

ORIGINAL ARTICLE

Orijinal Araştırma

Yazışma Adresi
Correspondence Address

Ayşe DÜNDAR

Akdeniz Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi
Restoratif Diş Tedavisi AD.,
Antalya, Türkiye
ayse_dent@hotmail.com

Geliş Tarihi : 22 Ağustos 2022
Received

Kabul Tarihi : 07 Ocak 2023
Accepted

E Yayın Tarihi : 24 Şubat 2023
Online published

Bu makalede yapılacak atıf
Cite this article as

Mirdas A, Dündar A, Barutçugil Ç.

Rezin içerikli restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğünün, su emilimi ve çözünürlüklerinin *in vitro* olarak incelenmesi
Akd Diş Hek D 2023; 2(1): 1-8

Ahsen MİRDAS

Akdeniz Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Restoratif Diş Tedavisi AD.,
Antalya, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-1702-9518

Ayşe DÜNDAR

Akdeniz Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Restoratif Diş Tedavisi AD.,
Antalya, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-6373-6267

Çağatay BARUTÇUGİL

Akdeniz Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Restoratif Diş Tedavisi AD.,
Antalya, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-5321-2299

Rezin İçerikli Restoratif Materyallerin Yüzey Pürüzlülüğünün, Su Emilimi ve Suda Çözünürlüklerinin *In Vitro* Olarak İncelenmesi

In Vitro Investigation of the Roughness, Water Absorption and Water Solubility of Resin Based Restorative Materials

ÖZ

Amaç:

Bu çalışmanın amacı, farklı rezin materyallerin yüzey pürüzlülüğünü, su emilimini ve suda çözünürlüklerini incelemektir.

Gereç ve Yöntemler:

Çalışmada kullanılan materyaller Filtek Bulk Fill Posterior, Charisma Smart, Gradia Plus İndirekt ve RIVA rezin modifiye cam iyonomer simandır (RMCİS). Toplamda 80 adet örnek 4 mm çap ve 4 mm kalınlıkta olacak şekilde hazırlandı ($n = 20$). Çözünürlük ve su emilimi değerlerini saptamak için örneklerin başlangıç ağırlıkları hassas bir terazi kullanılarak ölçüldü (M1). Başlangıç yüzey pürüzlülük ölçümleri bir profilometre cihazı ile yapıldı. Örnekler 2 farklı solüsyonda [distile su (DS), sitrik asit (SA)] 40 gün bekletildi, ardından örneklerin ağırlıkları tekrar ölçüldü (M2). Profilometre ile ikinci yüzey pürüzlülük değerleri belirlendi. Örnekler desikatörde bekletilip ağırlık sabitlendiğinde değerler M3 olarak kaydedildi. Çözünürlük ve su emilim düzeyleri ISO 4049:2009 standartlarına göre hesaplandı. Verilerin istatistiksel analizi tek yönlü ANOVA ve Tukey HSD çoklu karşılaştırmaları kullanılarak yapıldı ($P = 0.05$).

Bulgular:

Yüzey pürüzlülük değişimi ve su emilim değerleri karşılaştırıldığında RMCİS grupları kompozit gruplarına göre daha yüksek yüzey pürüzlülüğü ve su emilimi değerleri gösterdi ($P < 0.05$). Gruplar arasında suda çözünürlük açısından anlamlı farklılıklar olduğu bulundu ($P < 0.05$). Charisma-SA grubu ile Gradia-SA grubu arasında ve Charisma-DS grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($P < 0.05$). RMCİS'in SA içerisinde bekletilen örnekleri en yüksek suda çözünürlük değeri gösterdi ve bu çözünürlük değeri tüm gruplardan istatistiksel olarak farklı bulundu ($P < 0.05$).

Sonuç:

Bekletme ortamı, çalışmamızda test edilen gruplar arasında sadece cam iyonomer siman grubunda yüzey pürüzlülüğü, su emilimi ve çözünürlük açısından anlamlı bir artışa sebep olmuştur. En fazla su emilimi, çözünürlük ve yüzey pürüzlülüğü değişimi RMCİS-SA grubunda görülmüştür. Bekletme ortamı kompozit rezin grupları arasında su emilimi ve yüzey pürüzlülüğü değişimi açısından herhangi bir fark yaratmamıştır. Kompozit grupları arasında bekleme ortamı kompozitlerin çözünürlüğünde anlamlı bir farka sebep olmamıştır.

Anahtar Sözcükler:

Suda çözünürlük, Su emilimi, Yüzey pürüzlülüğü, Sitrik asit, Kompozit rezin, Cam iyonomer siman.

ABSTRACT**Objectives:**

This study was aimed to evaluate the water sorption, solubility and surface roughness of the different resin based restorative materials.

Materials and Methods:

Filtek Bulk Fill Posterior, Charisma Smart, Gradia Plus Indirect and RIVA resin modified glass ionomer (RMCIS) were used in the study. Eighty samples of 4 mm diameter and 4 mm thickness were prepared ($n = 20$). To determine the solubility and water sorption values, the initial weights of the samples were noted using a precision balance (M1). The initial surface roughness of all samples was measured with a profilometer. The samples were immersed in 2 different solutions [distilled water (DW), citric acid (CA)] for 40 days, then the weights of the samples were noted again (M2). Second surface roughness values were determined with a profilometer. When the samples were kept in the desiccator and the weight was fixed, the values were recorded as M3. Solubility and water sorption levels were calculated according to ISO 4049:2009 standards. Data were statistically analyzed by one-way ANOVA and Tukey HSD multiple comparisons ($P = 0.05$).

Results:

When the surface roughness changes and water absorption values were compared, RMCIS groups showed higher surface roughness and water absorption values than composite groups ($P < 0.05$). It was found that there were significant differences between the groups in terms of water solubility ($P < 0.05$). RMCIS-SA group showed the highest water solubility value and this value was statistically different from all other groups.

