,8	25,5	25,6
2	Üst	40,8	39,5	38,3	40,6	41
	Alt	30,7	31,1	31	30,9	29,8
3	Üst	38,3	38,6	36,8	40,7	39,6
	Alt	29,5	30,3	30,1	32,5	31,7
4	Üst	40,7	37,9	39,3	37,1	37,4
	Alt	30,5	32,9	31,5	32	29,6
5	Üst	34,5	35,3	36,4	39,1	36
	Alt	34,9	32,9	31,6	31,7	31,4
6	Üst	40,8	39,5	40,6	37,8	37,7
	Alt	34,7	32,2	30,3	29,2	31,5
7	Üst	38,8	39,3	37,8	35,2	38,7
	Alt	32,4	32,7	30,5	30,6	29,6

**Tablo 12: SureFil® SDR® flow grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	35,1	41,5	41,7	40,5	35,3
	Alt	31	29,4	29,9	29,1	27,6
2	Üst	39	40,5	38	38,1	37,8
	Alt	32,1	30,5	30,5	29,7	30
3	Üst	40,3	38,3	39,5	37,6	37,6
	Alt	31,5	31,4	31	31,2	29,8
4	Üst	41,4	39,9	37,8	35	37,5
	Alt	31,2	29,7	30,8	31,4	30,3
5	Üst	33,2	35,3	36,9	35,1	36,9
	Alt	32	30,5	32	30,1	29,5
6	Üst	38,7	39,3	34,8	33,7	38,5
	Alt	31,1	30,3	30	28,5	30,3
7	Üst	39,5	35,1	36,4	35,6	35,3
	Alt	33,8	30,1	31,9	31,2	32,1

**Tablo 13: Venus® Bulk Fill grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	27,3	25,3	26,7	24,6	26,1
	Alt	22,1	20,5	21,6	20,9	19,9
2	Üst	26,9	30,1	27,7	29,5	26,2
	Alt	27,2	24,7	24,2	25,2	22,8
3	Üst	28,1	31,4	32,1	30,4	28,9
	Alt	23,8	24,4	24,5	23,6	23,7
4	Üst	29	29,4	31,8	29,3	29,5
	Alt	24,3	23,5	24,6	23,5	24,7
5	Üst	30,9	26,4	25,4	27,1	28,6
	Alt	24,3	24,1	22,9	23,7	22,5
6	Üst	27,9	26,7	28,6	29,1	29,6
	Alt	24,4	23,9	24,2	24,1	25
7	Üst	30,8	27,3	28,1	29,4	29,3
	Alt	23,5	23,1	24,4	22,9	23,1

**Tablo 14: Venus® Bulk Fill grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	30,7	29,5	32,3	31,2	29,9
	Alt	21,6	20,6	21,9	21,6	20,8
2	Üst	30,7	30,4	30,1	30,2	27,4
	Alt	23,7	23,4	23,5	24	23,4
3	Üst	30,5	31,6	32,5	30,5	32,7
	Alt	24,1	24,3	24	23,7	23,8
4	Üst	25	28,9	25,4	28,1	27,4
	Alt	23,9	23,9	23,5	23,8	23,8
5	Üst	27,3	25,9	27,2	27,3	25,8
	Alt	24,3	23,9	23,4	24,1	25,3
6	Üst	28,1	27,7	30	27,6	29,8
	Alt	23,7	23	23,9	24,4	23,7
7	Üst	30,8	29,7	31,8	30,5	29,9
	Alt	23	23,1	23,1	23,4	23,4

**Tablo 15: X-tra base grubunun 1. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	50,1	47,7	41,1	48,4	50,3
	Alt	37	36,7	37	34,8	35,8
2	Üst	40,1	37,7	43,6	42,8	40,8
	Alt	37,6	34,6	34,5	33,1	37,9
3	Üst	45	40,3	39	49,7	41,8
	Alt	34,2	38	35,3	35,3	36,6
4	Üst	45,6	48,8	44,1	49,2	46,7
	Alt	36,6	35,1	35	37,8	36,6
5	Üst	44,7	47,5	40,4	40,3	48,1
	Alt	39,1	37,7	33,1	35,4	36,2
6	Üst	48,5	48,7	44	46,3	46,3
	Alt	33,1	32,6	32,3	32,5	30,3
7	Üst	45,1	45,9	43	41,7	44
	Alt	33,8	35,6	37,5	34,3	34,7

**Tablo 16: X-tra base grubunun 7. gün Vickers sertlik değerleri:**

Örnek sayısı n: 7	Vickers Sertlik Ölçümleri					
	Ölçüm sayısı n:5	1	2	3	4	5
	Yüzey					
1	Üst	52,1	49,7	48,2	45,7	52
	Alt	41,8	39,6	35,7	37,6	34,6
2	Üst	50,6	46,7	52,1	44,6	49,2
	Alt	36,6	35,6	38,8	35,9	35,4
3	Üst	46,9	50,4	54,5	45,8	46,3
	Alt	40,7	40,4	37,7	36,3	36,9
4	Üst	46	50,1	46	48,3	49,5
	Alt	41,6	39,3	39,4	34,3	39
5	Üst	46,4	49,5	51,6	49,7	51,9
	Alt	38	35,8	40,5	37,4	37
6	Üst	42,6	47,3	41,7	50,2	45,9
	Alt	34,8	30,5	31,9	31,5	32,2
7	Üst	46,8	47,2	44,8	51,4	49,4
	Alt	36,6	33,1	34,5	39,1	36,4

Verilerin analizi SPSS for Windows 11.5 paket programında yapıldı. Sürekli değişkenlerin dağılımının normale yakın olup olmadığı Shapiro Wilk testiyle araştırıldı. Tanımlayıcı istatistikler sürekli değişkenler için ortanca (çeyrekler arası genişlik) olarak gösterildi. Gruplar içerisinde 1. ve 7. gündeki üst ve alt yüzey Vickers sertlik ölçümleri Tablo 17’ de verildi.

**Tablo 17: Gruplar içerisinde 1. ve 7. gündeki üst ve alt yüzey Vickers sertlik ölçümleri (ÇAG: Çeyrekler arası genişlik):**

Gruplar	1.Gün Üst	1.Gün Alt	7.Gün Üst	7.Gün Alt
	Ortanca (ÇAG)	Ortanca (ÇAG)	Ortanca (ÇAG)	Ortanca (ÇAG)
Quixfil™	80,0 (76,6-81,7)	61,5 (60,1-61,8)	79,7 (74,9-82,4)	62,1 (57,9-65,9)
SonicFill™	73,4 (70,3-75,5)	59,6 (57,3-61,8)	72,5 (71,0-73,1)	57,9 (54,4-60,1)
Tetric EvoCeram Bulk Fill	54,1 (53,5-55,7)	33,9 (33,0-34,2)	54,9 (53,6-55,1)	33,5 (33,0-34,9)
Xtra fil	85,0 (84,1-85,8)	71,5 (68,1-72,5)	84,4 (81,8-85,2)	69,1 (68,3-71,3)
SureFil® SDR® flow	38,5 (37,8-39,0)	31,2 (30,8-31,4)	38,3 (36,7-38,7)	30,7 (30,3-30,9)
Venus® Bulk Fill	28,4 (27,9-29,4)	24,0 (23,5-24,2)	29,8 (27,8-30,6)	23,7 (23,4-23,9)
Xtra base	44,2 (43,6-46,8)	35,9 (35,4-36,2)	48,6 (48,0-49,2)	37,7 (36,2-38,1)

Alt yüzey sertlik değerinin üst yüzey sertlik değerine oranı polimerizasyon derecesinin göstergesi kabul edildi ve Tablo 18’ de gösterildi. Grupların başarılı kabul edilme kriteri, alt yüzey sertlik değerinin üst yüzey sertlik değerine oranının % 80’ e eşit ve % 80’ den büyük olmasıdır. Bu kriteri sağlayan gruplar; SonicFill™, X-tra fil, SureFil® SDR® flow, Venus® Bulk Fill ve X-tra base olmuştur. Quixfil™ ve Tetric EvoCeram Bulk Fill ise başarı kriterini sağlayamamıştır.

**Tablo 18: 1. ve 7. gündeki alt yüzey sertlik değerinin üst yüzey sertlik değerine oranına ait ölçümler ve polimerizasyon başarısının değerlendirilmesi:**

<b>Gruplar</b>	<b>1.Gün %</b>	<b>7.Gün %</b>
Quixfil™	76,4 (74,7-81,2)	76,2 (74,7-80,2)
SonicFill™*	81,4 (80,3-83,8)	81,2 (75,5-83,1)
Tetric EvoCeram Bulk Fill	61,5 (60,6-64,0)	60,6 (59,6-67,0)
X-tra fil*	85,3 (81,3-86,1)	85,3 (81,7-85,5)
SureFil® SDR® flow*	80,4 (78,1-81,7)	80,1 (79,5-84,0)
Venus® Bulk Fill*	80,9 (80,7-85,3)	79,3 (76,0-85,5)
X-tra base*	80,1 (76,8-82,6)	75,7 (75,0-77,6)

(\* başarılı kabul edilme kriteri: alt yüzey/üst yüzey sertliği x 100 ≥ 80)

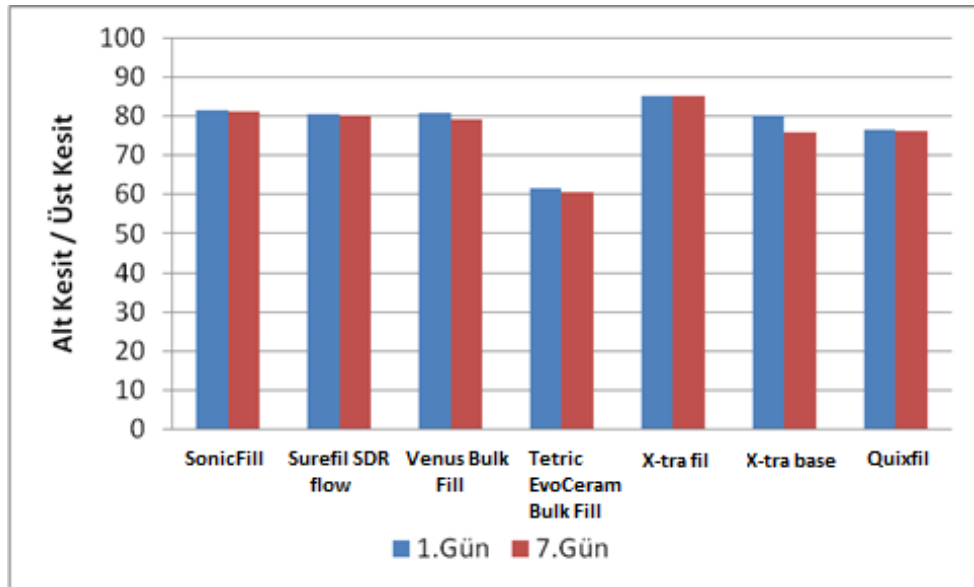
Gruplar içerisinde alt yüzey sertlik değerinin üst yüzey sertlik değerine oranı yönünden 1. gün ve 7. gün arasındaki farkın önemliliği Wilcoxon İşaret testiyle incelendi,  $p < 0,05$  için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Tüm gruplar için 1. ve 7. gündeki sertlik değerleri ve başarı oranları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ( $p > 0,05$ ) (Tablo 19).

