

## Evaluation of the Effect of Fracture Line Type on Repair Resistance in Acrylic Resins Repaired with Graphene Oxide

Fulya Basmacı(0000-0001-9644-4324)<sup>α</sup>, Gökçe Soğancı Ünsal(0000-0003-2017-5599)<sup>α</sup>, Filiz Aykent(0000-0001-7346-3717)<sup>α</sup>

Selcuk Dent J, 2022; 9: 527-532 (Doi: 10.15311/selcukdentj.1134685)

Başvuru Tarihi: 23 Haziran 2022  
Yayına Kabul Tarihi: 22 Ağustos 2022

### ABSTRACT

#### Evaluation of the Effect of Fracture Line Type on Repair Resistance in Acrylic Resins Repaired with Graphene Oxide

**Background:** The aim of this study is to investigate the effect of different fracture line designs and gaps on the fracture strength of graphene oxide repaired polymethylmethacrylate (PMMA) resin specimens.

**Methods:** Fifty standard wax specimens with the size of 65x10x3 mm were prepared using a metal mold. The prepared wax models were randomly divided into 5 groups (n=10); group 1: control group (no fracture line was created), group 2: fracture line with 0 mm gap and flat surface, group 3: 0 mm gap and 45° bevel fracture line, group 4: Fracture line with 2.5 mm gap and flat surface, group 5: 2.5 mm gap and 45° bevel fracture line. The fracture lines of the specimens were repaired by adding 2% graphene oxide to PMMA powder. A 3-point bending test was applied to the midpoint of the fracture line of specimens in all test groups with an universal testing machine with a cross head speed of 0.5 mm/min. Results were analyzed by ANOVA and Tukey HSD test for normally distributed flexural strength data. The resilience data that did not show normal distribution were evaluated with the Kruskal-Wallis H test. The p-value of <0.05 was considered statistically significant.

**Results:** The highest flexural strength value was obtained in the control group (123.92±13.99 MPa). The lowest value was recorded in group 4 (39.01±8.23 MPa). The flexural strength of the specimens with bevel fracture lines was found to be statistically significantly higher than the flexural strength of specimens with straight fracture lines, (p<0.05). After repairing a decrease was monitored in the resilience of the specimens, but it was not found statistically significant (p=0.083).

**Conclusion:** The bevel fracture line of acrylic resin specimens repaired with graphene oxide provided a significant advantage in increasing the flexural strength compared to the straight fracture line.

### KEYWORDS

Acrylic resins, Fracture strength, Graphen oxide, Denture repair

### ÖZ

#### Grafen Oksitle Tamir Edilen Akrilik Rezinde Kırık Hattı Tipinin Tamir Direnci Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

**Amaç:** Farklı kırık hattı şekillerinin ve aralıklarının grafen oksit ile tamir edilmiş polimetil metakrilat (PMMA) rezin örneklerinin kırılma dayanımına olan etkisinin araştırılmasıdır.

**Gereç ve Yöntemler:** 65×10×3 mm boyutunda 50 adet standart mum örnek metal bir kalıp kullanılarak hazırlandı. Hazırlanan mum örnekler 5 gruba (n=10) ayrıldı; grup 1: kontrol grubu (kırık hattı oluşturulmayan), grup 2: 0 mm boşluk ve düz yüzeyli kırık hattı, grup 3: 0 mm boşluk ve 45° bevel kırık hattı, grup 4: 2.5 mm boşluk ve düz yüzeyli kırık hattı, grup 5: 2.5 mm boşluk ve 45° bevel kırık hattı. Örneklerin kırık hattı PMMA tozuna %2 oranında grafen oksit ilave edilerek tamir edildi. Tüm gruplardaki örnekler başlık hızı 0.5 mm/dak olan universal test cihazı ile 3 nokta bükülme testi kırık hattının orta noktasından uygulandı. Sonuçlar normal dağılım gösteren bükülme dayanımı verilerinde ANOVA ve Tukey HSD testi ile analiz edildi. Normal dağılım göstermeyen reziliens verileri için ise Kruskal-Wallis H testi ile değerlendirme yapıldı. p<0.05 değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

**Bulgular:** En yüksek bükülme dayanımı değeri kontrol grubunda elde edildi. (123.92±13.99 MPa). En düşük değer ise grup 4'te (39.01±8.23 MPa) kaydedildi. Bevel kırık hattı oluşturulan örneklerin bükülme dayanımı, düz kırık hatlı örneklerden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu. (p<0.05). Çalışmada tamir sonrası örneklerin reziliensinde azalma gözlenmiş ancak gruplar arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. (p=0.083).

