

ADEZİV REZİN SİMANLARIN SU EMİLİMİ VE SUDA ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ ÜZERİNE FARKLI POLİMERİZASYON YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ*

EFFECT OF DIFFERENT POLYMERIZATION TYPE ON WATER SORPTION AND SOLUBILITY OF ADHESIVE RESIN CEMENTS*

Dr. Öğr.Üyesi Mustafa GÜNDOĞDU*
Dr. Esra GÜNDOĞDU***

Doç. Dr. Murat ALKURT**
Prof. Dr. Zeynep YEŞİL DUYMUŞ*

Prof. Dr. Nuri BAKAN****

Makale Kodu/Article code: 4527
Makale Gönderilme tarihi: 21.07.2020
Kabul Tarihi: 26.11.2020
DOI : 10.17567/ataunidfd.831783

Mustafa Gündoğdu: ORCID ID: 0000-0003-2527-0392
Murat Alkurt: ORCID ID: 0000-0001-9324-0158
Esra Gündoğdu : ORCID ID: 0000-0002-6605-8809
Zeynep Yeşil Duymuş : ORCID ID: 0000-0002-9767-0080
Nuri Bakan: ORCID ID: 0000-0002-2139-7268

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı adeziv rezin simanların su emilimi ve suda çözünürlüğü üzerine polimerizasyon yönteminin etkisinin incelenmesidir.

Gereç ve yöntem: Mevcut çalışmada 2 farklı self-etch adeziv rezin siman (Duo-Link [B], Clearfil Esthetic Cement [C]) ve 2 farklı self adeziv rezin siman (RelyX U200 Automix [R], Maxcem Elite [M]) test edildi. Her bir adeziv rezin siman için 24 adet örnek hazırlandı ve kullanılan polimerizasyon yöntemine göre 3 farklı gruba ayrıldı; ışıkla polimerizasyon, iki kez ışıkla polimerizasyon ve kimyasal polimerizasyon. Su emilimi ve suda çözünürlük testi ISO 4049:2009 standardına göre yapıldı. Veriler tek yönlü varyans analizi ile analiz edildi ve Tukey testi anlamlı farklılıkları tespit etmek için kullanıldı ($\alpha=0.05$).

Bulgular: Adeziv rezin simanlar arasında su emilimi ve suda çözünürlük değerleri anlamlı olarak farklıydı ($p<0.05$). M grubu en yüksek su emilimi değerine sahipken ($p<0.05$), C grubu en düşük değere sahipti ($p<0.05$). Suda çözünürlük açısından, en fazla kütle kaybı M grubunda belirlendi. B ve R grupları negatif suda çözünürlük değerleri gösterirken, C ve M grupları pozitif çözünürlük değerleri gösterdi. C ve R grupları için polimerizasyon yöntemleri arasında anlamlı farklılıklar belirlendi ($p<0.05$).

Sonuç: M grubu hariç diğer rezin simanların su emilimi ve suda çözünürlük değerleri ISO standartlarıyla uyumlu. Polimerizasyon yöntemi R grubunun su emilimini, C grubunun ise su emilimini ve suda çözünürlüğünü etkiledi.

Anahtar kelimeler: Resin siman; su emilimi; suda çözünürlük

ABSTRACT

Aim: The purpose of the present study was to evaluate the effect of different polymerization types on water sorption and solubility of adhesive resin cements.

Material and methods: Two self-etch adhesive resin cements (Duo-Link [B], Clearfil Esthetic Cement [C]) and two self-adhesive resin cements (RelyX U200 Automix [R], Maxcem Elite [M]) were tested in the present study. Twenty-four specimens were prepared for each adhesive resin cement and divided into 3 groups according to the polymerization type used: light-curing, double light-curing, and self-curing. The water sorption and solubility were determined according to ISO 4049:2009. Data were analyzed with a one-way analysis of variance, and the post-hoc Tukey test ($\alpha=0.05$).

Results: The water sorption and solubility were significantly different among the adhesive resin cements ($p<0.05$). M group had the highest water sorption values ($p<0.05$), while C group had the lowest values ($p<0.05$). Concerning the water solubility, the highest mass loss was noted for M group. B and R groups have exhibited negative solubility; C and M groups positive solubility. Significant differences were noted among the polymerization type in the C and R groups ($p<0.05$).

Conclusion: The water sorption and solubility of resin cements were in accordance with ISO requirement, except M group for water sorption. The polymerization type affected water sorption and solubility of C group, and water sorption of R group.

Keywords: Resin cement; water sorption; water solubility

* Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Erzurum.

** Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Rize.

*** Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı Erzurum.

**** Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı Erzurum.

* Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2013/40'nolu projesi ile desteklenmiştir

Kaynakça Bilgisi: Gündoğdu M, Alkurt M, Gündoğdu E, Yeşil Duymuş Z, Bakan N. Adeziv rezin simanların su emilimi ve suda çözünürlüğü üzerine farklı polimerizasyon yöntemlerinin etkisi. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2021; 31: 599-605.

Citation Information: Gündoğdu M, Alkurt M, Gündoğdu E, Yeşil Duymuş Z, Bakan N. Effect of different polymerization type on water sorption and solubility of adhesive resin cements. J Dent Fac Atatürk Uni 2021; 31: 599-605.



GİRİŞ

Günümüzde tam seramik restorasyonlar hem doğal görünüm hem de estetik özelliklerinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Tam seramik restorasyonların uzun dönem başarısı hastayla, klinisyenin becerisiyle, uygun seramik materyalin kullanılmasıyla, dental teknisyen ile iletişimle, üretim tekniğiyle ve simantasyonla ilişkilidir.¹⁻³ Adeziv simantasyon tam seramik restorasyonlar için öncelikli tercih edilen yöntem olup konvansiyonel simanlara göre daha yüksek fiziksel ve mekanik özellikler sağlar.⁴ Adeziv rezin simanlar uygulama aşamalarına göre total-etch, self-etch ve self adeziv rezin siman olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca adeziv rezin simanlar, polimerizasyon yöntemlerine göre kimyasal olarak polimerize olan (self-cure), ışıkla polimerize olan (light-cure) ve hem kimyasal hem de ışıkla polimerize olan (dual-cure) rezin simanlar olarak sınıflandırılabilir.^{3,5}

Self-etch sistemler klinisyenler arasında kullanımının kolay olmasından dolayı tercih edilmektedir. Bununla birlikte, total-etch sistemlere göre diş yüzeyine zayıf adezyon gösterirler. Bu yüzden 3 aşamalı total-etch sistemler hala altın standart olarak kabul edilmektedir. Adeziv simantasyon sürecinde, asitleme, primer ve bonding ajan uygulaması gibi diş yüzeyine uygulanan işlemler komplekstir, teknik olarak hassastır ve zaman alıcıdır. Bu yüzden, self adeziv rezin simanlar geliştirilmiştir.^{3,6} Self adeziv rezin simanlar hem konvansiyonel hem de adeziv rezin simanların özelliklerinin entegre edildiği hibrit materyallerdir. Bu rezin simanlar ayrı bir yüzey işlemi uygulaması gerektirmeden tek bir aşamada kullanılabilir, bu nedenle klinisyenler arasında popülaritesi artmaktadır.^{6,7}

Işık cihazının ışığının restorasyon boyunca nüfuz etmesine ve rezin simana ulaşmasına izin veren, ince ve translusent restorasyonların simantasyonunda, ışıkla polimerize olan rezin simanların kullanımı endikedir. Dual-cure rezin simanların ise ışığın nüfuz edemediği aşırı opak veya aşırı kalın restorasyonların simantasyonunda kullanılması önerilmektedir.^{3,5,8} Böylece, dual-cure rezin simanlar ışığın restorasyon altına geçemediği alanlarda kimyasal olarak polimerize olabilirken, artık simanın kolay uzaklaştırılabilmesi için restorasyonun marjinlerinden ışık cihazı ile polimerize edilebilir.⁸

Kimyasal ve ışık ile polimerizasyonun kombinasyonu monomerlerin dönüşüm derecesini iyileştirir. Resin simanların dönüşüm derecesi önemlidir, çünkü monomerlerin yetersiz dönüşümü veya polimerizasyonun

bozulması rezin simanların zayıf mekanik ve biyolojik özellikleriyle ilişkilidir.⁹ Bununla birlikte, rezin simanların dönüşüm dereceleri simanın kimyasal kompozisyonu, doldurucu tipi, rengi ve rezin matris içindeki hava boşluğu tarafından etkilenebilir.^{9,10} Reaksiyona girmemiş olan monomerler suda çözünerek, rezin simanın su emilimini ve suda çözünürlüğünü arttırabilirler.¹¹