Conclusion:

In our study, the immersion solution caused a significant increase in surface roughness, water absorption and solubility only in the glass ionomer cement group among the tested groups. The highest water absorption, solubility and surface roughness changes was observed in the RMCIS-SA group. The immersion solution did not make any difference between the composite resin groups in terms of water absorption and surface roughness change. The immersion solution did not cause a significant difference in the solubility of the composites between the composite groups.

Key Words:

Water solubility, Sorption, Surface roughness, Citric acid, Composite resin, Glass ionomer cement.

GİRİŞ

Çürük lezyonlarının konservatif tedavisinde cam iyonmer simanlar ve rezin içerikli kompozit rezinler oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle kompozit rezinler üstün estetik özelliklere sahip olmalarından dolayı restoratif diş hekimliğinde çok geniş bir kullanım alanına sahiptir (1). İndirekt restorasyonlardan direkt uygulamalara, anterior bölgeden posterior bölgeye kadar birçok yerde kullanılmaktadır. Direkt kompozit rezin uygulamalarında rezinin kaviteye 2 mm'lik tabakalar halinde uygulanması tedavi süresinin uzamasına, kontaminasyona ve hava kabarcıklarına sebep olabilmektedir (2). Bu olumsuzlukların üstesinden gelebilmek için kavitelere tek seferde 4 veya 5 mm tabakalar halinde yerleştirilebilen bulk fill kompozitler geliştirilmiştir. İndirekt kompozit restorasyonlar, posterior dişlerin restorasyonda direk kompozit rezin ve seramik inlelere alternatif olarak gösterilmektedir. İlk olarak 1982'de tanıtılmıştır (3). Direkt kompozitlere kıyasla, daha iyi anatomik form, daha iyi marjinal adaptasyon, interproksimal temas ve kontur oluşturmaya ve yüksek aşınma direnci ve düşük polimerizasyon büzülmesi gibi bazı avantajlara sahiptir (4).

Kompozit rezinler; özelliklerindeki gelişmelere rağmen, su emilimi ve çözünürlük gibi önemli klinik problemlerle karşı karşıyadır. Su emilimi; rezin matris içerisindeki difüzyon-kontrollü bir süreçtir ve bozunmaya ya da rezin matris içerisindeki doldurucuların yapıdan uzaklaşmasına neden olur. Doldurucuların yapıdan uzaklaşmasıyla mekanik özelliklerde bozulmalar görülür (5). Kompozit rezinlerin mekanik özelliklerindeki bu bozulmaların nedenleri ağız ortamının nemli olması ve ağız pH'sında görülen değişimlerdir (6).

Kompozit rezinlerin başarısını etkileyen önemli bir diğer parametre olan suda çözünürlük, restorasyonların kimyasal çözünürlüğünü arttırarak diş yapılarına olan uyumlarını olumsuz yönde etkiler (7).

Günlük hayatta tüketilen yiyecek ve içeceklerdeki çeşitli kimyasallar; restorasyonların yüzeyinde bozulmalara sebep olabilmekte ve estetik özelliklerde kayıp, yüzey pürüzlülüğünde artış ve aşınmalara sebep olabilmektedir (8). Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi gıdaları taklit eden solüsyonlar olarak; etanol, heptan ve SA'ı belirlemişlerdir (9). Ağız içerisinde çeşitli solüsyonlara maruz kalma nedeni ile meydana gelen kimyasal yıkım ve mekanik abrazyon gibi nedenler hem kompozit hem de cam iyonmer restorasyonlara zarar verebilmekte, yüzeyi daha pürüzlü bir hale getirerek yüzey renklemelerine, artmış plak birikimine, yumuşak doku inflamasyonuna ve rekürrent çürük oluşumuna neden olmaktadır (10-12).

Sonuç olarak; hem restorasyonun bütünlüğü ve mekanik özellikleri, hem de yüzey özellikleri ve estetik görünümüne açısından su emilimi, suda çözünürlük ve yüzey pürüzlülüğü değerleri önemli parametrelerdir (10).

Tüm bu bilgilerin ışığında bu çalışmada 4 farklı rezin içerikli restoratif materyalin SA ve DS içerisinde 40 gün bekletildikten sonra su emilimi, suda çözünürlük düzeylerinin ve yüzey pürüzlülüğü değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın sıfır hipotezi şunlardır; 1. Materyal türünün su

emilimi, suda çözünürlük düzeyi ve yüzey pürüzlülük değişimi üzerinde etkisi yoktur, 2. Örneklerin farklı solüsyonlara (DS, SA) maruz kalması sonucunda yüzey pürüzlülük değişimi, su emilimi ve suda çözünürlük düzeyleri açısından herhangi bir fark oluşmaz.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Örneklerin hazırlanması

Bu çalışmada kullanılmak üzere bir yüksek viskoziteli bulk fill kompozit (Filtek™ Bulk Fill Posterior Restorative; 3M ESPE, Seefeld, Almanya), bir mikrohibrit kompozit (Charisma Smart; Kulzer, Hanau, Almanya), bir nanohibrit indirekt kompozit (Gradia™ Plus indirekt kompozit; GC Co., Tokyo, Japonya) ve bir ışıkla sertleşen rezin modifiye cam iyonomer siman (RIVA rezin modifiye cam iyonomer; SDI, Victoria, Avustralya) olmak üzere toplam 4 farklı rezin içerikli restoratif materyal seçildi. Her materyalden 20 adet olmak üzere toplamda 80 adet örnek hazırlandı. Çalışmada kullanılan materyallerin açıklamalarına ve üretici bilgilerine yer verildi (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan malzemeler ve özellikleri

Materyalin adı	Üretici firma	Doldurucu oranı	Malzemenin içeriği
Filtek™ Bulk Fill Posterior Restorative	3M ESPE, (Seefeld, Almanya)	76.5 wt%	AUDMA, UDMA, Silika, zirkonyum, ytterbium trifluoride
Charisma® Smart Mikrohibrit	KULZER, (Hanau, Almanya)	78 wt%	Bis-GMA, baryum, alimünyum florür cam, silikon dioksit
Gradia™ Plus İndirekt Kompozit	GC Corp., (Tokyo, Japonya)	71 wt%	1-5% Bis-GMA, 5-10% TEGDMA, 1-5% UDMA; seramik doldurucu
RIVA Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman	SDI, (Victoria, Avustralya)		Toz: Floro-alümino-silikat cam Likit: poliakrilik asit, tartarik asit, HEMA, dimetakrilat, tartarik asit

