

# KOMPOZİT REZİNLERİN SU EMİLİMİ VE ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ ÜZERİNE GARGARALARIN ETKİSİ

## The Effect of Mouthrinses on Water Sorption And Solubility of Composite Resins

Ceren DEĞER\*

Pouya KARI\*\*

Arzu MÜJDECİ\*\*\*

### Özet

*Bu çalışmada, mikrohibrid (Dynamic Plus) ve nanoseramik (Zenit) yapıdaki iki farklı kompozit rezinin su emilimi ve çözünürlüğü üzerine alkol içeren (Listerine Cool Mint) ve içermeyen (Signal White Now) iki farklı ağız gargarasının 1 ve 7 gün sonundaki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.*

*Her bir kompozit rezin için 30 adet örnek hazırlandı (10mmx2mm) ve örnekler, her grupta 10 adet olacak şekilde rastgele 3 gruba ayrıldı. Piyasada bulunan iki farklı ağız gargarası alkol içeren (Listerine Cool Mint) ve alkol içermeyen (Signal White Now) test solüsyonu olarak, distile su ise kontrol grubu olarak seçildi. Tüm örnekler, kompozit rezinlerden nemin uzaklaşmasını sağlamak için desikatörde  $37\pm 1^\circ\text{C}$ 'de 22 saat, daha sonra  $23\pm 1^\circ\text{C}$ 'deki fırında 2 saat bekletildi. Her bir örneğin ağırlığı ve hacmi hesaplandı. Örnekler 1 gün ve 7 gün süreyle  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de etüvde 10 ml gargara/distile su ile dolu plastik şişelere konuldu. 1 gün ve 7 gün sonunda sıvıların içerisinden alınan her bir örnek hassas terazide tekrar tartıldı. Su emilimi ve çözünürlük değerlerinin hesaplanması BS EN ISO 4049:2000 standart metoduna dayanarak yapıldı. Veriler istatistiksel olarak tek yönlü varyans analizi (one-way-ANOVA) ve Tukey HSD testi değerlendirildi. Tüm istatistiksel analizler için ( $\alpha=0.05$ ) seviyesi anlamlı kabul edildi.*

*İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, 1.gün ve 7.gün sonunda en yüksek su emilim değerlerini Dynamic Plus kompozit rezin Listerine Cool Mint gargarada, Zenit kompozit rezin ise Signal White Now gargarada bekletildiğinde göstermiştir.*

*Çözünürlük değerleri açısından bakıldığında, her iki kompozit rezinde de hem gargaralarda hem de distile suda çözünürlük değerleri negatif olarak elde edilmiştir. Hem su emilimi hem de çözünürlük değerleri ISO 4049:2000 standartlarında belirlenmiş sınırlardan oldukça düşük bulunmuştur.*

*Anahtar Kelimeler: Kompozit rezin, su emilimi, çözünürlük, gargara*

### Summary

*In this study, the effect of two different mouthrinses, alcohol containing (Listerine Cool Mint) and alcohol-free (Signal White Now) mouthrinses, on the sorption and solubility of a microhybrid (Dynamic Plus) and a nanoceramic (Zenit) composite resins after 1 and 7 days storage was investigated.*

*30 disc-shaped (10mm x 2mm) specimens for each composite resin were prepared. The discs for each dental composites were randomly assigned to 3 groups (n=10). The test solutions were selected as commercially available alcohol containing mouthrinse (Listerine Cool Mint) and alcohol-free mouthrinse (Signal White Now), distilled water was used as the control. The specimens were dessicated for 22 hours at  $37\pm 1^\circ\text{C}$  and then placed in an oven for 2 hours at  $23\pm 1^\circ\text{C}$ . The mass and volume for each specimen were calculated. The specimens were individually placed in plastic vials by immersing 10 ml of mouthrinse / distilled water at  $37\pm 1^\circ\text{C}$  for 1 day and 7 days. At the end of 1 day and 7 days, each disc was reweighed by using analytic balance. The sorption and solubility values were calculated based on BS EN ISO*

\* Araştırma Görevlisi, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

\*\* Doktora Öğrencisi, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

\*\*\* Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

*4049:2000. The data were analyzed with One-Way ANOVA and Tukey HSD tests ( $\alpha=0.05$ ).*

*According to the statistical analysis results, Dynamic Plus composite resin exposed to Listerine Cool Mint mouthrinse and Zenit composite resin exposed to Signal White Now mouthrinse showed the highest sorption values at the end of 1st and 7th day. The solubility values of both composite resins were negative. On comparing the results with ISO 4049:2000 requirement, it was obtained that all composites showed lower sorption and solubility values than maximum requirement.*

**Key Words:** Composite resin, sorption, solubility, mouthrinse

## Giriş

Günümüzde hem anterior hem de posterior bölgede kullanımı oldukça yaygınlaşmış olan kompozit rezinlerin kimyası, diş hekimliği için üretildikleri 57 yıl öncesinden beri önemli ölçüde geliştirilmiştir. Genellikle dimetakrilat bazlı polimerik matriks, doldurucular, doldurucu-matrix ara bağlayıcısı silan ve polimerizasyon reaksiyonunu sağlayan kimyasallardan oluşan kompozit rezinlerdeki en önemli değişiklikler doldurucu partiküller üzerinde yoğunlaşmıştır.<sup>1</sup> Daha iyi fiziksel özellikler sağlamak amacıyla rezin matrikse katılan doldurucu partikül büyüklüğü yıllar geçtikçe azaltılmıştır.<sup>1-3</sup>

