

Yeni iki tip kompozit materyalin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması*

Ali Rıza Çetin(0000-0002-6552-2788)^α, Ahmet Ercan Hataysal(0000-0003-0026-5562)^α, Bilal Aktaş(0000-0002-5125-9624)^β

Selcuk Dent J, 2018; 5: 194-202 (Doi: 10.15311/selcukdentj. 366640)

Başvuru Tarihi: 15 Aralık 2017
Yayına Kabul Tarihi: 21 Mart 2018

ÖZ

Yeni iki tip kompozit materyalin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması

Amaç: Bu çalışmanın amacı posterior ve üniversal kullanım için üretilen dental kompozit materyalleri, bükülme dayanımı, mikro sertlik ve yüzey pürüzlülüğü gibi mekanik özellikleri açısından şu an piyasada yaygın olarak kullanılan kompozit materyallerle karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntemler: Bu çalışmada, yeni üretilen NOVA Compo-HS ve NOVA Compo-N ile şu an piyasada yaygın olarak kullanılan kompozit materyallerden olan Photoposterior, Estelite Posterior, X-tra fill, AELITE™ All-Purpose Body, Filtek Bulkfill ile Tetric N-Ceram Bulkfill kullanıldı. Her bir materyalden silindirik şekilde (10x2mm boyutlarında) 20'şer örnek hazırlandı ve sonrasında örneklerin Ra cinsinden yüzey pürüzlülüğü ve Vickers sertlik değerleri belirlendi. Daha sonra her bir materyalden (2x2x25 mm boyutunda) dikdörtgen şeklinde örnekler hazırlanarak, instron cihazında 1 mm/dk hızda bükülme dayanımı değerleri belirlendi. İstatistiksel analiz için tek yönlü ANOVA ve Tukey's HSD ve Scheffe testleri kullanıldı.

Bulgular: Materyaller arasında bükülme dayanımları, sertlik ve pürüzlülük açısından farklılıklar gözlemlendi ($p < 0.05$). Photoposterior ve AELITE™ All-Purpose; Compo-HS ve Compo-N ile karşılaştırıldığında belirgin olarak daha yüksek bükülme dayanımı sergilediği gözlemlendi ($p < 0.05$). Photoposterior; çalışmada kullanılan diğer kompozitlerden daha yüksek mikro sertlik değeri gösterdi ($p < 0.05$). Compo-HS, Compo-N, Filtek Bulkfill ve Tetric N-Ceram Bulkfill arasında yüzey sertlikleri açısından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark gözlemlenmedi. Compo-HS ve Compo-N'in yüzey pürüzlülük değerleri X-tra fill ve AELITE™ All-Purpose'dan daha düşük olduğu gözlemlendi ($p < 0.05$).

Sonuç: Bu çalışmada kullanılan mekanik test sonuçlarına göre yeni formülasyon bir kompozit olan Compo-N, çalışmada değerlendirilen diğer üniversal kompozitlerle benzer bulunmuştur. Ancak posterior dişler için üretilen Compo-HS, her ne kadar yüzey pürüzlülüğü açısından başarılı olsa da mekanik özellikleri bakımından diğer posterior kompozitler kadar yeterli bulunmamıştır.

ANAHTAR KELİMELER

Bükülme dayanımı, kompozit rezin, mikro sertlik, yüzey pürüzlülüğü

ABSTRACT

Comparison of mechanical properties of two different types of new composite materials

Background: The aim of this study is to compare new dental composite materials produced for posterior or universal use in terms of their mechanical properties such as flexural strength, micro hardness and surface roughness.

Methods: New formulation composites NOVA Compo-HS, NOVA Compo-N and currently existing composites: Photoposterior, Estelite Posterior, X-tra fill, AELITE™ All-Purpose Body, Filtek Bulkfill, Tetric N-Ceram Bulkfill were used in this study. 20 cylindrical specimens were prepared (10x2mm) of each material. Vickers hardness was determined under 300g load on the surface of each specimen. Surface roughness was measured with Computerize Roughness Tester twice as Ra on each specimen and mean roughness value was obtained. After that, 20 rectangular specimens (2x2x25mm) were prepared of each material and the specimens were tested for flexural strength using a three-point bending test with an Instron machine at a crosshead speed of 1mm/min. For statistical analyses, One-way ANOVA, Tukey's HSD and Scheffe were used.

Results: It was observed that Photoposterior and AELITE™ All-Purpose exhibited significantly higher bending strength when compared to Compo-HS and Compo-N ($p < 0.05$). Photoposterior; displayed higher microhardness values than all other composites ($P < 0.05$). The surface roughness values of Compo HS and Compo-N were observed to be lower than X-tra fill and AELITE™ All-Purpose ($p < 0.05$). There is no statistically significant difference between Compo-HS, Compo-N Filtek Bulkfill and Tetric N-Ceram ($p > 0.05$).

Conclusion: The results of this study suggest that Compo-N can offer similar performance to other universal composites. However, Compo-HS composite material is insufficient for restoration especially in posterior teeth..

KEYWORDS

Flexural strength, composite resin, micro hardness, surface roughness

* Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 15102007 proje numarasıyla desteklenmiş, 27-28 Ekim 2016 tarihinde gerçekleşen Resoratif Diş hekimliği Derneği 20. Uluslararası kongresinde sözlü sunum olarak sunulmuştur.

^α Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastahkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Konya

^β Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, Tokat

Organik rezin bir matriks, değişik tip ve boyutlarda inorganik doldurucular içeren kompozit rezinler restoratif diş hekimliğinde en çok kullanılan materyallerdendir.¹ Adeziv restorasyonların sağlam diş yapısını koruma, mikro sızıntının azaltılması, postoperatif hassasiyetin önlenmesi, marjinal renklenme, yeniden çürük oluşumunun önlenmesi ve fonksiyonel streslerin yapılandırılan yüzey aracılığıyla dişle iletilmesi gibi avantajları mevcuttur.²