*Bis-GMA; Bisfenol-A diğlisidil dimetakrilat, AUDMA; Aromatik üreten dimetakrilat, TEGDMA; Trietilen glükol dimetakrilat, UDMA; Üretan dimetakrilat, Bis-EMA; Etoksilated bisfenol-A-dimetakrilat; HEMA: Hidroksietil metakrilat

Çalışmada örneklerin hazırlanması için 4 mm çapında ve 4 mm kalınlığında teflon kalıp kullanıldı. Örnekleri hazırlamak için bir cam lamel üzerine şeffaf bant yerleştirildi ve bunun üzerine konulan teflon kalıba bulk fill kompozit rezin, bir spatül ile tek tabakada, Charisma Smart universal kompozit, Gradia™ Plus İndirekt Kompozit, RIVA ışıkla sertleşen rezin modifiye cam iyonomer ise üretici firma talimatlarına uygun olarak 2 mm'lik tabakalar halinde yerleştirildi.

Daha sonra örneklerin üst yüzeyi tekrar şeffaf bant ve cam lamel ile kapatıldı. Cam lamel kaldırılarak kalıptan taşan fazlalıklar ağız spatülü ile uzaklaştırıldı. Ardından kalıp içerisindeki örnekler üst kısımdan bir LED ışık cihazı ile (Valo; Ultradent, South Jordan, UT, ABD) polimerize edildi. Işık cihazı örneklere dik bir şekilde ve en kısa mesafeden tutulmuştur. İndirekt bir kompozit rezin materyali olan Gradia ile hazırlanan kompozit örnekler bir polimerizasyon cihazında (Labolight DUO, GC Europe) 5 dk ilave bir polimerizasyona tabi tutuldu. Bitim ve cila prosedürleri örneklerin ışık uygulanan yüzeylerine düşük devirli bir mikromotor ile

Sof-Lex Disk (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD) cila seti kullanılarak yapıldı. Tüm örnekler 15 sn boyunca hafif el basıncıyla kuru olarak sırasıyla kalın, orta, ince ve süper ince alüminyum oksit emdirilmiş disklerle cilalandı. Her bir cila diski aşamasından sonra, üzerindeki artıkların giderilmesi için örnekler, 10 sn boyunca suyla iyice durulandı ve 5 sn hava ile kurutuldu. Her cila diskinden sonra aynı işlemler uygulandı. Her örnek için yeni bir cila diski kullanıldı. Kompozit rezin örneklerin alt yüzeylerine herhangi bir işlem uygulanmadı. Örnekler numaralandırılarak karışmayacak şekilde 24 sa boyunca bekletilmek üzere silika jel içeren desikatöre yerleştirildi.

Hazırlanan deney örnekleri desikatör içerisinde 24 sa boyunca bekletildikten sonra kuru ağırlıkları 0.0001 gr hassasiyetindeki terazi (Ohaus pioneer, Merck, Kuzey Amerika) ile ölçüldü. ISO 4049:2009 (11) standartlarına göre numunedeki ağırlık kaybı 24 sa'lik periyot içinde 0.1 mg'dan az ise bu nihai ağırlık olarak ifade edildi. Ağırlığın 0.1 mg'dan daha fazla değişmediği görüldü kadar ölçümler tekrarlandı. Ağırlık sabitlendiğinde başlangıç ağırlıkları mikrogram (μg) cinsinden M1 olarak kaydedildi. Sabit ağırlığa gelen örneklerin çapları kumpas yardımıyla ölçüldü. Daha sonra ortalama çapları hesaplandı. Her bir örneğin aynı şekilde kalınlıkları ölçülerek ortalamaları hesaplandı. Ortalama çap kullanılarak her bir örneğin alanı mm^2 cinsinden ve ortalama kalınlıkları kullanılarak her bir örneğin mm^3 cinsinden hacmi hesaplandı.

Hacim hesaplandıktan sonra her bir örneğin yüzey pürüzlülüğü yüzey yapısını 2 boyutlu olarak ölçebilen bir profilometre cihazı (Surfest SJ-201; Mitutoyo, Tokyo, Japonya) kullanılarak ölçüldü ve pürüzlülük değerleri her örnek için (Ra) μm olarak kaydedildi. Ölçüm numune üzerindeki 3 mm'lik bir aralıkta, her örneğin orta hat çap uzunluğu boyunca toplam 4 farklı bölgeden yapıldı ve elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alındı. Bu ilk ölçülen pürüzlülük değeri Ra1 olarak kaydedildi.

SA Çözeltisinin Hazırlanması

Çalışmamızda SA ihtiva eden içecekleri taklit etmek için %1'lik (pH 3.2) SA çözeltisi kullanıldı. Hassas terazide (Ohaus pioneer) 10 gr SA tartılıp üzerine 1 lt kadar DS ilave edilerek %1'lik SA çözeltisi elde edildi. Çözeltinin pH'sını belirlemeden önce pH metrenin (İnolab pH meter level 1; WTW, Weilheim, Almanya) pH'sı 4.01 ve 7.0 olan tamponlarla kalibre edildi. Hazırlanan çözeltinin ilk pH değeri 2.13 olarak ölçüldü. Çalışmada kullanılacak olan çözeltinin pH'sı 3.2'ye ayarlamak için gerektiği kadar 1M sodyum hidroksit ilave edildi. Örnekler başlangıç ağırlıkları, hacimleri ve başlangıç yüzey pürüzlülük ölçümleri yapıldıktan sonra 40 gün boyunca 2 farklı bekleme ortamında (DS ve SA) bekletilmek üzere 2 alt gruba ayrıldı ($n = 10$). Çalışma grupları Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan materyaller ve çalışma grupları

