



## FARKLI POLİMERİZASYON TEKNİKLERİNİN KOMPOZİT REZİNLERİN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

### EFFECT OF DIFFERENT POLYMERIZATION TECHNIQUES ON MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF COMPOSITE RESINS

Dr. Öğr. Üyesi Merve İŞCAN YAPAR\*  
Dr. Öğr. Üyesi Ömer SAĞSÖZ\*  
Prof. Dr. Nilgün SEVEN\*

Dr. Öğr. Üyesi Neslihan ÇELİK\*  
Arş. Gör. Buket KARALAR\*  
Prof. Dr. Yusuf Ziya BAYINDIR\*

**Makale Kodu/Article code:** 4103  
**Makale Gönderilme tarihi:** 24.05.2019  
**Kabul Tarihi:** 06.11.2019  
**DOI :** 10.17567/ataunidfd.643635

**Merve İşcan Yapar:** ORCID ID: 0000-0002-9712-0978  
**Neslihan Çelik:** ORCID ID: 0000-0002-7456-522  
**Ömer Sağsöz:** ORCID ID: 0000-0002-6506-537X  
**Buket Karalar:** ORCID ID: 0000-0002-7855-1246  
**Nilgün Seven:** ORCID ID: 0000-0002-0241-8334  
**Yusuf Ziya Bayındır:** ORCID ID: 0000-0003-0943-1352

#### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, direkt veya indirekt polimerizasyon teknikleri ile polimerize edilmiş farklı kompozit rezinlerin mikrosertlik, bükülme dayanımı, su emilimi ve çözünürlüklerini değerlendirmektir.

**Materyal ve Metot:** Resin matrisine göre sınıflandırılan 3 kompozit rezin seçildi: -U200 (3M ESPE), Grandio (VOCO), Xtrafil (VOCO). Kompozit rezinler polimerizasyon tekniğine göre üç alt gruba ayrıldı: LED (Eliapar, 3M ESPE), LED+ indirekt ışık (DI 500 Coltene), indirekt ışık+ısı+basınç (Tescera ATL, Bisco Dental). Her bir alt grup için yedi dikdörtgen örnek (25mm x 2mm x 2mm) yapıldı ve bükülme dayanım değerleri için üç nokta büküm testleri yapıldı. Vickers sertliğini, su emme derecesini ve çözünürlüğünü belirlemek için yedi silindirik örnek (çap: 8mm, kalınlık: 2mm) yapıldı. Silindirik örnekler 37 ° C'de 24 saat boyunca distile suda saklandı ve mikrosertlik değerleri bir Vickers sertlik test cihazı ile ölçüldü. Su emilim testi için hazırlanan örnekler 24 saat aynı koşullarda depolandı ve su emme değerleri ölçüldü. Aynı örnekler desikatörde sabit kütle elde edilinceye kadar kurutuldu ve çözünürlük ölçümleri yapıldı. Veriler iki yönlü ANOVA ve Tukey's post-hoc testi ( $\alpha = 0.05$ ) ile analiz edildi.

**Bulgular:** Polimerizasyon teknikleri ile kompozit rezinler arasındaki etkileşim yalnızca bükülme dayanım değerlerinde anlamlı idi ( $p < 0.05$ ). Bükülme dayanımı, mikrosertlik ve su absorpsiyonu için en yüksek değer LED+indirekt ışıkla polimerize edilen örneklerde görüldü. Çözünürlük için en yüksek değer ise, indirekt ışık+ısı+basınçla polimerize edilen örneklerde görüldü.

**Sonuç:** İndirekt polimerizasyon yöntemi kompozit rezinlerin mikro sertlik ve bükülme dayanımı değerlerini geliştirdi ancak su emilimi ve çözünürlük değerlerini olumsuz etkiledi.

**Anahtar kelimeler:** Kompozit rezin, mekanik özellikler, polimerizasyon tekniği

#### ABSTRACT

**Aim:** The aim of this study was to evaluate the flexural strength, microhardness, water sorption and solubility of different composite resins polymerized with direct and indirect polymerization techniques.

**Materials and Methods:** Three composite resins, classified according to their resin matrix, were selected: U200 (3M ESPE), Grandio (VOCO), Xtrafil (VOCO). Composite resins were divided into three subgroups according to polymerization technique: LED (Eliapar, 3M ESPE), LED + indirect light (DI 500 Coltene), indirect light +heat + pressure (Tescera ATL, Bisco Dental). Seven rectangular specimens (25mmx2mmx2mm) of each subgroup were prepared and 3-point bending tests were performed for flexural strength values. To determine Vickers hardness, water sorption and solubility tests; seven cylindrical specimens (diameter: 8mm thickness: 2mm) were prepared. The cylindrical specimens were stored in distilled water for 24 hours at 37 ° C, and the microhardness values were measured with a Vickers hardness tester. Then, specimens were stored in the same conditions for 24 hours and water sorption values were measured. The same specimens were kept in desiccators and dried for solubility measurements until constant mass was achieved. Data were analyzed by two-way ANOVA and Tukey's post-hoc test ( $\alpha=0.05$ ).