Rezin esaslı kompozit materyaller hasta ile hekim için önemli avantajlara sahip olsalar da polimerizasyon büzülmesi ve özellikle yüksek strese maruz kalan bölgelerde mekanik özelliklerinin yetersiz olması gibi önemli dezavantajlara sahiptir.³ Dental kompozitlerin mekanik özelliklerinin partikül büyüklüğü ile ilişkili olduğu iyi bilinmektedir. Bu sebeple dental kompozit rezinlerin sıkışma dayanımı, kırılma sertliği ve aşınma dayanımı gibi mekanik özelliklerinin doldurucu partikül büyüklüğü ile ilişkisi çeşitli çalışmalarla araştırılmıştır.⁴ Modern kompozit rezin sistemler quartz, kolloidal silika, baryum kaplanmış silika cam, stronsiyum vb. gibi inorganik doldurucular içerir. Bu doldurucuların oranı genellikle ağırlıkça %70-80 arasında; partikül büyüklükleri ise 0.4 µm-85 µm arasında değişmektedir. Pratik limitler dahilinde daha yüksek oranda doldurucu partikül içeriği, daha düşük oranda rezin matriks kullanımına ve dolayısıyla kompozitin daha iyi fiziksel özelliklere sahip olmasını sağlar.⁵ Son 30 yıldır bu materyallerin mekanik özelliklerinde iyileştirme yönünde meydana gelen gelişmeler onların kullanımlarının kolay olmasında ve daha uzun ömürlü olmalarında önemli avantajlar sağlanmasına neden olmuştur. Kompozit rezin doldurucu içeriği, doldurucu büyüklüğü, kompozit materyallerin mekanik özelliklerinden olan yüzey sertliği ve intrinsik yüzey pürüzlülüğü ile ilişkilidir. Yüzey pürüzlülük problemlerini ortadan kaldırmak, yüzey sertliğini artırmak için daha yüksek oranda ve daha küçük çapta doldurucu içeren nano kompozitler geliştirilmiştir.^{6,7} Bu tip kompozit rezinlerin, aşınma direncinin daha yüksek olduğu ve bu materyallerle yapılan restorasyonların daha uzun ömürlü olacağı vaat edilmektedir.^{8,9}

Son yıllarda dental pazara sunulmuş olan yeni nesil nano boyutlu doldurucu içeren ve 4 mm'ye kadar sertleştirilebilen bulk fill kompozit rezin materyaller, hem ön hem de arka grup dişlerin restorasyonunda kullanılabilir. Maksimum 2 mm kalınlığında yerleştirilip ışınlanan geleneksel kompozitlerden farklı olarak bulk fill kompozitler en az 4 mm kalınlığında yerleştirilmek ve bu derinlikte polimerize edilebilmek üzere dizayn edilmiştir. Üreticiler Bulk fill kompozitlerin daha derin polimerizasyon derecesine ve içerisindeki "polymerization modulators" sebebiyle daha düşük polimerizasyon büzülme streslerine sahip olduklarını öne sürmektedirler.⁹ Yapılan çalışmalar bulk fill

kompozitlerin, geleneksel kompozitlerle karşılaştırılabilir mekanik ve fiziksel özelliklerinin olduğunu göstermektedir.^{9,11} Günümüzde kompozit rezin formülasyonundaki yenilikler ve kompozit yerleştirme tekniklerindeki yeni gelişmeler direkt kompozit uygulamalarını daha güvenilir kılmaktadır.¹²

Rezin esaslı kompozit restoratif materyallerin hepsinde rezin matriks, polimerizasyon esnasında hacimsel büzülmeye uğramaktadır.¹³ Restorasyon materyali olarak geliştirilen yeni monomerlerle kompozitlerin yetersiz aşınma dayanımı ve polimerizasyon büzülmesine bağlı marjinal sızıntı gibi eksikliklerinin üstesinden gelmek amaçlanmıştır. Bunlardan başka, kompozitlerin mekanik özelliklerini artırmak için çapraz bağlı monomerler sentezlenmiştir. Bunların içinde; açık halkalı monomerler: spiro ortokarbonat, siklik eter, siklik asetal ve alil sülfid, vinilsiklopropan, likit kristalin monomerler, kompomer için monomerler, ormoserler, radyoopak monomerler² ve siloranlar¹⁴ sayılabilir. Dental kompozitler sertleşme esnasında hacimsel büzülmeye bağlı polimerizasyon büzülme stresleri oluşturur.¹⁵ Araştırmacılar bu problemi ortadan kaldırmak amacıyla kompozit içerisinde farklı bileşenler kullanmıştır. Bu çalışmada dental kompozit materyalin özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılan yeni monomer sistemi üzerine odaklanmıştır ve yine bu çalışmada kullanılan yeni formülasyon kompozit sistemler içinde büzülmesi azaltılmış yüksek molekül ağırlıklı monomer sistemi kullanılmıştır. Yüksek molekül ağırlıklı Ultra Low Syhrinkage (ULS) dimetakrilat monomer rezin kullanımı büzülme streslerinde ve yaşlanmada azalma, hafif yumuşak rezin matriks oluşumu ile sonuçlanmıştır. Buna ilave olarak ULS monomer uzama ve sertlik değerini artırarak restorasyonun ömrünü artırır. ULS monomer geleneksel UDMA, Bis-GMA gibi monomerlerden daha yüksek dönüşüm değerine sahiptir.¹⁶

Birçok araştırmacı tarafından yapılan laboratuvar çalışmalarında, restoratif rezin materyallerin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde aşınma direnci, mikro sertlik ve bükülme dayanımı gibi parametreler değerlendirilmiştir.¹⁷ Kompozit rezin materyallerin bükülme dayanımı tespit edilirken üç-nokta eğilme testi uygulanır. Bükülme dayanımı hesaplanırken $[S=3PL/2bh^2]$ formülü kullanılır. Bu formülde L destek noktala arası mesafeyi (mm), b örnek genişliğini (mm), h örnek yüksekliğini (mm), P maksimum yük miktarını (N) gösterir.¹⁸ Kompozit rezin materyallerin önemli fiziksel özelliklerinden olan sertliğini ölçmede ise Barcol, Brinell, Rockwell, Vickers ve Knoop sertlik testleri kullanılmış ve bunlardan Vickers ve Knoop sertlik testleri daha çok tercih edilmiştir.¹⁹ Diş renkli kompozit rezin materyallerin estetik görünüşü ve uzun ömürlülüğü daha çok bitirme ve cilalama işlemlerine bağlıdır. Yapılan restorasyonların yüzeyi, renklenme ve ikincil

çürük oluşmasına sebep olabilecek bakteri plağı tutunmasını engelleyecek şekilde pürüzsüz olmalıdır.²⁰