**Tablo 19: Kompozit rezinlerin 1. ve 7. gün başarı kriterlerinin istatistiksel değerlendirmesi:**

Gruplar	1.Gün %	7.Gün %	p-değeri
Quixfil™	76,4 (74,7-81,2)	76,2 (74,7-80,2)	0,735
SonicFill™	81,4 (80,3-83,8)	81,2 (75,5-83,1)	0,310
Tetric EvoCeram Bulk Fill	61,5 (60,6-64,0)	60,6 (59,6-67,0)	0,735
X-tra fil	85,3 (81,3-86,1)	85,3 (81,7-85,5)	0,612
SureFil® SDR® flow	80,4 (78,1-81,7)	80,1 (79,5-84,0)	0,310
Venus® Bulk Fill	80,9 (80,7-85,3)	79,3 (76,0-85,5)	0,398
X-tra base	80,1 (76,8-82,6)	75,7 (75,0-77,6)	0,176

(p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı)

Gruplar içerisinde 1. ve 7. gündeki alt yüzey sertlik değerinin üst yüzey sertlik değerine oranına ait ölçümler Grafik 1' de gösterildi.



**Grafik 1. Gruplar içerisinde 1. ve 7. gündeki alt yüzey sertlik değerinin üst yüzey sertlik değerine oranına ait ölçümler.**

## 5. TARTIŞMA

Diş hekimliğinde uzun yıllardır kullanılan kompozit rezinler civa içermemeleri, biyolojik olarak uyumlu olmaları, doğal diş dokusuna benzeyen geniş renk seçenekleri ve diş dokularına bağlanabilme özellikleri ile birçok hekim ve hasta tarafından amalgam yerine tercih edilmektedir. Kompozit rezinlerin gün geçtikçe daha çok tercih edilmesi üretici firmaların materyal üzerindeki çalışmalarına devam etmelerine yol açmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmaların önemli bir kısmı kompozit rezinin polimerizasyonunu geliştirmeye yöneliktir. Yetersiz polimerizasyon; diş ve restorasyon arasında zayıf adezyon, mikrosızıntı, postoperatif hassasiyet, boyanma, sekonder çürük, yumuşak dokuda ve pulpada irritasyon oluşumuna ortam hazırlamaktadır.<sup>40,48-53</sup>

Kompozit rezinin ideal polimerizasyon göstermesi için monomerlerinin polimere maksimum seviyede dönüşmesi gerekmektedir. Polimere dönüşmeden kalan artık monomerler materyal yapısında bozukluğa yol açacak ve restorasyon başarısızlıkla sonuçlanacaktır.<sup>8,9,24,37</sup> Monomerlerin polimere dönüşmesi; kompozit rezinin kaviteye yerleştirilen kalınlığı, kimyasal yapısı, ışık geçirgenliği, rengi, ışık kaynağının kalitesi ve kullanılan metot gibi birçok faktöre bağlıdır.<sup>23,24,38</sup>

Kompozit rezinlerin kaviteye yerleştirilen kalınlığı polimerizasyon derecesini etkileyen ana faktörlerdendir. Resinin üst yüzeyi polimerizasyon için yeterli miktarda ışık enerjisi almaktadır. Ancak yüzeye uygulanan ışık, kompozit resin kütlesi boyunca geçerken dağılmakta ve alt tabakalara ulaştıkça yoğunluğu, parlaklığı, sertleştirme etkinliği azalmaktadır. Bundan dolayı kompozit rezinin kalınlığı arttıkça ışığın

irradiyansı da katettiği mesafeye bağılı olarak azalmaktadır. Restorasyon kalınlığındaki küçük değişiklikler restorasyon boyunca iletilen ışık enerjisi miktarında büyük farklılık yaratarak polimerizasyon derecesini etkilemektedir. Başarılı polimerizasyon sağlamak için kompozit rezinlerin kaviteye en fazla 2 mm kalınlığında yerleştirilmesi standart kabul edilmektedir. Geleneksel kompozit rezinlerde tabakanın kalınlığı 2 mm' yi geçtiğinde polimerizasyonun tehlikeye düştüğü, fiziksel özelliklerin ve klinik ömrün azaldığı bildirilmiştir.<sup>48-50,54-60</sup>

Polimerizasyon derecesi, kompozit rezin kalınlığının artmasıyla azaldığı için geniş restorasyonlar tabakalar halinde sertleştirilmektedir.<sup>61,62</sup> Ancak tabakalı teknik zaman alıcı bir uygulamadır. Üreticiler geleneksel kompozit rezinlerin derin kavitelere kalın tek bir tabaka halinde yerleştirilmelerinin başarısız polimerizasyona yol açmasını gözönünde bulundurarak yeni geliştirdikleri kütleli yerleştirilebilen kompozit rezinler ile polimerizasyon derinliğini arttırmayı hedeflemişlerdir. Firmalar ürettikleri kompozit rezinlerin 4-6 mm kalınlıklarına önerilen sürede ışık uygulandığında yeterli polimerizasyonun sağlanabileceğini iddia etmektedirler.<sup>55,63</sup>

Camponico ve arkadaşları<sup>64</sup> yaptıkları çalışmada X-tra fil adlı kütleli yerleştirilebilen kompozit rezinin polimerizasyon derinliğinin 3,5 mm olduğunu ve aynı kompozit rezinin kütleli ve tabakalı teknik ile uygulanmaları karşılaştırıldığında 3,5 mm' ye kadar herhangi bir derinlikte sertlik açısından fark oluşmadığını bildirmişlerdir. Fleming ve arkadaşları<sup>61</sup> yaptıkları çalışmada X-tra fil adlı kompozit rezinin 4 mm polimerizasyon derinliği gösterdiğini ve 2 mm kalınlığındaki iki farklı geleneksel kompozit

rezin ile sertlik değerleri karşılaştırıldığında belirgin farklılık görülmediğini rapor etmişlerdir.

SureFil<sup>®</sup> SDR<sup>®</sup> flow adlı kütlesel yerleştirilebilen akışkan kompozit rezinin marjinal adaptasyonunu araştıran Roggendorf ve arkadaşlarının<sup>32</sup> yaptıkları çalışmada, 4 mm derinliğindeki kaviteye SureFil<sup>®</sup> SDR<sup>®</sup> flow' un tek tabaka halinde yerleştirilmesi ile geleneksel kompozit rezinin tabakalarla yerleştirilmesi karşılaştırılmış ve aralarında internal adaptasyon açısından fark görülmemiştir. SureFil<sup>®</sup> SDR<sup>®</sup> flow' un 4 mm kalınlığında kaide olarak kullanımının başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir.<sup>32</sup>

Bu çalışmada kütlesel yerleştirilebilen yedi farklı kompozit rezinin 4 mm kalınlığında tek tabaka halinde uygulanmaları ile oluşan polimerizasyon dereceleri belirlendi. SonicFill<sup>™</sup>, X-tra fil, SureFil<sup>®</sup> SDR<sup>®</sup> flow, Venus<sup>®</sup> Bulk Fill ve X-tra Base kompozit rezinlerin 4 mm kalınlıkta yeterli polimerizasyon sağlayabildikleri, Quixfil<sup>™</sup> ve Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezinlerin ise 4 mm kalınlıkta yeterli polimerizasyon sağlayamadıkları sonucuna varıldı. Bu kompozit rezinlerden SureFil<sup>®</sup> SDR<sup>®</sup> flow, Venus<sup>®</sup> Bulk Fill ve X-tra Base, doldurucu içerikleri düşük, kaide olarak tasarlanmış akışkan kompozit rezinlerdir ve abrazyona dirençlerinin düşük olması sebebiyle restorasyonun oklüzal kısmına daha dirençli bir kompozit resin tabakası ilavesi gerekmektedir.

Polimerizasyonu etkileyen faktörlerden biri de kullanılan ışık cihazıdır.<sup>62</sup> Günümüzde kliniklerde yaygın olarak QTH ve LED ışık cihazları kullanılmaktadır ve iki cihazın etkinliğini karşılaştırmaya yönelik

çalışmaların sonuçları tartışmalıdır.<sup>10,49,51,65-72</sup> Yaşamları boyunca sabit çıkış gücüne sahip olmaları, ışık üretimi sırasında ısı oluşturmamaları gibi avantajları sebebiyle sunulan çalışmada örneklerin polimerizasyonu için LED ışık cihazı kullanıldı.

Işık cihazlarının polimerizasyon oluşumundaki performansları yaydıkları ışığın yoğunluğuna bağlıdır. Price ve arkadaşlarının<sup>16</sup> yaptıkları çalışmada 2 mm kalınlığındaki kompozit rezinin yeterli polimerizasyonu için gereken ışık yoğunluğunun en az 600 mW/cm<sup>2</sup>, Rueggeberg ve arkadaşlarının<sup>17</sup> yaptıkları çalışmada ise 400 mW/cm<sup>2</sup> olması gerektiği bildirilmiştir. Son dönemlerde ışık yoğunluğu 1500 mW/cm<sup>2</sup>' ye kadar arttırılmış LED cihazları piyasaya sürülmüştür. Yeni nesil LED cihazlarının yüksek ışık yoğunlukları ile kompozit rezinlerin polimerizasyonunu geliştirdikleri ileri sürülmektedir.<sup>71,73</sup> Rahiotis ve arkadaşlarının<sup>73</sup> yaptıkları çalışmada yüksek yoğunluklu LED cihazının düşük yoğunluklu LED cihazına göre daha iyi karbon çift bağ dönüşümüne yol açtığı ve kompozit rezinin fiziksel özelliklerinin daha başarılı olduğu bildirilmiştir. Sunulan bu çalışmada kullanılan LED ışık cihazının yoğunluğu 1500 mW/cm<sup>2</sup>' dir ve önceki çalışmalarda bildirilen yeterli polimerizasyon için gereken yoğunluğa sahiptir.