**Results:** The interaction between polymerization techniques and composite resins was significant only in flexural strength values ( $p<0.05$ ). The highest values were obtained for flexural strength, microhardness and water sorption with indirect light and for solubility with indirect light+heat+pressure.

**Conclusions:** Indirect polymerization method developed the micro hardness and flexural strength of composite resins, but adversely affected water absorption and solubility.

**Keywords:** composite resin, mechanical properties, polymerization technique

\* Atatürk Üniversitesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye

**Kaynakça Bilgisi:** İşcan Yapar M, Çelik N, Sağsöz Ö, Karalar B, Seven N, Bayındır YZ. Farklı Polimerizasyon Tekniklerinin Kompozit Rezinlerin Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2020; 30: 26-32.

**Citation Information:** İşcan Yapar M, Çelik N, Sağsöz Ö, Karalar B, Seven N, Bayındır YZ. Effect of Different Polymerization Techniques on Mechanical and Physical Properties of Composite Resins. J Dent Fac Atatürk Uni 2020; 30: 26-32.



## GİRİŞ

Günümüzde klinik uygulamalarda sıklıkla kullanılan kompozit rezinlerin kullanım kolaylığı, estetiğinin iyi olması gibi özelliklerinin yanında, çiğneme kuvvetlerine karşı gücünü belirleyen materyal dayanıklılığı, sertlik, yüzey direnci, su emme ve çözünürlük gibi mekanik ve fiziksel özelliklerinin de güçlü olması gerekmektedir.<sup>1, 2</sup> Bu özellikler büyük oranda kompozit rezinin doldurucu içeriğine, doldurucunun partikül büyüklüğüne ve miktarına bağlı olduğu bildirilmektedir.<sup>2-4</sup>

Yüzeyde girinti oluşmasına neden olacak bir kuvvete karşı kalıcı deformasyon oluşmasını engelleyen direnç mikrosertlik olarak tanımlanmıştır.<sup>5</sup> Kompozit rezinlerin mikrosertlik değerinin yüksek olması kuvvetler karşısında deforme olmasını önler ve restorasyonun mekanik ömrü artar. Bununla birlikte kompozit rezinlerin mikrosertliği polimerizasyon derinliği ile ilgili bilgi verir. Yüzeyden alt tabakalara gidildikçe polimerize olmamış kütlelerin arttığı ve daha az mikrosertlik değeri elde edildiği bunun da klinik başarıyı azalttığı bildirilmiştir.<sup>4, 6</sup>

Bükülme dayanımı materyalin kırılmadan önce dayanabileceği en yüksek stres olarak tanımlanır ve dental materyallerin dayanıklılığını ölçmek için yararlanılan test yöntemlerinden biridir.<sup>7, 8</sup> Gelen kuvvetler karşısında kompozit rezin materyalinin bükülme direnci üç nokta eğilme testi ile değerlendirilir. Üç nokta eğilme testinin sonuçları materyal dayanıklılığını ve değerlendirmeyi kolaylaştırarak diğer *in vitro* testlere destek sağlar.<sup>9, 10</sup>

Dental materyallerin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen su emilimi ve çözünürlük, kompozit rezinlerin doldurucu partiküllerinin yapısının yanı sıra polimerizasyon yöntemi ile de bağlantılıdır.<sup>11</sup> Su emilimi sunucunda materyalde hacimsel bir artış olur, bu artışın polimerizasyon sırasında oluşan büzülme kompanse edebileceği ve kompozit rezinin kenar uyumunun daha iyi olacağı düşünülmektedir. Ancak gelişme sonucu oluşan basınçtan dolayı materyal çevresindeki bağlayıcı ajan ve diş yapıları zarar görebilir.<sup>12, 13</sup> Ayrıca suyun rezin tarafından tutulması materyalin renklenmesine, aşınmasına, boyutsal değişikliğe ve marjinlerde kırılmalara ve başarısız bir restorasyona neden olabilir.<sup>14</sup>

