

# Yeni Geliştirilen Bir Kompozit Rezin Materyalinin Bükülme Dayanımının Karşılaştırılmalı Olarak Değerlendirilmesi: Bir *In Vitro* Çalışma

## *Comparative Evaluation of Flexural Strength of a Newly Developed Composite Resin Material: an in vitro Study.*

G. Burcu Senirkentli<sup>1</sup> , Yesim Turan<sup>2</sup> , Ezgi Sonkaya<sup>3</sup> , Eda Çakmak<sup>4</sup> , R. Ebru Tirali<sup>5</sup> 

### ÖZET

**Amaç:** Bu *in vitro* çalışmada mikrohibrid doldurucu içeriği ile yeni geliştirilen bir dental kompozitin mekanik özelliklerinden bükülme dayanımının iki farklı mikrohibrit doldurucu kompozit materyal ile karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

**Gereç ve Yöntem:** Mevcut çalışmada, yeni üretilen bir Üiversal Kompozit (Dolgunn, Himg Seramik ve Medikal Kompozit San.Tic. Ltd.Sti, Türkiye) ile 2 farklı mikrohibrit kompozit (G-aenial Anterior, GC-Japonya ve Filtek Z250 3M, USA) kullanıldı. Her bir dolgu materyalinden 10 adet dikdörtgenler prizması şeklinde (2x2x25 mm boyutunda) örnekler hazırlanarak, instron test cihazında 1 mm/dk hızda bükülme dayanım değerleri ölçüldü. Verilerin istatistiksel analiz için Kruskal-Wallis testi kullanıldı. Tüm testler için istatistiksel anlamlılık düzeyi p=0.05 alındı.

**Bulgular:** Tüm test materyalleri arasında bükülme dayanımları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlendi (p<0.05). En yüksek bükülme dayanımı değerini Filtek Z250 gösterirken en düşük bükülme dayanım değerini G-aenial materyali göstermiştir. G-aenial ve Dolgunn materyalleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmazken; her iki materyal ile Filtek Z250 arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur.

**Sonuç:** Çalışma sonuçlarına göre yeni geliştirilmiş olan Dolgunn kompozit dolgu materyali değerlendirilen diğer mikrohibrit kompozitlerden birinden daha yüksek ancak yakın diğerinden daha düşük değerlerde bükülme dayanım değerleri göstermiştir. Kullanılan tüm materyallerin öngörülen standartların üzerinde bükülme dayanım değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Yeni geliştirilen formülasyona sahip kompozit materyalinin daha kapsamlı mekanik testler ile değerlendirilmesi yönünde öncü bir çalışma olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bükülme dayanımı; Kompozit dental rezin; Mikrohibrit

### ABSTRACT

**Aim:** In this *in vitro* study, it was aimed to evaluate the mechanical properties of a newly developed dental composite material with microhybrid filler content and its flexural strength comparatively with two different microhybrid filler composite materials.

**Materials and Methods:** In the current study, the newly produced Universal Composite filling material (Dolgunn, Himg Seramik ve Medikal Kompozit San.Tic. Ltd.Sti, Turkey) and 2 different microhybrid composite materials (G-aenial Anterior, GC-Japan and Filtek Z250 3M, USA) were used. Ten rectangular prisms (2x2x25 mm in size) samples were prepared from each filling material, and the bending strength values were measured at a speed of 1 mm/min in an instron test device. Kruskal-Wallis test was used for statistical analysis of the data. Statistical significance level was taken as p=0.05 for all tests.

**Results:** Differences were observed between the materials in terms of flexural strengths (p<0.05). Filtek Z250 showed the highest flexural strength value, while G-aenial material showed the lowest value. While there was no statistically significant difference between G-aenial and Dolgunn materials, a difference was found between both materials and Filtek Z250.

**Conclusion:** According to the results of the study, the newly developed Dolgunn composite filling material showed higher flexural strength values than one of the other microhybrid composites evaluated but lower than the other close ones. It has been observed that all materials used have flexural strength values above the prescribed standards. It is thought that it will be a pioneering study in the evaluation of the newly developed composite material with more comprehensive mechanical tests.