Kompozit rezinin polimerizasyon kalitesini belirleyen diğer önemli faktör ışık uygulama süresidir. 2 mm kalınlığındaki kompozit rezinin yeterli polimerizasyonu için en az 20 s ışık uygulanması gerektiği rapor edilmiştir.<sup>6,18,20-23,25,26,45</sup> Bu çalışmada kullanılan kompozit rezinler için üretici firmaların önerdiği ışık uygulama süreleri Quixfil™, X-tra fil ve X-tra base için en az 10 s, diğer kompozit rezinler için en az 20 s' dir. Bu bilgilere dayanarak ve gruplar arasında standart oluşturmak amacıyla tüm

kompozit rezin örneklerine 20 s ışık uygulandı. Quixfil™, X-tra fil ve X-tra base kompozit rezinlere üretici firmalarının önerdiğinden daha fazla sürede ışık uygulanmış oldu. David ve arkadaşlarının<sup>74</sup> yaptıkları çalışmada ışık uygulama süresi 20 s' den 40 s' ye çıkarıldığında kompozit rezinin yüzey sertlik değerinde artış görüldüğü bildirilmiştir. Çalışmada kullanılan kütleli yerleştirilebilen posterior kompozit rezinler içinde Quixfil™ ve X-tra fil' in, akışkan kompozit rezinler içinde ise X-tra base' in en sert materyaller olmalarının, ışık uygulama süresinin gerekenden fazla olması ile ilgili olabileceği düşünülse de konunun ileri araştırmalarla aydınlatılması gerekmektedir.

Rezinin polimerizasyonunda sadece ışık yoğunluğu, modu, zamanı gibi bireysel parametrelerin etkili olmadığı, ışık cihazının toplam enerji yoğunluğunun da önemli olduğu ileri sürülmektedir.<sup>50,66</sup> Rezine iletilen toplam enerji yoğunluğunun, ışık yoğunluğu ve ışık uygulama süresinin çarpımı ile elde edildiği ve 2 mm kalınlığındaki kompozit rezinin polimerizasyonu için gereken minimum enerji yoğunluğunun 21-24 J/cm<sup>2</sup> olduğu bildirilmiştir.<sup>50</sup> Bu çalışmada 1500 mW/cm<sup>2</sup> yoğunluğundaki LED ışık cihazının 20 s kullanılması ile her bir örneğe 30 J/cm<sup>2</sup> yoğunluğunda enerji iletildi.

Kompozit rezinlerin başarılı polimerizasyonunu sağlamak için ışık cihazının kompozit rezine mümkün olan en yakın mesafede tutulması önerilmektedir.<sup>54,75</sup> Resin monomerlerin aktivasyonu için gereken ışık yoğunluğu, ışık ucu ve resin arasındaki mesafeden etkilenmektedir. Yoğunluk mesafenin karesi ile azalmaktadır. İdeal olan ışık ucunun restorasyon yüzeyi ile direkt kontakta olmasıdır.<sup>54,75,76</sup> Klinik koşullar düşünüldüğünde ışık ucunun polimerizasyon süresince kompozit rezine

tümüyle yaklaştırılması kavitenin şekli, dişin arktaki konumu gibi sebeplerle her zaman mümkün olmamaktadır. Tipik bir Sınıf II kavitenin gingival tabanı ile ışık ucu arasındaki mesafe 7 mm' dir.<sup>54,75,77</sup> Araştırmacılar, derin kavitelere en yüksek tüberkül tepesi ile kavite tabanı arasındaki mesafenin 8 mm' ye kadar ulaşabileceğini ileri sürmektedir.<sup>53,78,79</sup>

Işık enerjisi kompozit rezine ulaşıncaya kadar havada katettiği mesafe boyunca absorbe edilmektedir ve derin kavitelelerin tabanına ulaştığında yoğunluğu ciddi oranda düşüş göstermektedir.<sup>53,54,79-</sup>  
<sup>81</sup> Işık ucunun kompozit rezin ile kontakta tutulması yerine 7 mm uzakta tutulması durumunda kompozit rezin yüzeyindeki ışık yoğunluğunun 1/3 oranında azaldığı bildirilmiştir.<sup>78</sup> Price ve arkadaşları,<sup>75</sup> ışık ucu ile kompozit rezin arasındaki mesafe 2 mm' den 9 mm' ye çıkarıldığında Bluephase 16i ışık cihazının irradyansında % 68, Demi ışık cihazının irradyansında % 52 ve Fusion ışık cihazının irradyansında % 35 azalma olduğunu rapor etmişlerdir.

Kompozit rezine ulaşan ışık enerjisinin gerektiğinden daha düşük yoğunlukta olması, polimerizasyon derecesinin de daha düşük olmasına yol açacaktır. Bu durum postoperatif hassasiyet, boyanma, diş ve restorasyon arasında zayıf adezyon, mikrosızıntı ve sekonder çürük oluşumuna ortam hazırlayacaktır.<sup>53,54</sup> Işık ucu ile kompozit rezin arasındaki mesafe arttıkça ışık yoğunluğunun, mikrosertliğin ve polimerizasyon derecesinin azaldığını gösteren birçok çalışma bulunmaktadır.<sup>53,54,76-79,82-86</sup> Sunulan bu çalışmada cihazdan çıkan ışığın yoğunluğundaki azalmayı en aza indirmek amacıyla ışık ucu ile kompozit rezin arasındaki mesafenin 0 mm olmasına karar verildi. Işık cihazının ucu

kompozit rezine direkt temasta, sabit şekilde ve sürede uygulanarak tüm örneklerin aynı miktarda ışık enerjisine maruz kalması sağlandı.

Polimerizasyon derecesi, direkt ve indirekt tekniklerle ölçülebilmektedir.<sup>9,12</sup> Direkt teknikler karmaşık, pahalı ve zaman alıcı uygulamalardır. Bunlardan biri olan FTIR yönteminde, örnekler test aleti tarafından tahrip edildiği için ileri araştırmalar yapmak mümkün değildir.<sup>13</sup> İndirekt tekniklerden yüzey sertlik ölçümünün FTIR ile iyi korelasyon gösterdiği ve polimerizasyon derinliğini daha hassas yansıttığı bildirilmiştir.<sup>9,12,13</sup> Sertlik testi, basitliği ve çoklu ölçümler yapılabilmesi için tercih edilmektedir.<sup>14</sup> Rueggeberg ve Craig,<sup>13</sup> sertlik ölçümü ile polimerizasyon derecesi belirlemenin FTIR' den daha hassas değerler verdiğini bildirmişlerdir.

Yüzey sertlik ölçümü ile polimerizasyon derecesinin belirlenmesinde kompozit rezinin alt yüzey sertlik değerinin üst yüzey sertlik değerine oranı esas alınmaktadır. Teorik olarak polimerizasyonun başarılı kabul edilmesi için kompozit rezinin alt yüzey sertliği üst yüzey sertliğinin en az % 80' i olmalıdır.<sup>10,15,54,65,87</sup> Oran 1 ise polimerizasyonun tamamen etkili olduğu, 0,8 civarında ise yeterli kabul edilebileceği bildirilmiştir.<sup>88,89</sup> Oran % 80 ise polimerizasyon derecesinin % 90 olduğu ileri sürülmüştür.<sup>54</sup> de Jong ve arkadaşları,<sup>87</sup> % 80 değerinin sadece önceki çalışmalarla karşılaştırmayı kolaylaştırdığını ve % 100 polimerizasyonun hedeflenmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada kullanılan kompozit rezinlerin alt yüzey sertlik değerleri üst yüzey sertlik değerlerine bölünerek polimerizasyon dereceleri belirlendi. Çalışmanın sonucunda SonicFill™, X-tra fil, SureFil® SDR® flow, Venus® Bulk Fill ve X-tra Base kompozit rezinlerin sertlik oranları % 80' den büyük bulundu ve 4 mm kalınlığında tek tabaka halinde kullanım için uygun polimerizasyon sağlayabilecekleri düşünüldü. Quixfil™ ve Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezinlerin sertlik oranları ise % 80' den küçük bulundu ve bu test sonucuna göre 4 mm kalınlığında tek tabaka halinde kullanım için uygun polimerizasyon sağlayamayacakları görüşüne varıldı.

Polimerizasyon derecesinin belirlenmesinde, yüzey sertliğinin FTIR ile gösterdiği korelasyonun her kompozit rezinin kendisine özgü olduğu ve sertlik ölçümünün farklı kompozit rezinler arasında polimerizasyon derecesini karşılaştırmak için kullanılamayacağı bildirilmiştir.<sup>54,55,90,91</sup> Sunulan çalışmada kullanılan kompozit rezinler farklı kimyasal içeriğe sahip olduklarından sertlik ölçümü ile polimerizasyon derecesinin belirlenmesi her kompozit rezin için ayrı ayrı yapıldı. Kompozit rezinlerin polimerizasyon dereceleri birbirleri ile karşılaştırılmadı.

Kompozit rezinlerin yüzey sertlik ölçümleri ile ilgili yapılan çalışmalarda sıklıkla Knoop ve Vickers sertlik testlerinin kullanıldığı ve bu iki yöntem arasında yüksek korelasyon olduğu rapor edilmiştir.<sup>92,93</sup> Vickers sertlik cihazlarında uygulanan kuvvet 10 g' den 5 kg' ye kadar çıkabilmektedir. Vickers sertlik ölçüm cihazı ile 200 g ve 10 kg kuvvet uygulandığında ölçülen sertlik değerleri arasında güçlü bir korelasyon olduğu bildirilmiştir.<sup>94</sup> Bu çalışmada test örneklerinin alt ve üst yüzey sertlikleri Vickers sertlik cihazı ile 100 g kuvvetin 10 s uygulanmasıyla ölçüldü.