Kompozit rezin materyaller direkt veya indirekt olarak farklı şekillerde polimerize edilebilirler. Direkt kompozit rezinlerin her ne kadar diş dokularına daha iyi bağlandığı bildirilse de, kenar sızıntısı ve hassasiyete sebep olan polimerizasyon büzülmesi gibi

dezavantajları vardır.<sup>15</sup> Materyale ağız dışında ısı, ışık ve basınç uygulanması suretiyle indirekt polimerizasyon sağlanır. Bu şekilde polimerize edilen kompozit rezinlerin polimerizasyon dereceleri artırılarak fiziksel özelliklerinin de artacağı bildirilmiştir.<sup>16, 17</sup> Bu çalışmanın hipotezi, indirekt polimerizasyon yöntemlerinin üç farklı kompozit rezin materyalinin bükülme dayanımı, sertlik, su emilim ve çözünürlük değerlerini olumlu yönde değiştireceğidir.

## MATERYAL VE METOT

Çalışmada üç adet kompozit rezin; U200 (3M ESPE, St Paul, MN, ABD), Grandio (VOCO, Cuxhaven, Almanya), Xtrafil (VOCO, Cuxhaven, Almanya) ve üç adet farklı polimerizasyon cihazı; LED (Eliapar, 3M ESPE, St Paul, MN, ABD), LED+ indirekt ışık (DI 500 Coltene, Whaledent Alstätten, İsviçre) , indirekt ışık+ısı+basınç (Tescera ATL, Bisco, Richmond, Kanada) kullanıldı. Resin materyallerin tipi ve polimerizasyon cihazlarının kullanım şekli Tablo 1 ve 2' de belirtildi.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan kompozit rezinlerin özellikleri

Ürünün Adı	Tür	Doldurucu Hacmi(%)	Monomer Yapı
Universal Restoratif 200	hibrit	60	BIS-GMA, UDMA, BIS-EMA
Grandio	nanohibrit	71,4	BIS-GMA, UDMA, TEGDMA
X-trafil	hibrit	70,1	BIS-GMA, UDMA, TEGDMA

**BIS-GMA; bis glycidly methacrylate, TEGDMA; triethylene glycol dimethacrylate, UDMA; urethane dimethacrylate**

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan ışık cihazlarının kullanım şekilleri

Polimerizasyon Cihazı	Kullanım Şekli
Eliapar	Üretici firmanın önerileri doğrultusunda kompozit rezinler 20 sn. polimerize edildi.
D.I-500	Kompozit rezinler ışık cihazı ile polimerize edildikten sonra kalıplardan çıkarıldı ve ışık/ısı fırınında ikinci kez polimerize edildi. ( 110°C, 7 dk)
TESCERA ATL	Basınç/Işık kabı: Kompozit rezinler hazırlanan kalıplar içerisinde 5dk. polimerize edildi. Daha sonra kalıplardan uzaklaştırıldı. Su/basınç/ışık/ısı kabı: Kompozit rezinler içi su dolu ısı kabında 120°sıcaklık ve 6 bar basınç altında ikinci kez polimerize edildi.

### Mikrosertlik testi

Çalışmada sertlik ölçümleri için üç farklı kompozit rezin üç farklı polimerizasyon yöntemiyle her grupta 7 adet örnek olacak şekilde 2mm kalınlığında 8mm çapında silindirik teflon kalıplara yerleştirilip polimerize edilerek 63 adet örnek oluşturuldu. Polimerizasyonu tamamlanmış örnekler kalıptan çıkarıldıktan sonra sırasıyla orta, ince ve super ince Sof-Lex (3MESPE, ABD) disklerle cila işlemleri uygulandı. Daha sonra örnekler ışık geçirmeyen bir saklama kabında distile su içinde 37°C'de 24 saat bekletildi. Mikro sertlik testi Vickers sertlik cihazıyla 300 gr'lık bir kuvvetin 15 sn. uygulanmasıyla örneklerin üst yüzeylerinden üçer ölçüm yapılarak gerçekleştirildi ve ölçümlerin ortalaması mikrosertlik değeri olarak kaydedildi. Sertlik ölçümleri, sertlik cihazında görülen baklava dilimi şeklindeki dörtgenin iki köşegeni ölçülüp verilerin ikiye bölünmesiyle hesaplandı.