İlk üretilen 10-50 µm çapında doldurucu partikül büyüklüğüne sahip makrodolduruculu geleneksel kompozitler güçlü olmalarına rağmen zor cilalanmaları ve yüzey düzgünlüklerini koruyamamaları nedeniyle, yerini ortalama partikül büyüklüğü 40 nm olan mikrodolduruculu kompozitlere bırakmıştır. İyi cilalanabilirlik ve estetik özelliğe sahip mikrodolduruculu kompozitler yapısına prepolimerize rezin doldurucular eklenerek doldurucu miktarı arttırılmaya çalışılsa da, düşük doldurucu oranı nedeniyle zayıf aşınma direnci sergilediklerinden, yeterli kuvvet sağlamak amacıyla geleneksel kompozitlerin partikül büyüklüğü azaltılarak küçük partiküllü hibrit kompozitler ve midifil kompozitler üretilmiştir. 1990'ların ortasında ortalama partikül büyüklüğü 0.4-1 µm olan ve ayrıca 40 nm silika partikülleri de içeren, %56-60

oranında doldurucuya sahip mikrohibrit kompozit rezinler piyasaya sürülmüştür. Bu kompozitler, mikrodolduruculu kompozitlerin iyi cilalanabilirlik gibi mekanik özelliklerinin ve hibrit kompozitlerin çigneme kuvvetine karşı direnç gösterme gibi gelişmiş yüzey özelliklerinin kombine edilmesi sayesinde universal kompozitler olarak düşünülmüşlerdir. 2000'li yıllarda ise, nanoteknolojinin gelişimi ve diş hekimliğine girişi ile sadece nano büyüklükteki partiküller (5-100 nm) içeren nanodolduruculu kompozitler üretilmiştir. Üreticiler tarafından, mevcut mikrohibrit kompozitlerin yapısı, daha fazla nano partikül içermeleri amacıyla mikrodolduruculu kompozitlerdeki gibi prepolimerize doldurucular ilave edilerek modifiye edilmiş ve nanohibrit kompozit rezinler piyasaya sürülmüştür.<sup>1</sup>

Doldurucular üzerinde yapılan bir diğer yenilik de, nanoseramik kompozit rezinlerin üretilmesi olmuştur. Üretici firmaya bağlı olarak, dimetakrilat bazlı kompozitlerden farklı monomer yapısı kullanılan ormoser teknolojisinin nanoteknoloji ile kombine edilmesi ile nanoseramik bir kompozit rezin geliştirildiği gibi,<sup>4</sup> ormoser bazlı olmayan ancak aglomerasyon yolu ile yapısına katılmış inorganik seramik doldurucu içeren nanoseramik bir kompozit rezin de piyasaya sürülmüştür.

Kompozit rezinler restoratif materyal olarak ağıza yerleştirilmelerinden itibaren sıvı ağız ortamı ile sürekli bir etkileşim halindedirler.<sup>5</sup> Sürekli ya da aralıklı olarak tükürük, su, yiyecek-içecek ve oral bakım ürünlerindeki kimyasal ajanlara maruz kalırlar.<sup>6</sup> Kompozit rezinler ideal olarak termal ve kimyasal açıdan stabil olmalı, suya geçirgen olmamalıdır, ancak, polimer bazlı materyaller olarak ağızdaki sıvı ortamdan olumsuz yönde etkilenirler.<sup>7</sup> Ağız ortamındaki su ve solventleri absorbe edebilir ve doldurucular da dahil olmak üzere komponentlerinin bazılarını salabilirler; bu durum su emilimi ve çözünürlük olarak bilinir.<sup>8</sup>

Su emilimi ve çözünürlük, fiziksel ve kimyasal reaksiyonlarla rezin matriksin yapısı ve fonksiyonu üzerinde zararlı etkiler

oluşturabilir.<sup>7</sup> Bu etkiler; hacim genişlemesi gibi değişiklikler, yumuşama ve plastikleşme gibi fiziksel değişiklikler ile oksidasyon ve hidrolizis gibi kimyasal değişiklikler olabilir. Su molekülleri polimer ağa difüze olur ve polimer zincirleri ile mikro boşluklar arasındaki serbest hacmi doldurup polimer matrikste plastikleşme ve şişmeye neden olurlar. Böylece, polimer zincirlerinde ayrılma başlatır ve monomerin yapıdan uzaklaşmasına neden olur.<sup>7,9</sup> Su molekülleri ayrıca silika doldurucu yüzeyinin silanol grupları ile silan bağlayıcı ajan arasındaki siloxan bağlarını da hidroliz yoluyla bozabilir ve doldurucuların bağlantısının bozulmasına neden olabilir.<sup>9</sup>

Kompozit rezinlerin su emilimi ve çözünürlüğü üzerine; kompozisyonları, doldurucu partikül miktarı ve içeriği, rezin matriks-doldurucu arasındaki bağın kuvveti, reaksiyona girmemiş monomerler ve sıvı/solventin yapısı etkilidir. Ağız ortamındaki asidik solüsyonların kompozit rezinin polimer ağı içine yayıldığı, polimer zincirleri arasındaki etkileşimi zayıflatarak zincirleri birbirinden ayırdığı, materyalin hacmini etkilediği, su emilimi ve çözünürlüğünü arttırdığı iddia edilmektedir.<sup>10-12</sup> Alkolün de iyi bir dimetakrilat çözücü olduğu, kompozit rezinlerin mekanik özelliklerini etkilediği, su emilimi ve çözünürlüğünü arttırdığı bildirilmektedir.<sup>13,14</sup> Yapısında su, antimikrobiyal ajanlar, tuzlar, koruyucular ve bazen de alkol içeren ve bunların konsantrasyonlarındaki farklılıklara göre farklı pH'lara sahip olan gargaralar; çürüğün önlenmesine ilaveten, ağız kokusunun azaltılması ve ferah bir nefes sağlanması

açısından yaygın olarak kullanılmaktadırlar.<sup>15-17</sup> Ancak, pH'ları, etken maddeleri, içerikleri ve alkol konsantrasyonuna bağlı olarak dişler ve restoratif materyaller üzerinde zararlı etkilere neden olabilmektedirler ve bu mekanizmada gargaraların alkol konsantrasyonu ve düşük pH değeri anahtar rol oynamaktadır.<sup>18</sup>

Gargaraların kompozit rezinler üzerine etkisi sertlik, pürüzlülük, mikrosızıntı ve renklenme açısından çok sayıda çalışmada değerlendirilmiştir. Ancak, kompozit rezinlerin su emilimi ve çözünürlüğü üzerine gargaraların etkisini değerlendiren sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.<sup>5,12,18</sup> Bu çalışmalarda genellikle hibrit, nanodolduruculu, siloran kompozit rezinler kullanılmış, mikrohibrid ve nanoseramik kompozit rezinler ile yapılmış su emilimi ve çözünürlük çalışmasına rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada, mikrohibrid ve nanoseramik yapıdaki iki farklı kompozit rezinin su emilimi ve çözünürlüğü üzerine piyasada bulunan alkol içeren ve içermeyen iki farklı ağız gargarasının 1 ve 7 gün sonundaki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

### Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada mikrohibrid ve nanoseramik yapıdaki A2 renginde iki farklı kompozit rezinin alkol içeren ve içermeyen iki farklı gargara ve kontrol grubu olarak da distile su içerisinde su emilimi ve çözünürlük davranışlarının birbirlerine ve zamana göre değişimleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan kompozit rezinler Tablo 1'de, solüsyonlar ise Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 1:** Çalışmada kullanılan materyaller

Materyal	Organik Matrix	İnorganik Matrix
Dynamic Plus President, Munich, Germany	Bis-GMA, TEGDMA	Baryum aluminosilikat (ortalama partikül büyüklüğü <1 µm) Fumed silika (ortalama partikül büyüklüğü 0.04µm) Doldurucu miktarı: 80 (ağırlık%) 65 (hacim%)
Zenit President, Munich, Germany	Diurethane dimethacrylate, butanediol dimethacrylate, Isopropylidene-bis [2(3)-hydroxy-3(2)(4-phenoxy)propyl] bismethacrylate	Cam doldurucular (ortalama partikül büyüklüğü 0.7 µm) Pyrogenic silika (ortalama partikül büyüklüğü 12nm) Agglomer edilmiş seramik nanopartiküller (ortalama partikül büyüklüğü 0.6 µm) Doldurucu miktarı: 83 (ağırlık%) 70 (hacim%)

**Tablo 2:** Çalışmada kullanılan solüsyonlar

Solüsyonlar	İçerik	Alkol miktarı	pH
Listerine Cool Mint (Johnson&Johnson, İstanbul, Türkiye)	Timol, ökaliptol, metill salisilat, mentol, sorbitol solusyonu, poloxamer 407, benzoik asit, nane esansı, sodyum sakkarin, sodyum benzoat	%21,6	3.92
Signal White Now (Unilever, İstanbul, Türkiye)	Sorbitol, PEG-40 hydrogenated castor oil, trisodyum fosfat, PVM/MA kopolimer, sodyum lauril sülfat, sodyum sakkarin, lecitin, gliserin, limonene	0	6.5
Distile Su		0	5.88

Bu çalışmada metal kalıplar kullanılarak her bir kompozit rezine ait 10mm çapında 2mm kalınlığında 30 adet örnek hazırlandı. Kompozit rezinler yerleştirilmeden önce ince bir cam lamel ve şeffaf bant (Universal Strips, Extra Dental, İstanbul, Türkiye) bu kalıpların altında konumlandırıldı. Dynamic Plus (President, Munich, Germany) ve Zenit (President, Munich, Germany) kompozit rezinler kalıp içerisine 2 mm kalınlıkta yerleştirildi ve üzerine şeffaf bant, sonrasında ince bir cam lamel konuldu. LED ışık cihazının (BlueLEX GT-1200, Taipei, Taiwan) ucu her bir örneğe dik gelecek şekilde cam lamel üzerine yerleştirildi ve her bir kompozit üretici firmanın talimatları doğrultusunda 20s polimerize edildi. Piyasada bulunan iki farklı ağız gargarası alkol içeren Listerine Cool Mint (Johnson&Johnson, İstanbul, Türkiye) ve alkol içermeyen Signal White Now (Unilever, İstanbul, Türkiye) test solüsyonu olarak, distile su ise kontrol grubu olarak seçildi. Gargaraların pH'ı, pH ölçüm cihazı (Mettler Toledo, Greifensee, İsviçre) kullanılarak ölçüldü. Her bir kompozit rezine ait örnekler, her grupta 10 adet örnek olacak şekilde rastgele 3 gruba ayrıldı. Tüm örnekler, kompozit rezinlerden nemin uzaklaşmasını sağlamak için içerisinde  $Ca(SO_4)_2$  bulunan desikatörde (Labor-Teknik, İstanbul, Türkiye)  $37\pm 1^\circ C$ 'de 22 saat, daha sonra  $23\pm 1^\circ C$ 'deki fırında 2 saat bekletildi. Her bir örneğin kalınlığı 3 farklı noktadan elektronik kumpasla (Mitutoyo–Absolute Digimatic NTD12-15C, Kanagawa, Japonya) ölçüldü ve hacimleri (V)  $mm^3$  olarak hesaplandı. Çalışma boyunca örneklerin ağırlığının ölçümünde 0,0001 gr hassasiyette ölçüm yapabilen elektronik terazi (RADWAG Wagi Elektroniczne, AS 310.R2, Poland) kullanıldı. Desikatörden alınan her bir örneğin ağırlığı hassas terazi ile ölçülüp,  $m_1$  olarak kaydedildi. Sonrasında örnekler 1 gün ve 7 gün süreyle  $37\pm 1^\circ C$ 'de etüvde

(GCA/Precision Scientific, Chicago, A.B.D) 10 ml gargara/distile su ile dolu plastik şişelere konuldu. Sıvılar 12 saat arayla değiştirildi. 1 gün ve 7 gün sonunda sıvıların içerisinden alınan her bir örnek kurutma kâğıdı ile üzerindeki fazla su alındıktan sonra hassas terazide tekrar tartıldı. Elde edilen değer  $m_2$  olarak kaydedildi. Ölçümü yapılan örnekler tekrar desikatöre yerleştirildi ve  $37^\circ C$ 'de 7gün bekletildikten sonra sonuç ağırlıkları  $m_3$  olarak ölçüldü. Su emilimi ve çözünürlük değerlerinin hesaplanması BS EN ISO 4049:2000 standart metoduna dayanarak aşağıdaki denklemlerle yapıldı:

$$Sp: m_2 - m_3 / V$$

$$Sl: m_1 - m_3 / V$$

$m_1$ : Desikatörde 22 saat bekletilen örneklerin ağırlık ölçümleri

$m_2$ : 1.gün ve 7.gün sonundaki ağırlık ölçümleri

$m_3$ : Desikatörde ikinci kez bekletilen örneklerin ağırlık ölçümleri

V: Örneklerin hacmi

Veriler istatistiksel olarak tek yönlü varyans analizi (one-way-ANOVA) ile değerlendirildi. İleri aşama (post- hoc) testi için Tukey HSD testi kullanıldı. Tüm istatistiksel analizler için ( $\alpha=0.05$ ) seviyesi anlamlı kabul edildi.