MATERYAL	GRUPLAR	AÇIKLAMA	
RIVA rezin modifiye CIS	RMCİS-SA	SA gruplarındaki örnekler %1'lik (pH 3,2) sitrik asit çözeltisi içerisinde bekletildi.	
	RMCİS-DS		
Charisma® Smart kompozit	Charisma-SA		
	Charisma-DS		
Filtek™ Bulk Fill Posterior Restoratif	Bulk-SA		DS gruplarındaki örnekler distile su içerisinde bekletildi.
	Bulk-DS		
Gradia™ Plus İndirekt Kompozit	Gradia-SA		
	Gradia-DS		

Ardından örnekler içerisinde DS veya SA solüsyonlarının bulunduğu cam amber şişelere koyularak 40 gün boyunca desikatörde bekletildi. Solüsyonlar bu süre zarfında 1 kez tazelenildi. Her örnek için 5 mL solüsyon kullanıldı. 40 gün bekletmeden sonra örnekler solüsyonlardan çıkarıldı ve kâğıt havlu ile kurutuldu. Örnekler sudan çıkarıldıktan 1 dk sonra, ağırlıkları hassas terazide tekrar ölçüldü ve bu ağırlık M2 olarak kaydedildi. Daha sonra örneklerin ikinci pürüzlülük ölçümleri yapıldı. Ölçülen bu ikinci değer Ra2 olarak kaydedildi. Örnekler sabit kütle ağırlıklarını tekrar kazanmaları için desikatörde 24 sa'lik periyodlara tabi tutularak testin başındaki işlem tekrarlandı. Örneğin ağırlığı sabitlendiğinde elde edilen değerler M3 olarak kaydedildi. Örneklerin 40 gün sonundaki su emilimi ve suda çözünürlük düzeyleri milimetre-küp'te mikrogram cinsinden şu şekilde hesaplandı;
 $W_{sp} (\mu\text{g}/\text{mm}^3) = M2 (\mu\text{g}) - M3 (\mu\text{g}) / V (\text{mm}^3)$
 $W_{sl} (\mu\text{g}/\text{mm}^3) = M1 (\mu\text{g}) - M3 (\mu\text{g}) / V (\text{mm}^3)$
 *Wsl : Suda çözünürlük, Wsp : Su emilimi
 Bu formülasyon sayesinde materyalin suda bekletildiğinde su emilimi ile ağırlığındaki artış (M2) ve örneklerin emilen sudan ve çözünen rezinden ayrılmış nihai ağırlığı (M3) olarak kaydedilmiş oldu. Bu M1, M2, M3 değerleri formüle edilerek çalışmada kullanılan materyallerin su emilim ve suda çözünürlük düzeyleri saptandı.

İstatistiksel analiz

Verilerin istatistiksel analizi için tek yönlü varyans analizi (one way ANOVA) ve Posthoc (Tukey HSD) çoklu karşılaştırma test analizleri kullanılmıştır. Normallik analizi için Kolmogorov-Smirnov testi kullanılmıştır. Tüm sonuçlar için anlamlılık düzeyi $P = 0.05$ olarak belirlendi.

BULGULAR

Yüzey pürüzlülüğü bulguları

Numunelerin yüzey pürüzlülüğü (Ra) değişimlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 3'te gösterilmiştir. Yüzey pürüzlülük değişim değerleri karşılaştırıldığında RMCİS grupları kompozit gruplarına göre daha yüksek yüzey pürüzlülüğü değişimi göstermiştir ($P < 0.05$). RMCİS gruplarında ise SA solüsyonunda bekletilen örneklerde daha fazla pürüzlülük artışı görülmüştür ($P < 0.05$). Kompozit gruplarına bakıldığında, bütün kompozit örneklerin hem DS'de hem de SA içerisinde bekletildiklerinde birbirleriyle benzer pürüzlülük değişimi göstermişlerdir.

Tablo 3. Yüzey pürüzlülüğü değişim değerlerinin (Ra) ortalama ve standart sapma değerleri (μm). Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir ($P < 0.05$)

Gruplar	Pürüzlülük değişim değeri (μm)
Charisma-DS	0,01 ± 0,05 ^a
Gradia-DS	0,01 ± 0,03 ^a
Bulk-SA	0,02 ± 0,06 ^a
Charisma-SA	0,07 ± 0,06 ^a
Gradia-SA	0,08 ± 0,08 ^a
Bulk-DS	0,11 ± 0,1 ^a
RMCİS-DS	0,67 ± 0,33 ^b
RMCİS-SA	1,29 ± 0,26 ^c

Su emilimi bulguları

Örneklerin su emilim değerlerinin ortalama ve standart sapmaları ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$) Tablo 4'de gösterilmektedir. Su emilimi ortalama değerleri karşılaştırıldığında RMCİS grupları kompozit gruplarına göre daha yüksek su emilimi değerleri göstermiştir ($P < 0.05$). RMCİS gruplarında ise SA solüsyonunda bekletilen örneklerde daha fazla su emilimi görülmüştür ($P < 0.05$). Kompozit gruplarına bakıldığında, bütün kompozit örneklerin hem DS'de hem de SA içerisinde bekletildiklerinde birbirleriyle benzer su emilimi değerleri göstermişlerdir.