**Keywords:** Composite Dental Resin; Flexural strength; Microhybrid

Makale gönderiliş tarihi: 26.04.2022; Yayına kabul tarihi: 20.07.2022

İletişim: Prof. Dr. R. Ebru Tirali

Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı 11. Sokak No:26 06490 Bahçelievler/ANKARA

E-posta: [etirali@baskent.edu.tr](mailto:etirali@baskent.edu.tr)

<sup>1</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Dr., Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>3</sup> Öğr. Gör., Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Adana, Türkiye

<sup>4</sup> Öğr. Gör., Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi- Odyoloji Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>5</sup> Prof. Dr., Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

## GİRİŞ

Diş hekimliğinde kompozit dolgu materyalleri estetik özelliklerinin daha üstün olması, kavite preparasyonunda daha konservatif çalışmaya olanak sağlama-ları açısından yaygın kullanım alanı bulmuşlardır. Kompozit rezinler doldurucu partikül tipi ve partikül büyüklüğü dağılımındaki iyileştirmeler ile diş hekim-leri tarafından daha çok tercih edilmeye başlanmıştır.<sup>1,2</sup>

Dental restoratif materyallerde bulunması arzu edilen özellikler incelendiğinde; oklüzal yüklemeye dayanımları, ağız ortamında stabil olmaları, stres gelişimini en aza indirmeleri ve boşluk oluşumunu önlemeleri gibi birçok madde sayılabilir.<sup>3</sup> Dental kompozit materyallerin partiküllerinin boyut ve şekil-leri materyalin kırılma sertliği ve aşınma dayanımı gibi mekanik özellikleri üzerinde önemli etkileri bulunmaktadırlar. Kompozit matrisinde küçük doldurucu partiküllerin spesifik kombinasyonlarda bulunması yüksek aşınma dirençlerinin elde edilmesini sağlayabilmektedir.<sup>4</sup>

Klinik kullanımda başarılı sonuçlar elde edilmesi için kompozit materyallerin önemli bir yapıtaşı olan doldurucu partikülleri rezin matrisin içerisine dahil etmek yerine rezin fibröz seramik doldurucu ağına eklendiği eşsiz bir sistem geliştirilmiştir. Doldurucular esas olarak alüminyum oksit ve silikon dioksit cam partikülleri veya baryum alüminyum silikat veya stronsiyum camlardan oluşur.<sup>5,6</sup>

Dental materyallerin mekanik özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntem olan bükülme dayanımı materyalin kırılmadan önce dayanabile-

ceği en yüksek stresin belirlenmesi olarak tanımlanır.<sup>7</sup> Bu değerlendirme yöntemi özel uçlarla belirli üç noktadan materyale uygulanan kuvvet karşısında bükülme direnci değerlendirmesini içerir ve materyal dayanıklılığını değerlendiren diğer *in vitro* testlere destek sağlar.<sup>8</sup>

Bu çalışmanın amacı yeni geliştirilen mikrohibrid dolduruculu Dolgunn (Himg Seramik ve Medikal Kompozit San.Tic. Ltd.Sti, Türkiye) dental kompozit materyalin mekanik özelliklerinden bükülme dayanımının piyasada kullanılan G- aenial Anterior (GC-Japonya), ve Filtek Z250 (3M, USA) kompozit materyallerinin bükülme dayanımlarıyla karşılaştırılması olarak değerlendirilmesidir.

## MATERYAL METOD

Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmıştır (Proje no: D-KA22/08).

Mevcut çalışmada üç farklı mikrohibrit dolduruculu kompozit rezin materyal olan G- Aenial Anterior (GC-Japonya), Filtek Z250 (3M, USA), Dolgunn Üni-versal Kompozit (Himg Seramik ve Medikal Kompozit San.Tic. Ltd.Sti, Türkiye) kullanılmıştır (Tablo 1). Her bir kompozit rezinin A2 rengi seçilip, ISO 4049:2009 standartlarına gözetilerek uygun boyutlarda (2 mm genişlik 2 mm kalınlık ve 25 mm uzunluğunda) metal kalıplara materyaller yerleştirilerek, her bir grup için 10 örnek hazırlandı. Materyaller üretici talimatlarına göre yüksek güçlü Led ışık kaynağı (Valo, Ultradent, USA) ile 40sn ışınlanarak polimerize edildi ve daha sonra kompozit örnekler kalıplardan çıkartıldı.