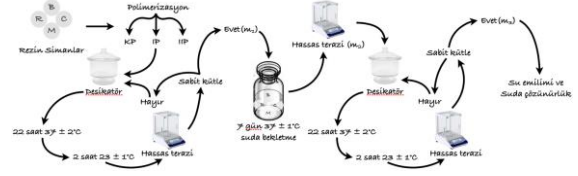
Resin simanların su emilimi ve suda çözünürlüğü sabit restorasyonların sağ kalımı açısından önemlidir. Çünkü restorasyonun marjinal kenarı etrafındaki rezin siman ağız sıvılarıyla etkileşimdedir, zamanla siman çözünerek mikro çatlaklar oluşur. Sonuç olarak, bu sabit restorasyonun desimantasyonuna ve/veya kırılmasına neden olur. Ayrıca, su emilimi ve suda çözünürlük yeteneği mikrosızıntıya, tekrarlayan çürüklere ve renklenmeye neden olabilir.^{8,10,11} Restorasyonların altındaki rezin simanlar kimyasal olarak, ışıkla ve dual-cure olarak polimerize edilebilirler. Ayrıca, ışıkla polimerizasyon süresi restorasyonun simantasyonu esnasında tartışmaya açıktır. Adeziv rezin simanların su emilimi ve suda çözünürlüğü hakkında araştırmalar yapılmasına rağmen^{4,10-14}, polimerizasyon yöntemiyle alkalı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.^{9,15-17} Bu yüzden, mevcut çalışmanın amacı self-etch ve self adeziv rezin simanların su emilimi ve suda çözünürlüğü üzerine farklı polimerizasyon yöntemlerinin etkisinin incelenmesidir. Bu çalışmanın birinci hipotezi, polimerizasyon yöntemlerinin rezin simanların su emilimi ve suda çözünürlüğü etkileyeceğiydi. İkinci hipotezi ise rezin simanların benzer su emilimi ve suda çözünürlük değerleri göstereceğiydi.

GEREÇ VE YÖNTEM

Mevcut çalışmada 2 farklı self-etch adeziv rezin siman (Duo-Link [B], Clearfil Esthetic Cement [C]) ve 2 farklı self adeziv rezin siman (RelyX Automix [R], Maxcem Elite [M]) olmak üzere 4 farklı dual-cure rezin siman test edildi. Resin simanların kimyasal kompozisyonu ve üretici firmaları Tablo 1'de gösterilmektedir. Su emilimi ve suda çözünürlük testi rezin içerikli materyaller için Uluslararası Standartlar Teşkilâtının (ISO) 4049:2009 numaralı yönergeleri doğrultusunda gerçekleştirildi.¹⁸ Her bir rezin siman için 15 ± 0.1 mm çapında ve 1 ± 0.1 kalınlığında toplamda 24 örnek hazırlandı ve polimerizasyon yöntemine göre her bir grupta 8 örnek olacak şekilde 3 eşit gruba bölündü; ışıkla polimerizasyon (IP), iki kez ışıkla polimerizasyon (IIP), kimyasal polimerizasyon (KP). Üretici firmanın talimatları doğrultusunda, B grubundaki örnekler 40

saniye; C grubundaki örnekler 20 saniye; M grubundaki örnekler 10 saniye; ve R grubundaki örnekler ise 20 saniye süreyle ışıkla polimerize edildi (IP grubu). IIP grubundaki örnekler IP grubundaki örneklerin polimerizasyon süresinden iki kat daha fazla süreyle polimerize edildi. Örnekler standart modda dalga boyu 450–470 nm ve dalga yoğunluğu 800 – 1000 mW/cm² ışık cihazı (HS LED 1500; Henry Schein Inc., Melville, ABD) kullanılarak polimerize edildi. Işıkla polimerizasyon örneğin ortasından yaklaşık 10 mm uzaklıktan gerçekleştirildi. KP grubundaki örneklerin polimerizasyonu ise oda sıcaklığında karanlık bir ortamda gerçekleştirildi.

dakika sonra tartıldı. Bu kütle m_2 olarak kaydedildi. Daha sonra, yukarıda bahsedilen döngü kullanılarak sabit bir kütle elde edilinceye kadar örnekler desikatörde bekletildi ve elde edilen bu sabit kütle m_3 olarak kaydedildi (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma döngüsü

Tablo 1. Çalışmada kullanılan adeziv rezin simanlar

Adeziv rezin siman	Üretici	Kimyasal yapı	Grup kodu
Duo-Link SE Kit	Bisco, Schaumburg, ABD	Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, cam doldurucu.	B
Clearfil Esthetic Cement	Kuraray Noritake Dental Inc., Okayama, Japonya	Bis-GMA, TEGDMA, hidrofobik aromatik dimetakrilat, baryum cam doldurucu, kolloidal silika, hidrofilik alifatik dimetakrilat, baryum cam doldurucu, katalist, di-komforokinon, pigmentler.	C
Maxcem Elite	Kerr, Salerno, İtalya	HEMA, GDM, UDMA, 1,1,3,3-tetrametilbutil hidroperoksit TEGDMA, florealuminasilikat cam, GPDM, baryum cam doldurucular, silika.	M
RelyX U200 Automix	3M ESPE, Neuss, ABD	Fosforik asit grubu içeren metakrilat monomerler, silanated doldurucular, başlatıcı bileşenler, stabilizatörler, alkalin doldurucular, pigmentler, reolojik katkı maddeleri.	R