### Bulgular

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre su emilim değerlerine bakıldığında (Tablo 3, Tablo 4), her iki kompozit rezin grubu, çalışmada kullanılan tüm solüsyonlarda 1.güne kıyasla 7.günde istatistiksel olarak anlamlı bir ağırlık artışı göstermiştir. 1.gün ve 7.gün sonunda en yüksek su emilim değerlerini Dynamic Plus kompozit rezin Listerine Cool Mint gargarada ( $11.38\pm 4.75$ ,  $17.63\pm 3.91$ ), Zenit kompozit rezin ise Signal White Now

gargarada (8.46±1.67, 9.47±0.65) bekletildiğinde göstermiştir. Toplamda, hangi solüsyon olduğuna bakılmaksızın, hem 1.günde hem de 7.günde Dynamic Plus kompozit rezinin su emilim değerleri (6.80±4.40,13.13±4.29) Zenit kompozit rezinden (5.05±2.80, 6.76±2.42) daha yüksektir. 1.gün ve 7.gün sonunda distile suda bekletilen her iki kompozit rezin grubu, diğer test solüsyonlarında bekletilen gruplara göre daha az su emilimi göstermiştir. Çözünürlük

değerleri açısından bakıldığında ise (Tablo 5), her iki kompozit rezinde de hem gargaralarda hem de distile suda çözünürlük değerleri negatif olarak elde edilmiştir. Zenit kompozit rezinin çözünürlüğü Listerine gargarada istatistiksel olarak farklı daha fazla negatif değer sergilerken (-7.89±0.46), Dynamic Plus kompozit rezinde her iki gargarada da (-6.59±1.34, -5.40±0.57) distile sudan (-3.93±1.38) istatistiksel olarak farklı daha fazla negatif çözünürlük değeri kaydedildi (p<0.05).

**Tablo 3:** Dynamic Plus kompozit rezin için su emilimi değerleri ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )

Solüsyonlar	Zaman	
	1.gün (ortalama± SD)	7.gün (ortalama± SD)
Distile Su	4.41±1.49 <sup>Aa</sup>	10.17±0.60 <sup>Ba</sup>
Listerine Cool Mint	11.38±4.75 <sup>Ab</sup>	17.63±3.91 <sup>Bb</sup>
Signal White Now	4.61±1.69 <sup>Aa</sup>	11.59±2.98 <sup>Ba</sup>
<b>Toplam</b>	6.80±4.40 <sup>A</sup>	13.13±4.29 <sup>B</sup>

\*Farklı küçük harfler sütunlarda, farklı büyük harfler satırlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade eder (p<0.05).

**Tablo 4:** Zenit kompozit rezin için su emilim değerleri ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )

Solüsyonlar	Zaman	
	1.gün (ortalama± SD)	7.gün (ortalama± SD)
Distile Su	2.98±1.43 <sup>Aa</sup>	5.23±1.95 <sup>Ba</sup>
Listerine Cool Mint	3.69±0.90 <sup>Aa</sup>	5.58±1.56 <sup>Ba</sup>
Signal White Now	8.46±1.67 <sup>Ab</sup>	9.47±0.65 <sup>Bb</sup>
<b>Toplam</b>	5.05±2.80 <sup>A</sup>	6.76±2.42 <sup>B</sup>

\*Farklı küçük harfler sütunlarda, farklı büyük harfler satırlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade eder (p<0.05).

**Tablo 5:** Zenit ve Dynamic Plus kompozit rezinler için çözünürlük değerleri ( $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ )

Solüsyonlar	Materyaller	
	Zenit (ortalama± SD)	Dynamic Plus (ortalama± SD)
Distile Su	-2.73±0.79 <sup>Aa</sup>	-3.93±1.38 <sup>Ba</sup>
Listerine Cool Mint	-7.89±0.46 <sup>Ab</sup>	-6.59±1.34 <sup>Ab</sup>
Signal White Now	-3.22±1.07 <sup>Aa</sup>	-5.40±0.57 <sup>Bb</sup>
<b>Toplam</b>	-4.61±2.48 <sup>A</sup>	-5.31±1.57 <sup>B</sup>

\*Farklı küçük harfler sütunlarda, farklı büyük harfler satırlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade eder (p<0.05).

## Tartışma

Kompozit rezinlerin ağızda uzun süre kalabilmesinde ağız ortamındaki yıkıma direnç göstermeleri önemlidir. Restoratif materyallerin su emilimi ve çözünürlük özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak, onların ağız ortamındaki davranışını tahmin etmeyi sağlamada önemli olduğundan, bu çalışmada piyasada bulunan alkol içeren ve içermeyen iki farklı gargaranın, iki farklı kompozit rezinin 1 ve 7 gün sonundaki su emilimi ve çözünürlük değerleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda, mikrohibrid ve nanoseramik kompozit rezinler kimyasal yapıları ve doldurucu tiplerindeki farklılıklar nedeniyle seçilmişlerdir. Listerine Cool Mint ve Signal White Now gargaralar Türkiye'de yaygın olarak kullanılan gargaralar arasında alkol içerip içermemeleri ve pH değerlerindeki farklılıklar gözetilerek test solüsyonu olarak kullanılmışlardır. Distile su da kompozit rezinlerin oral kavitede maruz kaldıkları tükürük, gingival sıvılar ve su gibi nemli ortamları taklit etmesi amacıyla kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir.<sup>19</sup>

Farklı örnek büyüklükleri, suyun polimer matrikse tamamen difüze olması için farklı zaman almakta; küçük örnekler daha kısa sürede suyla dengelenmekte, daha fazla su absorbe eden materyallerin stabilize olması için ise daha fazla zaman gerekmektedir.<sup>20</sup> Yapılan çalışmalarda genellikle 10 mm ya da 15 mm, çapında; 1 mm, 2 mm ya da 4 mm kalınlığında örneklerin kullanıldığı görülmektedir.<sup>8,21,22</sup> Çalışmamızda kullanılan örnekler ışık cihazı ucunun çapının (11 mm) örnek çapından (10 mm) büyük olmaması amacıyla 10 mm olarak hazırlanmış, klinikte rutin olarak uygulanan tabakalama yöntemini taklit edebilmek amacıyla da kalınlıkları 2 mm olarak seçilmiştir.<sup>21</sup> Benzer şekilde, Al Sunbul ve ark.<sup>8</sup> ile Martin ve ark.<sup>23</sup> çalışmalarında 10 mm çapında, Alrahlah ve ark.<sup>21</sup> da 2 mm kalınlığında örnekler kullanmışlardır.