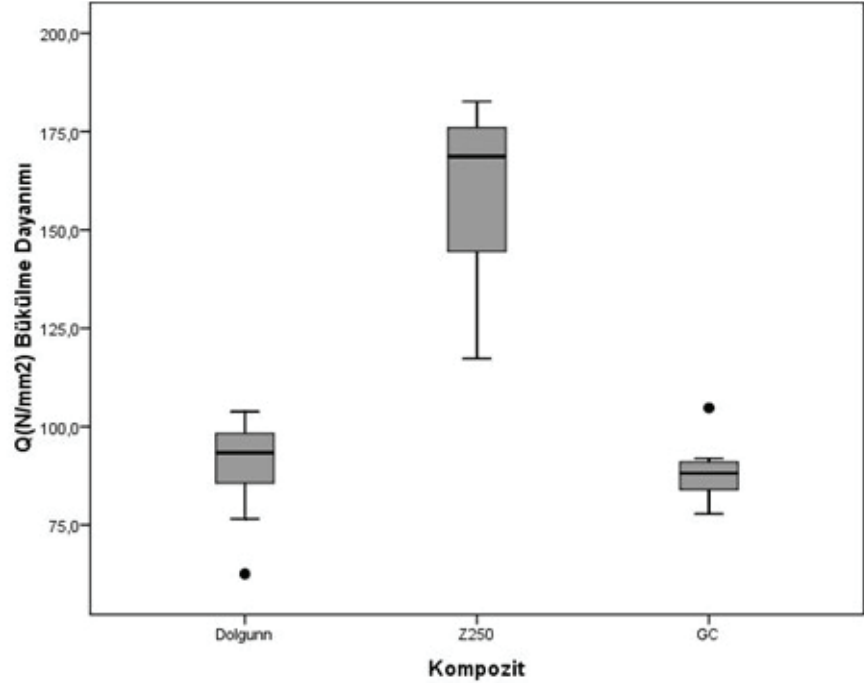
**Tablo1.** Çalışmada kullanılan mikrohibrit kompozit restoratif materyal ürün bilgileri

Ürün ismi	Üretici	Lot	Doldurucu			Matrix
			Tipi	Vol %	Boyutu (µm)	
G-Aenial Anterior	GC Corp, Tokyo, Japan	2007011	Stronsiyum, lantanoid florür, silika	63	16–17	UDMA ve Dimetakrilat komonmerleri (bisGMA sız)
Filtek™ Z250	3M-ESPE Amerika	NC04749	Zirkonya, silika	60	0.01-3.5	TEGDMA, BIS-GMA, UEDMA, Bis-EMA
Dolgunn Universal Restorative	Himg Seramik ve Medikal Kompozit San. Tic. Ltd.Sti, Türkiye	336-1021	Silanlı Baryum-Alumo-Boro-Silikat cam	80	0.03-1.0	UDMA, BIS-GMA, TEGDMA

Bis-GMA: Bisfenol A glisidimetakrilat, UDMA: Üretan dimetakrilat, TEGDMA: Trietilen glikol dimetakrilat, Bis-EMA: Etoksile bisfenol-A dimetakrilat, UEDMA:Uretan Dimetakrilat



Şekil 1. Instron test cihazı



Şekil 2. Grupların bükülme dayanımı değerlerinin grafik görünümü.

Hazırlanan kompozit rezin çubukların bütün yüzeyleri 800 ve 1000 gritlik silikon karbid zımparaları ile cilalandı. Kumpas yardımıyla örneklerin boyutları kontrol edilip 24 saat 37°C distile suda bekletildi. Kompozit rezin örnekler üç nokta bükülme dayanımı testi bilgisayar kontrollü Instron testometrik cihazı (Instron 5944, Instron Corporation, Massachusetts, USA) için özel hazırlanan 20 mm genişlikteki yuvalara yerleştirilerek 1 mm/dk hızla yapıldı. (Şekil 1) Kompozit rezin çubukların orta noktasına ISO 10477 standartına uygun olarak hazırlanan yuvarlatılmış 2 mm'lik yuvarlak bir uç ile kuvvet uygulanarak kırılması sağlandı. Kırılma değerleri kaydedildi. Bükülme dayanımı hesaplanırken aşağıdaki formül kullanıldı.