Tablo 4. Su emilimi değerlerine ait tanımlayıcı istatistiksel değerler, Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir ($P < 0.05$)

Gruplar	Pürüzlülük değişim değeri (μm)
Charisma-DS	0,01 ± 0,05 ^a
Gradia-DS	0,01 ± 0,03 ^a
Bulk-SA	0,02 ± 0,06 ^a
Charisma-SA	0,07 ± 0,06 ^a
Gradia-SA	0,08 ± 0,08 ^a
Bulk-DS	0,11 ± 0,1 ^a
RMCİS-DS	0,67 ± 0,33 ^b
RMCİS-SA	1,29 ± 0,26 ^c

Suda çözünürlük bulguları

Çalışmada suda çözünürlük birimi olarak $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ kullanıldı. Örneklerin suda çözünürlük değerlerinin ortalama ve standart sapmaları ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$) Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Suda çözünürlük ortalama değerlerine ait tanımlayıcı istatistiksel değerler, Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farklılığı ifade etmektedir ($P < 0.05$)

Gruplar	Suda çözünürlük ortalama değerleri
Charisma-DS	-15,36 ± 2,51 ^a
Gradia-DS	-8,09 ± 4,46 ^{b,c}
Bulk-SA	-8,58 ± 7,47 ^{b,c}
Charisma-SA	-13,08 ± 2,16 ^{a,b}
Gradia-SA	-5,66 ± 0,97 ^{c,d}
Bulk-DS	-8,05 ± 1,02 ^{b,c}
RMCİS-DS	-1,22 ± 2,63 ^d
RMCİS-SA	106,86 ± 7,92 ^e

Gruplar arasında suda çözünürlük açısından anlamlı farklılıklar olduğu bulundu ($P < 0.05$). Suda çözünürlük ortalama değerlerine bakıldığında en düşük suda çözünürlük değeri Grup Charisma-DS'ye ($-15.36 \pm 2.51 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) aittir. Charisma-DS grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmasına rağmen ($P < 0.05$), Charisma-SA grubu ile arasında anlamlı bir fark bulunmadı. En yüksek suda çözünürlük değeri RMCİS-SA grubuna ($106.86 \pm 7.92 \mu\text{g}/\text{mm}^3$) aittir ve bu değer diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksektir ($P < 0.05$). RMCİS-DS grubu RMCİS-SA grubundan sonra en yüksek suda çözünürlük değeri gösterdi ve bu çözünürlük değeri diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak farklı bulundu ($P < 0.05$). Gradia-DS, Bulk-SA ve Bulk-DS grupları benzer çözünürlük değerleri göstermesine rağmen, Charisma-DS, RMCİS-SA ve RMCİS-DS grupları ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P < 0.05$). Charisma-SA grubu ile Gradia-SA, RMCİS-DS ve RMCİS-SA grupları arasında anlamlı bir fark bulunmasına rağmen ($P < 0.05$), diğer gruplar ile arasındaki fark anlamlı bulunmadı ($P < 0.05$). Gradia-SA grubu ile CİS-SA, Charisma-DS ve Charisma-SA grupları arasında anlamlı bir fark bulunmasına rağmen ($P < 0.05$), diğer gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadı.

TARTIŞMA

Bir restorasyonun sağ kalım süresini belirleyen ana faktörlerden biri, restorasyonun ağız ortamındaki kimyasal stabilitesidir. Restorasyonlar yapılmasından itibaren sürekli etkileşim halinde oldukları ağız ortamından ve burada temas etikleri sıvılardan etkilenirler (12). Laboratuvar çalışmalarında ağız ortamını taklit etmek amacıyla kullanılan materyal yelpazesi oldukça geniştir. Bu materyallerin su emilimi, çözünürlüğü ve yüzey pürüzlülüğü hakkında bilgi sahibi olmak onların kullanım ömrünü tahmin edebilmek açısından önemlidir. Bu çalışma ile rezin içerikli bazı restoratif materyallerin çeşitli bekleme ortamındaki su emilimi, suda çözünürlük ve yüzey pürüzlülüğü araştırılmıştır.

Çeşitli restoratif materyallerin su emilim, çözünürlük ve yüzey pürüzlülük özelliklerinin incelendiği çalışmalarda, saklama ortamı ve bekleme süreleri çok çeşitlilik göstermektedir. FDA tarafından gıdaları taklit edebilecek ve onların yerine kullanılacak kimyasallar olarak; SA, DS, heptan, etanol gibi solüsyonlar belirtilmiştir (13). DS, ağız içindeki tükürük, gingival sıvılar ve su gibi temasta olunan nemli ortamı taklit etmek için kontrol grubu olarak çoğu çalışmada kullanılmaktadır (14,15).

Çalışmamızda ağızdaki nemli ortamı taklit etmek için DS kullanılmıştır. %1 SA ise; Kooi ve ark. (16) ve Dünder ve ark. (17) çalışmalarına benzer şekilde, bazı meyve, sebze ve içeceklerdeki asidik ortamı taklit edebilmesi amacıyla saklama ortamı olarak kullanılmıştır.

Literatürde kompozitlerin su emilim ve çözünürlüklerini araştıran çalışmalarda kısa dönem (18,19) ve uzun dönem (20,21) çalışmalar yapılmıştır. Restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğünü inceleyen çalışmalarda 7 gün, 8 gün, 28 gün gibi kısa dönem değişimleri incelenmiştir (22-24). Bizim çalışmamızda Rahim ve ark.'nın (14) yaptığı asit ihtiva eden

içeceklerde bekletilen kompozitlerin su emilim değerlerini inceledikleri çalışmalarına benzer şekilde örneklerin bekleme süresi 40 gün olarak belirlenmiştir.

ISO 4049 (25); su emilim ve çözünürlük belirlenmesi amacıyla kullanılan güvenilir standartlardan birisidir. Bu standarda göre; materyallerin su emilim seviyelerinin $40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'e eşit veya daha az; çözünürlüğün ise $7.5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'e eşit veya daha az olması gerektiği belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda kullandığımız örneklerin 40 günlük bekleme süresi sonunda su emilimi değerleri; RMCİS-SA ve RMCİS-DS grubu hariç, tüm kompozit grupları için ISO kriterlerinde bildirilen değerlerden oldukça düşük bulunmuştur. Çözünürlük değerleri ise, SA'da bekletilen rezin modifiye cam iyonomer grubu hariç diğer tüm gruplarda ISO kriterlerinde belirtilen maksimum $7.5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ değerine göre oldukça düşük bulunmuştur.