Su emilimi ve çözünürlük değerleri üzerine kullanılan bekletme solüsyonlarının etkisini araştıran çalışmalarda, bekletme solüsyonları ya da solüsyonlarda bekletilme süreleri çeşitlilik göstermektedir. Restoratif

materyallerin 1, 4, 24 saat solüsyonda bekletme sonundaki değerlerinin incelendiği kısa dönem araştırmaların<sup>24</sup> ve 1, 4, 12, 26 haftalık orta dönem araştırmaların<sup>24</sup> yanı sıra; 300 gün, 1 yıl saklama süresi olan uzun dönem takipli araştırmalar<sup>25</sup> da mevcuttur. Ayrıca, kompozit rezinlerin 7-60 günde su emilimi açısından doyma noktasına ulaştığı bildirilmiştir.<sup>26</sup> Bu çalışmada, kompozit rezin örnekler 1 ve 7 gün boyunca gargaralar ve distile su içerisinde bekletilerek kısa ve orta dönem performansları değerlendirilmiştir. pH değişikliklerinin difüzyonu ve çözünürlüğü etkileyebileceği bilindiğinden, çalışmada kullanılan sıvılar, pH seviyesindeki varyasyonları önlemek için,<sup>24,27</sup> 12 saat aralıklarla değiştirilmiştir.

Su emilim mekanizması temel olarak iki şekilde gerçekleşmektedir: Birincisi, su moleküllerinin doldurucu ve rezin arayüzündeki mikro boşluklara ve küçük morfolojik defektlere toplanmasıyla oluşan ağırlık ve hacim artışı,<sup>7</sup> ikincisi ise artık monomerlerin ya da küçük polimer halkalarının kompozit rezinden ayrılmasıyla meydana gelen çözünürlük mekanizmasının karakteristiği olan ağırlığın ve hacmin azalmasıdır.<sup>12</sup> Materyallerin su emilimi ve çözünürlüğünü saptamak için, bu bilgiler doğrultusunda ISO 4049:2000 standartı rehberliğinde hazırlanmış olan su emilimi ve çözünürlük formülleri kullanılmaktadır.<sup>28</sup> Çalışmamızda da bu formüller kullanılarak kompozit rezin materyallerin su emilimi ve çözünürlük sonuçları hesaplanmıştır.

Çalışmamızda, hangi gargara ve hangi gün olduğuna bakılmaksızın, toplamda, Dynamic Plus kompozit rezinin su emilim değerleri Zenit kompozit rezinden daha yüksek bulunmuştur. Su emilimi; polimerik matriksin kimyasal yapısı, monomer tipi, çapraz bağlanma yoğunluğu, doldurucu partikül yapısı ve miktarından etkilenmektedir.<sup>7</sup> Hidrofilik kısımlar içeren rezin moleküllerin su emilimini önemli derecede arttırdığı, rezinin hidrofilisitesi ne kadar yüksekse su emme kapasitesinin de o kadar fazla olacağı bilinmektedir.<sup>29,30</sup> Yapısında polar gruplar olan monomerler hidrofilik yapıdadırlar ve su molekülleri tarafından çekilerek H<sup>+</sup> bağı

oluşturmaya meyillidirler.<sup>28</sup> TEGDMA, Bis-GMA, UDMA gibi monomerler suya afinitesi olan ve hidrofilitiyi arttıran polar gruplar (-OH-, -O- ve -NH-) içerirler.<sup>31-33</sup> TEGDMA; Bis-GMA ve UDMA'dan daha hidrofildir ve yapısında TEGDMA bulunmadığında materyalin su emilimi azalmaktadır.<sup>34</sup> Çalışmada kullandığımız Dynamic Plus kompozit rezin BisGMA ve TEGDMA içermektedir, yapısında bu monomerler bulunmayan Zenit'ten daha fazla su emilimi göstermiş olması Dynamic Plus kompozit rezinin bu hidrofilik yapısı ile açıklanabilir.

Her ne kadar su emilimi büyük ölçüde rezin matriks içine difüzyon şeklinde gerçekleşse ve su doldurucu partiküller tarafından önemli ölçüde absorbe edilmese de, su emilimi ve çözünürlük üzerine doldurucu partiküllerin miktarı ve doldurucu partikül-rezin bağlantısı oldukça önemlidir.<sup>7,35</sup> Yüksek miktarda doldurucu içeren kompozitler polimer yapı içine difüze olacak olan su molekülleri için daha az boşluk ve geçiş yolları oluşturup, sıvı alımı için mevcut serbest hacmi ve dolayısıyla su absorpsiyonunu azaltırlar.<sup>7,36</sup> Polimerik matriks ile doldurucu partiküller arasındaki arayüzey, suyun yerleşeceği en uygun yerdir ve rezin tarafından alınan su, doldurucu-rezin arayüzündeki doldurucularla reaksiyona girer.<sup>28</sup> Doldurucu partiküller ile rezin matriks arasındaki bağlantı iyi ise ve doldurucu partiküller yeterince silanlanmışsa, arayüzdeki su alımı az olur.<sup>35</sup> Üretici firması tarafından silanlanmış nanoboyutta seramik partiküller içerdiği bildirilen ve doldurucu miktarı (%83) Dynamic Plus'tan (%80) çok az da olsa fazla olan Zenit kompozit rezinin bu özelliklerinin, daha az su emilimi göstermiş olmasında etkili diğer faktörler olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca; nanodolduruculu kompozitlerde nanoclusterları oluşturmak için nanopartiküllerin kombinasyonunun doldurucu partiküller arasındaki boşluğu azalttığı, bunun da kompozit rezinin doldurucu yüklenmesini artırıp mikrohibrid kompozitlerle kıyaslandığında su emilimi ve çözünürlük gibi fiziksel özelliklerini geliştirdiği bilinmektedir.<sup>7</sup> Her ne kadar yapısında nanocluster içerip içermediği ile ilgili bilgi olmasa da, çalışmamızdaki nanoseramik kompozit rezinin mikrohibrid kompozit rezinden daha az su

emilimi göstermiş olması, yapısındaki aglomere doldurucu partiküllerden kaynaklanmış olabilir.<sup>7</sup>

