

Farklı Işık Cihazlarının Bulk Fill Kompozit Rezinlerin Su Emilimi ve Çözünürlükleri Üzerine Etkisi: *in vitro* Çalışma

The Effect of Different Light Devices on Sorption and Solubility of Bulk Fill Composite Resins: *in vitro* Study

^{1b} Merve KÜTÜK ÖMEROĞLU^a, ^{1b} Ertan ERTAŞ^b

^aİstanbul Okan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, İstanbul, Türkiye

^bOndokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Samsun, Türkiye

Bu çalışma, 1. Necmettin Erbakan Üniversitesi Uluslararası Diş Hekimliği Kongresinde (2-3 Ekim 2021, Konya) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

ÖZET Amaç: Çalışmamızın amacı, son yıllarda kullanımı yaygınlaşan, bulk fill kompozit rezinlerin, farklı ışık cihazları ile polimerizasyonunun, su emilimi ve çözünürlük değerleri üzerine olan etkisini incelemektir. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışmamızda 8 farklı bulk fill kompozit rezin; SDR (Dentsply), Sonicfill (Kerr), x-traFil (Voco), Beautifil Bulk Restorative (Shofu), Beautifil Bulk Flowable (Shofu), Filtek Bulk Fill Flowable (3M ESPE), Admira Fusion X-tra (Voco), Estelite Bulk Fill Flow (Tokuyama) ve mikrohibrit tipte Filtek Z250 Universal (3M ESPE) kullanılarak 6 mm çapında, 4 mm kalınlığında örnekler hazırlanmış, LED ve QTH ışık kaynakları ile polimerize edilmiştir. Örneklerin su emilimi ve suda çözünürlük düzeylerini saptamak için, ISO 4049:2009 spesifikasyonu esas alınarak, standartta bildirilen formüllerden yararlanılmıştır. Kompozit ve ışığa göre çözünürlük ve su emilimi karşılaştırmalarında, Kruskal-Wallis, bağımsız örneklem t-testi ve Mann-Whitney U testleri uygulanmıştır. Farkın belirlenmesinde, "post hoc" Bonferroni testi kullanılmıştır. Önem düzeyi $p < 0,05$ olarak alınmıştır. **Bulgular:** Işık cihazlarının hem su emilimi hem de çözünürlük üzerinde etkisi anlamlı bulunmuştur ($p < 0,005$). Beautifil-Bulk Restorative kompozit grubunda çözünürlük değeri, Admira Fusion X-tra ve Estelite Bulk Fill Flow grupları ile karşılaştırıldığında anlamlı derecede yüksektir ($p = 0,001$ ve $p = 0,041$). En yüksek su emilimi ortalama değeri, Beautifil-Bulk Restorative ve QTH etkileşimi ile elde edilmiştir ve 20,37'dir. En düşük su emilimi ortalama değeri, x-tra-Fil kompozitinde hem LED hem QTH ile 8,8'dir. **Sonuç:** Kompozit rezinlerin yapısı ve polimerizasyonda kullanılan ışık cihazları, su emilimi ve çözünürlük düzeylerini etkilemektedir.

ABSTRACT Objective: The aim of our study is to examine the effects of polymerization of bulk fill composite resins, which have become widely used in recent years, with different light devices on water absorption and solubility levels. **Material and Methods:** Samples with a diameter of 6 mm and a thickness of 4 mm were prepared by using 8 different bulk fill composite resins SDR (Dentsply), Sonicfill (Kerr), x-traFil (Voco), Beautifil Bulk Restorative (Shofu), Beautifil Bulk Flowable (Shofu), Filtek Bulk Fill Flowable (3M ESPE), Admira Fusion X-tra (Voco), Estelite Bulk Fill Flow (Tokuyama) and microhybrid Filtek Z250 Universal (3M ESPE) and they were polymerized with LED and QTH light sources. In order to determine the water absorption and water solubility levels of the samples, the formulas reported in the standard were used, based on ISO 4049:2009 specification. Kruskal-Wallis, Independent Sample T and Mann-Whitney U tests were applied for solubility and water absorption comparisons according to composite and light. "Post hoc" Bonferroni test was used to determine the difference. Significance level was taken as $p < 0.050$. **Results:** The effect of light devices on both water absorption and solubility was significant ($p < 0.005$). The solubility value was significantly higher in the Beautifil Bulk Restorative composite group compared to the Admira Fusion X-tra and Estelite Bulk Fill Flowable groups ($p = 0.001$ and $p = 0.041$). The highest mean value of water absorption was obtained with the interaction of Beautifil Bulk Restorative and QTH and was 20.37. The lowest mean value of water absorption was 8.8 in x-traFil composite with both LED and QTH. **Conclusion:** The structure of composite resins and light devices used in polymerization affect water absorption and solubility levels.