Hekimler ve hastalar tarafından estetik beklentisinin artması ile firmalar daha doğal görüntü elde etmek için geniş renk çeşitliliğine sahip kompozit rezinler üretmeye başlamışlardır. Ancak profesyoneller bu renk çeşitliliğinin materyalin mekanik özelliklerini etkilemesi konusunda kaygılıdır. Rezin bazlı kompozitlerin renginin ve translüsentliğinin ışığın iletimini, polimerizasyon derecesini ve sertliği etkilediği ileri sürülmektedir.<sup>38,59,95</sup>

Kompozit rezinlerin farklı renklerini elde etmek amacıyla  $TiO_2$  ve alüminyum dioksit ( $AlO_2$ ) pigmentleri organik matrikse katılmaktadır. Restoratif materyale renk sağlayan pigmentlerin, kompozit rezin boyunca geçen ışığı absorbe edebilecekleri ve sertleşmeye zarar verebilecekleri ileri sürülmektedir. Bu görüşe göre pigmentler belirli ışık dalgaboyları için seçici filtreler olarak görev yapmaktadırlar.<sup>50,59,95,96</sup>

Yapılan çalışmalarda koyu rengin, ışığın kompozit rezin boyunca geçişini negatif yönde etkilediği ve açık renkli kompozit rezinlerin anlamlı düzeyde yüksek sertlik gösterdiği bildirilmiştir.<sup>95-97</sup> Koyu renkli kompozit rezin kütlesi boyunca iletilen ışık miktarındaki azalmanın sebebi opasitedir. Opak renkler ışığın kompozit rezin kütlesine penetre olma kapasitesini azaltmaktadır.<sup>97</sup> Araştırmacılar koyu renkli kompozit rezinlerin polimerizasyon derecelerini arttırmak ve mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla daha ince tabakalar halinde yerleştirilmelerini, daha uzun süre ya da daha yüksek yoğunlukta ışık uygulanmasını önermektedir.<sup>95-97</sup>

Lazarchik ve arkadaşlarının<sup>98</sup> kompozit rezin renginin kütsel ve tabakalı teknik üzerindeki etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında tabakalı teknikte kompozit rezin renginin sertliği etkilemediği, kütsel teknikte ise koyu rengin açık renkten daha az sert bulunduğu bildirilmiştir.

Martins ve arkadaşları<sup>99</sup> ise yaptıkları çalışmada kompozit rezinin farklı renklerinin sertlik üzerinde fark oluşturmadığını ileri sürmüşlerdir. Jeong ve arkadaşları<sup>100</sup> yaptıkları çalışmanın sonucunda kompozit rezin renginin mikrosertlik üzerinde minimal etkiye sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılara göre restorasyonlar için renk seçiminde sadece dişe en yakın renk tercih edilmeli, rengin polimerizasyon derecesine etkileri hakkında kaygı duyulmamalıdır.<sup>99,100</sup>

Kompozit rezinin translüsent olması yerleştirildiği dişe benzer renk göstermesini sağlamakta ve bu özellik “bukalemun etkisi” olarak adlandırılmaktadır.<sup>97</sup> Benzer kompozisyondaki kompozit rezinler daha fazla ya da az translüsent olduklarında farklı sertlik değerleri sunabilmektedirler. Daha translüsent materyal daha iyi ışık iletimine izin vermekte, bu da daha iyi polimerizasyon derecesi ve sertlikle sonuçlanmaktadır. Translüsentliği yüksek olan rezinde alt ve üst yüzeyler arasındaki sertlik farkı daha düşüktür. Koyu renklerde azalmış translüsentlik nedeniyle ışık iletimi azalmıştır.<sup>38</sup>

Translüsentliğin, materyalin polimerizasyonunda etkin rol oynadığını iddia edilse de Aguir ve arkadaşları<sup>88</sup> ve Anfe ve arkadaşları<sup>38</sup> kompozit rezinin translüsentliğinin yüzey sertliğinde etkili faktör olmadığını görüşündedir.

Sunulan çalışmada kullanılan SonicFill™ ve Tetric EvoCeram Bulk Fill renk seçeneklerine sahip kompozit rezinlerdir. Diğer ürünler ise translüsent materyallerdir ve renk seçenekleri bulunmamaktadır. Kompozit rezinlerin renkleri arasında standart oluşturmak amacıyla SonicFill™ kompozit rezinin A2, Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezinin IVA (A2-A3) rengi çalışmaya dahil edildi. Yüzey sertlik değerlerine bakıldığında kütleli yerleştirilebilen posterior kompozit rezinler içinde en yüksek sertliği translüsent olan X-tra fil ve Quixfil™ kompozit rezinlerin verdiği, A2 rengindeki SonicFill™ ve Tetric EvoCeram Bulk Fill' in onları takip ettiği görüldü. X-tra fil ve Quixfil™ kompozit rezinlerin yüksek sertlik değerlerinin translüsent olmaları ile ilişkili olabileceği görüşünün yapılacak ileri çalışmalarla kanıtlanması gerekmektedir.

Işıkla sertleşen kompozit rezinlerin polimerizasyon reaksiyonu ışık uygulaması bittiğinde de devam etmekte ve ışık uygulaması sonrası polimerizasyon derecesi kademeli olarak artış göstermektedir.<sup>101</sup> Işık uygulaması bittiğinde kompozit rezinin polimerizasyon derecesi % 40-70' lere ulaşmıştır.<sup>102</sup> Halvorson ve arkadaşlarının<sup>103</sup> kompozit rezinlerin ışık uygulamasından sonraki 5. dk ve 24. saatteki polimerizasyon derecelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında polimerizasyon derecesinin zamanla % 19-26 oranında artış gösterdiği bildirilmiştir.

Polimerizasyon derecesinin yanı sıra mikrosertlik değerleri de ışık uygulamasından sonra gelişmeye devam etmektedir.<sup>102</sup> Bu nedenle ışık uygulamasından hemen sonra yapılan sertlik ölçümünün materyalin gerçek sertliğini ifade etmediği ileri sürülmektedir.<sup>87,104</sup> Doğru sertlik

ölçümü için ışık uygulama sonrasında 24 saat beklenmesi gerektiği rapor edilmiştir.<sup>14,77,92,101,105</sup>

Sunulan bu çalışmada örnekler polimerizasyonlarını tamamlamaları amacıyla ışık uygulamasından sonra 37 °C kuru, karanlık ortamda 24 saat bekletildi. 24 saatin sonunda örneklerin alt ve üst yüzeylerinin sertlik ölçümleri yapılarak tekrar 37 °C kuru, karanlık ortama yerleştirildi ve ışık uygulamasının üzerinden 1 hafta geçinceye kadar bekletildi. 1 hafta sonunda sertlik ölçümleri tekrarlandı. 24. saat ve 1. haftada yapılan sertlik ölçümleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Bu sonuçlar gözönüne alındığında sertlik ölçümü için kompozit rezinlerin 24 saat bekletilmesinin yeterli olduğu görüşünün çalışmamızca desteklendiği söylenebilir.

Mikrosertlik ölçümünü etkileyen faktörlerden biri de oksijen inhibisyon tabakasıdır.<sup>106</sup> Kompozit rezinlerin ışık uygulanan yüzeyinde bulunan serbest radikallerin oksijenle temasları halinde reaksiyona girmek için monomer yerine oksijeni tercih etmeleriyle polimerizasyon reaksiyonu inhibe olmaktadır ve kompozit rezinin yüzeyinde 50 µm civarında “oksijen inhibisyon tabakası” adı verilen artık monomer tabakası oluşmaktadır.<sup>107,108</sup> Kompozit rezinin üst tabakası oksijen inhibisyon tabakası sebebiyle daha az polimerizedir, sertleşen materyal kütesinden daha zayıftır ve daha düşük sertlik değerine sahiptir. Araştırmacılar ışıkla sertleştirme sonrası herhangi bir işlem uygulanmayan yüzeydeki rezinden zengin tabakaya yapılan sertlik testinin kompozit rezinin tümünün sertliğini yansıtmayacağını bildirmişlerdir. Etkili polimerizasyon sağlamak için oksijen inhibisyon tabakasının bitirme ve polisaj işlemleri ile uzaklaştırılması gerekmektedir.<sup>109-112</sup>

Restorasyonların yüzeyine uygulanan bitirme ve polisaj işlemleri, restorasyonların estetik ve uzun ömürlü olmasında kritik öneme sahip klinik basamaklardır.<sup>113,114</sup> Restorasyon yüzeyindeki pürüzlülük plak retansiyonunu etkileyebilir, boyanma, gingival enflamasyon ve sekonder çürükle sonuçlanabilir.<sup>114,115</sup> Bitirme işlemi, restorasyona ideal anatomik özellikleri vermek amacıyla tüm yüzeylerin şekillendirilmesidir. Polisaj ise bitirme enstrümanlarının oluşturduğu pürüzlülüğün ve çiziklerin giderilmesidir.<sup>114,116</sup>

Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili yapılan çalışmalarda şeffaf bantın en düzgün yüzeyi sunmasına rağmen oluşan organik rezin tabakasının bitirme-polisaj işlemleri ile kaldırılması ve daha sert, aşınmaya dirençli, estetik yüzey oluşturulması gerektiği bildirilmiştir.<sup>116,117</sup> Sertlik değerinin polisaj işlemi uygulandıktan sonra % 25 oranında arttığı rapor edilmiştir.<sup>64</sup>

Polisaj işleminin ne zaman yapılması gerektiği ise tartışmalı bir konudur. Bazı üreticiler bitirme ve polisaj işleminin ışık uygulamasından hemen sonra yapılmasını önerirken, bazı araştırmacılar polisaj işlemi için polimerizasyonunun tamamlanması gerektiğini bildirmişlerdir. Bitirme-polisaj işlemleri fotopolimerizasyondan hemen sonra yapıldığında işlem sırasında oluşan ısı sebebiyle tam olgunlaşmamış kompozit rezin çok daha kolay plastik deformasyona uğrayacak ve sonuçta daha düşük sertlik değeri verecektir. Bitirme zamanının ertelenmesi kompozit rezinin ısının zararlı etkilerinden daha az etkilenmesini sağlayacaktır.<sup>105,114,118,119</sup>

Bu görüşün tersini savunanlara göre ise, hemen yapılan bitirme ve polisaj işlemlerinin yarattığı termal travma kompozit rezinin akmasına ve marjinlerdeki boşlukların kompozit rezinle dolmasına yol açacak, böylece daha iyi kenar kapaması sağlanacaktır. Yayınlanan çoğu çalışmada restorasyona ışık uygulanmasından hemen sonra yapılan polisaj işleminin kompozit rezinin özellikleri üzerinde negatif etki oluşturmadığı rapor edilmiştir.<sup>105,109,114,119</sup> Araştırmacılar hemen yapılan polisaj işleminin klinik randevu sayısını azalttığı için hem hekim hem hasta açısından daha konforlu olacağı görüşündedir.