### Bükülme testi

Örnekler ISO 4049 standardına uygun olarak 25 mm uzunluğunda, 2 mm genişliğinde, 2 mm yüksekliğinde paslanmaz çelik kalıplar kullanılarak elde edildi. Bükülme deneyi apareyinde dayanaklar arası mesafe 20 mm olacak şekilde ayarlandı. Örnekler 24 saat 37 °C de distile suda bekletildikten sonra 1mm/dk hızla Universal test cihazında üç nokta eğilme testine tabi tutuldu. Örneklerde kırılma meydana gelene kadar yükleme yapıldı. Örneklerde kırılmaya neden olan maksimum kuvvet değerleri Newton olarak belirlendi. Elde edilen değerler aşağıdaki formül kullanılarak MPa olarak bükülme dayanım değerleri hesaplandı.

$$Q=3F_{max}L/2.b.a^2$$

Q: Bükülme dayanımı

F<sub>max</sub>: Kırılma anındaki kuvvet (N)

L: kuvvetin uygulandığı test düzeneğinin genişliği (mm)

a: Örneğin kalınlığı (mm)

b: Örneğin genişliği (mm)

### Su emme ve çözünürlük testi

Her grupta 7 örnek olacak şekilde 2mm yüksekliğinde 8mm çapında silindirik teflon kalıplara kompozit rezinler yerleştirilip 3 farklı yöntemle polimerize edilerek 63 adet örnek oluşturuldu. Polimerizasyon sonrası kalıplardan uzaklaştırılan örneklerden fazlalıklar temizlendi ve 37°C'de etüv içerisinde 24 saat bekletildi. Bu sürenin sonunda örneklerin ağırlıkları hassas terazi (GH-252, A&N Company, Japonya) ile ölçüldü. Bu işlem örnekler sabit ağırlıklarına ulaşınca kadar

tekrarlandı (M1). Ağırlıkları tartılan örnekler 5ml distile su dolu cam şişe içerisinde etüve yerleştirildi. 24 saat sonra örnekler sudan çıkarılarak fazla nemleri kurutma kağıdı ile alındıktan sonra hassas terazide tekrar tartıldı (M2). Tekrar etüve yerleştirilen örneklerin 24 saat sonra sabit ağırlığı elde edilerek ağırlıkları tekrar ölçüldü (M3). Su emilimi ve çözünürlük ISO 4049<sup>18</sup> spesifikasyonuna göre aşağıdaki formül kullanılarak mg/mm<sup>3</sup> olarak hesaplandı.

$$\text{Su emilimi} = M2 - M3 / V$$

$$\text{Suda çözünme} = M1 - M3 / V$$

M1 = Örneklerin suya yerleştirmeden önce tartılan ağırlığı (mg/mm<sup>3</sup>)

M2 = Örneklerin suya yerleştirdikten sonra tartılan ağırlığı (mg/mm<sup>3</sup>)

M3 = Örneklerin kurutulduktan sonra tartılan ağırlığı (mg/mm<sup>3</sup>)

$$V = \text{Örneklerin hacmi (mm}^3\text{)}$$

### İstatistiksel analiz

Çalışmada elde edilen bulguların değerlendirilmesinde "SPSS 20.0 programı kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorof-Smirnov testi ile test edildi. (p> 0,05) Normal dağılım gösterdiği tespit edilen veriler iki yönlü ANOVA ve Tukey's post-hoc testi (α=0.05) ile analiz edildi.

## BULGULAR

Çalışmamızda test edilen materyallere ait bükülme dayanımı, sertlik, su emme ve çözünürlük değerleri Tablo 3-6 da verilmiştir.

**Tablo 3.** Farklı yöntemlerle polimerize edilen kompozit rezinlerin mikrosertlik değerleri

Kompozit Resin	Mikrosertlik(HV)		
	Polimerizasyon Tipi		
	Direkt	İndirekt (Coltene)	İndirekt (Tescera)
Universal Restoratif 200	80,68 ± 1,05 <sup>a,A</sup>	87,84 ± 1,11 <sup>a,B</sup>	83,02 ± 5,06 <sup>a,A</sup>
Grandio	100,01 ± 4,26 <sup>b,AB</sup>	104,20 ± 4,62 <sup>b,A</sup>	97,03 ± 4,57 <sup>b,B</sup>
X-trafil	79,20 ± 1,70 <sup>a,AB</sup>	83,63 ± 4,60 <sup>a,A</sup>	73,66 ± 5,87 <sup>c,B</sup>

*Farklı küçük harfler aynı sütundaki, farklı büyük harfler ise aynı satırdaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir. (p<0.05)*



**Tablo 4.** Farklı yöntemlerle polimerize edilen kompozit rezinlerin bükülme dayanım değerleri

Bükülme Dayanımı (MPa)			
Kompozit Resin	Polimerizasyon Tipi		
	Direkt	İndirekt(Coltene)	İndirekt (Tescera)
Universal Restoratif 200	170,30 ± 26,90 <sup>a,A</sup>	200,57 ± 54,71 <sup>a,A</sup>	165,91 ± 20,92 <sup>a,A</sup>
Grandio	173,62 ± 41,38 <sup>a,AB</sup>	194,78 ± 28,48 <sup>a,A</sup>	135,69 ± 24,07 <sup>b,B</sup>
X-trafil	118,55 ± 25,94 <sup>b,A</sup>	160,50 ± 21,10 <sup>a,B</sup>	172,12 ± 18,45 <sup>a,B</sup>