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

**Q: Bükülme dayanımı**

**Fmax: Kırılma anındaki kuvvet (N)**

**L: kuvvetin uygulandığı test düzeneğinin genişliği (mm)**

**a: Örneğin kalınlığı (mm)**

**b: Örneğin genişliği (mm)**

#### İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS 25.0 programında gerçekleştirilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler ortalama, standart sapma, medyan ve çeyrekler arası genişlik değerleriyle özetlenmiştir. (Tablo 2) Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelenmiştir. Kompozit materyallerinin bükülme dayanımlarının karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık  $p<0.05$  olarak kabul edildi. (Şekil 2)

Tablo 2. Grupların bükülme dayanımı değerleri

Materyal	Bükülme Dayanımı				Kruskal-Wallis Testi	p
	Ortalama $\pm$ SS (MPa)	Medyan (Çeyrekler arası genişlik)	Minimum	Maksimum		
Dolgunn	89.94 $\pm$ 12.62	93.32 (16)	62.56	103.80		
Filtek Z250	159.59 $\pm$ 24.43	168.69 (39.33)	117.27	182.65	19.613	<0.001*
G-Aenial Anterior	88.05 $\pm$ 7.56	88.15 (8.64)	77.83	104.74		

\* $p<0.05$

## BULGULAR

Bükülme dayanımı testi sonucunda elde edilen verilerin ortalamaları, standart sapmaları ve minimum-maksimum değerleri Tablo 2' de gösterilmiştir. Test grupları arasında ortalama en yüksek bükülme dayanımı değeri (159.59±24.43 MPa) Filtek Z250 ile elde edildi. Ortalama en düşük bükülme dayanımı değeri (88.05±7.56 MPa) ise G-Aenial Anterior da gözlemlendi. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda bükülme dayanımı açısından G-Aenial Anterior ve Dolgunn kompozit rezin materyalleri arasında anlamlı bir fark bulunamadı ( $p=0.450$ ). Filtek Z250 diğer kompozit rezinlerden istatistiksel açıdan belirgin olarak daha yüksek bükülme dayanımı gösterdi ( $p<0.05$ ).

## TARTIŞMA

Diş hekimliğinde kullanılmak üzere geliştirilen dental kompozitlerin kırılma ve deformasyon direncini anlamak ve tam olarak karakterize etmek oldukça önemlidir ve bu amaç için birçok yöntem mevcuttur. Bu yöntemler nispeten "yeni" bir restorasyon materyali olan kompozit için, diğer materyaller için geliştirilen test yöntemlerinden uyarlanmışlardır. Bu test yöntemleri, tek bir değişken kullanmak üzere tasarlanmış ve materyalin mekanik olarak daha kararlı durumlarının elde edilmesi amacı ile numune manipülasyonunu sağlayacak şekilde geliştirilmiştir.<sup>9,10</sup> Kompozitlerin mukavemetinin ölçümü genellikle bükülme testleri ile yapılır. Uluslararası Standartlar Organizasyonu [International Organization for Standardization (ISO)], tarafından polimer bazlı restoratif malzemelerin mukavemetini değerlendirmek için belirtilen test 3 noktalı bükme testidir ve okluzal streslerin yüksek olduğu alanlarda restoratif materyallerin en az 80 MPa değerinde bükülme dayanımı göstermesi beklenmektedir.<sup>11</sup> İki eksenli biaksiyal bükülme ve üç nokta destek testlerinin karşılaştırıldığı çalışmada biaksiyal yöntemde küçük örnekleri de ölçebildiği ancak tekrarlına bilirlilik bakımından üç nokta bükülme testinin daha fazla tercih edildiği bildirilmiştir.<sup>12</sup> Literatürde bu amaçla yapılmış birçok laboratuvar çalışması mevcuttur.<sup>13-15</sup>

Mevcut çalışmada kullanılan mikrohibrid kompozit materyallerin üç nokta destek testi sonrasında elde edilen bükülme dayanım değerleri karşılaştırıldığında en dayanıklı kompozit materyalinin Filtek Z250 olduğu gözlemlenmiştir. Test edilen kompozit materyaller-

den Dolgunn en yüksek doldurucu oranına sahipken, en yüksek partikül boyutunun G-aenial materyaline aittir. Bükülme dayanımları açısından karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı olmasa da Dolgunn materyalinin G-aenial kompozit materyalinden daha yüksek ortalama bükülme dayanım değerleri gösterdiği ancak her ikisinin de Filtek Z250 materyalinden istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bükülme dayanımı gösterdiği görülmüştür.