Bis-GMA, bisfenol-A glisidil dimetakrilat; TEGDMA, Trietilenglikol dimetakrilat; UDMA, Üretan dimetakrilat; HEMA, Hidroksietil metakrilat; GDM, gliserol 1,3-dimetakrilat; GPDM, gliserol fosfat dimetakrilat

Örneklerin polimerizasyonu tamamlandıktan sonra, 37 ± 2°C'de bir desikatöre yerleştirildi. 22 saat sonra, örnekler desikatörden çıkartılarak ikinci bir desikatörde 2 saat 23 ± 1°C muhafaza edildi ve sonra 0.1 mg hassasiyette tartıldı. Bu döngüye, herhangi bir 24 saatlik periyotta her bir örneğin kütle kaybı 0.1 mg'dan fazla olmayıncaya kadar, sabit bir kütle (m_1) elde edilene kadar, devam edildi. Nihai kurutma işleminden sonra, birbirine dik olacak şekilde 0.01 mm hassasiyette iki ölçüm alınarak örneklerin ortalama çapları hesaplandı. Örneklerin kalınlığı 0.01 mm hassasiyetle örneğin ortasından ve örneğin çevresinden 4 eşit aralıklı noktalardan ölçüldü. Ortalama çap kullanılarak örneğin alanı (mm²) hesaplandı ve sonrasında ortalama kalınlık kullanılarak hacim (V , mm³) hesaplandı.

Örnekler aralarında minimum 3 mm olacak şekilde 7 gün boyunca 37 ± 1°C suda bekletildi. Örneklerin bekletildiği suyun hacmi örnek başına 10 ml olacak şekilde ayarlandı. 7 gün sonra, örnekler sudan çıkartıldı, yıkandı, gözle görünür bir ıslaklık kalmayıncaya kadar kurutuldu, 15 saniye havada elle sallandı ve 1

Her bir örneğin su emilimi değerleri $Wsp=(m_2-m_3)/V$ formülüyle hesaplandı. Bu formülde, Wsp ; su emilimi ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$), m_2 ; 7 gün suda bekletmeden sonraki örneğin kütlesi (μg), m_3 ; tekrardan desikatörde bekletildikten sonra örneğin kütlesi (μg), V ; örneğin hacmidir (mm³). Örneklerin suda çözünürlük değerleri ise $Wsl=(m_1-m_3)/V$ formülüyle hesaplandı. Bu formülde, Wsl ; suda çözünürlük ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$), m_1 ; suda bekletmeden önceki sabitlenen kütle (μg), m_3 ve V yukarıda belirtildi.

Su emilimi ve suda çözünürlük değerleri tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile ve test grupları arasındaki anlamlı farklılıkların tespiti Tukey testi ile, $p<0.05$ anlamlılık düzeyi, analiz edildi. Ayrıca, adeziv rezin simanların polimerizasyon yöntemleri arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında da aynı testler kullanıldı. İstatistiksel analizler Sosyal Bilimler İstatistik Programı (SPSS v16.0; SPSS Inc., Chicago, IL., ABD) ile yapıldı.

BULGULAR

Polimerizasyon yöntemine göre su emiliminin ortalama ve standart sapma (SS) değerleri Tablo 2'de gösterilmektedir. Polimerizasyon yöntemlerinin hepsinde en düşük su emilimi değerleri C grubunda görülürken, en yüksek değerler ise M grubunda gözlemlendi. B, C, M ve R grubunda KP yöntemiyle polimerize edilen örnekler arasında anlamlı farklılıklar bulundu ($p<0.05$). B ve R grubunda IP ve IIP yöntemiyle polimerize edilen örnekler arasında herhangi bir anlamlı farklılık bulunmadı ($p>0.05$). IP ve IIP yöntemiyle polimerize edilen M grubundaki örneklerin su emilimi değerleri B ve R grubundakilerden anlamlı olarak yüksekken, C grubundakiler ise anlamlı olarak düşüktü ($p<0.05$).