Anahtar Kelimeler: Absorpsiyon; çözünürlük; ışık kaynağı; kompozit dental rezin

Keywords: Absorption; solubility; curing lights; composite dental resin

Correspondence: Merve KÜTÜK ÖMEROĞLU
İstanbul Okan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, İstanbul, Türkiye
E-mail: mervekutuk1212@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

Received: 23 Apr 2024

Received in revised form: 05 Jun 2024

Accepted: 12 Jun 2024

Available online: 27 Jun 2024

2146-8966 / Copyright © 2024 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Günümüzde, restoratif diş hekimliğinde kullanılan adeziv sistemlerdeki gelişmeler ve hastaların estetik beklentilerinin artışı, arka bölgedeki dişlerde de diş dokuları ile uyumlu renkte restorasyonların kullanımını artırmıştır. Küçük kavitelere, aşırı madde kaybına uğramış dişlerin restorasyonuna kadar geniş bir kullanım alanı olan kompozit rezinler; estetik olarak diş dokularını iyi taklit edebilme, kolay tamir edilebilme özelliklerinden dolayı yaygın şekilde kullanılan direkt restoratif materyaldir.^{1,2} Ancak geleneksel kompozit rezinlerin polimerize olurken büzülmesi; diş ve restorasyon arasında stres oluşmasına neden olmaktadır. Polimerizasyon büzülmesinin etkisini azaltmak için geleneksel kompozitlerin kaviteye 2 mm kalınlıkta tabakalar hâlinde yerleştirilmesi gerekmektedir. Polimerizasyon büzülmesine bağlı oluşan stresler sonucunda mikrosızıntı, sekonder çürük, restorasyon bütünlüğünün bozulması, kenar renklenmesi ve postoperatif hassasiyet ortaya çıkabilmektedir.^{3,4} Bunun yanında geleneksel kompozitlerin, tabakalama tekniği gerektirmesi hem tedavi süresini artırmaktadır, hem de tabakalar arasında boşluk kalması ve kontaminasyon riski bulunmaktadır.

Son yıllarda derin ve geniş kavitelere işlem basamaklarını azaltarak klinik uygulama süresini kısaltmak, teknik hassasiyeti azaltmak amacıyla kaviteye 4-5 mm'lik tabakalar hâlinde yerleştirilebilen bulk fill kompozit rezinler geliştirilmiştir.⁵ Bulk fill kompozit rezinlerin yapısında bulunan doldurucu partiküllerin boyutlarının artırılması, yeni polimerizasyon başlatıcıların eklenmesi ve farklı teknolojilerin kullanılması ile polimerizasyon derinliğinin artırıldığı ve polimerizasyon büzülmesinin azaltıldığı bildirilmektedir.⁶

Kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik özellikleri restorasyonun klinik başarısını etkilemektedir. Dental restoratif materyallerin tamamı tükürük ile oral çevrede farklı değişkenlere maruz kalmaktadır ve kompozit rezinlerin mekanik özellikleri bu değişkenlerden etkilenmektedir. Bu durumda restorasyonlarının klinik ömürlerinin belirlenmesinde su emilimi ve çözünürlük önemli parametreler hâline gelmektedir.^{7,8} Su, kompozit rezinlerin polimer ağ yapısındaki ester bağlarının hidrolizine neden olur.⁹ Yeterli polimerize olmamış kompozit rezinlerde bulunan artık monomerlerin, su emilimi ile oral kaviteye salımı artabilir ve biyouyumluluk açısından tehdit oluşturabi-

lir.¹⁰ Su emilimi kompozit rezinde renklenmeye, mekanik özelliklerinin zayıflamasına, aşınma direncinin düşmesine, doldurucu-rezin ara yüzünde hidrolitik bozunmaya neden olmaktadır.¹¹⁻¹⁶ Ayrıca su emilimi, rezin yapısında higroskopik genişlemeye neden olur ve buna bağlı olarak restore edilen dişlerde mikroçatlaklar, tüberkül çatlakları oluşabilir.¹⁷ Kompozit rezinin su emme özellikleri genel olarak, dönüşüm derecesinden, çapraz bağ yoğunluğundan ve polimer ağın hidrofilitesinden etkilenir.^{13,15,18} Çözünürlük ise materyalin hacmini azaltarak mekanik özelliklerini zayıflatır ve biyouyumluluğu tehlikeye atar.¹⁹

Kompozit rezinlerin optimum düzeyde fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olmasında ve restorasyonun klinik ömrünün uzamasında, polimerizasyon derinliği de etkilidir. Kompozit rezinler yeterli şekilde polimerize edilmediğinde, fiziksel özelliklerin zayıflamasına neden olmasının yanında su emilimi ve çözünürlük özelliklerini de olumsuz yönde etkiler. Kompozit rezinin rengi, doldurucu içeriği ve partikül boyutu da polimerizasyon derinliği üzerinde etkilidir.^{20,21} Ayrıca polimerizasyonda kullanılan ışık cihazlarının da polimerizasyonun kalitesi ve restorasyonların klinik başarısı üzerinde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir.²²

Çalışmamızın amacı; farklı bulk fill kompozit rezinlerin polimerize edilmesinde kullanılan ışık cihazlarının su emilimi ve çözünürlük üzerinde etkisi değerlendirmektir. Sıfır hipotezimiz; ışık cihazlarının su emilimi ve çözünürlük üzerinde fark oluşturmayacağıdır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmanın deney aşamaları Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmamız, kompozit diskler üzerinde gerçekleştirilmiş olup, insan, hayvan veya ilgili herhangi bir doku deneye tabii olmamıştır. Bu nedenle, çalışmanın etik kurul gereksinimi bulunmamaktadır.

Çalışmamızda 8 farklı bulk fill kompozit rezin ve 1 mikrohibrit universal kompozit rezin kullanılmıştır. Tablo 1'de kullanılan kompozit rezinler ve içerikleri gösterilmektedir. Kompozit rezinler, LED S10 Elipar (3M ESPE, St Paul, MN, ABD) ve Hilux QTH (Benlioğlu Dental, Ankara, Türkiye) ile polimerize edilmiştir.

TABLO 1: Çalışmada kullanılan materyaller ve özellikleri.