*Farklı küçük harfler aynı sütundaki, farklı büyük harfler ise aynı satırdaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir. (p<0.05)*

**Tablo 5.** Farklı yöntemlerle polimerize edilen kompozit rezinlerin su emilimi değerleri

Su Emilimi (µg/mm <sup>3</sup> )			
Kompozit Resin	Polimerizasyon Tipi		
	Direkt	İndirekt (Coltene)	İndirekt (Tescera)
Universal Restoratif 200	25,15 ± 4,24 <sup>a,A</sup>	31,54 ± 6,23 <sup>a,B</sup>	27,99 ± 1,66 <sup>a,AB</sup>
Grandio	16,05 ± 3,69 <sup>b,A</sup>	17,19 ± 1,69 <sup>b,A</sup>	19,89 ± 4,02 <sup>b,A</sup>
X-trafil	15,20 ± 3,13 <sup>b,A</sup>	21,45 ± 3,03 <sup>b,B</sup>	19,75 ± 2,65 <sup>b,B</sup>

*Farklı küçük harfler aynı sütundaki, farklı büyük harfler ise aynı satırdaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir. (p<0.05)*

**Tablo 6.** Farklı yöntemlerle polimerize edilen kompozit rezinlerin çözünürlük değerleri

Çözünürlük(µg/mm <sup>3</sup> )			
Kompozit Resin	Polimerizasyon Tipi		
	Direkt	İndirekt (Coltene)	İndirekt (Tescera)
Universal Restoratif 200	1,42 ± 1,26 <sup>a,A</sup>	2,55 ± 2,80 <sup>a,A</sup>	0,56 ± 0,53 <sup>a,A</sup>
Grandio	4,97 ± 4,37 <sup>a,A</sup>	0,99 ± 1,14 <sup>a,A</sup>	5,96 ± 6,26 <sup>ab,A</sup>
X-trafil	3,55 ± 3,84 <sup>a,A</sup>	4,68 ± 4,28 <sup>a,A</sup>	7,67 ± 3,57 <sup>b,A</sup>

*Farklı küçük harfler aynı sütundaki, farklı büyük harfler ise aynı satırdaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir. (p<0.05)*

Elde edilen ortalama yüzey sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar saptanmıştır. Polimerizasyon yöntemlerine göre kompozit rezinlerin sertlik ölçümleri karşılaştırıldığında, her üç polimerizasyon yönteminde de Grandio diğer kompozit rezinlerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. (Direkt; 100,01±4,26, Coltene; 104,20 ± 4,62 Tescera; 97,03± 4,57) (p<0,05)

24 saat bekleme süresi sonunda deney gruplarına ait bükülme dayanım değerleri karşılaştırıldığında, gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıklar gözlenmiştir.(p<0,05) En yüksek bükülme dayanım değerini Coltene ile polimerize edilen Universal restoratif kompozit rezin göstermiştir. En düşük değer ise Tescera ile polimerize edilen Grandio göstermiştir.

Materyallerin su emilim miktarları arasındaki ilişki istatistiksel olarak değerlendirildiğinde; Universal kompozit rezin ile diğer kompozit rezinler arasında anlamlı farklılığın olduğu, indirekt polimerizasyon yönteminin Grandio kompozit rezin materyali hariç diğer kompozit rezinlerde su emilimini anlamlı olarak artırdığı belirlendi (p<0.05).

Materyallerin suda çözünme miktarları incelendiğinde; Tescera ile polimerize edilen X-trafil'in en fazla suda çözünme gösterdiği görüldü. Polimerizasyon yönteminin farklı olmasının istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı farklılık yaratmadığı (p>0,05), kompozit rezin materyalleri arasında ise sadece Tescera ile polimerize edilen grupta Xtrafil'in Universal kompozit rezinden farklı olduğu görülmüştür (p<0.05).

## TARTIŞMA

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre indirekt polimerizasyon yöntemi kompozit rezinlerin mikro sertlik ve bükülme dayanımı değerlerini geliştirmiş, ancak su emilimi ve çözünürlük değerlerini olumsuz etkilemiştir. Dolayısıyla çalışmanın hipotezi kısmen kabul edilmiştir.