Tablo 2. Polimerizasyon yöntemlerine göre adeziv rezin simanların ortalama (SS) su emilimi değerleri ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)

Adeziv rezin simanlar	Polimerizasyon yöntemi		
	KP	IP	IIP
B	22.71 (1.67) ^{a, A}	22.54 (1.02) ^{a, A}	21.72 (0.84) ^{a, A}
C	14.19 (3.21) ^{b, A}	12.32 (2.25) ^{b, AB}	11.22 (0.56) ^{b, B}
M	46.28 (2.87) ^{c, A}	45.34 (3.26) ^{c, A}	46.62 (3.13) ^{c, A}
R	28.78 (2.96) ^{d, A}	24.48 (2.88) ^{a, B}	23.32 (1.22) ^{a, B}

B, Duo-Link SE Kit; C, Clearfil Esthetic Cement; M, Maxcem Elite; R, RelyX U200 Automix; KP, Kimyasal polimerizasyon, IP, Işıklı polimerizasyon; IIP, iki kez ışıkla polimerizasyon
Vertikal olarak, ortalamalar arasındaki anlamlı farklılıklar farklı küçük harflerle gösterildi; horizontal olarak ortalamalar arasındaki anlamlı farklılıklar farklı büyük harflerle gösterildi

Su emilimi açısından B ve M grubunda polimerizasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmadı ($p>0.05$). IIP yöntemiyle polimerize edilen C grubundaki örnekler KP yöntemiyle polimerize edilenlere göre daha düşük su emilimi değerlerine sahipti ($p<0.05$). Ayrıca, KP ve IP yöntemiyle veya IP ve IIP yöntemiyle polimerize edilen C grubundaki örnekler arasında anlamlı farklılıklar bulunmadı ($p>0.05$). KP yöntemiyle polimerize edilen R grubundaki örnekler IP ve IIP yöntemiyle polimerize edilenlere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek su emilimi değerlerine sahipti ($p<0.05$). Bununla birlikte, IP ve IIP yöntemiyle polimerize edilen R grubundaki örnekler arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($p>0.05$).

Polimerizasyon yöntemine göre suda çözünürlüğün ortalama ve SS değerleri Tablo 3'de gösterilmektedir. B ve R grubundaki örnekler negatif çözünürlük gösterirken, C ve M grubundaki örnekler pozitif çözünürlük gösterdi. KP yöntemle polimerize edilen B ve R grubu veya C ve M grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmazken ($p>0.05$), bu grupların ikili karşılaştırılmasında anlamlı farklılıklar belirlendi ($p<0.05$). IP ve IIP yöntemiyle polimerize edilen M grubundaki örneklerin suda çözünürlük değerleri diğerlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksekken, B ve R grubundakilerin ise anlamlı derecede düşüktü ($p<0.05$). Ayrıca, B ve R grubundaki örneklerin suda çözünürlük değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmadı ($p>0.05$).

C grubundaki örnekler hariç, polimerizasyon yöntemleri rezin simanların suda çözünürlük değerlerini etkilemedi ($p>0.05$). KP yöntemiyle polimerize edilen C grubundaki örnekler IP ve IIP yöntemiyle polimerize edilen örneklerle göre daha yüksek suda çözünürlük değerlerine sahipken ($p<0.05$), IP ve IIP yöntemiyle polimerize edilen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu ($p<0.05$).

Tablo 3. Polimerizasyon yöntemlerine göre adeziv rezin simanların ortalama (SS) suda çözünürlük değerleri ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)

Adeziv rezin simanlar	Polimerizasyon yöntemi		
	KP	IP	IIP
B	-0.21 (0.96) ^{a, A}	-0.22 (1.07) ^{a, A}	-1.17 (1.15) ^{a, A}
C	6.44 (3.75) ^{b, A}	2.05 (0.96) ^{b, B}	2.47 (1.43) ^{b, B}
M	6.23 (2.02) ^{b, A}	5.38 (1.54) ^{c, A}	5.22 (1.33) ^{c, A}
R	-2.80 (1.67) ^{a, A}	-0.77 (2.26) ^{a, A}	-1.08 (1.08) ^{a, A}

B, Duo-Link SE Kit; C, Clearfil Esthetic Cement; M, Maxcem Elite; R, RelyX U200 Automix; KP, Kimyasal polimerizasyon, IP, Işıklı polimerizasyon; IIP, iki kez ışıkla polimerizasyon
Vertikal olarak, ortalamalar arasındaki anlamlı farklılıklar farklı küçük harflerle gösterildi; horizontal olarak ortalamalar arasındaki anlamlı farklılıklar farklı büyük harflerle gösterildi.

TARTIŞMA

Mevcut çalışmada dual-cure self-etch ve self adeziv rezin simanların su emilimi ve suda çözünürlüğü üzerine farklı polimerizasyon yöntemlerinin etkisi incelendi. C grubundaki örneklerin su emilimi ve suda çözünürlük değerleri ve R grubundaki örneklerin su emilimi değerleri hariç ($p<0.05$), polimerizasyon yöntemi rezin simanların su emilimi ve suda çözünürlük değerlerini etkilemedi ($p>0.05$). Bundan dolayı birinci hipotez kısmen reddedildi. KP yöntemiyle polimerize edilen örnekler hariç ($p>0.05$), C ve M grubundaki örneklerin su emilimi ve suda çözünürlük değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulundu ($p<0.05$). KP yöntemiyle polimerize edilen örnekler hariç ($p<0.05$), B ve R grubundaki örneklerin su emilimi ve suda çözünürlük değerleri benzerdi ($p>0.05$). Bundan dolayı, ikinci hipotez kısmen reddedildi.