Bitirme ve polisaj sistemleri; frezler, lastikler, diskler, silikon karbid fırçalar, cilalar, stripler gibi birçok seçenekten oluşmaktadır.<sup>114,115,120</sup> Çoğu araştırmacı esnek Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> emdirilmiş disklerin doldurucu partikülü ve matriksi eşit oranda keserek kompozit rezin yüzeyinde en düşük pürüzlülüğü sağlayan enstrümanlar olduğunu kabul etmektedir.<sup>114,115,119,121,122</sup> Her abraziv materyale harcanan zaman, abrazivin aşındırılan yüzeye uyumu, uygulanan basıncın miktarı gibi faktörler polisaj işleminin sonucunu etkilemektedir.<sup>116</sup>

Bu çalışmada oksijen inhibisyon tabakasının sertlik değerlerini etkilemesini önlemek amacıyla kompozit rezin örneklerin ışık uygulanan yüzeylerine ışık uygulamasından hemen sonra Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> emdirilmiş diskler (Sof-lex, 3M™ ESPE™) ile 4 aşamalı bitirme ve polisaj işlemleri yapıldı. Her kompozit rezin örneğin üst yüzeyine 10' ar s süreyle kalın, orta, ince ve çok ince grenli diskler sıra ile birbirini takip ederek uygulandı. Diskler her örnekte değiştirildi. Bitirme ve polisaj işlemi biten kompozit rezin örnekler 37 °C kuru, karanlık ortamda 24 saat bekletilerek polimerizasyonlarının tamamlanması sağlandı.

Kompozit rezinlerde kullanılan inorganik doldurucu içeriğın kompozit rezinlerin mekanik ve fiziksel özellikleri ile kuvvetli ilişkide olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir.<sup>123-125</sup> Farklı kompozit rezinlerle yapılan çalışmalarda görölen polimerizasyon derinlikleri ve yüzey sertlik değerlerindeki farklılıklar matriks ve doldurucuların çeşitliliğine bağlanmıştır.<sup>15,55,92,126</sup> Kompozit rezinlerin doldurucu içerikleri ve sertlik değerleri arasında pozitif korelasyon olduğu bildirilmiştir.<sup>127</sup>

Doldurucu partiküllerin miktarı ve boyutu kompozit rezinin özelliklerini etkileyen faktörlerdendir.<sup>59,123</sup> Birçok araştırmacıya göre küçük boyutlu doldurucu partikül içeren rezin bazlı kompoziti sertleştirmek geniş boyutlu doldurucu partikül içereene göre daha zordur. Küçük partiküllerin ışığın daha fazla saçılmasına yol açarak kompozit rezin içine penetre olmasını zorlaştırdığı ve küçük partiküllü rezinlerin sertleşmesi için daha yüksek yoğunlukta ya da daha uzun sürede ışık uygulanması gerektiği bildirilmiştir.<sup>58,59,65,123</sup>

Fujita ve arkadaşlarının<sup>128</sup> yaptıkları çalışmada ise doldurucu partikül boyutundaki artış, ışık iletiminin azalmasına yol açmış, bunun sonucu olarak da polimerizasyon derinliği ve yüzey sertlik değeri düşmüştür. Araştırmacılar polimerizasyon derecesini arttırmak için doldurucuların partikül boyutunun düşürölmesi gerektiği görüşündedir.

Bu çalışmada kullanılan kompozit rezinler sahip oldukları doldurucu partiküllerin boyutuna göre büyükten küçüğe doğru Quixfil™, Tetric EvoCeram Bulk Fill ve SureFil® SDR® flow, Venus® Bulk Fill şeklinde sıralanmaktadır. X-tra fil, X-tra base ve SonicFill™' in doldurucu boyutları

firma tarafından bildirilmemiştir. Kompozit rezinler sertlik değerlerine göre sıralandığında kütleli yerleştirilebilen posterior kompozit rezinlerde en sert X-tra fil, ardından Quixfil™, SonicFill™, Tetric EvoCeram Bulk Fill, kütleli yerleştirilebilen akışkan kompozit rezinlerde ise en sert X-tra base, ardından SureFil® SDR® flow ve Venus® Bulk Fill bulundu. Doldurucu partikül boyutu bilinen kompozit rezinler arasında değerlendirme yapıldığında partikül boyutu büyük olan kompozit rezinin daha yüksek sertlik değeri verdiği görüldü. Bu tez çalışmasının sonuçları, doldurucu partikül boyutu büyüklüğünün yüzey sertlik değeri ile doğru orantılı olduğunu söyleyen araştırmacıların sonuçları ile paralellik göstermiştir.

Kompozit rezin materyalin içeriğinin mikromekanik özellikler üzerindeki etkisinin ışık uygulama süresinden, kompozit rezinin kalınlığından ya da ışık cihazından daha fazla olduğu ileri sürülmektedir. Bu etki sadece doldurucunun boyutundan değil materyallerin farklı doldurucu yüklemesinden de kaynaklanmaktadır. Yapılan birçok çalışmada hacim ve ağırlık bakımından doldurucu yüklemesi fazla olan kompozit rezinlerin daha yüksek sertlik ve polimerizasyon derinliği gösterdiği bildirilmiştir.<sup>18,105,125,126,129</sup>

Akışkan kompozit rezinler azalmış doldurucu yüklemesi ve azalmış viskozite ile karakterizedir.<sup>54</sup> Bu çalışmada kullanılan kütleli yerleştirilebilen akışkan kompozit rezinlerde doldurucu yükleme oranları ve yüzey sertlik değerleri, kütleli yerleştirilebilen posterior kompozit rezinlerden belirgin olarak daha düşük bulundu. Çalışmada kullanılan kütleli yerleştirilebilen akışkan kompozit rezinler arasında doldurucu yüklemesi en fazla olan X-tra base' in hem üst hem alt yüzeyde en sert materyal olduğu görüldü. Ardından SureFil® SDR® flow ve Venus® Bulk Fill'

in geldiği belirlendi. Kütlesel yerleştirilebilen üç akışkan kompozit rezin için sertlik sıralaması, doldurucu içerikleri ile orantılı bulundu.

Çalışmada kullanılan kütlesel yerleştirilebilen posterior kompozit rezinler arasında en yüksek doldurucu içeriğe sahip olan X-tra fil, hem üst hem alt yüzeyde en yüksek sertlik değerini verdi. X-tra fil' i sırayla Quixfil™, SonicFill™ ve Tetric EvoCeram Bulk Fill takip etti. Kütlesel yerleştirilebilen dört posterior kompozit rezin için sertlik sıralaması doldurucu içerikleri ile orantılı bulundu. X-tra fil ve Quixfil™ kompozit rezinlerin doldurucu içerikleri ağırlık bakımından aynı olmasına rağmen (% 86), X-tra fil hacim bakımından daha fazla doldurucu içermektedir (% 70,1) ve Quixfil™' den (% 66) daha sert yüzey sunmuştur. Quixfil™ ve SonicFill™ kompozit rezinlerin doldurucu içerikleri hacim bakımından aynı olmasına rağmen (% 66), Quixfil™ ağırlık bakımından daha fazla doldurucu içermektedir (% 86) ve SonicFill™' den (% 83,5) daha sert yüzey sunmuştur. Sonuçlar yüzey sertliğinin doldurucu yüklemesi ile doğru orantılı olduğunu savunan çalışmalarla paralellik göstermiştir.

Çalışmada kullanılan kompozit rezinlerin yüzey sertlik değerlerinin sıralaması, polimerizasyon derecelerinin sıralaması ile paralellik göstermemiştir. Quixfil™ ve Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit rezinler yüksek sertlik değerleri sunmalarına rağmen, polimerizasyon derecesi açısından başarılı bulunmamışlardır. Bu durumun kompozit kütlesi boyunca iletilen ışık miktarında sadece kompozit rezinlerin sahip oldukları inorganik doldurucuların şeklinin, boyutunun, opasitesinin, dağılımının değil ayrıca kompozit rezinlerin sahip oldukları organik matriksin, başlatıcı sistemin, CQ ve amin konsantrasyonlarının, aminin moleküler yapısının, monomer polimerizasyonunu başlatacak radikallerin

reaktivitesinin ve doldurucu partikülleri arasındaki boşlukların da etkili olmasına bağlanabileceği düşünülmektedir.<sup>15,33,74,125,126,130</sup> Ürünler hakkında bu kadar detaylı bilgiye ulaşmak firmaların açıklamaları ile mümkün olmamaktadır. Bu nedenle sunulan çalışmada kullanılan kompozit rezinlerin bu konularda kıyaslaması yapılamamıştır.

Kompozit rezinlerin başarısını etkileyen önemli faktörlerden biri olan polimerizasyon derecesinin değerlendirildiği bu çalışmanın sonuçlarına göre kütleli yerleştirilebilen kompozit rezinlerin (SonicFill™, X-tra fil, SureFil® SDR® flow, Venus® Bulk Fill ve X-tra base), 4 mm kalınlığında tek tabaka halinde uygulanmasının yeterli polimerizasyonu sağladığı saptanmıştır. Polimerizasyondaki bu başarı, süt ve daimi dişlerde derin kavitelere kompozit rezinlerin tek tabaka halinde uygulanmasına imkan vermektedir. Derin kavitelere kompozit rezinlerin kütleli yerleştirilmesi ile tedavi süresinin kısalmasının alanımızda kolaylık sağlayacağı düşüncesindeyiz.

## 6. SONUÇ

Üretici firmaların 4-6 mm kalınlığında tek tabaka halinde kaviteye yerleştirilip ışık uygulanması ile yeterli polimerizasyonun sağlanabileceğini iddia ettikleri kütleli yerleştirilebilen kompozit rezinlerin 4 mm kalınlığındaki polimerizasyon derecelerinin Vickers sertlik ölçümü ile indirekt olarak değerlendirildiği bu çalışmanın sonuçlarına göre;

- 1- Alt yüzey sertlik değerinin üst yüzey sertlik değerine oranının % 80 ve üzerinde olması ile polimerizasyonunun yeterli olduğu kabul edilen kompozit rezinlerin SonicFill™, X-tra fil, SureFil® SDR® flow, Venus® Bulk Fill ve X-tra base olduğu, Quixfil™ ve Tetric EvoCeram Bulk Fill' in ise % 80 oranını sağlayamadıkları ve yeterli polimerizasyon gösteremedikleri,
- 2- Kompozit rezinlerin ışıkla sertleştirilmelerinden sonraki 24. saatte ve 7. günde ölçülen sertlik değerleri ve polimerizasyon dereceleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmediği sonucuna varıldı.