Çalışmamızda su emilim değerleri hem kontrol grubu hem de gargara gruplarında 1.güne kıyasla 7.günde önemli şekilde artmıştır. Solüsyonlarda bekletilme süresi kompozit rezinlerin polimer zincirleri üzerinde oldukça etkilidir. Solüsyona daha uzun süre maruz kalma ile belirgin olumsuz etki oluşur.<sup>7,37</sup> Bu durum, çalışmamızda 7 gün solüsyonlarda bekletilen kompozit rezinlerin 1.günden daha fazla su emilimi sergilemesini desteklemektedir. Benzer şekilde, Von Fraunhofer ve ark.<sup>38</sup> da gargarada uzun süre bekletme ile likitin emiliminin attığını bildirmişlerdir.

Kompozit rezinlerin su emiliminde doldurucu tipi de etkili diğer bir faktör olabilir. Ba ve Zn gibi metalik iyonlar içeren doldurucular elektropozitif yapıdadırlar ve suyla reaksiyona girme eğilimindedirler.<sup>39</sup> Bu yüzden, yapısındaki baryum aluminosilikat ve silika doldurucular Dynamic Plus'ın daha yüksek su emilimi için bir başka neden olabilir.

Çalışmamızda gargaraların kompozit rezinler üzerine etkisi materyal bağımlı olmuştur. Hem 1.günde hem de 7.günde Signal White Now gargara Zenit kompozit rezinde, Listerine Cool Mint gargara ise Dynamic Plus kompozit rezinde en yüksek su emilimine yol açmıştır. Bu durumun, büyük ölçüde kompozit rezinlerin birbirinden farklı olan monomer yapısından, doldurucu partiküllerinden, kullanılan gargaraların içeriği ve pH'sından farklılıklardan kaynaklanmış olabileceğini düşünmekteyiz.<sup>18</sup> Listerine Cool Mint gargara düşük pH'ya (pH=3.92), Signal White Now gargara ise yüksek pH'ya (pH=6.5) sahiptir. Düşük pH'lı solüsyonlar zamanla enzimatik yıkıma neden olan metakrilik asit üretirler.<sup>40</sup> Ayrıca asit rezin matriks içinde düşük pH'ya neden olur, dimetakrilat monomerlerden ester gruplarının hidrolizisini katalize edip karboksilik asit ve alkol moleküllerini oluşturur ve monomer ayrılmasını teşvik edebilir.<sup>28,31,41</sup> Polimer matriksin asit varlığında daha fazla etkilendiğinin, az miktarda TEGDMA gibi dilüe edici monomer varlığında bile belirgin olumsuz etki oluştuğu

bildirildiğinden<sup>42</sup>, çalışmamızdaki TEGDMA içeren Dynamic Plus kompozit rezinin pH'sı en düşük olan Listerine Cool Mint gargaradan en fazla etkilenmiş olmasını açıklayabilir.

Listerine Cool Mint gargara ayrıca %21.6 oranında alkol içermektedir. Alkol iyi bir dimetakrilat çözücüdür ve kompozit rezinlerde polimerik matriksi yumuşatıp reaksiyona girmemiş monomer ve oligomer sayısını arttırarak su emilimi ve çözünürlüğü etkileyebilir.<sup>13</sup> Weiner ve ark.<sup>43</sup> alkollü gargaralarda alkolsüzlere oranla su emiliminin arttığını açıklamışlardır. Etanol ( $26.2 \delta/\text{MPa}^{1/2}$ ) gibi organik solüsyonlar BisGMA'ninkine yakın çözücülük parametresine sahiptirler.<sup>44</sup> Likitin çözücülük parametresi polimerin çözücülük parametresine yakın olduğunda maksimum sıvı alımı olur.<sup>45</sup> Sarrett ve ark.,<sup>46</sup> en az %9 etanol içeren içeceklerin polimer matriksin hidrofilitesi ve matriks zincirleri üzerindeki hidrolize olabilen grupların lokalizasyonuna bağlı olarak su emilimi ve matriks şişmesine neden olarak kompozit rezinlerin yıkımını arttıracığını açıklamışlardır. Çalışmamızda, Listerine Cool Mint gargaranın düşük pH'sına ilaveten yüksek alkol içeriğinin kombine etki oluşturduğunu, hidrofilik monomer yapısına ve içeriğindeki doldurucu partiküllere bağlı olarak mikrohibrid Dynamic Plus kompozit rezinde matriksi yumuşatıp monomerleri uzaklaştırdığını ve polimer ağı açarak su girişini kolaylaştırdığını<sup>12</sup>, farklı kimyasal yapıya sahip nanoseramik Zenit'i ise etkilemediğini söyleyebiliriz. Zenit kompozit rezinde en fazla su emilimi Signal White Now gargara ile meydana gelmiştir. Literatürde Zenit kompozit rezin kullanılarak yapılan su emilimi/çözünürlük çalışması olmadığından, çalışma sonucumuz başka çalışmalarda kıyaslanamamaktadır. Ayrıca, Signal White Now gargara ile yapılmış çalışmaya da rastlanmadığından, yapısındaki hangi maddelerin kompozit rezinlerde nasıl etki oluşturacağı ile ilgili de yorum yapılamamaktadır. Ancak, Signal White Now gargaranın yapısının Zenit kompozit rezinin matriksine daha etkili şekilde penetrasyon kabiliyetinde olduğu ve bu nedenle daha yüksek su emilimi meydana getirdiği düşünülebilir.