Kompozit rezinlerin su emilimi ve çözünürlüğü çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunların başında rezin matrisin türü ve miktarı, doldurucuların tipi, doldurucuların büyüklükleri ve oranları gelmektedir. Ayrıca, reaksiyona girmemiş monomer varlığı ve miktarı, polimerizasyon yöntemi gibi faktörler de su emilimi ve çözünürlüğü etkilemektedir (26).

Yap ve ark. (27) rezin-modifiye cam iyonomer simanın su emilimi ve çözünürlük oranlarının, kompozit rezin materyallere kıyasla belirgin oranda yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bazı cam iyonomer simanların içerisinde bulunan HEMA'nın güçlü hidrofilik özelliğe sahip olmasından dolayı, HEMA içeren cam iyonomer simanların yüksek su emilimine sahip olduğu bildirilmiştir (28). Çalışmamızda kullanılan RIVA rezin modifiye cam iyonomer simanın tüm bekleme solüsyonlarında en fazla su emilimi gösteren materyal olması yapısındaki HEMA içeriğine atfedilebilir.

Ayrıca, çalışmamızda, SA'da bekletilen RMCİS örneklerinin su emilimi, distile suda bekletilen örneklerden anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Bu durum; asidik ortamın materyal yüzeyinde daha büyük aşındırıcı etkiye sahip olması (29-31) ve aside maruz kalan materyalin, su moleküllerinin polimer ağına girmesi için daha az engel oluşturarak su emilimini artırmasından (14) kaynaklı olabileceği düşünülebilir. Bu bağlamda örneklerin farklı solüsyonlara (DS ve SA) maruz kalması sonucunda yüzey pürüzlülük değişimi, su emilimi ve çözünürlük düzeyleri açısından herhangi bir fark oluşmayacağı yönündeki ikinci sıfır hipotezimiz kısmen reddedilmiştir. Su emilimi reaksiyona girmemiş monomerlerin ve doldurucu partiküllerin yapıdan uzaklaşmasına neden olur (5). Organik yapıdan monomerlerin uzaklaşmasında monomerin moleküler boyutu etkilidir. Küçük moleküllerin mobiliteleri daha fazladır ve bu yüzden büyük moleküllere göre daha hızlı çözünürler. Düşük ağırlıklı monomerler, yüksek ağırlıklı olanlara göre daha büyük miktarlarda ayrışabilir (32). TEGDMA yüksek mobilitate gösteren küçük ağırlıklı bir moleküldür ve Bis-GMA gibi büyük moleküllere göre daha çabuk ayrışır (33). Çalışmamızda hangi ortam olduğuna bakılmaksızın Charisma kompozit grubunun çözünürlüğünün Filtek Bulk fill ve Gradia indirekt kompozit gruplarından düşük olmasının sebebi; monomer yapısının Bis-GMA içermesi ve doldurucu partiküllerinin boyutunun diğer kompozitlerden büyük olmasına bağlanabilir.

Eisenburger ve ark. (34) asit çözeltisinin pH'ındaki azalmanın cam iyonomer simanın çözünürlüğünü arttırdığını göstermiştir.

Ayrıca, asit çözeltisindeki H⁺ iyon konsantrasyonunun simanın erozyonunda itici güç olduğunu iddia etmişlerdir. Çalışmamızda SA içerisinde bekletilen rezin modifiye cam iyonomer siman örneklerinin çözünürlük değeri, DS'da bekletilen örneklerden önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. SA'da, DS'ye göre daha yüksek çözünürlük görülmesinin sebebi; yapısındaki H⁺ iyonlarının cam iyonomer matrisine difüze olarak matristeki metal katyonlarının yerini alarak onların yüzeyden salınmasına neden olması düşünülebilir (35). Mevcut çalışmanın bulgularında RIVA rezin modifiye cam iyonomer simanın tüm bekleme solüsyonlarında en fazla çözünürlük gösteren materyal olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer tüm gruplarda çözünürlüğün negatif değerler göstermesi materyallerin dehidratasyonlarını tamamladığı düşünülerek, çözünmenin meydana gelmediğini değil, düşük çözünürlük gösterdikleri anlamına gelebilir. Literatürde negatif çözünürlük değerlerinin; doldurucuların hidrolizi sonucu oluşan metal hidroksitler sebebiyle oluşabileceği (20), emilen su moleküllerinin polimer zincirlerinin polar gruplarına hidrojen bağı ile bağlanıp tamamen uzaklaştırılmaması nedeniyle olabileceği (36,37) veya su alımının çözünürlüklerinden daha fazla olduğunu gösterebileceği bildirilmiştir (36,38).

Yüzey pürüzlülüğü restorasyonları dental plak birikimine, diş eti irritasyonuna, kötü estetik ve prognoza karşı daha duyarlı hale getirir (23). Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için mekanik ve lazer profilometresi, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve atomik kuvvet mikroskobu (AFM) gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar arasında en yaygın olarak kullanılan yöntem yüzeyin iki boyutlu görüntüsünü veren mekanik profilometre ile yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesidir.

Bollen ve ark. (39) bakteri tutulumu için eşik yüzey pürüzlülüğü Ra değerinin 0.2 µm altında olması gerektiğini bildirmişlerdir. Daha yüksek bir Ra değeri, plak birikiminde artışa sebep olarak hem çürük hem de periodontal inflamasyon riskini arttıracaktır (23). Çalışmamızda RMCİS grupları hariç kompozit gruplarında, pürüzlülük değerindeki artış bu değerlerin altında bulunmuştur. Ayrıca, çalışmamızda test edilen tüm materyaller her 2 bekleme solüsyonunda pürüzlülük artışı göstermiştir ancak RMCİS grupları dışındaki kompozit gruplarında bu değerler, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. RMCİS grubunun tüm solüsyonlarda pürüzlülük değerindeki değişimin kompozit gruplarından daha yüksek olmasının sebebi; rezin modifiye cam iyonomer simanın toz içeriğinde bulunan reaksiyona girmemiş sert floro-alümino silikat cam partiküllerinin yüzeyden çıkıntı yaparak daha pürüzlü bir yüzey (40) göstermesinden kaynaklı olduğu düşünülebilir. Elde edilen sonuçlara göre; materyal türünün; yüzey pürüzlülük değişimi, su emilimi ve çözünürlük düzeyleri üzerinde fark yaratmayacağı şeklindeki birinci sıfır hipotezimiz reddedilmiştir. Literatürde; cam iyonomer bazlı materyallerin asidik solüsyonlarda yüzey kaybına uğradığı (41), ayrıca, cam iyonomer esaslı malzemelerin asidik sıvıları absorbe edebildikleri ve bunun da materyalin yüzeyinde bozulmaya neden olduğu bildirilmiştir (42). Çalışmamızda RMCİS-SA grubundaki pürüzlülük değişiminin RMCİS-DS grubundan anlamlı olarak daha fazla olmasını içeriğindeki floro-alümino-silikat cam parçacıklarının, SA gibi asitlere karşı duyarlı olmasından kaynaklanabileceğini söyleyebiliriz (16).