Kompozit rezin	Kompozit rezin tipi	Üretici firma	Monomer içeriği	Doldurucu tipi	Doldurucu oranı (%wt%vol)
SDR	Kaide materyali	Dentsply Caulk, Milford, DE, ABD	Modifiye UDMA, EBPDMA, TEGDMA	Baryum-alüminyum floroborosilikat cam, stromiyum alüminyum floroborosilikat cam, kamforokinon, BHT, UV stabilizatör, titanyum dioksit, demir oksit pigmenti, floresans ajan	68/45
Sonicfill (SF)	Bulk-fill restoratif	Kerr Orange, CA, ABD	Bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA	Silyyum dioksit, cam, oksit	83,5/66
X-Tra Fill (XF)	Kaide materyali	Voco, Cuxhaven, Almanya	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	Füme silika, kamforokinon	86/70,1
Beautiful Bulk Restorative (BBR)	Bulk-fill restoratif	Shofu Inc, Kyoto, Japonya	Bis-GMA, UDMA, Bis-MPEPP, TEGDMA	S-PRG doldurucu floroborosilikat cam, kamforokinon, pigmentler	87/74,5
Beautiful Bulk Flowable (BBF)	Kaide materyali	Shofu Inc, Kyoto, Japonya	Bis-GMA, UDMA, Bis-MPEPP, TEGDMA	S-PRG doldurucu floroborosilikat cam, kamforokinon, pigmentler	72,5/7
Filek Z250 Universal (FZ250)	Geleneksel restoratif	3M ESPE, St Paul, MN, ABD	Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, Bis-EMA	Silyyum dioksit, cam, oksit	82/60
Filek Bulk Fill Flowable (FBF)	Bulk-fill restoratif	3M ESPE, St Paul, MN, ABD	Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, Bis-EMA, Bis-PMA	Silika (Si)/Zirkonya, İlerbiyum triflorid (YbF ₃)	64,5/42,5
Admira Fusion X-Tra (ADM)	Ormocer Bulk-fill restoratif	Voco, Cuxhaven, Almanya	Aromatik-Alifatik Dimetakrilatlar, fonksiyonel polisiloksan	Silikon dioksit nanodoldurucu (20-50 nm) ve silikon oksit bazlı hibrit doldurucu (1 µm)	84/-
Estelite Bulk-Fill Flow (ESTE)	Bulk-fill restoratif	Tokuyama Dental Corp., Tokyo, Japonya	Bis-GMA, Bis-MPEPP, TEGDMA	Silika-zirkonya	70/66

Bis-GMA: Bisfenol A glisidil metakrilat; UDMA: Üretan dimetakrilat; TEGDMA: Trietilenglikol dimetakrilat; Bis-MPEPP: 2,2 bis (metakriksipolietoksifenil) propan; EBPADMA: Etoksile bisfenol A dimetakrilat; BHT: Bütile hidroksi tolueni; Bis-EMA: bisfenol A polietilen glikol dieter dimetakrilat.

Disk şeklinde örnekler; 6 mm çapında 4 mm kalınlığında paslanmaz çelik kalıplar kullanılarak hazırlanmıştır. Örnekler ışık cihazlarına göre 2 gruba ayrılarak ve toplamda 72 adet örnek hazırlanmıştır (n=4).

Kompozitler, paslanmaz çelik kalıpların içerisine yerleştirildikten sonra şeffaf bant ile kaplanmış, lamel ile basınç uygulanarak fazla materyalin taşması sağlanmıştır. Kompozit diskler, ışık kaynağının ucu lamel üzerine direk temas ettirilerek polimerize edilmiştir ve bu şekilde polimerizasyon mesafesinin standardizasyonu sağlanmıştır. Kompozit materyallerin, polimerizasyon süreleri her ışık cihazı için üretici firmanın talimatları doğrultusunda belirlenmiştir.

Kompozit disklerin su emilimi ve suda çözünürlük değerlerinin belirlenmesinde, ISO 4049:2009 spesifikasyonunda belirtilen formüller kullanılmıştır. Bu testin uygulamasında diskler numaralandırılarak birbiriyle karışmayacak şekilde silika jel bulunan desikatöre yerleştirilmiş ve 22 saat boyunca 37±1°C'lik etüvde (EN025, Nüve, Türkiye) ve sonrasında 23±1°C'de 2 saat bekletilmiştir. Kurutulan örneklerin ağırlıklarının belirlenmesinde 0,0001 g hassasiyetindeki terazi (Precisa XB 220A, Zurich, Switzerland) kullanılmıştır, aynı işlem 24 saatte bir tekrar edilerek, ağırlığın 0,1 mg'dan daha fazla değişmediği değere kadar ölçümler tekrarlanmıştır. Başlangıç ağırlıkları, mikrogram (µg) cinsinden M₁ olarak kaydedilmiştir. Sabit ağırlığa gelen örneklerin çapı dijital kumpas yardımı ile ölçülerek V değeri mm³ cinsinden hesaplanmıştır. Örneklerin her biri 7 gün boyunca 37±1°C'lik etüvde yapay tükürükte (K₂HPO₄, KSCN, Na₂HPO₄, NaHCO₃, NaCl, Üre, HCl) bekletilmiştir. Bu süre sonunda örnekler, yapay tükürükten çıkarılıp ve nazıkçe kurularak aynı tartıda ağırlıkları ölçülerek M₂ olarak kaydedilmiştir. Daha sonra örneklerin sabit ağırlıklarını tekrar kazanmaları için M₁ için uygulanan protokol uygulanarak M₃ ağırlıkları kaydedilmiştir.³