Rezin bazlı kompozitlerin su çözünürlüğü; yapıdan ayrılan reaksiyona girmemiş monomerler, doldurucu partiküller, iyonlar ve oligomerlerin salınması ile açıklanır.<sup>7</sup> Çalışmamızda çözünürlük değerlerinin her iki kompozit rezin için her iki gargarada ve distile suda 7.günün sonunda negatif olduğu görülmüştür. Zenit kompozit rezinde Listerine gargarada daha fazla yüksek negatif değer alınırken, Dynamic Plus kompozit rezinde her iki gargarada da distile suya oranla daha yüksek negatif çözünürlük değerleri elde edilmiştir. Örneklerde tam olmayan kuruma<sup>25</sup> veya cam doldurucular ile metal oksitlerin suyla hidrolitik kimyasal reaksiyona girmesi ve bunun sonucunda kompozit rezin içinde metal hidroksit oluşturması değerlerin negatifliğinin sebeplerinden olabilir.<sup>26</sup> Negatif çözünürlük, suyun rezin içine girmesine yorulabilir,<sup>8</sup> kompozitlerin su alımlarının çözünürlüklerinden daha fazla olduğunu gösterebilir,<sup>47-49</sup> bütün gruplarda ağırlık artışı anlamına gelir ve gerçek çözünürlük değerlerini maskeler.<sup>25</sup> Ayrıca çözünürlüğün negatif olması çözünürlük olmadığını göstermemekte ancak düşük çözünürlük için ipucu olabilmektedir.<sup>25</sup> Çalışma sonuçlarımıza paralel olarak, Munchow ve ark.<sup>50</sup> ile Al Sunbul ve ark.<sup>8</sup> da çalışmalarında kullandıkları solventler ile kompozit rezinlerde farklı değerlerde negatif çözünürlük verileri elde ettiklerini bildirmişlerdir.

ISO 4049:2000 standartına<sup>51</sup> göre kompozit rezin restoratif materyaller 7 gün bekletme süresi içinde maximum  $40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  su emilimi ve  $7.5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$  çözünürlük değerlerine sahip olmalıdır.<sup>28</sup> Çalışmamızda 1.gün ve 7.gün sonundaki su emilimi ve çözünürlük değerleri her iki kompozit rezin için bu rakamların oldukça aşağısında bulunmuştur, bu açıdan kullanılan mikrohibrid ve nanoseramik kompozit rezinlerin klinik kullanım için uygun olduğu kanaatindeyiz.

### Sonuç

Bu çalışmada alkol içeren Listerine ve alkol içermeyen Signal White Now gargara 1 ve 7 gün sonunda mikrohibrid Dynamic Plus ve nanoseramik Zenit kompozit rezin üzerinde materyal bağımlı olarak farklı su emilimi ve çözünürlük değerleri sergilemişlerdir. Hem

1.gün hem de 7.günde Zenit kompozit rezin Signal White Now gargarada bekletildiğinde, Dynamic Plus kompozit rezin ise Listerine Cool Mint gargarada bekletildiğinde en yüksek su emilimini göstermiştir. Her iki kompozit rezinin çözünürlük değerleri her iki gargarada da negatiftir. Hem su emilimi hem de çözünürlük değerleri ISO 4049:2000 standartlarında belirlenmiş sınırlardan oldukça düşük bulunmuştur. Diş hekimleri kompozit rezinlerin su emilimi ve çözünürlüğünün restorasyonların klinik ömrünü etkileyebileceğini düşünerek, hastalara gargara tavsiye ederken gargaraların içeriğini göz önünde bulundurmalarıdır.

### Kaynaklar

1. Ferracane JL. Resin composite--state of the art. *Dent Mater*. 2011;27(1):29-38.
2. Ferracane JL. Current trends in dental composites. *Crit Rev Oral Biol Med*. 1995;6(4):302-18.
3. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. *Aust Dent J*. 2011;56 Suppl 1:59-66.
4. Mahmoud SH, El-Embaby AE, AbdAllah AM. Clinical performance of ormocer, nanofilled, and nanoceramic resin composites in Class I and Class II restorations: a three-year evaluation. *Oper Dent* 2014;39(1):32-42.
5. Ozer S, Sen Tunc E, Tuloglu N, Bayrak S. Solubility of two resin composites in different mouthrinses. *Biomed Res Int* 2014;2014:580675.
6. Dos Santos PA, Garcia PP, De Oliveira AL, Chinelatti MA, Palma-Dibb RG. Chemical and morphological features of dental composite resin: influence of light curing units and immersion media. *Microsc Res Tech* 2010;73(3):176-81.
7. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater* 2006;22(3):211-22.
8. Al Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Resin-based composites show similar kinetic profiles for dimensional change and recovery with solvent storage. *Dent Mater* 2015;31(10):e201-17.
9. Curtis AR, Shortall AC, Marquis PM, Palin WM. Water uptake and strength characteristics of a nanofilled resin-based composite. *J Dent* 2008;36(3):186-93.
10. Yap AU, Tan BW, Tay LC, Chang KM, Loy TK, Mok BY. Effect of mouthrinses on microhardness and wear of composite and compomer restoratives. *Oper Dent* 2003;28(6): 740-6.
11. Benetti AR, Peutzfeldt A, Asmussen E, Pallesen U, Franco EB. Influence of curing rate on softening in ethanol, degree of conversion, and wear of resin composite. *Am J Dent* 2011; 24(2): 115-8.
12. de Moraes Porto IC, das Neves LE, de Souza CK, Parolia A, Barbosa dos Santos N. A comparative effect of mouthwashes with different alcohol concentrations on surface hardness, sorption and solubility of composite resins. *Oral Health Dent Manag* 2014;13(2):502-6.
13. Lee SY, Huang HM, Lin CY, and Shih YH. Leached components from dental composites in oral simulating fluids and the resultant composite strengths. *J Oral Rehabil* 1998; 25 (8):575-88.
14. Sideridou ID, Karabela MM, Vouvoudi EC. Dynamic thermomechanical properties and sorption characteristics of two commercial light cured dental resin composites. *Dent Mater* 2008;24 (6):737-43.
15. Moran JM, Chemical plaque control-prevention for the masses. *Periodontology* 2000; 15:109-17.
16. Bhatti SA, Walsh TF, and Douglas CW. Ethanol and pH levels of proprietary mouthrinses. *Community Dent Health* 1994; 11(2):71-4.
17. Elmar R, Petersson LG, Netuschil L, Brex M, Mouthrinses and dental caries. *Int Dent J* 2002; 52 (5): 337-45
18. Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JG, da Silva EM. The effect of mouthrinses on salivary sorption,