Tam seramik restorasyonların kırılma direncini ve tutuculuğunu arttırmak için adeziv rezin simanların kullanımı gereklidir.³ Monomerlerin aktivasyonu için ışık miktarının yayılımın yetersiz olmasından dolayı seramik materyallerin altındaki rezin simanların yetersiz dönüşüm derecesi, oksit seramikler veya lityum disilikat gibi kullanılan seramik materyaller, opasite veya translusensi gibi seramik materyalin optik özellikleri ve kalınlığı ile ilişkili olabilir.¹² Önceki çalışmalarda, klinik koşulları taklit etmek için rezin siman örnekler seramik disklerin altında polimerize edilmiştir.^{9,12,15} Gıda maddeleri, kimyasal sıvılar ve dental plak rezin simanların stabilitelelerini etkilemektedir.¹⁹ Resin simanların bir çok özellikleri ağız ortamında bulunan sıvıdan olumsuz etkilenir. Restorasyonlar ağıza simante edildikten sonra, marjinal aralıktaki bu simanlar ağız ortamında bulunan sıvıların etkisine direkt olarak maruz kalırlar. Bu nedenlerden, mevcut çalışmada re-

zin siman örnekler ışık cihazı ile arasında herhangi bir seramik materyal olmaksızın ISO 4049:2009¹⁸ yönergeleri doğrultusunda üç farklı polimerizasyon yöntemiyle polimerize edildi.

Rezin simanın kimyasal kompozisyonu, doldurucu miktarı ve büyüklüğü, reaksiyona girmemiş monomer miktarı, solventin kimyasal yapısı, solventin temas süresi ve sıcaklık gibi birçok faktör su emilimini ve suda çözünürlüğü etkileyebilir. Su emiliminin daha fazla olması rezinin hidroskopik genişlemesine ve plastikleşmesine neden olur ve mikro çatlaklar oluşur.^{10,11} Karboksilik veya fosforik asit gibi hidrofilik asidik monomerler, üretan dimetakrilat (UDMA), metakriloksidesil dihidrojen fosfat (MDP), hidroksietil metakrilat (HEMA) veya ana doldurucular gibi hidrofilik monomer veya doldurucular içeren rezin simanlarda daha fazla su emilimi beklenebilir. Bisfenol-A glisidil dimetakrilat (Bis-GMA) ve trietilenglikol dimetakrilat (TEGDMA) içeren rezin simanlar nispeten hidrofilik olmasına rağmen, hidrofilik asidik monomerleri içerenlere göre daha az hidrofildir.^{4,10,11,13,16,20} Bu durum mevcut çalışmada kullanılan hidrofilik asidik monomer içeren self adeziv rezin simanların (M ve R) self-etch rezin simanlardan (B ve C) daha fazla su emilimi göstermesini açıklamaktadır. Ayrıca, rezin simanlar arasındaki su emilimi ve suda çözünürlüğü değerlerindeki farklılık bu asidik monomerlerin miktarına veya rezin simanların bifonksiyonel gruplarının tipine bağlanabilir. Bununla beraber, UDMA içeren rezin simanalar Bis-GMA, etoksi bisfenol glikol dimetakrilat (Bis-EMA) ve TEGDMA içeren rezin simanlara göre daha hidrofilik olduğu kabul edilir.^{10,11,13} B simanın su emiliminin C simanından ve M simanın su emiliminin de R simanından daha fazla olmasının UDMA içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Rezin içerikli kompozitler sulu bir çözeltide bekletildiği zaman, su gibi bir solvent fiziksel (plastikleşme) ve kimyasal olarak (hidroliz ve degradasyon) polimer matrikse karışır. Solvent rezin matriks içine nüfuz eder ve polimer zincirlerinin moleküller arası etkileşimini azaltır, neticede bu durum ağırlıkta bir artış sağlar (su emilimi). Aynı zamanda, rezin içerikli kompozitin suda çözünürlüğü serbest kalan rezidüel monomerlerin ve doldurucu partiküllerin miktarıyla ifade edilir ve ağırlık kaybıyla sonuçlanır.¹⁶ Önceki yapılan çalışmalarda, rezin simanın hidrofilitesi ve suda çözünürlüğü arasında genellikle bir korelasyon olduğu belirtilmiştir.^{21,22} Mevcut çalışmada, B ve R simanları negatif suda çözünürlük değerleri gösterdi. Yine de, bu bulgu B ve R simanlarının gerçekten çözülmediği anlamı-