Yapılan bazı araştırmalar kompozit materyallerin farklı doldurucu içeriklerinin dağılımı ve boyutunun, elastiklik modülü ve kırılma dayanımı gibi mekanik özellikleri üzerinde etkili olduğunu göstermişlerdir.<sup>15,16</sup> Ancak başka bir araştırmada bu fiziksel özelliklerin sadece doldurucularla ilişkilendirilemeyeceği polimer kimyasındaki komonomerlerin de bükülme dayanımı üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir.<sup>16</sup> Kompozit rezinlerin esnekliklerini değerlendiren diğer çalışmalarda farklı polimerasyon koşullarının da etkili olduğu sonuçlar bildirilmiştir.<sup>17,18</sup> Çalışmamızda da doldurucu hacmi ve boyutu farklı olan kompozit rezinlerin bükülme dayanımları incelenmiş ve bükülme dayanımı ile doldurucu hacmi değerleri arasında doğrudan bir ilişki olmadığı görülmüştür.

Bu durumun nedeni olarak kompozit rezinlerin fiziksel özelliklerini etkileyen bir diğer faktörün UDMA, BIS-GMA ve TEGDMA gibi organik faz yapılarındaki farklılıklar olduğunu belirten çalışmalar da bulunmaktadır.<sup>19,20</sup> Kompozit materyallerin polimer matriks özelliklerinde belirli bileşenlerin materyalin mekanik özelliklerini etkilediği görülmüştür. Ancak bunlar kompozisyon değişiklikleriyle doğru orantılı değildir. Her iki UDMA/Bis-GMA/TEGDMA ve UDMA/Bis-EMA/TEGDMA gibi farklı kompozisyona bileşimlerine sahip matrislerin oldukça iyi bükülme dayanımı ve elastisite modülüne sahip oldukları ve üç farklı monomerin uygun oranlarda kullanılmasının, daha güçlü bir polimer matrisi sağlanmasına katkıda bulunduğu bildirilmiştir.<sup>15</sup> Çalışmamızda da benzer şekilde Bis-GMA ve TEGDMA'nın UDMA ve UEDMA ile bulunduğu iki kompozit materyalin daha yüksek bükülme dayanımı gösterdiği görülürken Bis-EMA içeren Filtek Z250 materyalinin en yüksek bükülme dayanımı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Bis-EMA monomerinin kompozit matrisine eklenmesinin amacının materyalin vizkozitesini artırması ile konversiyon oranını daha yüksek olmasına ve bükülme direncini artırması olduğu belirtilmiştir.<sup>21</sup> En düşük bükülme

dayanımı gösteren G-aenial materyalinde UDMA bulunduğunu ancak Bis-GMA bulunmadığı görülmüştür.

Bükülme dayanımı üzerinde etkisi olabilecek unsurlardan inorganik doldurucu tipi, boyutu ve hacimsel olarak yüzdesi gibi faktörler düşünüldüğünde mevcut çalışmada kullanılan materyaller bazında en yüksek bükülme dayanımı gösteren Filtek Z250 materyalinin içeriğinde bulunan Zirkonya inorganik doldurucusunun bulunmasının da etkili olabileceği düşünülmüştür. Çalışmamızın bulgularını destekler nitelikte zirkonyumun polimerik rezinlere eklenmesinin bükülme dayanımının artması başta olmak üzere materyalin birçok mekanik özelliğini geliştirdiği bildirilmiştir.<sup>22</sup> Bu konu ile ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