Su emilimi (SS) ve çözünürlük (SL) değerleri milimetreküpde mikrogram (µg/mm³) cinsinden aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$SL=(M_1-M_3)/V$$

$$SS=(M_2-M_3)/V$$

İSTATİSTİK ANALİZ

Verilerin normal dağılımı Shapiro-Wilk testi ile varyans homojenliği Levene testi kontrol edilmiştir. Normal dağılım gösteren bağımsız iki grup ortalamaları arasındaki farkın belirlenmesinde bağımsız örneklem t-testi; normal dağılımın olmadığı durumda ise Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Normal dağılım gösteren bağımsız üç ve daha fazla grubun ortalamaları arasındaki farkın incelenmesi için varyans analizi testi; varsayımının karşılanmadığı durumlarda ise Kruskal-Wallis testi yapılmıştır. Farkı yaratan grup ya da grupların belirlenmesi için “post hoc” Bonferroni testleri kullanılmıştır. Analizler IBM SPSS (v25.0, Chicago, IL, ABD) programında yapılmıştır.

BULGULAR

Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgulara göre; ışık cihazlarının hem su emilimi hem de çözünürlük üzerinde etkisi anlamlı bulunmuştur ($p<0,005$).

ÇÖZÜNÜRLÜK

LED ışık cihazı ile polimerize edilen kompozit örneklerin çözünürlükleri karşılaştırıldığında, Beautifil Bulk Restorative (BBR) (Shofu Inc, Kyoto, Japonya) ile Admira Fusion X-Tra (ADM) (Voco, Cuxhaven, Almanya) ve Estelite Bulk-Fill Flow (ESTE) (Tokuyama Dental Corp., Tokyo, Japonya) grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$ ve $p=0,041$). BBR grubu çözünürlük değerleri ($26,39\pm5,37$), ADM ($1,23\pm0,44$) ve ESTE ($4,17\pm2,2$) gruplarından yüksektir. QTH ışık cihazı ile polimerize edilen örneklerin çözünürlükleri karşılaştırıldığında; X-Tra Fill (XF) (Voco, Cuxhaven, Almanya) ile BBR ve Sonicfill (SF) (Kerr Orange, CA, ABD) grupları arasında ve SF ile beautifil bulk flowable (BBF) (Shofu Inc, Kyoto, Japonya) grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p=0,007$, $p=0,046$ ve $p=0,034$). SF ($5,79\pm1,58$) ve BBR ($27,78\pm1,31$) grubundaki örneklerin çözünürlük değerleri XF ($4,63\pm0,76$) grubundan yüksektir. BBF grubu çözünürlük değerleri, SF grubundan yüksektir. BBF grubunda ışıklara göre çözünürlük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,05$). QTH ile polimerize edilen örneklerin çözünürlük değerleri, LED

ile polimerize edilen örneklerden yüksektir. Filtek Z250 Universal (FZ250) (3M ESPE, St Paul, MN, ABD), Filtek Bulk Fill Flowable (FBF) (3M ESPE, St Paul, MN, ABD), XF, SF, SDR (Dentsply Caulk, Milford, DE, ABD), BBR, ADM ve ESTE gruplarında ışık cihazlarına göre çözünürlük değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir ($p>0,05$). Işık cihazlarına göre çözünürlük değerleri Tablo 2’de ve Şekil 1’de gösterilmektedir.