Bu çalışmanın amacı; posterior kullanım için üretilen dental kompozit materyal NOVA Compo HS (Imicryl, KONYA) ve üniversal kullanım için üretilen NOVA Compo-N (Imicryl, KONYA) dental kompozit materyaller, şu an piyasada yaygın olarak kullanılan kompozit materyallerle Photoposterior, (Kuraray, Japan), Estelite posterior, (Tokuyama, Japan), X-tra fill, (Voco, Germany), AELITE™ All-Purpose Body, (Bisco, USA), Filtek bulkfill, (3M, USA), Tetric N-Ceram Bulkfill (Ivoclar, Liechtenstein) bükülme dayanımı, mikro sertlik, yüzey pürüzlülüğü gibi mekanik özellikler açısından karşılaştırmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada içerisine kullanım alanına göre farklı tip ve oranlarda doldurucu yüklenmiş iki tip yeni formülasyon kompozit kullanıldı. Bu kompozitlerden posterior kullanım için üretilen dental kompozit materyal NOVA Compo HS (Imicryl, KONYA) ile karşılaştırmak için piyasada bulunan ve posterior dişlerin direkt restorasyonunda kullanılan, hibrit doldurucu içeriğine sahip; Photoposterior (Kuraray, Japan), Estelite posterior (Tokuyama, Japan), X-tra fill (Voco, Germany) ve üniversal kullanım için üretilen dental kompozit materyal NOVA Compo-N (Imicryl, KONYA) ile karşılaştırmak için piyasada bulunan ve dişlerin direkt restorasyonunda üniversal olarak kullanılan kompozitler; AELITE™ All-Purpose Body, (Bisco, USA), Filtek Bulkfill (3M, USA), Tetric N-Ceram Bulkfill (Ivoclar, Liechtenstein) kullanıldı. Kullanılan kompozit rezinlerin üretici firma ve bileşimleri **Tablo 1**'de gösterildi.

Tablo 1.

Araştırmada kullanılan kompozit rezinlerin içeriği ve üretici firmaları

Restoratif Materyaller	Üretici Firma	Organik Matris	İnorganik Doldurucu	Doldurucu % (Ağırlıkça)	Doldurucu % (Hacimce)	Tipi
NOVA Compo HS	Imicryl, KONYA	BIS-GMA, modified low syhrinkage (ULS dimethacrylate monomer) and other methacrylate resins.	Prepolimer doldurucu, Mikro inorganik cam doldurucular, silika nano ve nano ytterbium triflorid 0.01-3,5 µm (ortalama 1,5 µm).	%83	%67	Mikrohibrit
Photoposterior	Kuraray, Japan	Bis-GMA, TEGDMA	Silanize quartz baryum camları, silanize koloidal silika (3 µ.)	%86	%70	Hibrit
Estelite posterior	Tokuyama, Japan	Bis-GMA, TEGDMA, Bis-MPEPP	ZrO2-SiO2	%84	%70	Nanohibrit
X-tra fill	Voco, Germany	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	Barium-boron-alumino-silika cam (2-3 µm)	%86	%68	Hibrit
NOVA Compo-N	Imicryl, KONYA	BIS-GMA, Dimetakrilat ULS	Baryum Camları Ytterbium triflorid Prepolimer doldurucu	%78 %18-22 Prepolimer	%59-60	Mikrohibrit
AELITE™ All-Purpose Body	Bisco, USA	Etoksilat Bis-GMA Bis-GMA	Cam Filtre Amorf Silika	%76	%55	Microhibrit
Filtek Bulk fill	3M, USA	BisGMA, AUDMA, UDMA ve 1, 12-dodecane-DMA.	Zirkonya/silika + Ytterbium triflorid	%76.5	%58.4	Nanohibrit (Bulk Fill)
Tetric N Ceram Bulk fill	Ivoclar, Liechtenstein	Bis-Gma Dma, dimetakrilat comonomers	Barium alimuno silikat Cam ve Prepolimer Doldurucu	%80 %17 Prepolimer	%60	Nanohibrit (Bulk Fill)

Bükülme dayanımı için örnek hazırlama

Standartlara uygun boyutlarda kompozit rezin örnekler hazırlamak için önce 2 mm genişlik 2 mm kalınlık ve 25 mm uzunluğunda standart kalıp hazırlandı. Hazırlanan kalıplar içerisine kompozit rezin materyaller yerleştirildi. Direkt kompozit rezin materyaller üretici talimatlarına göre yüksek güçlü Led ışık kaynağı (Valo, Ultradent) ile her bölgeden 20'şer sn ışığa mazur bırakılarak polimerize edildi ve daha sonra kalıptan çıkartıldı. Her bir kompozit rezin materyal için 20 örnek hazırlandı. Hazırlanan kompozit rezin çubukların bütün yüzeyleri 800 ve 1000 gritlik SIC su zımparaları ile cilalandı. Kompozit rezin çubuklar kumpas ile kontrol edilerek 2 x 2 x 25 mm boyutlarında oldukları doğrulandı. Hazırlanan örnekler 24 saat 37°C distile suda bekletildi. Kompozit rezin örneklere üç nokta bükülme testi bilgisayar kontrollü Instron test cihazı ile 1 mm/dk hızla yapıldı. Hazırlanan kompozit örnekler Instron cihazı için özel hazırlanan 20 mm genişlikteki yuvalara yerleştirildi. Kompozit rezin çubukların orta noktasına ucu yuvarlatılmış özel bir uç ile kuvvet uygulanarak kırılması sağlandı. Kırılma değerleri kaydedildi. Bükülme dayanımı hesaplanırken $[S=3PL/2bh^2]$ formülü kullanıldı.

Yüzey mikrosertliği ve pürüzlülüğü

Her bir dental kompozit rezin materyalden üretici firma talimatlarına göre 2 mm yüksekliğinde ve 10 mm çapında yuvarlak teflon kalıplar içerisinde 20'şer adet örnek hazırlandı. Kompozit rezin materyaller iki cam arasına yerleştirilen teflon kalıp içerisine yerleştirildikten sonra, rezin örneklerin güçlü Led ışık kaynağı (Valo, Ultradent) ile polimerizasyonları sağlandı. Daha sonra her bir örneğin test edilecek, ışığa maruz bırakılan üst yüzeyi 600-1200 gritlik SIC zımparalar ile su altında düzleştirilip, Polisaj pastası kullanılarak abrazyiv diskler ile cilalandı. Kompozit rezin rezin örnekler test edilinceye kadar oda ısısında distile su içerisinde bekletildi.