**Sonuç:** Grafen oksit kullanılarak tamir edilen akrilik rezin örneklerde bevel kırık hattı düz kırık hattına göre kırılma dayanımının artırılmasında önemli derecede avantaj sağlamıştır.

### ANAHTAR KELİMELER

Akrilik rezin, Grafen oksit, Kırılma dayanımı, Protez tamiri

## GİRİŞ

Polimetil metakrilat rezinler (PMMA) protez kaidelerinin, obturatörlerin, ortodontik apareylerin ve geçici kronların yapımında yaygın olarak kullanılan materyallerdir.<sup>1</sup>

Pek çok avantajına karşın mekanik direncini ağız ortamında uzun süre koruyamaması ve çiğneme kuvvetleri karşısında oluşan yorulmaya bağlı olarak PMMA rezin kaidelerde kırıklar görülebilir.<sup>2</sup> Isı ile polimerize olan akrilik rezinler tamir için ideal olmalarına

rağmen otopolimerizan akrilik rezinler zamandan tasarruf sağlamaları ve yapım kolaylığı göstermeleri nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Bununla birlikte otopolimerizan akrilik rezinler ile yapılan kırık tamirlerinde materyalin düşük bükülme dayanımı nedeniyle tekrar kırık oluşabilmektedir.<sup>1,2,3</sup> Resin tamirden beklenen özellikler; hızlı olması, tamirin yeterli dirence sahip olması ve protezin boyutsal doğruluğunu tamir sonrası da koruyabilmesidir. Otopolimerizan akrilik rezinlerle yapılan tamirlerin direncinin %57 civarında

<sup>α</sup> Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi A.D, Ankara, Türkiye

olduğu bildirilmiştir.<sup>4</sup> Bu nedenle tamir akrilinin güçlendirilmesi için yapılan çalışmalarda akrilin içine cam fiber, kobalt-krom-nikel, paslanmaz çelik, titanyum veya zirkonyum oksit nanopartikülleri gibi materyaller karıştırılmıştır.<sup>1,2,3,5</sup>

Nanomateryaller son zamanlarda önemli gelişmeler göstererek sağlık alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu materyallerden biri de üstün özellikleri nedeniyle araştırmacıların ilgisini çeken grafendir. Yüksek mekanik özellikleri nedeniyle diş hekimliği çalışmalarında kullanılır hale gelmiştir.<sup>6,7,8</sup> Bu çalışmalarda grafen PMMA rezinlerin direncini artırmak amacıyla rezin materyali içerisine partikül veya şerit halinde karıştırılmıştır.<sup>9,10</sup> Tamirden sonra yapılan kırılma dayanımı ölçümlerinde kırılma noktaları değerlendirilmiş, tekrar eden kırıkların tamir akriliğinden ziyade kaide akriliği ile tamir akriliği arasında oluştuğu gösterilmiştir.