Materyallerin klinik performanslarının değerlendirilmesinde fiziksel ve mekanik özellikler önemlidir. Literatürde bu özelliklerin değerlendirilmesinde aşınma, mikrosertlik, bükülme dayanımı, su emme ve çözünürlük gibi çeşitli *in vitro* testler kullanılmaktadır. Mikrosertlik testleri de materyallerin mekanik özelliklerinin araştırılmasında kullanılan testlerdendir ve çok sayıda yüzey sertliği testleri vardır.<sup>19, 20</sup> Çalışmamızda dental malzemelerin sertliğinin ölçülmesinde uygun olan ve birçok çalışmada tercih edilen Vickers mikrosertlik test yöntemi kullanılmıştır.

Düşük yüzey sertliği; düşük aşınma direnci ve buna bağlı olarak restorasyonlarda başarısızlığa neden olabilir. Demirel ve ark.<sup>21</sup> üç farklı kompozit rezini direkt ve indirekt yöntemlerle polimerize edip sertlik değerlerini karşılaştırmışlar ve doldurucu içeriği, miktar ve büyüklüklerindeki benzerliklere rağmen sertlik değerlerinde farklılıkları polimer matriks içerisindeki farklılığa bağlamışlardır. Alves ve ark.<sup>22</sup> direkt ve indirekt polimerize ettikleri kompozit rezin materyallerin yüzey sertliklerini karşılaştırmışlar, yüksek oranda doldurucu partikül içeren kompozit rezinin sertlik değerinin diğer kompozit rezinlere göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Say ve ark.<sup>23</sup> inorganik doldurucu oranı ile sertlik arasında pozitif bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda kullandığımız üç farklı kompozit rezin arasında her üç polimerizasyon yönteminde de istatistiksel olarak en yüksek sertlik değeri hacim olarak kısmen daha yüksek oranda doldurucu içeren Grandio'da gözlenmiştir.

Kompozit rezinlerin mekanik özelliklerinden olan bükülme dayanımı tek eksenli ve iki eksenli bükülme testleri ile belirlenir. Tek eksenli bükülme testi, üç ve dört nokta yükleme testlerini, iki eksenli bükülme testi ise halka üzerine halka, halka üzerinde top ve üç top üzerine piston testlerini içerir<sup>24-27</sup>. Chung ve ark.'nın iki eksenli bükülme ve üç nokta destek testlerini karşılaştırmak için yaptıkları çalışmada iki eksenli bükülme testi küçük örnekleri ölçebilmesi açısından avantajlı bulunmuş ancak ISO standardına sahip üç nokta bükülme testinin daha kullanışlı olduğunu tespit etmişlerdir.<sup>24</sup> Bu nedenle literatürde restoratif materyallerin direnci ve dayanıklılığının incelenmesinde sıklıkla kullanılan üç nokta bükülme testi, çalışmamızda da kompozit rezin materyallerin bükülme dayanımlarının değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Kompozit rezinlerin organik faz yapısındaki farklılıklar da (BIS-GMA, TEGDMA, UDMA) fiziksel özellikleri etkileyebilmektedir.<sup>4, 28, 29</sup> Çalışmamızda doldurucu hacmi ve tipi farklılıklar gösteren kompozit rezinlerin bükülme dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olsa da bükülme dayanımı ile doldurucu hacmi değerleri arasında doğrudan bir ilişki olduğu söylenemez. Assmussen ve Peutzfeldt yaptıkları çalışmada organik fazın yapısında UDMA ile birlikte BIS-GMA veya TEGDMA'dan birinin yer alması bükülme dayanımını artırdığını, BIS-GMA ile TEGDMA birlikte olduğunda ise bükülme dayanımını azalttığını belirtmişlerdir.<sup>30</sup> Çalışmada kullandığımız kompozit rezinlerden olan Universal kompozit rezinde UDMA ile birlikte

TEGDMA bulunmamakta, BİSGMA bulunmaktadır. Bu durum Coltene ile polimerize edilen Universal kompozit rezinin en yüksek bükülme dayanım değeri göstermesini ve diğer polimerizasyon türlerinde de istatistiksel olarak düşük bükülme dayanımı göstermemesini açıklayabilir.