- solubility and surface degradation of a nanofilled and a hybrid resin composite. *Oper Dent* 2010;35(1):105-11.
19. Food and Drug Administration. FDA Guidelines for chemistry and technology requirements of indirect additive petitions. Department of Health, Education and Welfare,(1976) Washington DC, USA: p.:11.
  20. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Aguilera FS, Romeo A, de la Higuera B, García-Godoy F. Sorption and solubility testing of orthodontic bonding cements in different solutions. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2006;76(2):251-6.
  21. Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Hygroscopic expansion kinetics of dental resin-composites. *Dent Mater* 2014;30(2):143-8.
  22. Archegas LR, Caldas DB, Rached RN, Vieira S, Souza EM. Sorption and solubility of composites cured with quartz-tungsten halogen and light emitting diode light-curing units. *J Contemp Dent Pract*. 2008;1;9(2):73-80.
  23. Martin N, Jedyakiewicz NM, Fisher AC. Hygroscopic expansion and solubility of composite restoratives. *Dent Mater* 2003;19(2):77-86
  24. Palin WM, Fleming GJ, Burke FJ, Marquis PM, Randall RC. The influence of short and medium-term water immersion on the hydrolytic stability of novel low-shrink dental composites. *Dent Mater* 2005;21(9):852-63.
  25. Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Long-term sorption and solubility of bulk-fill and conventional resin-composites in water and artificial saliva. *J Dent* 2015;43(12):1511-8.
  26. Örtengren 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(12):1106–15.
  27. Örtengren U, Langer S, Göransson A, Lundgren T. Influence of pH and time on organic substance release from a model dental composite: a fluorescence spectrophotometry and gas chromatography/mass spectrometry analysis. *Eur J Oral Sci* 2004; 112 (6): 530–7.
  28. Rahim TN, Mohamad D, Akil H, Rahman I. Water sorption characteristics of restorative dental composites immersed in acidic drinks. *Dent Mater* 2012;28(6):e63-70.
  29. Burrow MF, Inokoshi S, Tagami J. Water sorption of several bonding resins. *Am J Dent* 1999;12(6):295-8.
  30. Fontes ST, Fernández MR, de Moura CM, Meireles SS. Color stability of a nanofill composite: effect of different immersion media. *J Appl Oral Sci* 2009;17(5):388-91.
  31. da Silva EM, Gonçalves L, Guimarães JG, Poskus LT, Fellows CE. The diffusion kinetics of a nanofilled and a midifilled resin composite immersed in distilled water, artificial saliva, and lactic acid. *Clin Oral Investig* 2011;15(3):393-401.
  32. Gonçalves L, Noronha Filho JD, Guimarães JG, Poskus LT, Silva EM. Solubility, salivary sorption and degree of conversion of dimethacrylate-based polymeric matrixes. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008;85(2):320-5.
  33. da Silva EM, Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JG. Relationship between the degree of conversion, solubility and salivary sorption of a hybrid and a nanofilled resin composite. *J Appl Oral Sci* 2008;16(2):161-6.
  34. Ayatollahi MR, Yahya MY, Karimzadeh A, Nikkhooyifar M, Ayob A. Effects of temperature change and beverage on mechanical and tribological properties of dental restorative composites. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2015;54:69-75.
  35. Kalachandra S, Wilson TW. Water sorption and mechanical properties

- of light-cured proprietary composite tooth restorative materials. *Biomaterials* 1992;13(2):105-9.
36. Kahraman R. Effects of the aluminum filler content on moisture diffusion into epoxy adhesives in distilled water and sea water. *J Appl Polym Sci* 2005;98(3):1165-71.
  37. Gau DJ, Krause EA. Etching effect of topical fluorides on dental porcelains: a preliminary study. *J Can Dent Assoc (Tor)*. 1973;39(6):410-5.
  38. von Fraunhofer JA, Kelley JI, DePaola LG, Meiller TF. The effect of a mouthrinse containing essential oils on dental restorative materials. *Gen Dent* 2006;54(6):403-7.
  39. Martosa J, Osinagaa PWR, de Oliveirab E, de Castroc LAS. Hydrolytic Degradation of Composite Resins: Effects on the Microhardness. *Materials Res* 2003; 6(4): 599-604.
  40. Örtengren 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(1):35-41.
  41. Prakki A, Cilli R, Mondelli RF, Kalachandra S, Pereira JC. Influence of pH environment on polymer based dental material properties. *J Dent* 2005;33(2):91-8.
  42. Asmussen E. Softening of BISGMA-based polymers by ethanol and by organic acids of plaque. *Scand J Dent Res* 1984;92(3):257-61.
  43. Weiner R, Millstein P, Hoang E, Marshall D. The effect of alcoholic and nonalcoholic mouthwashes on heat-treated composite resin. *Oper Dent* 1997;22(6):249-53.
  44. McKinney JE, Wu W. Chemical softening and wear of dental composites. *J Dent Res* 1985;64(11):1326-31.
  45. Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. *Oper Dent* 2010;35(4):412-9.
  46. Sarrett DC, Coletti DP, Peluso AR. The effects of alcoholic beverages on composite wear. *Dent Mater* 2000;16(1):62-7.
  47. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Svizero N, Pashley DH, Tay FR, Yiu CK, Carrilho MR. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater* 2006;22(10):973-80.
  48. Lopes LG, Jardim Filho Ada V, de Souza JB, Rabelo D, Franco EB, de Freitas GC. Influence of pulse-delay curing on sorption and solubility of a composite resin. *J Appl Oral Sci* 2009;17(1):27-31.
  49. Mathias P, Santos SR, Aguiar TR, Santos PR, Cavalcanti AN. Cigarette smoke: effects on water sorption and solubility of restorative dental composites. *Gen Dent* 2014;62(2):54-7.
  50. Münchow EA, Ferreira AC, Machado RM, Ramos TS, Rodrigues-Junior SA, Zanchi CH. Effect of acidic solutions on the surface degradation of a micro-hybrid composite resin. *Braz Dent J* 2014;25(4):321-6.
  51. International Organization for Standardization. BS EN ISO 4049:2000 polymer-based filling, restorative and luting materials. Brussels; 2000.

#### Yazışma Adresi

Prof. Dr. Arzu Müjdecı  
Ankara Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi  
Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı  
06500- Beşevler/ ANKARA