Cilalanan örneklerin yüzey pürüzlülüğü Computerize Roughness Tester (Mitutoyo, ABD) yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçüldü. Her örneğin 3 farklı bölgesinden ölçüm yapıldı, ortalama ve standart sapma Ra cinsinden tespit edildi. Ra parametresi bir yüzeyin baştanbaşa pürüzlülüğünü niteler ve belirli bir ölçüm aralığında çizilen bir hattan pürüzlülük profilinin, bütün mutlak uzaklığının aritmetik ortalama değeri olarak tarif edilebilir.

Restoratif materyallerin yüzey sertlikleri Vicker's Hardness Tester (Shimadzu, ABD) yüzey sertlik ölçüm cihazı ile ölçüldü. Bunun için her örneğin üst yüzeyinde 300 gr yük 20 sn uygulanarak oluşan çentik mikroskopta ölçülerek değerleri belirlendi. Daha sonra bu ölçümlerden elde edilen değerler Vicker's sertlik birimine dönüştürüldü.

SEM görüntülerinin elde edilmesi

Her bir dental kompozit rezin materyalden üretici firma talimatlarına göre 2 mm yüksekliğinde ve 10 mm çapında yuvarlak teflon kalıplar içerisinde 2'er adet örnek hazırlandı. Kompozit rezin materyaller iki cam arasına yerleştirilen teflon kalıp içerisine yerleştirildikten sonra, rezin örneklerin güçlü Led ışık kaynağı (Valo,Ultradent) ile polimerizasyonları sağlandı. Daha sonra her bir örneğin test edilecek, ışığa maruz bırakılan üst yüzeyi 600-1200 gritlik SIC zımparalar ile su altında düzleştirilip, Polisaj pastası kullanılarak abrazyiv diskler ile cilalandı. Kompozitlere ait SEM görüntüleri S.Ü. Teknokent İleri Teknolojiler Enstitüsü'nde elde edildi.

İstatistiksel değerlendirme

Bu *in vitro* çalışmada posterior kullanım için 4 ve universal kullanım için 4 olmak üzere toplam 8 farklı dental kompozit rezin materyale ait bükülme dayanımı, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey mikro sertliği değerleri arasındaki farklılıkların tespiti için tek

yönlü ANOVA testi kullanıldı. Farklılıkların hangi kompozit rezin materyalde olduğunu belirlemek için ise Tukey's HSD ve Scheffe testleri uygulandı.

BULGULAR

Bükülme Dayanımı Bulguları

Bükülme dayanımı testi sonucunda elde edilen verilerin ortalamaları, standart sapmaları ve minimum-maksimum değerleri **Tablo 2'** de gösterildi. Test grupları arasında ortalama en yüksek bükülme dayanımı değeri (173,97 + 12,69 MPa) universal kompozit rezin AELITE™ All-Purpose Body ile elde edildi. Ortalama en düşük bükülme dayanımı değeri (100,13 + 20,26 MPa) ise hibrit kompozit rezin X-tra fill' de gözlemlendi. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda bükülme dayanımı açısından AELITE™ All-Purpose Body, Photoposterior ve Filtek Bulkfill kompozit rezinler arasında anlamlı bir fark bulunamadı ($p>0.05$). Diğer kompozit rezinlerden istatistiksel açıdan belirgin olarak daha yüksek bükülme dayanımı gösterdi ($p<0.05$). Denenen kompozitler NOVA Compo-N ve NOVA Compo HS ile X-tra fill ve Tetric N Ceram Bulkfill kompozit rezinleri aralarında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$).

Tablo 2.

Bükülme dayanımı testi, yüzey mikrosertlik testi ve yüzey mikro pürüzlülük testi sonuçları

	N	Bükülme Dayanımı	Yüzey Sertliği	Yüzey Pürüzlülüğü
		Ortalama±SS (MPa)	Ortalama±SS (VHN)	Ortalama±SS (Ra)
NOVA Compo HS,	20	117,49 ^{ab} ±12,69	45,24 ^a ±5,75	0,662 ^a ±0,18
Photoposterior	20	167,78 ^{de} ±18,29	118,19 ^d ±29,78	0,915 ^{ac} ±0,26
Estelite posterior	20	148,87 ^{cd} ±20,24	82,74 ^a ±16,75	0,973 ^{ac} ±0,35
X-tra fill	20	100,13 ^a ±27,45	98,04 ^a ±26,50	1,287 ^{ab} ±0,46
NOVA Compo-N	20	124,16 ^b ±15,16	47,01 ^a ±4,85	0,510 ^a ±0,09
AELITE™ All-Purpose Body	20	173,97 ^e ±12,69	62,82 ^b ±6,82	1,376 ^a ±0,37
Filtek bulkfill	20	154,39 ^d ±15,62	58,55 ^{ab} ±8,49	1,003 ^{ac} ±0,25
Tetric N Ceram bulkfill	20	128,29 ^{bc} ±12,80	51,08 ^{ab} ±7,09	0,745 ^{bc} ±0,41

Yüzey mikro sertlik bulguları

Vicker's yüzey mikro sertlik testi sonuçlarının grup ortalamaları, standart sapmaları ve minimum-maksimum değerleri **Tablo 2'**de gösterildi. Test grupları arasında ortalama en yüksek yüzey mikro sertlik değeri (118,19+ 29,78VHN) hibrit kompozit rezin Photoposterior ile elde edildi. Ortalama en düşük yüzey sertlik değeri (32,46 + 3,80 VHN) ise denenen kompozit rezin NOVA Compo HS' de gözlemlendi. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda yüzey mikro sertliği açısından Estelite posterior ve X-tra fill kompozit rezinler arasında anlamlı bir fark bulunamadı ($p>0.05$). Hibrit kompozit rezin Photoposterior diğer kompozitlerden istatistiksel açıdan belirgin olarak daha

yüksek yüzey mikro sertliği gösterdi ($p < 0.05$). Denenen kompozitler NOVA Compo-N ve NOVA Compo HS ile Filtek Bulkfill ve Tetric N Ceram bulkfill kompozit rezinleri aralarında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p > 0.05$).