Xu ve ark.<sup>31</sup> ilave ısı polimerizasyonunun indirekt kompozit rezinlerin esneklikleri üzerine bir etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Klymus ve ark.<sup>32</sup> ise indirekt kompozit rezinlerin direkt kompozit rezinlere göre yüksek bükülme dayanımına sahip olduklarını belirtmişlerdir. Çalışmamızda indirekt polimerizasyon direkt polimerizasyona göre kısmen yüksek bükülme dayanımı değerleri gösterse de, istatistiksel olarak Xtrafil grubu hariç indirekt polimerizasyonun bükülme dayanımı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

Rezin esaslı materyallerin su emilimi ve çözünürlüklerini, rezinin yapısı, miktarı, polimerizasyonu, doldurucu miktarı, büyüklüğü, matriks içerisindeki dağılımı gibi faktörler etkileyebilmektedir.<sup>33-35</sup> Yapılan çalışmalarda yüksek rezin, düşük doldurucu içeren materyallerin daha yüksek su emilimi gösterdiği bildirilmiştir.<sup>36,37</sup> Çalışmamızda diğer kompozit rezinlere göre daha düşük oranda doldurucu içeren Universal kompozit rezin(%60) istatistiksel olarak anlamlı en yüksek su emilimi değerini göstermiştir ve polimerizasyon yöntemleri materyallerin çözünürlüğü üzerinde anlamlı farklılık oluşturmamıştır. Birçok araştırmacı düşük su emilimi olan malzemelerin düşük çözünürlük gösterdiğini belirlemiştir.<sup>33, 38, 39</sup> Bununla birlikte bazı çalışmalar ise su emiliminin yüksek olduğu malzemelerin, çalışmamızda da olduğu gibi, mutlaka yüksek çözünürlük göstermediğini belirtir.<sup>40</sup>

## SONUÇ

Bu çalışmanın sınırları içerisinde şu sonuçlar çıkarılabilmektedir.

1.İndirekt polimerizasyon yöntemi bu çalışmada kullanılan X-trafil rezin kompozitin bükülme dayanım değerini anlamlı oranda değiştirmiştir.

2.İndirekt polimerizasyon yöntemlerinden olan coltene ısı, ışık fırınında polimerize edilen kompozit rezinlerin sertlik değerlerinde artış görülmüştür.

3.İndirekt polimerizasyon yöntemi çalışmada kullanılan kompozit rezinlerin su emilimi değerlerini artırmıştır.

4.İndirekt polimerizasyon yöntemi kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemiştir.

Materyal seçiminde restorasyonun başarısında etkili olacak mekanik özellikler ile birlikte su emilimi ve çözünürlüğe de dikkat edilmesi gerekmektedir.

**NOT: Çalışmada herhangi bir yazar, kurum ya da kuruluş ile çıkar çatışması içerisinde bulunmamaktadır. Makale daha önce hiçbir yerde yayınlanmamış ve yayınlanmak üzere işlem görmemektedir**

## KAYNAKLAR

1. Cobb DS, MacGregor KM, Vargas MA, Denehy GE. The physical properties of packable and conventional posterior resin-based composites: a comparison. J Am Dent Assoc 2000, 131: 1610-5.
2. Bayne SC, Heymann HO, Swift EJ Jr. Update on dental composite restorations. J Am Dent Assoc 1994, 125: 687-701.
3. Braem M, Lambrechts P, Van Doren V, Vanherle G. The impact of composite structure on its elastic response. J Dent Res 1986, 65: 648-53.
4. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties of new composite restorative materials. J Biomed Mat Res 2000, 53: 353-61.
5. 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.
6. Cook WD. Factors affecting the depth of cure of UV-polymerized composites. J Dent Res 1980, 59: 800-8.
7. Sideridou ID, Karabela MM, Bikiaris DN. Aging studies of light cured dimethacrylate-based dental resins and a resin composite in water or ethanol/water. Dent Mater, 2007, 23: 1142-9.
8. Pala K, Tekce N, Tuncer S, Demirci M, Oznurhan F, Serim M. Flexural strength and microhardness of anterior composites after accelerated aging. J Clin Exp Dent 2017, 9: e424-e430.
9. Alander P, Lassila LV, Tezvergil A, Vallittu PK. Acoustic emission analysis of fiber-reinforced composite in flexural testing. Dent Mater, 2004, 20: 305-12.
10. Lassila LV, Nohrstrom T, Vallittu PK. The influence of short-term water storage on the flexural properties of unidirectional glass fiber-reinforced composites. Biomat, 2002, 23: 2221-9.
11. Santos C, Clarke RL, Braden M, Guitian F, Davy KWM. Water absorption characteristics of dental composites incorporating hydroxyapatite filler. Biomat, 2002, 23: 1897-904.
12. Sindel J, Frankenberger R, Kramer N, Petschelt A. Crack formation of all-ceramic crowns dependent on different core build-up and luting materials. J Dent 1999, 27: 175-81.
13. Momoi Y, McCabe JF. Hygroscopic Expansion of Resin-Based Composites during 6 Months of Water Storage. Br Dent J 1994, 176: 91-6.
14. Ortengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials. J Dent 2001, 29: 35-41.
15. Souza RO, Ozcan M, Michida SM, de Melo RM, Pavanelli CA, Bottino MA, Soares LE, Martin AA. Conversion degree of indirect resin composites and effect of thermocycling on their physical properties. J Prosthodont 2010, 19: 218-25.
16. Dietschi D, Schatz JP. Current restorative modalities for young patients with missing anterior teeth. Quint Int, 1997, 28: 231-40.
17. Rouhollahi M, Mohammadbasir M, Talim S. Comparative depth of cure among two light-cured core build-up composites by surface vickers hardness. J Dent (Tehran), 2012, 9: 255-261.
18. ISO 4049. Dentistry – Resin based filling materials. International Organization for Standardisation, Switzerland.
19. 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: 323-6.
20. Silva KG, Pedrini D, Delbem AC, Cannon M. Microhardness and fluoride release of restorative materials in different storage media. Braz Dent J 2007, 18: 309-13.
21. Demirel F, Saygılı G, Şahmalı S. Comparative Mechanical Property Characterization of three Indirect Composite Resin Materials Compared With Two Direct Composites. Polym Adv Technol 2003;14;380-6.
22. Alves PB, Brandt WC, Neves AC, Cunha LG, Silva-Concilio LR. Mechanical properties of direct and indirect composites after storage for 24 hours and 10 months. Eur J Dent 2013, 7: 117-22.
23. Say EC, Civelek A, Nobecourt A, Ersoy M, Guleryuz C. Wear and microhardness of different resin composite materials. Op Dent 2003, 28: 628-34.