PMMA rezin tamirlerinde kırılma dayanımının artırılmasında kullanılan materyaller yanında tamir yüzeylerin tasarımları ve kimyasal ajan uygulamaları da önemlidir.<sup>4,11,12</sup> Önceki çalışmalarda bevel şeklinde hazırlanan tamir yüzeylerinin düz olarak bırakılan yüzeylere göre direnç açısından daha avantajlı olduğu gösterilmiştir.<sup>2,5</sup> Kırık uçlar arasında 45 derece ile oluşturulan bevel yüzey tasarımı ve tamir akrilinin içine konan nanopartiküller tamir direncini artırmaktadır.<sup>13</sup> Kırılan akril kaidenin tamiri için yüzeyler arasında oluşturulan boşluğun miktarı 1-10 mm arasında değişebilmektedir. Aralığın 3 mm'den küçük olması az miktarda tamir akriliği kullanılmasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak tamir direncinin artması ve polimerizasyon büzülmesinin azalması sağlanmaktadır. Aralığın 3 mm'den küçük olmasının tercih edilme nedenlerinden bir diğeri de renk farkının oluşmamasıdır.<sup>13</sup> Tamir yüzeylerinin frezler veya kumlamayla pürüzlendirilmesi tamir direncini arttıran yöntemler arasında yer almaktadır.<sup>2,14</sup> Kaide akriliği ile tamir akriliği arasındaki bağlantıyı artırmak amacıyla metil metakrilat (MMA), kloroform, aseton veya metilen klorit gibi kimyasal ajanlar kullanılmaktadır.<sup>12,15,16,17</sup> Literatürde grafen ve türevlerinin PMMA rezin tamirleri üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar sınırlıdır.<sup>6,9,18,19</sup>

Bu çalışmanın amacı, farklı kırık hattı şekillerinin (bevel yüzey, düz yüzey) ve aralıklarının (0 mm ve 2.5 mm) grafen oksit ilavesiyle tamir edilmiş PMMA rezin örneklerinin kırılma dayanımına olan etkisinin araştırılmasıdır. Çalışmanın ispatlanmamış hipotezi, 0 mm tamir boşluğunda hazırlanan örneklerin 2.5 mm olanlara göre ve bevel yüzey şeklinde hazırlanan örneklerin düz yüzey şekilli örneklerle göre daha yüksek kırılma dayanım değerleri göstereceği yönündedir.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

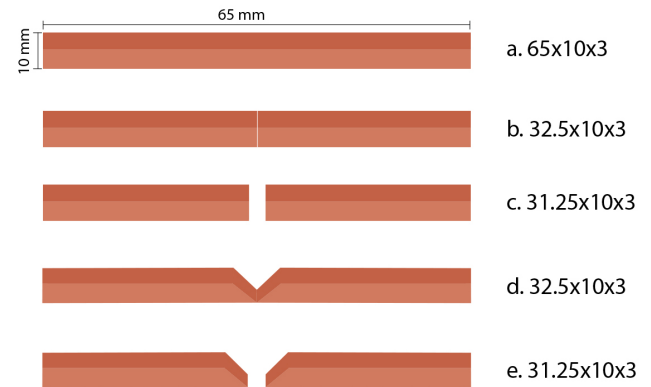
PMMA rezin örneklerin yapımında kullanılan mum örnekler, ADA (American Dental Association) standartları No:12'ye göre iç boyutları 65x10x3 mm olan bir metal kalıp yardımıyla hazırlandı<sup>2,14,20</sup> (Resim 1).



**Resim 1.**

Mum örneklerin hazırlanmasında kullanılan metal kalıp

Hazırlanan toplam 50 adet mum örnekten 10 tanesi kontrol grubu olarak ayrıldı. Kırk örnek öncelikle tam ortadan her bir parça 32.5 mm olacak şekilde ikiye bölündü. İkiye bölünen örneklerin ölçüleri dijital kumpas (Shinwa Co, Osaka, Japan) ile kontrol edildi. Bevel yüzey şekilleri 45 derece açılı bir gönye kutusu kullanılarak verildi. Örnekler 0 mm düz, 0 mm bevel, 2.5 mm düz ve 2.5 mm bevel olmak üzere 4 grup halinde hazırlandı (n=10) (Şekil 1).