Yüzey pürüzlülük bulguları

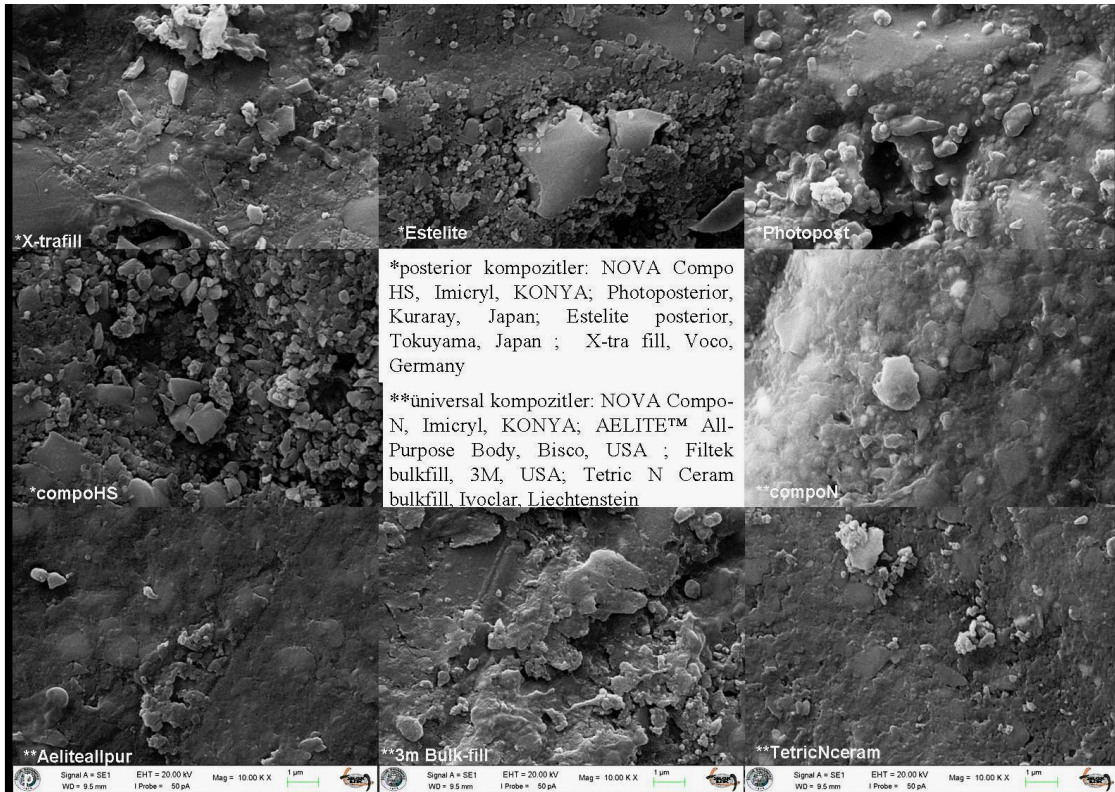
Yüzey mikro pürüzlülük testi sonuçlarının grup ortalamaları, standart sapmaları ve minimum-maksimum değerleri Tablo 2' de gösterildi. Test grupları arasında ortalama en düşük yüzey mikro pürüzlülük değeri 0,510+ 0,09 Ra değeri ile nanohibrit kompozit rezin NOVA Compo-N ile elde edildi. Ortalama en yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise hibrit kompozit rezin AELITE™ All-Purpose Body' da gözlemlendi (1,37+0,37 Ra). Yapılan istatistiksel analizler sonucunda yüzey mikro pürüzlülüğü açısından X-tra fill, AELITE™ All-Purpose Body ve Filtek bulkfill kompozit rezinler arasında anlamlı bir fark bulunamadı ($p > 0.05$). AELITE™ All-Purpose Body diğerlerinden istatistiksel açıdan belirgin olarak daha yüksek yüzey mikro pürüzlülüğü gösterdi ($p > 0.05$). Denenen kompozitler NOVA Compo-N ve NOVA Compo HS ile Filtek bulkfill ve Tetric N Ceram bulkfill kompozit rezinleri aralarında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p > 0.05$).

SEM Bulguları

Test edilen kompozit rezinlerin Scanning Electron Microscopy (SEM) görüntüleri Resim1' de gösterildi. SEM görüntülerine göre kompozitlerin içerdikleri inorganik partikül boyut ve oranları farklılar göstermektedir. Partikül büyüklükleri 0.4 – 11.2 mikron (400 – 11.200 nm) arasında değişkenlik gösterir.

TARTIŞMA

Diş hekimliğinde kullanılan kompozit rezin sistemlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması, uygulanan materyallerin kullanılacağı bölgelerin belirlenmesi açısından çok önemlidir. Dolayısıyla son yıllarda arka grup dişlerin restorasyonunda kullanımı yaygınlaşan kompozit rezin restorasyonların fiziksel özelliklerinin araştırılması da özellikle önem arz etmektedir. Yeni geliştirilen bir dental materyalin kesin klinik başarısını belirlemek için kontrollü uzun dönem klinik çalışmalar^{21,22} gereklidir. Ancak, ağız içerisinde kullanılmak üzere geliştirilen materyallerin çokluğu ve klinik çalışmaların uzun süre gerektirmeleri sebebiyle, klinik ağız ortamı şartlarının laboratuvar ortamında taklidinin yapılarak, öncelikle laboratuvar testlerinin yapılmasına olan ilgi artmaktadır. Literatürde bu amaçla yapılmış çeşitli laboratuvar çalışmaları mevcuttur. Yapılan laboratuvar



Resim 1.

Test edilen kompozit rezinlerin SEM yüzey görüntüleri

çalışmalarında arka grup dişlerde kullanılan kompozitlerin bükülme dayanımları gibi mekanik¹⁸, sertlik-pürüzlülük gibi fiziksel özellikleri²³ ve bunlar arasındaki ilişki²⁴ değerlendirilmiştir. Bizim yaptığımız çalışmamızda da kompozitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini laboratuvar ortamında test edildi.

Kompozit rezinlerin mekanik özelliklerinden olan bükülme dayanımının belirlenmesi için literatürde (ball-on-three-ball) biaksiyal bükülme, (three-point bending) üç nokta destek ve (four-point bending) dört nokta destek testleri gibi yöntemler mevcuttur.²⁵⁻²⁷ Chung ve arkadaşlarının biaksiyal bükülme ve üç nokta destek testlerini karşılaştırmak için yaptıkları çalışmanın sonucuna göre, iki test metodu arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Ancak biaksiyal testin küçük örnekleri ölçebilmesi avantaj olsa da tekrarlanabilirliğinin az olması sebebiyle ISO standartına sahip üç nokta bükülme testi ile karşılaştırıldığında daha az kullanışlıdır.²⁶ Bu sebeple birçok çalışmada olduğu gibi biz çalışmamızda da üç-nokta bükülme testi tercih edildi.