Kompozit rezinlerin başarısını etkileyen önemli faktörlerden biri olan polimerizasyon derecesinin değerlendirildiği bu çalışmanın sonuçlarına göre kütleli yerleştirilebilen kompozit rezinlerin (SonicFill™, X-tra fil, SureFil® SDR® flow, Venus® Bulk Fill ve X-tra base), 4 mm kalınlığında tek tabaka halinde uygulanmasının yeterli polimerizasyonu sağladığı saptanmıştır. Polimerizasyondaki bu başarı, süt ve daimi

dişlerde derin kavitelere kompozit rezinlerin tek tabaka halinde uygulanmasına imkan vermektedir. Derin kavitelere kompozit rezinlerin kütleli yerleştirilmesi ile tedavi süresinin kısalmasının alanımızda kolaylık sağlayacağı düşüncesindeyiz.

## 7. ÖZET

### KÜTLESEL YERLEŞTİRİLEBİLEN KOMPOZİT REZİNLERİN POLİMERİZASYON DERECELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmanın amacı kütlesel yerleştirilebilen 7 farklı kompozit rezinin polimerizasyon derecelerini belirlemektir. Quixfil™, SonicFill™, Tetric EvoCeram Bulk Fill, X-tra fil, SureFil® SDR® flow, Venus® Bulk Fill ve X-tra base kompozit rezinlerden 5 mm çapında ve 4 mm kalınlığında disk Şeklinde örnekler hazırlandı ve LED cihazı ile 20 s ışık uygulandı. Örneklerin ışık uygulanan yüzeylerine Sof-Lex diskler ile polisaj yapıldı ve 37° C kuru, karanlık ortamda 24 saat bekletildi. 24 saatin sonunda örneklerin alt ve üst yüzeylerinden Vickers sertlik cihazı ile 5' er ölçüm yapıldı. Örnekler tekrar 37° C kuru, karanlık ortama yerleştirildi ve 7 gün bekletildi. Mikrosertlik ölçümleri 7 günün sonunda tekrarlandı. Her örneğin alt ve üst yüzey Vickers sertlik değerlerinin ortalamaları hesaplandı. Alt yüzey sertlik değeri üst yüzey sertlik değerine bölündü ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildi. Alt/üst Vickers sertlik oranının minimum 0,8 olduğu SonicFill™, X-tra fil, SureFil® SDR® flow, Venus® Bulk Fill ve X-tra base kompozit rezinler polimerizasyon derecesi açısından başarılı bulundu. 1. ve 7. günlerdeki sertlik değerleri ve polimerizasyon dereceleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmedi.

**Anahtar Kelimeler:** Kompozit rezin, polimerizasyon derecesi, kütlesel yerleŐtirme, sertlik.

## 8. SUMMARY

### EVALUATION THE DEGREE OF POLYMERIZATION OF BULK FILL COMPOSITE RESINS

The purpose of this study was to determine the degree of polymerization of seven different brand bulk fill composites. Disk specimens 5 mm in diameter and 4 mm thick were prepared from 7 bulk fill composites (Quixfil™, SonicFill™, Tetric EvoCeram Bulk Fill, X-tra fil, SureFil® SDR® flow, Venus® Bulk Fill ve X-tra base). The specimens were cured by LED light curing unit for 20 sec. Light-activated surfaces were polished with Sof-Lex discs. Specimens were stored at 37°C dry in the dark for 24 hours. A hardness tester was used to obtain 5 measurements of Vickers hardness number for each surface (top and bottom) of each specimen. After that specimens were stored at 37°C dry in the dark for 7 days. Microhardness measurements were repeated for all specimens after 7 days. Mean Vickers hardness numbers of the top and bottom surfaces of each specimen were calculated. Relative hardness was calculated as the Vickers hardness number of the bottom surface divided by the Vickers hardness number of the top surface. The measurement results were evaluated statistically. Using a minimum Vickers hardness ratio of 0,8 bottom/top, SonicFill™, X-tra fil, SureFil® SDR® flow, Venus® Bulk Fill and X-tra base achieved in degree of polymerization. The hardness value and degree of polymerization was not statistically significant at days 1 and 7.

**Key words:** Composite resin, degree of polymerization, bulk fill, hardness.

## 9. KAYNAKLAR

- 1- Gladwin M, Bagby M, editörler. Clinical aspects of dental materials. Theory, practice, and cases. 3. Basım. Çin: Lippincott Williams & Wilkins; 2009. 55-73.
- 2- McCabe JF. Diş hekimliği maddeler bilgisi. Nayır E (Çev), 7. Basım, İstanbul, İÜ Basımevi ve Film merkezi, 1999.
- 3- Ünlü N, Çetin AR. Kompozit rezin materyallerin içeriklerindeki yeni gelişmeler. Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2008; 14: 156-167.
- 4- Altun C. Kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeler. Gülhane Tıp Dergisi 2005; 47: 77-82.
- 5- Nalçacı A, Ulusoy N. Farklı polimerizasyon zamanlarının kondanse edilebilir kompozit rezinlerin yüzey sertliği üzerine etkileri. AÜ Diş Hek Fak Derg 2005; 32: 79-84.
- 6- O'Brien WJ. Dental materials and their selection. 3. Basım. Kanada: Quintessence Publishing Co, Inc; 2002.
- 7- Altun C. Restoratif dişhekimliğinde mikrosızıntı. Gülhane Tıp Dergisi 2004; 46: 264-269.
- 8- Bektaş ÖÖ, Siso ŞH, Eren D. Işık kaynakları, polimerizasyon ve klinik uygulamalar. EÜ Dişhek Fak Derg 2006; 27: 117-124.
- 9- Bala O, Ölmez A, Kalaycı Ş. Effect of LED and halogen light on polymerization of resin-based composites. J Oral Rehabil 2005; 32: 134-140.
- 10- Santos MJMC, Passos SP, Encarnacao MOL, Santos Junior GC, Bottino MA. Hardening of a dual-cure resin cement using QTH and LED curing units. J Appl Oral Sci 2010; 18: 110-115.
- 11- Deliktaş D, Ulusoy N. Farklı ışık cihazlarının hibrit ve nanohibrit kompozit rezinlerin yüzey sertliğine etkisi. AÜ Diş Hek Fak Derg 2006; 33: 1-10.

- 12- Pilo R, Oelgiesser D, Cardash HS. A survey of output intensity and potential for depth of cure among light-curing units in clinical use. *J Dent* 1999; 27: 235-241.
- 13- Rueggeberg FA, Craig RG. Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. *J Dent Res* 1988; 67: 932-937.
- 14- Vandewalle KS, Roberts HW, Rueggeberg FA. Power distribution across the face of different light guides and its effect on composite surface microhardness. *J Esthet Restor Dent* 2008; 20: 108-117.
- 15- Hübbezoğlu İ, Bolayır G, Doğan OM, Doğan A, Özer A, Bek B. Microhardness evaluation of resin composites polymerized by three different light sources. *DMJ* 2007; 26: 845-853.
- 16- Price RB, Murphy DG, Derand T. Light energy transmission through cured resin composite and human dentin. *Quintessence Int* 2000; 31: 659-667.
- 17- Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 1994; 19: 26-32.
- 18- Rencz A, Hickel R, Ilie N. Curing efficiency of modern LED units. *Clin Oral Investig* 2012; 16: 173-179.
- 19- Arıkan S. Posterior kompozit restorasyonlar. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2005; 8: 63-70.
- 20- Powers JM. Composite restorative materials. İçinde: Craig RG, Powers JM, editörler. *Restorative dental materials*. 11. Basım. St. Louis: Mosby Inc; 2002. 231-257.
- 21- Craig RG, Powers JM, Wataha JC. *Dental materials properties and manipulation*. 7. Basım. ABD: Mosby; 2000. 57-78.
- 22- Ferracane JL. *Materials in dentistry. Principles and applications*. 2. Basım. ABD: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. 85-140.

- 23- van Noort R. Introduction to dental materials. 3. Basım. Çin: Mosby Elsevier; 2008. 99-126.
- 24- Rawls HR, Esquivel-Upshaw JF. Restorative resins. İçinde: Anusavice KJ, editör. Phillip's science of dental materials. 11. Basım. Saunders; 2003. 399-437.
- 25- Önal B. Restoratif diş hekimliğinde maddeler ve uygulamaları. 1. Basım. İzmir: Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Yayınları; 2004. 65-106.
- 26- McCabe JF, Walls AWG. Applied Dental Materials. 8. Basım. İngiltere: Cambridge University Press, 2000.
- 27- Müjdecı A, Yeşilyurt A, Gökay O. Kompozit rezinlerin polimerizasyonları esnasında pulpa odasındaki ısı değişimlerinin in vitro değerlendirilmesi. AÜ Diş Hek Fak Derg 2005; 32: 163-169.
- 28- Yücel T, Tarım B, Ulukapı H, Demirci M. Ön bölge dişlerde direkt estetik restorasyonlar. TDBD 2004; 83: 10-22.
- 29- Şahin D, Kapdan A, Ünal M, Hürmüzlü F. Farklı yapıdaki kompozit rezin materyallerinin su emilimi ve suda çözünürlük değerlerinin karşılaştırılması. Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi 2009; 12: 22-28.
- 30- Nalçacı A, Bağış B. Nano-hibrit bir kompozit rezinin yüzey sertliğinin in vitro olarak incelenmesi. AÜ Diş Hek Fak Derg 2005; 32: 91-98.
- 31- Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR™ technology. Dent Mater 2011; 27: 348-355.
- 32- Roggendorf MJ, Kramer N, Appelt A, Naumann M, Frankenberger R. Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite. J Dent 2011; 39: 643-647.
- 33- Burgess J, Cakir D. Comparative properties of low-shrinkage composite resins. Compend Contin Educ Dent 2010; 31: 10-15.