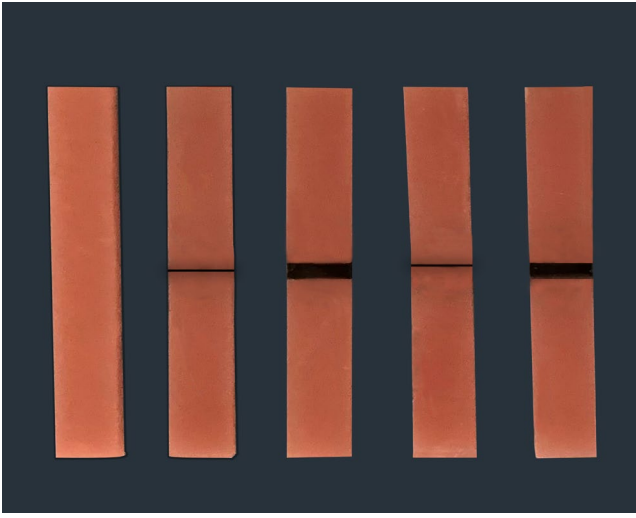
**Şekil 1.**

a. Tamir edilmemiş kontrol grubu b. 0 mm aralıklı düz tamir grubu c. 2.5 mm aralıklı düz tamir grubu d. 0 mm aralıklı bevel tamir grubu e. 2.5 mm aralıklı bevel tamir grubu

PMMA örnekler, hazırlanan mum örneklerden klasik muflalama yöntemiyle ısı ile polimerize olan akrilik rezin (Meliodent, Heraeus Kulzer GmbH Co, Almanya) kullanılarak üretici firma önerileri doğrultusunda elde edildi. İdeal polimer (toz) ile monomer (sıvı) oranını belirlemek için hassas bir terazi (Kern ABJ 220-4 NM,

Germany) kullanıldı. Elde edilen örnekler çalışma süresince boyutsal değişmezliğin korunması için 37°C distile suda bekletildi.

Grafen oksit partikülleri (Nanografi, Ankara, Türkiye) önceki çalışmalarda olduğu gibi PMMA rezin tozuna % 2 oranında olacak şekilde ilave edilerek bir vakumlu karıştırıcıda (ZKJ, Tianjin Dental, China) karıştırıldı.<sup>6,7,15</sup> Ardından grafen oksit ilave edilmiş PMMA toz karışımı MMA likitiyle 1: 2 oranında karıştırılarak tamir akriliği elde edildi. Kırık parçaların tamir edilecek uçları MMA likitle 180 sn ıslatıldı. Kırık parçalar örneklerin hazırlandığı metal kalıba konularak kırık yüzeyleri arasında oluşan aralıklara hazırlanan tamir akriliği yerleştirildi. Daha sonra örnekler 2 bar basınç altında ve 45°C sıcaklıkta 15 dakika polimerize edilerek tamirleri tamamlandı (**Resim 2**).



**Resim 2.**

a. Tamir edilmemiş kontrol grubu b. 0 mm aralıklı düz tamir grubu c. 2.5 mm aralıklı düz tamir grubu d. 0 mm aralıklı bevel tamir grubu e. 2.5 mm aralıklı bevel tamir grubu.

Tamirleri tamamlanan akril örneklerin tesviye işlemleri düşük devirde tungsten karbid hard frez ile yapıldı. Ardından 600 ve 800 grit su zımparası ile zımparalandı. Tüm örneklerin tesviye ve polisajları aynı araştırmacı tarafından tamamlandı. Kırılma testine tabi tutulmadan önce örneklerin boyutları bir dijital kumpas ile kontrol edildi. Tüm örneklerin 3 nokta bükülme testi Instron universal test cihazında (Lloyd Instruments Ltd., Hampshire, United Kingdom) yapıldı. Cihaz örneklerin yerleştirildiği metal destekler arası mesafe 50 mm, başlık hızı 5 mm/dk olacak şekilde ayarlandı. Örneklerin tam orta noktasından tamir edilen alandan dik yönde örnekler kırılıncaya kadar basma kuvveti uygulandı. Kırılma değerleri Newton cinsinden cihaz tarafından kaydedildi.

Bükülme dayanım değerleri  $S = 3FL/2bd^2$  formülü kullanılarak hesaplandı.