Mevcut çalışmada RMCİS'in aksine kompozit örnekler arasında pürüzlülük değişiminde anlamlı bir fark olmamasının sebepleri

şunlar olabilir: SA zayıf bir organik asit olduğu için, polimerize olmuş kompozitlerdeki bağlara zarar verecek kadar güçlü asiditeye sahip değildir (43). Ayrıca, çalışmamızda kullandığımız kompozitler yüksek doldurucu içeriğine sahip olduğu için asit etkilerine karşı daha yüksek direnç gösterebilirler. Bilgili ve ark.'nın (44) yapmış olduğu 5 farklı restoratif materyalin ağız ortamını taklit eden sıvılarda bekletilmesinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında SA'da bekletilen örneklerden sadece ormoser olan AFX (Admira Fusion X-tra) grubunda diğer gruplara göre yüzey pürüzlülük değişiminde anlamlı artış bulmuşlardır. Yap ve ark.'nın (45) yaptığı bir çalışmada gıdaları taklit eden sıvıların 6 adet kompozit rezin materyalin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiş ve sıvıların yüzey pürüzlülüğüne önemli bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır. Çalışmalar arasındaki bu farklılığın kullanılan kompozitlerin, solüsyonların ve bekleme sürelerinin farklı olmasıyla ilgili olabileceği düşünülebilir.

SONUÇ

Restorasyonlar ağız içerisinde; çiğneme kuvvetleri ve diş fırçalamaya gibi mekanik kuvvetler ile farklı sıcaklık ve asitlikte solüsyonlara maruz kalabilmekte ve bu durumun restorasyonların yüzey pürüzlülük, su emilimi ve çözünürlük değerlerini etkileyebileceği düşünülmektedir. Mevcut çalışmada ağız ortamı tamamen taklit edilememiştir.

Bu çalışmanın sınırlamaları dâhilinde; en fazla su emilimi ve yüzey pürüzlülüğü RMCİS-SA grubunda görülmüştür. Bekleme ortamı kompozit rezin grupları arasında su emilimi ve yüzey pürüzlülüğü değişimi açısından herhangi bir fark yaratmamıştır. Ancak, RMCİS için anlamlı bir farka neden olmuştur. Çalışmamızda asidik sıvılar ve DS'ye maruz kalan tüm kompozit örneklerin su emilimi ve çözünürlük değerleri ISO 4049:2000 standartlarında belirlenmiş sınırlardan oldukça düşük bulunmuş ve su emilimi ve çözünürlük açısından iyi performans sağladıkları görülmüştür.

Yazarların Katkıları:

Fikir/Kavram: A.M., A.D., Ç.B.; Tasarım: A.M., A.D., Ç.B.; Denetleme Danışmanlık: Ç.B.; Veri Toplama ve İşleme: A.M., A.D.; Kaynak Taraması: A.M., A.D.; Makale Yazımı: A.D.; Eleştirel İnceleme: Ç.B.

Finansman veya Mali Destek:

Bu çalışma için herhangi bir mali destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması:

Yazarların çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Kurul Onay Belgesi:

Bu çalışma için *Etik Kurul Onay Belgesi* gerekmemektedir.

Bu çalışma birinci yazarın (Ahsen MİRDAS) Diş Hekimliğinde Uzmanlık tezinden üretilmiştir.