na gelmez. Emilen suyun bir kısmı rezin matrikse bağlanmış olabilir ve desikatörde bekletme işlemi sırasında tamamen elimine edilmemiş olabilir.^{4,10,13,17} Desikatörde bekletme işlemi sonrasında C ve M simanlarının pozitif çözünürlük değerleri göstermesi, bu materyallerin tam çözünürlük gösterdiğini belirtebilir. Bununla birlikte, C ve M simanlarının rezin matrikslerine kısmen su bağlanmış olsa bile, bu simanların suda çözünürlük değerleri B ve R simanlarından daha yüksekti. Ayrıca, M simanın suda çözünürlük değeri C simanından anlamlı derecede yüksekti ($p<0.05$). Rezin simanlar arasındaki suda çözünürlük değerleri arasındaki farklılıkların nedeni serbest kalan bileşenlerin miktarı olabilir. Serbest kalan bileşenlerin miktarı rezin simanlar arasında farklı olabilen monomer dönüşüm derecesi bağımlıdır ve ters orantılıdır.^{14,23}

Teorik olarak, dual-cure rezin simanlar ışık varlığında veya yokluğunda uygun bir şekilde polimerize olabilmesi gerekliken, Moraes ve ark.²⁴ kimyasal polimerizasyon üzerine erken ve geç ışık aktivasyonunun etkisini inceledikleri çalışmada; kimyasal ve ışıkla polimerizasyonun birbirine bağımlı olduğunu ve optimal polimerizasyon için rezin siman hazırlandıktan sonra hemen ışık kaynağı ile polimerize edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Mevcut çalışmada C rezin simanının KP ve IIP yöntemiyle polimerize edilen örneklerin su emilimi değerleri arasında ve KP ve IP yöntemiyle polimerize edilen örneklerin suda çözünürlük değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulundu ($p<0.05$). Ayrıca, R rezin simanının KP ve IP yöntemiyle polimerize edilen örneklerin su emilimi değerleri arasında anlamlı farklılık bulundu ($p<0.05$). Bu durumun kimyasal olarak polimerize edilen örnekler ile ışıkla polimerize edilen örnekler karşılaştırıldığı zaman daha düşük monomer dönüşüm derecesine sahip olması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, Moreira ve ark.²⁵ ışık kaynağının ve polimerizasyon şeklinin su emilimini ve suda çözünürlüğü etkileyeceğini belirtmiştir.

ISO 4049:2009 standardına göre,¹⁸ polimer içerikli materyallerin su emilimi değerlerinin $40 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ ve suda çözünürlük değerlerinin $7.5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ daha küçük olması durumunda klinik olarak kabul edilebilir olduğu düşünülmektedir. Mevcut çalışmada, M rezin simanının su emilimi değerleri dışında, çalışmada kullanılan diğer rezin simanların su emilimi ve suda çözünürlük değerleri belirtilen eşik değerinin altındaydı.

Klinik durumun in vitro bir çalışmayla yansıtılmaya çalışılması tam olarak mümkün değildir. Bu yüzden test edilen materyallerin klinik performansıyla ilgili kanıtlar sınırlı olacaktır. Örneğin, simantasyondan

önce simanların kurutulmadığı gerçeğini ISO4049:2009 standardı açıklık getirmemektedir. Bu nedenle, klinik olarak daha az su emilimi beklenebilir.¹³ Ayrıca, suda bekletilen örnekler ağız boşluğunda tükürük, farklı içecek ve besinlerle temas etmektedir. Mevcut çalışmanın diğer limitasyonlarından birisi ise, fonksiyon esnasında restorasyon ve simanın maruz kaldığı yüklerin göz ardı edilmesidir.

SONUÇ

Bu in vitro çalışmanın sınırları dahilinde aşağıdaki sonuçlar çıkartılabilir;

1. Adeziv rezin simanların üreticilerin önerilerinden daha uzun süre ışıkla polimerize edilmeleri su emilimi ve suda çözünürlüğü üzerine etkisi bulunmadı.
2. Simantasyonda kullanılan dual-cure rezin simanlar sadece kimyasal olarak polimerize edilmeyerek ışıkla da polimere edilmelidir.
3. Adeziv rezin simanların su emilimi ve suda çözünürlük özellikleri kimyasal kompozisyonlarına göre farklılık göstermektedir.

Finansal Destek ve Çıkar Çatışması

Bu makale yazarlarından hiçbirinin makalede bahsi geçen konu veya malzemeyle ilgili herhangi bir ilişkisi, bağlantısı veya parasal çıkar durumu söz konusu değildir.