S: Bükülme dayanımı (N/mm<sup>2</sup>)

F: Kırılma anında kaydedilen yük (N)

L: Destekler arası uzaklık (50 mm)

b: Örnek genişliği (10 mm)

d: Örnek kalınlığı (3mm)

Tüm test gruplarında örneklerin kırılmadan önceki reziliens değerleri (joule) olarak kaydedildi.

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS 22 paket programı aracılığı ile yapıldı. Verilerin normallik testleri Shapiro-Wilk istatistiksel analizi ile değerlendirildi. Normal dağılım gösteren verilerde gruplar arası karşılaştırmalarda tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey HSD testi kullanıldı. Normal dağılım göstermeyen veriler için ise Kruskal-Wallis H testi kullanıldı. Anlamlılık seviyesi olarak 0.05 değeri alındı.  $p < 0.05$  olması durumunda anlamlı farklılığın olduğu belirtildi.

## BULGULAR

Üç nokta bükülme dayanım değerlerinin normal dağılım gösterdiği tespit edilen verilerde tek yönlü ANOVA istatistiksel analizi yapılmıştır. Tek yönlü ANOVA analiz sonuçları gruplar arasında fark olduğunu ortaya koymuştur (**Tablo 1**).

**Tablo 1.**

### One-way ANOVA test sonuçları

	SS	df	MS	F	p
Gruplar arasında	49444,962	4	12361,24	81,678	000
Gruplar içinde	6810,332	45	151,34		
Total	56255,294	49			

Gruplar arasındaki farkın hangi gruplar arasında olduğunu tespit etmek amacıyla Tukey HSD analizi yapılmıştır. En yüksek bükülme dayanımı değeri tamir edilmemiş olan kontrol grubunda ( $123.92 \pm 13.99$  MPa) görülmüş fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Bu grubu sırasıyla 2.5 bevel ve 0 bevel grupları izlemiştir. İki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. En düşük bükülme dayanımı değerleri ise 0 düz ve 2.5 düz gruplarında tespit edilmiştir (**Tablo 2**).

**Tablo 2.**

### Grupların bükülme dayanımı değerleri (MPa)

Gruplar	Ort ± SS	F	P	
Kontrol	123.92 ± 13.99	81,7	0,0001	A
2.5 Bevel	56.14 ± 13.64			B
0 Bevel	54.77 ± 11.05			B
0 Düz	39.67 ± 13.59			C
2.5 Düz	39.01 ± 8.23			C

Tüm gruplardaki örneklerin reziliens değerleri homojen dağılım göstermediği için Kruskal-Wallis H testi ile değerlendirilmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ) (Tablo 3).

**Tablo 3.**

**Grupların ortalama reziliens değerleri (J)**

Gruplar	Mean $\pm$ SS	Kruskal-Wallis H	P
Kontrol	35.90 $\pm$ 0.008	8.242	0.083
2.5 Bevel	26.00 $\pm$ 0.010		
0 Bevel	25.80 $\pm$ 0.008		
0 Düz	21.30 $\pm$ 0.011		
2.5 Düz	18.50 $\pm$ 0.005		

**TARTIŞMA**

Bu çalışmada farklı kırık hattı şekillerinin ve aralıklarının grafen oksit ile tamir edilmiş PMMA rezin örneklerinin kırılma dayanımına olan etkisi değerlendirilmiş ve kırık boşlukları arasında kırılma dayanımı açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu nedenle çalışmanın 2.5 mm tamir boşluğunun 0 mm tamir boşluğu olan örneklerden daha yüksek kırılma dayanımı göstereceği ön hipotezi reddedilmiştir. Bevel yüzey şeklinin düz yüzey şekline göre daha dirençli tamir oluşturacağı ön hipotezi ise kabul edilmiştir. PMMA örneklerde klasik tamir akriliği olan otopolimerizan akriliğin kullanıldığı diğer çalışmalarda tamir yüzey şeklinin bevel olmasının düz olmasına göre avantajlı olduğu görüşüne benzer bir sonuç elde edilmiştir.<sup>2,4,11,12,13</sup>