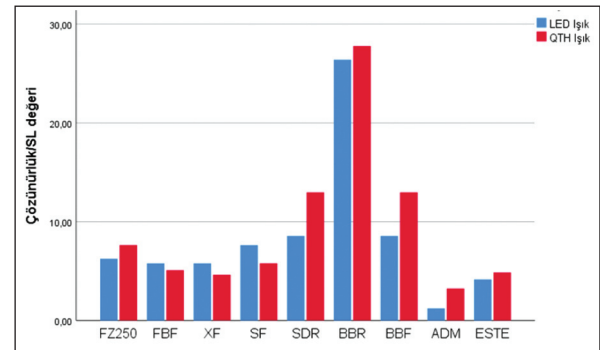
SU EMİLİMİ

LED ışık cihazı ile polimerize edilen örneklerin, su emilimi değerleri karşılaştırıldığında XF ile SF grup-

TABLO 2: Çözünürlük/SL ortalama±standart sapma ve medyan değerler.

	LED ışık $\bar{X}\pm SS$ (Medyan)	QTH ışık $\bar{X}\pm SS$ (Medyan)
FZ250	$6,25\pm0,89$ (6,02) ^{ab}	$7,64\pm2,31$ (6,48) ^{a,b,c}
FBF	$5,79\pm1,91$ (5,56) ^{ab}	$5,09\pm1,20$ (5,09) ^{a,b,c}
XF	$5,79\pm1,39$ (6,48) ^{ab}	$4,63\pm0,76$ (4,63) ^a
SF	$7,64\pm1,58$ (7,87) ^{ab}	$5,79\pm1,58$ (6,02) ^b
SDR	$8,56\pm2,44$ (7,87) ^{ab}	$12,96\pm3,30$ (12,5) ^{a,b,c}
BBR	$26,39\pm5,37$ (26,39) ^a	$27,78\pm1,31$ (27,31) ^c
BBF	$8,56\pm2,05$ (9,26) ^{ab}	$12,96\pm2,27$ (12,96) ^{a,b,c}
ADM	$1,23\pm0,44$ (1,08) ^b	$3,24\pm1,60$ (3,7) ^{a,b,c}
ESTE	$4,17\pm2,2$ (3,24) ^b	$4,86\pm1,91$ (4,63) ^{a,b,c}

SS: Standart sapma; FZ250: Filtek Z250 Universal; FBF: Filtek Bulk Fill Flowable; XF: X-Tra Fill; SF: Sonicfill; BBR: Beautifil Bulk Restorative; BBF: Beautifil Bulk Flowable; ADM: Admira Fusion X-Tra; ESTE: Estelite Bulk-Fill Flow. Aynı harfe sahip kompozit grupları arasında fark yoktur ($p<0,005$). Harflendirme sütunlar içerisindeki farklılıkları göstermektedir.



ŞEKİL 1: Çözünürlük/Çözünürlük değerlerine ait grafik.

FZ250: Filtek Z250 Universal; FBF: Filtek Bulk Fill Flowable; XF: X-Tra Fill; SF: SONICFILL; BBR: Beautifil Bulk Restorative; BBF: Beautifil Bulk Flowable; ADM: Admira Fusion X-Tra; ESTE: Estelite Bulk-Fill Flow.

ları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir ($p=0,026$). SF kompozit rezin örneklerin su emilimi değerleri ($15,97\pm0,89$), XF grubundan ($8,80\pm1,60$) yüksektir.

QTH ile polimerize edilen örneklerin su emilimi değerleri karşılaştırıldığında ise; BBR ile XF, BBF ve ADM grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar elde edilmiştir ($p=0,001$, $p=0,009$ ve $p=0,031$). BBR grubu su emilimi değerleri ($20,37\pm3,93$); XF ($8,80\pm0,93$), BBF ($9,95\pm0,89$) ve ADM ($10,65\pm1,2$) gruplarının değerlerinden yüksektir.