- 34- van der Vyver P. Clinical application of a new flowable base material for direct and indirect restorations. *International Dentistry SA* 2010; 12: 18-26.
- 35- Salerno M, Derchi G, Thorat S, Ceseracciu L, Ruffilli R, Barone AC. Surface morphology and mechanical properties of new-generation flowable resin composites for dental restoration. *Dent Mater* 2011; 12: 1221-1228.
- 36- Çelik Ç, Özel Y. Rezin restoratif materyallerin polimerizasyonunda kullanılan ışık kaynakları. *ADO Klinik Bilimler Dergisi* 2008; 2: 109-115.
- 37- Dewaele M, Truffier-Boutry D, Devaux J, Leloup G. Volume contraction in photocured dental resins: The shrinkage-conversion relationship revisited. *Dent Mater* 2006; 22: 359-365.
- 38- Anfe TEA, Caneppele TMF, Agra CM, Vieira GF. Microhardness assessment of different commercial brands of resin composites with different degrees of translucence. *Braz Oral Res* 2008; 22: 358-363.
- 39- Heintze SD, Zimmerli B. Relevance of in vitro tests of adhesive and composite dental materials. A review in 3 parts. Part 1: Approval requirements and standardized testing of composite materials according to ISO specifications. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2011; 121: 810-816.
- 40- Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu T-MG, Katsilieri I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. *Oper Dent* 2008; 33: 408-412.
- 41- Bala O, Üçtaşlı MB, Arısu HD. Kompozit rezinlerin polimerizasyon derinliğine farklı renk ve polimerizasyon tekniklerinin etkisi. *GÜ Diş Hek Fak Derg* 2008; 25: 7-14.

- 42- Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J* 1999; 186: 388-391.
- 43- Askeland DR. Malzeme bilimi ve mühendislik malzemeleri Cilt 2. Erdoğan M (Çev), 1. Basım. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım; 1997.
- 44- Taşveren S. İki farklı restoratif materyalin yüzey sertliklerinin karşılaştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2005; 8: 94-97.
- 45- Anusavice KJ. Mechanical properties of dental materials. İçinde: Anusavice KJ, editör. *Phillip's science of dental materials*. 11. Basım. Saunders; 2003. 73-101.
- 46- Hooshmand T, Mahmoodi N, Keshvad A. Microhardness of a resin cement polymerized by light-emitting diode and halogen lights through ceramic. *J Prosthodont* 2009; 18: 411-416.
- 47- Çekiç-Nağaç I, Eğilmez F, Ergun G. The effect of irradiation distance on microhardness of resin composites cured with different light curing units. *Eur J Dent* 2010; 4: 440-446.
- 48- de Camargo EJ, Moreschi E, Baseggio W, Cury JA, Pascotto RC. Composite depth of cure using four polymerization techniques. *J Appl Oral Sci* 2009; 17: 446-450.
- 49- Ceballos L, Fuentes MV, Tafalla H, Martinez A, Flores J, Rodriguez J. Curing effectiveness of resin composites at different exposure times using LED and halogen units. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2009; 14: E51-56.
- 50- Della Bona A, Rosa V, Cecchetti D. Influence of shade and irradiation time on the hardness of composite resins. *Braz Dent J* 2007; 18: 231-234.
- 51- Tsai PC, Meyers IA, Walsh LJ. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. *Dent Mater* 2004; 20: 364-369.

- 52- Cho E, Sadr A, Inai N, Tagami J. Evaluation of resin composite polymerization by three dimensional micro-CT imaging and nanoindentation. *Dent Mater* 2011; 27: 1070-1078.
- 53- de Paula AB, Tango RN, Sinhorette MA, Alves MC, Puppini-Rontani RM. Effect of thickness of indirect restoration and distance from the light-curing unit tip on the hardness of a dual-cured resin cement. *Braz Dent J* 2010; 21: 117-122.
- 54- Zhu S, Platt J. Curing efficiency of three different curing modes at different distances for four composites. *Oper Dent* 2011; 36: 362-371.
- 55- D'Alpino PHP, Bechtold J, dos Santos PJ, Alonso RCB, Hipolito VC, Silikas N, Rodrigues FP. Methacrylate-and silorane-based composite restorations: Hardness, depth of cure and interfacial gap formation as a function of the energy dose. *Dent Mater* 2011; 27: 1162-1169.
- 56- Guiraldo RD, Consani S, Consani RLX, Berger SB, Mendes WB, Sinhorette MAC, Correr-Sobrinho L. Comparison of silorane and methacrylate-based composite resins on the curing light transmission. *Braz Dent J*. 2010; 21: 538-542.
- 57- Aksormuang J, Nakajima M, Foxton RM, Tagami J. Mechanical properties and bond strength of dual-cure resin composites to root canal dentin. *Dent Mater* 2007; 23: 226-234.
- 58- Manhart J, Chen HY, Hickel R. The suitability of packable resin-based composites for posterior restorations. *JADA* 2001; 132: 639-645.
- 59- Jain P, Pershing A. Depth of cure and microleakage with high-intensity and ramped resin-based composite curing lights. *JADA* 2003; 134: 1215-1223.

- 60- Amaral CM, de Castro AK, Pimenta LA, Ambrosano GM. Influence of resin composite polymerization techniques on microleakage and microhardness. *Quintessence Int* 2002; 33: 685-689.
- 61- Fleming GJP, Awan M, Cooper PR, Sloan AJ. The potential of a resin-composite to be cured to a 4 mm depth. *Dent Mater* 2008; 24: 522-529.
- 62- Gritsch K, Souvannasot S, Schembri C, Farge P, Grosogeat B. Influence of light energy and power density on the microhardness of two nanohybrid composites. *Eur J Oral Sci* 2008; 116: 77-82.
- 63- Shorthall AC, Harrington E, Patel HB, Lumley PJ. A pilot investigation of operator variability during intra-oral light curing. *Br Dent J* 2002; 193: 276-280.
- 64- Campodonico CE, Tantbirojn D, Olin PS, Versluis A. Cuspal deflection and depth of cure in resin-based composite restorations filled by using bulk, incremental and transtooth-illumination techniques. *JADA* 2001; 142: 1176-1182.
- 65- Dunn WJ, Bush AC. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. *JADA* 2002; 133: 335-341.
- 66- Rahiotis C, Kakaboura A, Loukidis M, Vougiouklakis G. Curing efficiency of various types of light-curing units. *Eur J Oral Sci* 2004; 112: 89-94.
- 67- Price RBT, Felix CA, Andreou P. Evaluation of a second-generation LED curing light. *JCDA* 2003; 69: 666-666i.
- 68- El-Mowafy O, El-Badrawy W, Wasef m, Omar H, Kermanshahi S. Efficacy of new LED light-curing units in hardening of Class II composite Restorations. *JCDA* 2007; 73: 253-253e.
- 69- Uhl A, Sigusch BW, Jandt KD. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. *Dent Mater* 2004; 21: 80-87.

- 70- Wendl B, Droschl H, Kern W. A comparative study of polymerization lamps to determine the degree of cure of composites using infrared spectroscopy. *Eur J Orthod* 2004; 26: 545-551.
- 71- Wiggins KM, Hartung M, Althoff O, Wastian C, Mitra SB. Curing performance of a new-generation light-emitting diode dental curing unit. *JADA* 2004; 135: 1471-1479.
- 72- 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: 41-47.
- 73- Rahiotis C, Patsouri K, Silikas N, Kakaboura A. Curing efficiency of high-intensity light-emitting diode (LED) devices. *J Oral Sci* 2010; 52: 187-195.
- 74- David JR, Gomes OM, Gomes JC, Loguercio AD, Reis A. Effect of exposure time on curing efficiency of polymerizing units equipped with light-emitting diodes. *J Oral Sci* 2007; 49: 19-24.
- 75- Price RB, Labrie D, Whalen JM, Felix CM. Effect of distance on irradiance and beam homogeneity from 4 light-emitting diode curing units. *JCDA* 2011; 77: b9.
- 76- Ergun G, Egilmez F, Cekic-Nagas I. The cytotoxicity of resin composites cured with three light curing units at different curing distances. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2011; 16: e252-259.
- 77- Schattenberg A, Lichtenberg D, Stender E, Willershausen B, Ernst CP. Minimal exposure time of different LED-curing devices. *Dent Mater* 2008, 24: 1043-1049.
- 78- Lindberg A, Peutzfeldt A, van Dijken JWV. Effect of power density of curing unit, exposure duration, and light guide distance on composite depth of cure. *Clin Oral Investig* 2005; 9: 71-76.
- 79- Froes-Salgado NR, Pfeifer CS, Francci CE, Kawano Y. Influence of photoactivation protocol and light guide distance on conversion and

- microleakage of composite restoration. *Oper Dent* 2009; 34: 408-414.
- 80- Santos AJ, Sarmiento CF, Abuabara A, Aquiar FH, Lovadino JR. Step-cure polymerization: effect of initial light intensity on resin/dentin bond strength in class I cavities. *Oper Dent* 2006; 31: 324-331.
- 81- Amore R, Pagani C, Youssef MN, Anaute Netto C, Lewgoy HR. Polymerization shrinkage evaluation of three packable composite resins using a gas pycnometer. *Perqui Odontol Bras* 2003; 17: 273-277.
- 82- Aravamudhan K, Rakowski D, Fan PL. Variation of depth of cure and intensity with distance using LED curing lights. *Dent Mater* 2006; 22: 988-994.
- 83- Corciolani G, Vichi A, Davidson CL, Ferrari M. The influence of tip geometry and distance on light-curing efficacy. *Oper Dent* 2008; 33: 325-331.
- 84- Rode KM, Kawano Y, Turbino ML. Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. *Oper Dent* 2007; 32: 571-578.
- 85- Pires JA, Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ Jr. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintessence Int* 1993; 24: 517-521.
- 86- Leloup G, Holvoet PE, Bebelman S, Devaux J. Raman scattering determination of the depth of cure of light-activated composites: influence of different clinically relevant parameters. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 510-515.
- 87- de Jong LC, Opdam NJ, Bronkhorst EM, Roeters JJ, Wolke JG, Geitenbeek B. The effectiveness of different polymerization protocols for class II composite resin restorations. *J Dent* 2007; 35: 513-520.