Çalışmamızda bevel yüzey şekilli örneklerin, düz yüzey şekilli örneklerle göre hem 0 mm ve hem de 2.5 mm aralıklı gruplarda daha iyi bükülme direncine sahip oldukları gözlenmiştir. Bunun sebebi bevel yüzey şeklinin kırık uçta yüzey alanını artırarak yapılan aşındırmanın tamir bağlanma gücünü artırması olabilir<sup>21</sup> Li ve ark.<sup>3</sup> iki farklı genişlikte tamir boşluğu (20 mm, 16 mm) ve kırık hattının alt ve üst bölgesine fiber ağ yapısı koyarak güçlendirdikleri akrilik rezinlerde bükülme direncini değerlendirmişler ve 20 mm tamir boşluğuna fiber ağ yerleştirilerek yapılan tamirin yüksek bükülme dayanımı gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, Li ve ark.'nın çalışmasından farklı olarak tamir boşluğunun az ya da fazla olmasının kırılma dayanımı üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Gad ve ark.<sup>14</sup> akrilik rezin tamir boşluk miktarının (0, 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm) tamir direncine etkisini inceledikleri çalışmalarında kırık boşluğunun miktarının azalmasının ve 45 derece bevel yüzey şeklinin bükülme dayanımını dolayısıyla tamir direncini artırdığını savunmuşlardır. Ancak Gad ve ark. nano elmas partikül ilavesinin akrilik rezinlerin tamir direncine etkisini inceledikleri diğer bir çalışmalarında boşluk miktarının azalmasının tamir direncini fazla etkilemediğini sonucuna ulaşmışlar ve

bunun sebebi olarak tamir rezininin içine ilave ettikleri nanoelmas partiküllerini göstermişlerdir.<sup>13</sup> Çalışmamızın sonuçları Gad ve ark yaptıkları çalışmaların sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

Beyli ve Von Fraunhofer<sup>4</sup> akrilik tamirini farklı tamir boşlukları ve yüzey şekillendirmeleri ile değerlendirmişler ve sonuç olarak 3 mm'nin altındaki tamir boşluğunun avantajlı olduğunu bulmuşlardır. Ancak yüzey şekillendirmeleri arasında herhangi bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada tamir boşlukları 3 mm'nin altında olduğu ve arada herhangi bir fark bulunmadığı için önceki bu çalışmayla benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Gad ve ark.<sup>11</sup> 2.5 mm ve 0 mm tamir boşlukları ile bevel ve ters bevel yüzey şekillendirmesi yapılan kırık akrilik parçalarının tamir direncini araştırdıkları çalışmalarında 0 mm tamir boşluğu olan örneklerin 2.5 mm olanlara göre bükülme dirençlerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Yüzey şekillendirmesi değerlendirmesinde ise 0 mm boşluklu bevel yüzey şekli örneklerin bükülme dayanımlarının ters bevel şekilli örneklerin bükülme dayanımından daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise Gad ve ark. çalışmalarının aksine istatistiksel olarak fark bulunmasa da 2.5 mm boşluk olan grupların kırılma dayanımı daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeninin Gad ve ark.'nın çalışmasında tamir için konvansiyonel otopolimerizan akrilik rezin kullanılması, bu çalışmada ise grafen oksit ilave edilmiş otopolimerizan akrilik rezin kullanılması olabileceği düşünülmüştür.

Gad ve arkadaşları PMMA rezin kırıklarında farklı aşındırıcı teknikler ve tamir uçlarına monomer uygulamasının tamir direnci üzerindeki etkisini araştırmışlardır.<sup>2,11,14</sup> Benzer şekilde Pereira ve ark.<sup>17</sup> farklı yüzey işlemleri uygulayarak (silikon karbid zımpara, monomerle ıslatma, hem monomerle ıslatma hem zımpara uygulanması) tamir edilmiş PMMA örneklerin bükülme direncini 3 nokta bükülme testi ile değerlendirmiştir. Monomerle ıslatılarak tamir edilmiş örneklerin daha yüksek bükülme direncine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda önceki tüm bu çalışmaların ışığında tamir edilen örneklerin bükülme dayanımını artırmak amacıyla kırık uçlar monomerle 180 sn ıslatıldıktan sonra tamir akriliği uygulanmıştır.