KAYNAKLAR

1. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. J Prosthet Dent 2007;98:389-404.
2. Edelhoff D, Brix O. All-ceramic restorations in different indications: a case series. J Am Dent Assoc 2011;142 Suppl 2:14S-9S.
3. Vargas MA, Bergeron C, Diaz-Arnold A. Cementing all-ceramic restorations: recommendations for success. J Am Dent Assoc 2011;142 Suppl 2:20S-4S.
4. Vrochari AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas KT. Water sorption and solubility of four self-etching, self-adhesive resin luting agents. J Adhes Dent 2010; 12:39-43.
5. Hill EE, Lott J. A clinically focused discussion of luting materials. Aust Dent J 2011;56 Suppl 1:67-76.
6. Weiser F, Behr M. Self-adhesive resin cements: a clinical review. J Prosthodont 2015;24:100-8.

7. Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJT. Self-adhesive resin cements - chemistry, properties and clinical considerations. J Oral Rehabil 2011;38:295-314.
8. Shiozawa M, Takahashi H, Asakawa Y, Iwasaki N. Color stability of adhesive resin cements after immersion in coffee. Clin Oral Investig 2015;19:309-17.
9. Cekic-Nagas I, Ergun G. Effect of different light curing methods on mechanical and physical properties of resin-cements polymerized through ceramic discs. J Appl Oral Sci 2011;19:403-12.
10. Petropoulou A, Vrochari AD, Hellwig E, Stampf S, Polydorou O. Water sorption and water solubility of self-etching and self-adhesive resin cements. J Prosthet Dent 2015;114:674-9.
11. Marghalani HY. Sorption and solubility characteristics of self-adhesive resin cements. Dent Mater 2012;28:e187-98.
12. Leal CL, Queiroz A, Foxton RM, Argolo S, Mathias P, Cavalcanti AN. Water sorption and solubility of luting agents used under ceramic laminates with different degrees of translucency. Oper Dent 2016;41:E141-E148.
13. Muller JA, Rohr N, Fischer J. Evaluation of ISO 4049: water sorption and water solubility of resin cements. Eur J Oral Sci 2017;125:141-150.
14. Meşe A, Burrow MF, Tyas MJ. Sorption and solubility of luting cements in different solutions. Dent Mater J 2008;27:702-9.
15. Silva EM, Noronha-Filho JD, Amaral CM, Poskus LT, Guimarães JG. Long-term degradation of resin-based cements in substances present in the oral environment: influence of activation mode. J Appl Oral Sci 2013;21:271-7.
16. Kim HJ, Bagheri R, Kim YK, Son JS, Kwon TY. Influence of curing mode on the surface energy and sorption/solubility of dental self-adhesive resin cements. Materials (Basel) 2017;10:129.
17. Aguiar TR, André CB, Ambrosano GM, Giannini M. The effect of light exposure on water sorption and solubility of self-adhesive resin cements. Int Sch Res Notices 2014;2014:610452.
18. International Organization for Standardization. ISO 4049:2009—Dentistry—Polymer-based restorative materials.
19. de Gee AJ, Wendt SL, Werner A, Davidson CL. Influence of enzymes and plaque acids on in vitro wear of dental composites. Biomaterials 1996;17:1327-32.



20. Sokolowski G, Szczesio A, Bociong K, Kaluzinska K, Lapinska B, Sokolowski J, Domarecka M, Lukomska-Szymanska M. Dental resin cements-the influence of water sorption on contraction stress changes and hydroscopic expansion. *Materials (Basel)* 2018;11:973.
21. Ortengren 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;28:1106-15.
22. Sundfeld RH, Valentino TA, de Alexandre RS, Briso AL, Sundfeld ML. Hybrid layer thickness and resin tag length of a self-etching adhesive bonded to sound dentin. *J Dent* 2005;33:675-81.
23. Yan YL, Kim YK, Kim KH, Kwon TY. Changes in degree of conversion and microhardness of dental resin cements. *Oper Dent* 2010;35:203-10.
24. Moraes RR, Faria-e-Silva AL, Ogliari FA, Correr-Sobrinho L, Demarco FF, Piva E. Impact of immediate and delayed light activation on self-polymerization of dual-cured dental resin luting agents. *Acta Biomater* 2009;5:2095-100.
25. Moreira Fdo C, Antoniosi Filho NR, Souza JB, Lopes LG. Sorption, solubility and residual monomers of a dental adhesive cured by different light-curing units. *Braz Dent J* 2010;21:432-8.

Sorumlu Yazarın Yazışma Adresi

Dr. Mustafa GÜNDOĞDU

Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

25240 Erzurum Türkiye

İş telefon numarası: +90 442 236 0942 – 1804

Faks numarası: +90 442 236 0945

E-mail adresi: m_gundogdu86@hotmail.com