## SONUÇ

Dental restorasyonların klinik başarıları için bükülme, sıkışma ve sertlik değerleri gibi mekanik özelliklerin belirlenen standartlarda olması beklenmektedir. Çalışmamızda kullanılan yeni geliştirilmiş Dolgunn Universal dolgu materyali klinikte yaygın kullanımda olan iki farklı mikrohibrit kompozit ile bükülme dayanımı açısından karşılaştırılmış ve umut vadeden değerler göstermiştir. Ancak klinik başarıları hakkında daha kesin bir sonuca ulaşmak için farklı mekanik ve fiziksel özelliğinin test edilmesine ihtiyaç vardır. Çalışmamızın bu açıdan yerli üretim bir ürün olan Dolgunn kompozit materyalinin test edildiği farklı çalışmalara öncü olması amaçlanmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Ruyter IE, Oeysaed H. Composites for use in posterior teeth: composition and conversion. *J Biomed Mater Res* 1987;21: 11-23.
2. Altun C. Kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeler. *Gülhane Med J* 2005; 47: 77-82.
3. Fugolin APP, Pfeifer CS. New resins for dental composites. *J Dent Res* 2017; 96: 1085-91.
4. Turssi C, Ferracane J, Vogel K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. *Biomaterials* 2005; 26: 4932-7.
5. Ünlü N, Çetin AR. New Developments in Ingredient of Composite Resin Materials: Review. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 2008; 14: 156-67.
6. Yeli M, Kidiyoor KH, Nain B, Kumar P. Recent advances in composite resins-A review. *J Oral Res Rev* 2010; 2:134-6.
7. 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: 424-30.

8. Alander P, Lassila LV, Tezvergil A, Vallittu PK. Acoustic emission analysis of fiber-reinforced composite in flexural testing. *Dent Mater J* 2004; 20: 305-12.
9. Ilie N, Hilton TJ, Heintze SD, Hickel R, Watts DC, Silikas N et al. Academy of dental materials guidance—Resin composites: Part I—Mechanical properties. *Dent Mater J* 2017;33: 880-94.
10. Wilson NHF, Norman RD. Five-year findings of a multicentre clinical trial for a posterior composite. *J Dent* 1991;19:153-9.
11. International Standards Organization ISO 4049. Dentistry—Polymer-based filling, restorative and luting materials. 2000.
12. Chung SM, Yap AUJ, Chandra SP, Lim CT. Flexural strength of dental composite restoratives: Comparison of biaxial and threepoint bending test. *J App Biomaterials* 2004; 71: 278- 83.
13. Kim KH, Ong JL, Okuno O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 642-9.
14. Gladys S, Van MB, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. *J Dent Res* 1997;76: 883-94.
15. Szczesio-Wlodarczyk A, Domarecka M, Kopacz K, Sokolowski J, Bociog K. An Evaluation of the Properties of Urethane Dimethacrylate-Based Dental Resins. *Materials* 2021; 14: 2727.
16. Gonçaves F, Kawano Y, Pfeifer C, Stansbury JW, Braga RR. Influence of BisGMA, TEGDMA, and BisEMA contents on viscosity, conversion, and flexural strength of experimental resins and composites. *Eur J Oral Sci* 2009;117:442-6.
17. Xu HH, Smith DT, Schumacher GE, Eichmiller FC, Antonucci JM. Indentation modulus and hardness of whisker-reinforced heat-cured dental resin composites. *Dent Mater J* 2000;16: 248-54.
18. Klymus ME, Shinkai RS, MotaEG, Oshima MS, Spohr AM, Burnett LH. Influence of the mechanical properties of composites for indirect dental restorations on pattern failure. *Stomatologija* 2007; 9: 56-60.
19. Manhart J Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties of new composite restorative materials. *J Biomed Mat Res* 2000; 53: 353-61.
20. Manhart J Chen HY, Hickel R. The suitability of packable resin-based composites for posterior restorations. *J Am Dental Assoc* 2001; 132: 639- 45.
21. Barszczewska-Rybarek, I.M. A guide through the dental dimethacrylate polymer network structural characterization and interpretation of physico-mechanical properties. *Materials* 2019; 12: 4057.
22. Oshida Y, Zuccari AG. On the three-point flexural tests of dental polymeric resins. *Biomed Mater Eng* 1997;7:111-9.