24. Chung SM, Yap AU, Chandra SP, Lim CT. Flexural strength of dental composite restoratives: comparison of biaxial and three-point bending test. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 2004, 71: 278-83.
25. Della Bona A, Benetti P, Borba M, Cecchetti D. Flexural and diametral tensile strength of composite resins. *Braz Oral Res* 2008, 22: 84-89.
26. Seghi RR, Sorensen JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. *Int J Prosthodont* 1995, 8: 239-46.
27. Bayindir F, Yilmaz B. Comparison of diametral tensile, flexural, and compressive strengths of five core build-up materials. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg*, 2007, 2007: 18-23.
28. Adabo GL, dos Santos Cruz CA, Fonseca RG, Vaz LG. The volumetric fraction of inorganic particles and the flexural strength of composites for posterior teeth. *J Dent* 2003, 31: 353-9.
29. Manhart J, Chen HY, Hickel R. The suitability of packable resin-based composites for posterior restorations. *J Am Dental Assoc* 2001, 132: 639-45.
30. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater*, 1998, 14: 51-6.
31. Xu HH, Smith DT, Schumacher GE, Eichmiller FC, Antonucci JM. Indentation modulus and hardness of whisker-reinforced heat-cured dental resin composites. *Dent Mater*, 2000, 16: 248-54.
32. Klymus ME, Shinkai RS, Mota EG, Oshima HM, Spohr AM, Burnett LH. Influence of the mechanical properties of composites for indirect dental restorations on pattern failure. *Stomatologija*, 2007, 9: 56-60.
33. Ortengren U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter IE. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. *J Oral Rehabil*, 2001, 28: 1106-15.
34. Oysaed H, Ruyter IE. Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *J Dent Res* 1986, 65: 1315-8.
35. Kalachandra S, Wilson TW. Water sorption and mechanical properties of light-cured proprietary composite tooth restorative materials. *Biomater*, 1992, 13: 105-9.
36. Mirsasaani SS, Ghomi F, Hemati M, Tavasoli T. Measurement of solubility and water sorption of dental nanocomposites light cured by argon laser. *IEEE Trans Nanobioscience*, 2013, 12: 41-46.
37. Sevilmiş H, Bulucu B. The water sorption of adhesive materials. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg* 2007;31:16-21.
38. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomater*, 2003, 24: 655-65.
39. Ortengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials. *J Dent* 2001, 29: 35-41.
40. Chaves LP, Graciano FM, Junior OB, Pedreira AP, Manso AP, Wang L. Water interaction with dental luting cements by means of sorption and solubility. *Braz Dent Sci*. 2012;15:29-35.

#### **Yazışma Adresi**

Dr. Öğr. Üyesi Merve İşcan Yapar  
Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi  
Restoratif Diş Tedavisi AD.  
ERZURUM  
Tel: 0 442. 2360944  
E-mail: dt.merveiscan@hotmail.com