Kompozit rezinlerin sertliğinin belirlenmesinde çeşitli metodlar kullanılmaktadır.^{28,29} Knoop ve Vickers testleri en çok kullanılan test yöntemleridir. Poskus ve ark.³⁰'nın yaptıkları çalışmada kompozit rezinlerdeki Knoop ve Vicker's sertlik değerlerini karşılaştırmışlar ve her iki sertlik ölçümünün birbiriyle pozitif bağlantı gösterdiğini belirtmişlerdir.³⁰ Biz çalışmamızda yöntemin pratikliği ve laboratuvar olanakları nedeniyle Vicker's sertlik ölçme yöntemini kullandık. Kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için ise yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazlarından faydalandık.

Yaptığımız laboratuvar çalışmalarının sonucunda kullandığımız farklı doldurucu yüzde ve büyüklüğüne sahip (doldurucu partikül miktarı hacimce %55- %70 arasında, doldurucu partikül boyutu da 5 nm-3,5 µm arasında) kompozitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin (ortalama yüzey sertlik değeri 118,19 - 45,24 VHN arasında ve ortalama yüzey pürüzlülük değeri ise 0,51-1,28 Ra arasında, bükülme dayanımı değeri 173,97 - 100,13 MPa arasında) birbirlerinden farklı olduğu gösterilmiştir. Gladys ve ark.³¹ yaptıkları bir araştırmada doldurucu içeriklerin boyutu ve kompozit rezin içerisindeki dağılımının, kompozit rezin materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilediklerini ve kompozit rezin içerisindeki doldurucu miktarının materyalin elastiklik modülü ve kırılma dayanımı ile doğrudan ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.³¹ Ancak, fiziksel ve mekanik özellikler arasındaki farklılıklar sadece doldurucu partikül miktarı ile ilişkilendirilemez. Yaptığımız çalışmada kullandığımız nano-dolduruculu kompozit rezinler doldurucu içerik yüzdeleri açısından birbirlerine benzer olmalarına rağmen, nano dolduruculu kompozit rezinlerin bazıları arasında farklılıklar gözlenmiştir. Bu farklılık polimer matrislerinin,

doldurucu tiplerinin ve doldurucu ile polimer matris arasındaki bağlantıların farklı olması ile açıklanabilir.³²

Bu çalışmada kullanılan üniversal ve posterior için üretilen materyallerin üç nokta destek testi sonrasında elde edilen bükülme dayanım değerleri karşılaştırıldığında en dayanıklı kompozit materyallerin Photoposterior posterior kompozit ve Aelite Allpurpose Body mikrohibrit kompozit oldukları gözlenmiştir. Kompozitlerin mekanik özelliklerinin, monomer halden polimer hale dönüşüm seviyesini ilave polimerizasyon ile artırarak ve doldurucu partikül miktarını fazlaştırmakla artırıldığı belirtilmiştir.³³ Klymus ve ark.³⁴ yüksek ısı ile polimerize olan indirekt kompozit rezinler (Belle Glass ve Targis)'in direkt ışık ile polimerize edilen kompozit rezinlerden (Artglass ve Solidex) daha yüksek bükülme dayanımı ve elastiklik modülüne sahip olduklarını belirtmişlerdir.³⁴ Dental kompozit rezinlerin bükülme dayanımı, sertliği ve kırılma dayanımı üzerine doldurucu partikül şekli ve miktarının önemli derecede etkisi vardır.³⁵ Literatürdeki çalışmalarla uyumlu olarak doldurucu partikül miktarı en fazla olan Photoposterior mekanik özelliği diğer nano dolduruculu kompozit rezinlerden daha iyi bulunmuştur. Doldurucu içeriği nispeten benzer olan üniversal kompozit rezin arasında da bükülme dayanımı farklılık göstermiştir. Bu farklılık içerdiği reçine matrisin farklılığından kaynaklanabilir. Bir çok reçine kompozitte olduğu gibi bu nano dolduruculu kompozitlerde düşük akışkanlığa sahip dimetakrilatın aromatik esteri olan bisphenol-A glycidyl-methacrylate (Bis-GMA) bulunmaktadır. Bu sebeple kompozitler içerisine akışkanlığı artırmak için molekül ağırlığı düşük ve daha akışkan olan triethyleneglycol dimethacrylate (TEGDMA), urethane dimethacrylate (UDMA), Etoksilli bisfenol A Dimetakrilat (Bis-EMA) gibi reçineler ilave edilmektedir. Yapılan çalışmalarda, içerisinde TEGDMA olan kompozit rezinlerin bükülme dayanımları daha düşük iken UDMA bulunanların daha yüksek olduğu bulunmuştur.^{27,32} Bunun yanında nano dolduruculu kompozit rezinlerin aşınma ve diğer fiziksel özellik davranışlarının incelenmesi için yapılan çalışma sonucunda nano dolduruculu kompozit rezin Filtek Supreme'in belirgin olarak Ceram-X ve Premise kompozit rezinlerden daha yüksek bükülme dayanımına sahip olduğu bulunmuştur.³⁶ Yaptığımız çalışma sonucu kompozit rezinlerden elde edilen SEM görüntülerinde posterior için üretilen kompozitler yine kendi aralarında doldurucu partikül dağılımı ve büyüklüğü birbirlerine benzer bulunmuştur. Bizim çalışmamızda yeni üretilen üniversal kompozit diğer üniversal kompozitlerle benzer olduğu için kompozit içerisinde kullanılan ULS monomerinin kompozitlerin mekanik özellikleri üzerine negatif etkisi olmamıştır.

Bu çalışmada kullanılan üniversal ve posterior için üretilen materyallerin yüzey sertliği özellikleri karşılaştırıldığında ise en yüksek yüzey sertliği photoposterior posterior kompozit rezinlerde gözlemlendi. Wassell ve ark.³⁷ yaptıkları çalışmada iki hibrit ve bir mikro hibrit kompozit rezin materyali geleneksel yöntemle ve ilave fırınlama yöntemi ile sertleştirilmişler ve iki sertleştirme yöntemi arasında fiziksel özellik açısından farklılık olup olmadığını incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda materyaller arasında fiziksel özellik açısından fark bulunurken, sertleştirme yöntemleri arasında fiziksel özellik açısından herhangi bir fark bulamamışlardır.³⁸ Xu ve ark.³⁹'nın güçlendirilmiş kompozit rezinlerin sertlikleri ve esneklikleri üzerine yaptıkları çalışmada ilave ısı polimerizasyonunun sertlik ve esneklik üzerine ilave bir etkisinin olmadığı ancak içerisine katılan doldurucu partikülleri artırıldığında kompozit rezinlerin esnekliği ve sertliğinin arttığı rapor edilmiştir.³⁹ Photoposterior kompozitin daha iyi yüzey sertliğine sahip olması doldurucu oranının yüksek olması olabilir.