1. Geurtsen W, Schoeler U. A 4-year retrospective clinical study of Class I and Class II composite restorations. *J Dent*. 1997;25:229-32.
2. Sarrett DC. Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composite restorations. *Dent Mater*. 2005;21:9-20.
3. Mormann W. Composite inlays: a research model with practice potential? *Die Quintessenz*. 1982;33:1891-901.
4. Burgoyne AR, Nicholls JI, Brudvik JS. *In vitro* two-body wear of inlay-onlay composite resin restoratives. *J Prosthet Dent*. 1991;65:206-14.
5. Söderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlsch-Weiger W, Bergman M. Hydrolytic degradation of dental composites. *J Dent Res*. 1984;63:1248-54.
6. Øysæd H, Ruyter IE. Composites for use in posterior teeth: mechanical properties tested under dry and wet conditions. *J Biomed Mater Res*. 1986;20:261-71.
7. Larsen IB, Munksgaard EG. Effect of human saliva on surface degradation of composite resins. *Eur J Oral Sci*. 1991;99:254-61.
8. Heintze S, Zappini G, Rousson V. Wear of ten dental restorative materials in five wear simulators—results of a round robin test. *Dent Mater*. 2005;21:304-17.
9. Petterson D, Grecz N, Durgan E. FDA Guidelines for Chemistry and Technology Requirements of Indirect Food Ad. Association of Official Analytical Chemists. 1976:1195.
10. Kalachandra S, Wilson T. Water sorption and mechanical properties of light-cured proprietary composite tooth restorative materials. *Biomater*. 1992;13:105-9.
11. ISO E. 4049 Dentistry-Polymer-based Filling, Restorative and Luting Materials. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 1988.
12. Yap A, Lim L, Yang T, Ali A, Chung S. Influence of dietary solvents on strength of nanofill and ormocer composites. *Oper Dent*. 2005;30:129-33.
13. Lewis RJ. *Food Additives Handbook*: Springer Science & Business Media, 1989.
14. Rahim TNAT, Mohamad D, Akil HM, Ab Rahman I. Water sorption characteristics of restorative dental composites immersed in acidic drinks. *Dent Mater*. 2012;28:e63-e70.
15. Alifen GK, Soetojo A, Saraswati W. Differences in surface roughness of nanohybrid composites immersed in varying concentrations of citric acid. *Dent J (Majalah Kedokteran Gigi)*. 2017;50:102-5.
16. Kooi T, Tan Q, Yap A, Guo W, Tay K, Soh M. Effects of food-simulating liquids on surface properties of giomer restoratives. *Oper Dent*. 2012;37:665-71.
17. Dündar A, Şengün A, Başlak C, Kuş M. Effects of citric acid modified with fluoride, nano-hydroxyapatite and casein on eroded enamel. *Arch Oral Biol*. 2018;93:177-86.
18. Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JGA, Silva EM. The effect of mouthrinses on salivary sorption, solubility and surface degradation of a nanofilled and a hybrid resin composite. *Oper Dent*. 2010;35:105-11.
19. Albuquerque PPA, Moreira AD, Moraes RR, Cavalcante LM, Schneider LFJ. Color stability, conversion, water sorption and solubility of dental composites formulated with different photoinitiator systems. *J Dent*. 2013;41:e67-e72.
20. Örtengren U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter I. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. *J Oral Rehabil*. 2001;28:1106-15.
21. 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;43:1511-8.
22. Abdallah AM, Mehesen R. Effect of Food Simulating Solutions on Surface Roughness of Four Restorative Materials. *Al-Azhar J Dent Sci*. 2022;25:23-9.
23. Reddy DSR, Kumar RA, Venkatesan SM, Narayan GS, Duraivel D, Indra R. Influence of citric acid on the surface texture of glass ionomer restorative materials. *J Conserv Dent*. 2014;17:436.
24. Tanthanuch S, Kukiattrakoon B, Eiam-O-Pas K, Pokawattana K, Pamanee N, Thongkamkaew W, et al. Surface changes of various bulk-fill resin-based composites after exposure to different food-simulating liquid and beverages. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30:126-35.

25. ISO-Standards. ISO 4049 Dentistry-polymer-based filling, restorative and luting materials. Geneva: International Organization for Standardization. 2000:1-27.
26. Yap AU, Han VT, Soh M, Siow K. Elution of leachable components from composites after LED and halogen light irradiation. *Oper Dent.* 2004;29:448-53.
27. Yap A, Lee C. Water sorption and solubility of resin-modified polyalkenoate cements. *J Oral Rehabil.* 1997;24:310-4.
28. Yap AU. Resin-modified glass ionomer cements: a comparison of water sorption characteristics. *Biomater.* 1996;17:1897-900.
29. Wongkhantee S, Patanapiradej V, Maneenut C, Tantbirojn D. Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. *J Dent.* 2006;34:214-20.
30. Bolan M, Ferreira M, Vieira R. Erosive effects of acidic center-filled chewing gum on primary and permanent enamel. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2008;26:149-52.
31. Valinoti AC, Neves BG, Silva EMD, Maia LC. Surface degradation of composite resins by acidic medicines and pH-cycling. *J Appl Oral Sci.* 2008;16:257-65.
32. Ferracane J. Elution of leachable components from composites. *J Oral Rehabil.* 1994;21:441-52.
33. Tanaka K, Taira M, Shintani H, Wakasa K, Yamaki M. Residual monomers (TEGDMA and Bis-GMA) of a set visible-light-cured dental composite resin when immersed in water. *J Oral Rehabil.* 1991;18:353-62.
34. Eisenburger M, Addy M, Rossbach A. Acidic solubility of luting cements. *J Dent.* 2003;31:137-42.
35. Fukazawa M, Matsuya S, Yamane M. Mechanism for erosion of glass-ionomer cements in an acidic buffer solution. *J Dent Res.* 1987;66 :1770-4.
36. Lopes LG, Jardim Filho AdV, Souza JBd, Rabelo D, Franco EB, Freitas GCd. Influence of pulse-delay curing on sorption and solubility of a composite resin. *J Appl Oral Sci.* 2009;17:27-31.
37. Wei YJ, Silikas N, Zhang ZT, Watts DC. Diffusion and concurrent solubility of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles. *Dent Mater.* 2011;27:197-205.
38. Malacarne J, Carvalho RM, Mario F, Svizero N, Pashley DH, Tay FR, Yiu CK, Carrilho MR. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater.* 2006;22:973-80.
39. Bollenl CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater.* 1997;13:258-69.
40. Torabzadeh H, Ghasemi A, Shakeri S, Baghban AA, Razmavar S. Effect of powder/liquid ratio of glass ionomer cements on flexural and shear bond strengths to dentin. *Braz J Oral Sci.* 2011;10:204-7.
41. Nicholson J, Gjorgievska E, Bajraktarova B, McKenzie M. Changes in properties of polyacid-modified composite resins (compomers) following storage in acidic solutions. *J Oral Rehabil.* 2003;30:601-7.
42. Bagheri R, Burrow M, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent.* 2005;33:389-98.
43. Hellwig E, Lussi A. Oral hygiene products and acidic medicines. Dental erosion. 20: Karger Publishers; 2006. p. 112-8.
44. Bilgili D, Barutçugil Ç, Dündar A. Besinleri ve ağız ortamını taklit eden sıvıların restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *Anatol Clin J Med Sci.* 2021;26:98-107.
45. Yap A, Tan D, Goh B, Kuah H, Goh M. Effects of food-simulating liquids on the flexural strength of composite and polyacid-modified composite restoratives. *Oper Dent.* 2000;25:202-8.