Grafen oksit gibi nanomateryal ilavesinin akrilik direncinin artırdığı bilinmektedir.<sup>6,18,19</sup> Ancak bağlantı zayıflığına bağlı olarak kırık uçlar bölgesinde kırılmalar meydana gelebilmektedir. Çalışmamızda oluşan kırıkların da tamir bölgesinde oluşması ve kontrol gruplarının tüm gruplardan daha iyi bükülme dayanımına sahip olması önceki çalışma verilerini destekler nitelik taşımaktadır.

Çalışmamızın bir diğer bulgusu tamir edilmiş PMMA rezin örneklerin reziliensinin (35.90  $\pm$  0.008) grafen ilavesi ile tamir edilmemiş gruplara göre (2.5 Bevel: 26.00  $\pm$  0.010,

0 Düz:  $25.80 \pm 0.008$ , 0 Bevel:  $21.30 \pm 0.011$ , 2.5 Düz:  $18.50 \pm 0.005$ ) azalmış olmasıdır. Ancak tüm gruplarda görülen reziliens miktarındaki bu azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Literatürdeki önceki bir çalışmada hibrit silika ilavesiyle tamir edilmiş PMMA rezin örneklerin bükülme dayanımlarında artış gözlenirken reziliensinde istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte bir düşüş gözlenmiştir.<sup>22</sup> Bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar önceki bu çalışmayı desteklemektedir.

Bu pilot çalışmanın limitasyonu ağız ortamındaki ısı ve pH değişikliklerinin, çiğneme kuvvetlerinin gözardı edilmesi nedeniyle klinik ortamını tam olarak yansıtamamasıdır. Diğer bir limitasyon ise sadece %2 olmak üzere tek konsantrasyonda grafen oksit kullanılmasıdır. İleriki çalışmalar, PMMA örneklerin tamirinde farklı yüzey şekillerinin ve farklı konsantrasyonlarda grafen oksit gibi nanopartiküllerin kullanılmasını konu alabilir.

### SONUÇ

Bu çalışmanın sonuçlarına göre; grafen oksit ilave edilmiş otopolimerizan akrilik rezin ile tamir edilmiş PMMA örneklerin tamirinde kullanılan bevel yüzey şekli düz yüzey şekline göre kırılma dayanımı açısından avantaj oluşturmaktadır. Ancak kırılma dayanımı tamir boşluğunun az veya çok olmasından etkilenmemektedir.