Teorik olarak nano yapıları dental kompozit rezinler, mikro dolduruculu kompozitlerden daha iyi aşınma ve yorgunluk dayanımı sağlamak ve uzun ömürlü restorasyonlar yapmak için üretilmişlerdir. Bu amaca iyi yapılmış yeni monomerlerin ve en uygun doldurucu partiküllerin kullanımı ile ulaşılabilir.⁴⁰ Willems ve ark.³⁶, çok küçük ve yoğun doldurucu partikülleri içeren kompozit rezinlerin yüzey sertliği ve pürüzlülüğünü değerlendirdikleri çalışmalarında bu kompozit rezinlerin diğer kompozit rezinlere göre en sert kompozit rezin olduğunu bildirmektedir. Ancak bizim çalışmamızda kullanılan nano dolduruculu kompozitler posterior için üretilen kompozitler ile karşılaştırıldıkları için mekanik ve fiziksel özellik açısından onlardan belirgin bir üstünlük sergileyememişlerdir.

Kompozit içerisindeki reçine matris ve doldurucu partiküllerin sertlikleri değişiktir ve bu sebeple polisaj sonrası yüzeyden uzaklaştırılma oranları da farklılık gösterir. Bu farklılık materyaller arası yüzey pürüzlülüğü farkına sebep olur. Büyük partiküllü doldurucu içeren materyaller genelde küçük partiküllü doldurucu içerenlerden daha fazla yüzey pürüzlülüğü gösterir.^{41,42} Kullandığımız kompozit rezinler içerisinde yüzey pürüzlülüğü açısından çok ciddi farklar bulunmasa da yüzey pürüzlülüğü en düşük olan kompozit Nova Compo-N prepolimerize doldurucu içeren bir kompozittir. Yüzey pürüzlülüğünün iyi çıkmasının sebebi yüzey sertliğinin düşük olması ve polisaj esnasında kolay aşındırılabilmesi olabilir.

Yaptığımız çalışmanın sonucunda elde edilen laboratuvar parametreleri **Tablo 2'**de özetlenmiştir. Bu fiziksel ve mekanik testlerin sonuçları göz önüne alındığında, klinisyenler posterior kompozitlerin bileşimleri açısından aslında üniversal kompozitlerden çok farklı olmadıklarını bilmelidirler. Ancak ilave farklı monomer kullanımı ve yüksek doldurucu oranı içermeleri

bunların öne çıkan özellikleridir. Bu parametrelerin tümü göz önüne alındığında, posterior kompozit rezin materyal olan Photoposterior ve üniversal kompozit rezin AELITE™ All-Purpose Body bükülme dayanımı ve yüzey sertliği açısından diğerlerine göre daha başarılı olarak düşünülebilir. Yaptığımız laboratuvar çalışmanın sonucunda piyasada yaygın olarak posterior bölge kullanımı için üretilen kompozitler fiziksel ve mekanik özellikler açısından yeni üretilen posterior kompozit ve diğerlerinden daha üstün bulunmuşlardır. Nano dolduruculu bir kompozit rezin materyal NOVA Compo HS, her ne kadar yüzey pürüzlülüğü açısından başarılı olsa da, mekanik özelliklerinden bükülme dayanımı ve yüzey sertlik ölçümlerinin sonuçları, uzun dönemde arka diş restorasyonlarında diğer posterior kompozitler kadar yeterli bir dayanım gösteremeyeceğinin bir göstergesi olabilir. Mikro hibrit bir kompozit rezin materyal NOVA Compo-N diğer üniversal kompozitlerle benzer mekanik özellik gösterdiği için karşılaştırıldığı üniversal kullanıma uygun kompozitler kadar klinik başarısı olabilir. Restoratif materyallerin fiziksel ve mekanik özelliklerini de içeren kalitesi, materyal seçiminde ve klinik kullanım alanının belirlenmesinde çok önemlidir. Yüksek bükülme, sıkışma ve sertlik değerleri arka dişlerin oklüzal kuvvetlerini karşılanması açısından önemlidir. Tüm bu veriler ışığında arka dişlerin restorasyonunda uzun dönem klinik başarı için kullanacağımız kompozit rezin materyallerin seçimini dikkatli ve iyi yapmak gerekmektedir. Kompozit rezin materyallerin seçimini yaparken kullanılacak bölgeye ve amaca uygun özelliklere sahip kompozit rezinlerin seçilmesi başarıyı artıracaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara göre aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir;

1. Kompozit rezin materyaller içerisinde en yüksek doldurucu partikül oranına sahip kompozit rezin Photoposterior' un fiziksel özellikleri diğer kompozit rezinlere göre oldukça başarılı bulunmuştur.
2. Nano dolduruculu yeni posterior için üretilen kompozit rezin materyal olan NOVA Compo HS, her ne kadar yüzey pürüzlülüğü açısından başarılı olsa da, mekanik özellikleri bakımından diğer posterior kompozitler kadar yeterli bulunmamıştır.
3. Deneysel üniversal kompozit rezin materyal Compo-N; mekanik özellikler açısından piyasada bulunan üniversal kompozitlerle benzer bulunmuştur.