- 88- Aguiar FH, Lazzari CR, Lima DA, Ambrosano GM, Lovadino JR. Effect of light curing tip distance and resin shade on microhardness of a hybrid resin composite. *Braz Oral Res* 2005; 19: 302-306.
- 89- Moon HJ, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Effects of various light curing methods on the leachability of uncured substances and hardness of a composite resin. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 258-264.
- 90- Clifford SS, Roman-Alicea K, Tantbirojn D, Versluis A. Shrinkage and hardness of dental composites acquired with different curing light sources. *Quintessence Int* 2009; 40: 203-214.
- 91- Tauböck TT, Oberlin H, Buchalla W, Roos M, Attin T. Comparing the effectiveness of self-curing and light curing in polymerization of dual-cured core buildup materials. *JADA* 2011; 142: 950-956.
- 92- Mobarak E, Elsayad I, Ibrahim M, El-Badrawy W. Effect of LED light-curing on the relative hardness of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* 2009; 34: 65-71.
- 93- Poskus LT, Placido E, Cardoso PE. Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of class II composite resin restorations. *Dent Mater* 2004; 20: 726-732.
- 94- Shahdad SA, McCabe JF, Bull S, Rusby S, Wassell RW. Hardness measured with traditional Vickers and Martens hardness methods. *Dent Mater* 2007; 23: 1079-1085.
- 95- Briso AL, Fedel TM, Pereira Sde M, Mauro SJ, Sundfeld RH, Sundfeld ML. Influence of light curing source on microhardness of composite resins of different shades. *J Appl Oral Sci* 2006; 14: 10-15.
- 96- de Araujo CS, Schein MT, Zanchi CH, Rodrigues SA Jr, Demarco FF. Composite resin microhardness: the influence of light curing method, composite shade, and depth of cure. *J Contemp Dent Pract* 2008; 9: 43-50.

- 97- Guiraldo RD, Consani S , Consani RL, Berger SB, Mendes WB, Sinhoreti MA. Light energy transmission through composite influenced by material shades. Bull Tokyo Dent Coll 2009; 50: 183-190.
- 98- Lazarchik DA, Hammond BD, Sikes CL, Looney SW, Rueggeberg FA. Hardness comparison of bulk-filled/transtooth and incremental-filled/occlusally irradiated composite resin. J Prosthet Dent 2007; 98: 129-140.
- 99- Martins F, Delbem AC, Santos LR, Soraes HL, Martins Ed Ede O. Microhardness of resins as a function of color and halogen light. Pesqui Odontol Bras 2002; 16: 246-250.
- 100- Jeong TS, Kang HS, Kim SK, Kim S, Kim HI, Kwon YH. The effect of resin shades on microhardness, polymerization shrinkage, and color change of dental composite resins. DMJ 2009; 28: 438-445.
- 101- Tarumi H, Imazato S, Ehara A, Kato S, Ebi N, Ebisu S. Post-irradiation polymerization of composites containing bis-GMA and TEGDMA. Dent Mater 1999; 15: 238-242.
- 102- Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Distribution of transient properties during polymerization of a light-initiated restorative composite. Dent Mater 2004; 20: 543-553.
- 103- Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. Energy dependent polymerization of resin-based composite. Dent Mater 2002; 18: 463-469.
- 104- Osternack FH, Caldas DB, Rached RN, Vieira S, Platt JA, Almeida JB. Impact of refrigeration on the surface hardness of hybrid and microfilled composite resins. Braz Dent J 2009; 20: 42-47.
- 105- Cenci MS, Venturini D, Pereira-Cenci T, Piva E, Demarco FF. The effect of polishing techniques and time on the surface characteristics and sealing ability of resin composite restorations after one-year storage. Oper Dent 2008; 33: 169-176.

- 106- Marchan SM, White D, Smith WA, Raman V, Coldero L, Dhuru V. Effect of reduced exposure times on the microhardness of nanocomposites polymerized by QTH and second-generation LED curing lights. *Oper Dent* 2011; 36: 98-103.
- 107- Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res* 1990; 69: 1652-1658.
- 108- Pereira SG, Osorio R, Toledano M, Cabrerizo-Vilchez MA, Nunes TG, Kalachandra S. Novel light-cured resins and composites with improved physicochemical properties. *Dent Mater* 2007; 23: 1189-1198.
- 109- de Moraes RR, Marimon JL, Schneider LF, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Bueno M. Effects of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. *J Prosthodont* 2008; 17: 323-326.
- 110- Velazquez E, Vaidyanathan J, Vaidyanathan TK, Houpt M, Shey Z, Von Hagen S. Effect of primer solvent and curing mode on dentin shear bond strength and interface morphology. *Quintessence Int* 2003; 34: 548-555.
- 111- Asmussen E, Peutzfeld A. Influence of specimen diameter on the relationship between subsurface depth and hardness of a light-cured resin composite. *Eur J Oral Sci* 2003; 111: 543-546.
- 112- Bouschlicher M, Berning K, Qian F. Describing Adequacy of cure with maximum hardness ratios and non-linear regression. *Oper Dent* 2008; 33: 312-320.
- 113- Catelan A, Briso ALF, Sundfeld RH, dos Santos PH. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. *J Esthet Restor Dent* 2010; 22: 324-331.
- 114- Venturini D, Cenci MS, Demarco FF, Camacho GB, Powers JM. Effect of polishing techniques and time on surface roughness,

- hardness and microleakage of resin composite restorations. *Oper Dent* 2006; 31: 11-17.
- 115- Uçtaşı MB, Bala O, Güllü A. Surface roughness of flowable and packable composite resin materials after finishing with abrasive discs. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 1197-1202.
- 116- Korkmaz Y, Ozel E, Attar N, Aksoy G. The influence of one-step polishing systems on the surface roughness and microhardness. *Oper Dent* 2008; 33: 44-50.
- 117- Park SH, Noh BD, Ahn HJ, Kim HK. Celluloid strip-finished versus polished composite surface: difference in surface discoloration in microhybrid composites. *J Oral Rehabil* 2004; 31: 62-66.
- 118- Yap AU, Sau CW, Lye KW. Effects of finishing/polishing time on surface characteristics of tooth-coloured restoratives. *J Oral Rehabil* 1998; 25: 456-461.
- 119- Lopes GC, Franke M, Maia HP. Effect of finishing time and techniques on marginal sealing ability of two composite restorative materials. *J Prosthet Dent* 2002; 88: 32-36.
- 120- Atabek D, Sillelioğlu H, Olmez A. The efficiency of a new polishing material: nanotechnology liquid polish. *Oper Dent* 2010; 35: 362-369.
- 121- da Costa JB, Goncalves F, Ferracane JL. Comparison of two-step versus four-step composite finishing/polishing disc systems: evaluation of a new two-step composite polishing disc system. *Oper Dent* 2011; 36: 205-212.
- 122- Uçtaşı MB, Arisu HD, Omürlü H, Eligüzeloğlu E, Ozcan S, Ergun G. The effect of different finishing and polishing systems on the surface roughness of different composite restorative materials. *J Contemp Dent Pract* 2007; 8: 89-96.
- 123- Kusgoz A, Ülker M, Yesilyurt C, Yoldas OH, Ozil M, Tanriver M. Silorane-based composite: depth of cure, surface hardness, degree

- of conversion, and cervical microleakage in class II cavities. *J Esthet Restor Dent* 2011; 23: 324-335.
- 124- Ferracane JL. Current trends in dental composites. *Crit Rev Oral Biol Med* 1995; 6: 302-318.
- 125- Topcu FT, Erdemir U, Sahinkesen G, Yildiz E, Uslan I, Acikel C. Evaluation of microhardness, surface roughness, and wear behavior of different types of resin composites polymerized with two different light sources. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2010; 92: 470-478.
- 126- Scougall-Vilchis RJ, Hotta Y, Hotta M, Idono T, Yamamoto K. Examination of composite resins with electron microscopy, microhardness tester and energy dispersive X-ray microanalyzer. *DMJ* 2009; 28: 102-112.
- 127- Cekic-Nagas I, Egilmez F, Ergun G. The effect of irradiation distance on microhardness of resin composites cured with different light curing units. *Eur J Dent* 2010; 4: 440-446.
- 128- Fujita K, Ikemi T, Nishiyama N. Effects of particle size of silica filler on polymerization conversion in a light-curing resin composite. *Dent Mater* 2011; 27: 1079-1085.
- 129- Beun S, Glorieux T, Devux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dent Mater* 2007; 23: 51-59.
- 130- Jeong TS, Kim YR, Kim JH, Kim HI, Kwon YH. Effects of LEDs on microhardness and temperature rise of dental composite resins. *DMJ* 2007; 26: 838-844.

## 10. TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca içtenliği ve samimiyeti ile desteğini her zaman hissettiğim, hakkını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Haluk BODUR' a,

Yürütülen çalışmada bana destek veren, bilgi ve deneyimlerini paylaşan değerli hocalarım Prof. Dr. Ayşegül ÖLMEZ' e, Prof. Dr. Mine Betül ÜÇTAŞLI' ya ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Mehmet TÜRKER' e,

Eğitimim süresince bana emek veren değerli hocalarım Prof. Dr. Tezer ULUSU, Prof. Dr. Alev ALAÇAM, Prof. Dr. Neşe AKAL, Prof. Dr. Nurhan ÖZTAŞ, Prof. Dr. Özlem TULUNOĞLU, Yrd. Doç. Dr. Çağdaş ÇINAR ve Yrd. Doç. Dr. Mesut Enes ODABAŞ' a,

Doktora hayatımın bana kazandırdığı vazgeçilmez dostlarım Selen ALTUN, Melike GÜZELBEY, Gökçe GENÇAY, Aylin GENÇKAN, Bercis BAŞAK, Zeynep YILMAZ, Alev ALTUNTAŞ, Güzde YALÇIN' a ve paylaştığımız her güzel an için, iyi ki tanımışım dediğim tüm asistan arkadaşlarıma,

Her zaman mutlu olmamı isteyen canım aileme ve Şahan Çelikağ' a;

SONSUZ TEŞEKKÜRLER..

## 11.ÖZGEÇMİŞ

**Adı:** Pınar

**Soyadı:** Tunçbilek

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Kayseri, 1982

### **Eğitimi:**

1992-1998 Ankara Cumhuriyet Lisesi- Orta Öğretim

1999-2004 Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi- Y. Lisans Eğitimi

2008-2012 Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi- Doktora Eğitimi

**Yabancı Dil:** İngilizce

### **Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar:**

Türk Pedodonti Derneği Ankara Şubesi

### **Bilimsel Etkinlikleri:**

- 7<sup>th</sup> European Academy of Paediatric Dentistry Interim Seminar and Workshop. 31 March- 2 April, Istanbul/ Turkey, 2011.
- Tunçbilek P, Bodur H. Herediter Duyusal ve Otonomik Nöropati Tip IV Olgu Sunumu. 18. Türk Pedodonti Derneği Uluslararası Kongresi. 1-3 Nisan, İstanbul/ Türkiye, 2011.
- Odabaş M, Tunçbilek P, Bodur H. Diş hekimliğinde erozyon. GÜ Diş Hek Fak Derg (Yayına kabul edildi).