**KAYNAKLAR**

1. Zafar MS. Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers* 2020; 12:1-35.
2. Gad MM, Rahoma A, Abualsaud R, Al-Thobity AM, Akhtar S, Helal MA, et al. Impact of different surface treatments and repair material reinforcement on the flexural strength of repaired PMMA denture base material. *Dent Mater J* 2020; 39:471-82.
3. Li GH, Chen S, Grymak A, Waddell JN, Kim JJ, Choi JJ. Fibre-reinforced and repaired PMMA denture base resin: Effect of placement on the flexural strength and load-bearing capacity. *J Mech Behav Biomed Mater* 2021; 124:1-8.
4. Beyli MS, Fraunhofer A. Repair of fractured acrylic resin. *J Prosthet Dent* 1980; 44:497-503.
5. Gad MM, Al-Thobity AM. The impact of nanoparticles-modified repair resin on denture repairs: a systematic review. *Jpn Dent Sci Rev* 2021; 57: 46–53.
6. Bacali C, Badea M, Moldovan M, Sarosi C, Nastase V, Baldea I, et al. The Influence of Graphene in Improvement of Physico-Mechanical Properties in PMMA Denture Base Resins Materials. 2019; 12: 2335.
7. Sorina S, Moldovan M, Sarosi C, Mesaros A, Dudea D, Alb C. Effects of Graphene Addition on the Mechanical Properties of Composites for Dental Restoration. *Materiale Plastice* 2015; 52:90-2.
8. Watson G, Starost K, Bari P, Faisal N, Mishra S, Njuguna J. Tensile and Flexural Properties of Hybrid Graphene Oxide / Epoxy Carbon Fibre Reinforced Composites. *Materials Science and Engineering* 2017;195: 1-6.
9. Agarwalla SV, Malhotra R, Rosaa V. Translucency, hardness and strength parameters of PMMA resin containing graphene-like material for CAD/CAM restorations. *J Mech Behav Biomed Mater* 2019;103388.
10. Aldosari M, Othman AA, Alsharaeh EH. Synthesis and Characterization of the in Situ Bulk Polymerization of PMMA Containing Graphene Sheets Using Microwave Irradiation. *Molecules* 2013;18:3152-67.
11. Gad MM, Rahoma A, Khan ZA, Al-Thobity A, Abualsaud R, Alkaltham N, et al. Closed Repair Technique: Innovative Surface Design for Polymethylmethacrylate Denture Base Repair. *J Prosthodont* 2022; 31:257-265.
12. Ateş SM, Çağlar İ, Duymuş ZY. Farklı Enerji Seviyelerindeki Er:YAG Lazer ile Tamir Edilen Akrilik Kaide Resininin Bükülme Dayanımı. *Selcuk Dent J*, 2021; 8: 486-493.
13. Gad MMA, Ali MS, Al-Thobity AM, Al-Dulaijan YA, Zayat ME, Emam AM, et al. Polymethylmethacrylate Incorporating Nanodiamonds for Denture Repair: In Vitro Study on the Mechanical Properties. *Eur J Dent* 2021; 25:11-25.
14. Gad MM, Rahoma A, Abualsaud R, Al-Thobity AM, Fouda SM. Effect of Repair Gap Width on the Strength of Denture Repair: An In Vitro Comparative Study. *J Prosthodont* 2019; 28: 684–691.
15. Lee JH, Jo JK, Kim DA, Patel KD, Kim HW, Lee HH. Nano-graphene oxide incorporated into PMMA resin to prevent microbial adhesion. *Dent Mater* 2018; 34:63-72.
16. Turgut S, Korkmaz FM, Bağış B, Ayaz EA, Ateş SM. Çeşitli yüzey işlemlerinin akrilik kaide resinin transvers dayanımı üzerine etkisi. *Turkiye Klinikleri J Dental Sci* 2014; 20:93-9.
17. Pereira RP, Delfino CS, Butignon LE, Andre M, Vaz K, Arioli-Filho JN. Influence of surface treatments on the flexural strength of denture base repair. *Gerodontology* 2012;29:234-8.
18. Carlo SD, Angelis D, Brauner E, Pranno N, Tassi G, Senatore M, et al. Flexural strength and elastic modulus evaluation of structures made by conventional PMMA and PMMA reinforced with graphene. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2020; 24:5201-8.
19. Dong R, Liu L. Preparation and properties of acrylic resin coating modified by functional graphene oxide. *Applied Surface Science* 2016; 368:378-87.
20. Revised American Dental Association Specification No. 12 for denture base polymers. Council on Dental Materials and Devices. Reports Of Councils And Bureaus. *J Am Dent Assoc* 1975; 90:451-8.
21. Hanna EA, Shah FK, Gebreel AA. Effect of Joint Surface Contours on the Transverse and Impact Strength of Denture Base Resin Repaired by Various Methods. *An In Vitro Study. J. Am. Sci* 2010;6:115-25.
22. Çevik P. Hibrit Silika İlavesinin Akrilik Kaide Materyalinin Mekanik Özelliklerine Etkisi. *J Dent Fac Ataturk Univ* 2018; 28(1) 33-8.

Sorumlu Yazar:

Dr. Fulya Basmacı

Adres: Yayla Mahallesi Yozgat Bulvarı 1487.Cadde No:55 Keçiören/ANKARA

e-posta: fulyabasmaci@gmail.com