Yaptığımız laboratuvar çalışmaları ışığında deneysel kompozit rezinlerin, üniversal kompozitler kadar iyi mekanik özelliklere sahip olduğu, ancak özellikle arka grup dişlerin restorasyonu için üretilen kompozitlerden mekanik özelliklerinin daha az olduğu sonucuna varıldı. Ancak klinik başarıları hakkında daha kesin bir sonuca ulaşmak için daha uzun dönem klinik takip çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Ruyter IE, Oeysaed H: Composites for use in posterior teeth: composition and conversion. *J Biomed Mater Res* 1987; 21: 11-23
2. Moszner N, Salz U. New developments of polymeric dental composites. *Prog Polym Sci* 2001; 26(4): 535-76. doi: 10.1016/S0079-6700(01)00005-3.
3. Irie M, Suzuki K. Current luting cements: marginal gap formation of composite inlay and their mechanical properties. *Dent Mater* 2001; 17(4): 347-53.
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(24): 4932-7.
5. Ünlü N, Çetin AR. New Developments in Ingredient of Composite Resin Materials: Review. *Turkiye Klinikleri J Dental Sci* 2008; 14(3): 156-67.
6. Baseren M. Surface Roughness of Nanofill and Nanohybrid Composite Resin and Ormocer-based Tooth-colored Restorative Materials after Several Finishing and Polishing Procedures. *J Biomater Appl* 2004; 19(2): 121-34.
7. Turssi CP, Ferracane JL, Ferracane LL. Wear and fatigue behavior of nano-structured dental resin composites. *J Biomed Mater Res Part B Appl Biomater* 2006; 78B(1): 196-203.
8. Blalock JS, Chan DCN, Browning WD, Callan R, Hackman S. Measurement of clinical wear of two packable composites after 6 months in service. *J Oral Rehabil* 2006; 33(1): 59-63.
9. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig* 2013; 17(1): 227-35.
10. Rothmund L, Reichl F-X, Hickel R, Styllou P, Styllou M, Kehe Kc, ve ark. Effect of layer thickness on the elution of bulk-fill composite components. *Dent Mater* 2016; <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2016.10.006>
11. Leprince JG, Leveque P, Nysten B, Gallez B, Devaux J, Leloup G. New insight into the "depth of cure" of dimethacrylate-based dental composites. *Dent Mater* 2012; 28(5): 512-20. doi: 10.1016/j.dental.2011.12.004.
12. Wilson NHF, Norman RD, co-investigators of the multicentre clinical evaluation. Five-year findings of a multiclinical trial for posterior composite. *J Dent* 1991; 19(3): 153-9.
13. Cattani-Lorente M, Godin C, Bouillaguet S, Meyer J-M. Linear polymerization shrinkage of new restorative composite resins. *Eur Cells Mater* 2003; 5.
14. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater* 2005; 21(1): 68-74.
15. Ruyter IE, Oeysaed H: Composites for use in posterior teeth: composition and conversion. *J Biomed Mater Res*. 1987; 21: 11-23
16. Nova Compo-N Product Brochure <http://www.imicryl.com.tr/icerik/urunpdf/tr/264>
17. Gladys S, Van Meerbeek B, 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(4): 883-94.
18. Walker MP, Haj-Ali R, Wang Y, Hunziker D, Williams KB. Influence of environmental conditions on dental composite flexural properties. *Dent Mater*. 2006; 22(11): 1002-07.
19. Shahdad SA, McCabe JF, Bull S, Rusby S, Wassell RW. Hardness measured with traditional Vickers and Martens hardness methods. *Dent Mater*. 2007; 23(9): 1079-85.
20. Marigo L, Rizzi M, La Torre G, Rumi G. 3-D surface profile analysis: different finishing methods for resin composites. *Oper Dent* 26(6): 562-8.
21. Rodolpho PAR, Genci MS, Donassollo TA, Loguercio A, Demarco F. A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-year findings. *J Dent*. 2006; 34: 427 – 35.
22. Wilson NHF, Norman RD. Five-year findings of a multicentre clinical trial for a posterior composite. *J Dent* 1991; 19: 153-9.
23. Nalçacı A, Bağış B. In Vitro Evaluation of Nano-Hybrid Composite Resin for the Surface Hardness AÜ Diş Hek Fak Derg 2005; 32(2) 91-8.
24. Heintze SD, Zellweger G, Zappini G. The relationship between physical parameters and wear of dental composites. *Wear* 2007; 263: 1138-46.
25. Composite standarts: ASTM D7264 / D7264M Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials. *Book of Standards* 2007; 15.
26. Chung SM, Yap AUJ, Chandra SP, Lim CT. Flexural strength of dental composite restoratives: Comparison of biaxial and three-point bending test. *Journal of Applied Biomaterials* 2004; 71(2): 278 – 83.
27. Bona AD, Benetti P, Borba M, Cecchetti D. Flexural and diametral tensile strength of composite resins. *Braz Oral Res* 2008; 22(1): 84-9.
28. Taşveren S. The comparison of the surface hardness of two different restorative materials. *CÜ Diş Hek Fak Derg* 2005; 8(2): 94-97.
29. Pagniano RP, Johnston WM. The effect of unfilled resin dilution on composite resin hardness and abrasion resistance. *J Prosthet Dent* 1993; 70(3): 214-8.

30. Poskus LT, Placido E, Cardoso PEC. Influence of placement techniques on vickers and knoop hardness of class II composite resin restorations. *Dent Mater* 2004; 20(8) : 726-32.
31. 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.
32. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater* 1998;14: 51-6.
33. Chung KH, Greener EH. Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. *J Oral Rehabil* 1990;17: 487-94.
34. 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. *Baltic Dental and Maxillofacial Journal* 2007; 9(2): 56-60.
35. 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: 642-49.
36. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Composite resins in the 21st century. *Quintessence Int* 1993; 24: 641-58.
37. Wassell RW, McCabe JF, Walls AWG. A two-body frictional wear test. *J Dent Res* 1994; 73(9): 1546-53.
38. Ferracane JL, Condon JR. Post-cure heat treatments for composites: properties and fractography. *Dent Mater* 1992; 8: 290-95.
39. Xu HHK, Smith DT, Schumacher GE, Eichmiller FC, Antonucci JM. Indentation modulus and hardness of whisker-reinforced heat-cured dental resin composites. *Dent Mater* 2000; 16(4): 248-54.
40. Turssi CP, Ferracane JL. Wear and fatigue behavior of nano-structured dental resin composites. *J Biomed Mater Res* 2006; 78(1): 196-203.
41. Yap AU, Lye KW, Sau CW. Surface characteristics of tooth-colored restoratives polished utilizing different polishing systems. *Oper Den* 1997; 22: 260-5.
42. Tjan AH, Chan CA. The polishability of posterior composites. *J Prosthet Dent* 1989; 61: 138-46.

Yazışma Adresi:

Ahmet Ercan HATAYSAL
Selçuk Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Diş Hastalıkları ve Tedavisi AD
42100, Selçuklu, Konya
E-mail: hataysal@selcuk.edu.tr