SF, ADM ve ESTE grubunda ışıklara göre su emilimi ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$). SF ve ADM gruplarında LED ışık ölçümleri (sırasıyla; $15,97\pm0,89$ - $12,96\pm0,76$) QTH ışık ölçümlerinden (sırasıyla; $13,66\pm1,39$ - $10,65\pm1,20$) yüksektir. ESTE grubunda QTH ile polimerize edilen örneklerin su emilimi, LED ile polimerize edilen örneklerinkinden yüksektir.

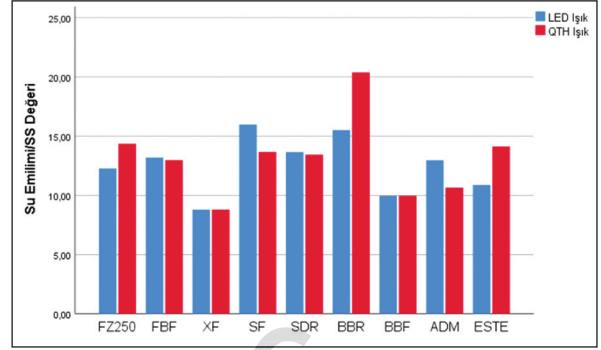
FZ250, FBF, XF, SDR, BBR ve BBF gruplarında ışık cihazlarına göre su emilimi değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir ($p>0,05$).

Işık cihazlarına göre su emilimi değerleri Tablo 3 ve Şekil 2'de gösterilmektedir.

TABLO 3: Su emilimi/standart sapma ortalama±standart sapma ve medyan değerler.

	LED Işık $\bar{X}\pm SS$ (Medyan)	QTH Işık $\bar{X}\pm SS$ (Medyan)
FZ250	$12,27\pm1,17$ (12,04) ^{a,b}	$14,35\pm1,60$ (13,89) ^{a,b}
FBF	$13,19\pm0,89$ (13,43) ^{a,b}	$12,96\pm1,69$ (12,96) ^{a,b}
XF	$8,80\pm1,60$ (8,33) ^b	$8,80\pm0,93$ (8,33) ^b
SF	$15,97\pm0,89$ (16,20) ^b	$13,66\pm1,39$ (13,89) ^{a,b}
SDR	$13,66\pm0,89$ (13,43) ^{a,b}	$13,43\pm1,77$ (12,96) ^{a,b}
BBR	$15,51\pm2,44$ (15,74) ^{a,b}	$20,37\pm3,93$ (19,44) ^a
BBF	$9,95\pm2,55$ (9,72) ^{a,b}	$9,95\pm0,89$ (9,72) ^b
ADM	$12,96\pm0,76$ (12,96) ^{a,b}	$10,65\pm1,20$ (10,65) ^b
ESTE	$10,88\pm1,91$ (11,11) ^{a,b}	$14,12\pm0,46$ (13,89) ^{a,b}

SS: Standart sapma; FZ250: Filtek Z250 Universal; FBF: Filtek Bulk Fill Flowable; XF: X-Tra Fill; SF: Sonicfill; BBR: Beautifil Bulk Restorative; BBF: Beautifil Bulk Flowable; ADM: Admira Fusion X-Tra; ESTE: Estelite Bulk-Fill Flow. Aynı harfe sahip kompozit grupları arasında fark yoktur ($p<0,005$). Harflendirme sütunları içerisindeki farklılıkları göstermektedir.



ŞEKİL 2: Su emilimi/Su emilimi değerlerine ait grafik.

FZ250: Filtek Z250 Universal; FBF: Filtek Bulk Fill Flowable; XF: X-Tra Fill; SF: Sonicfill; BBR: Beautifil Bulk Restorative; BBF: Beautifil Bulk Flowable; ADM: Admira Fusion X-Tra; ESTE: Estelite Bulk-Fill Flow.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, bulk fill kompozit rezinlerin polimerizasyonunda kullanılan ışık cihazlarının, su emilimi ve çözünürlüklerine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgular doğrultusunda, ışık cihazlarının su emilimi ve çözünürlük üzerinde etki ettiği sonucuna ulaşılmış ve sıfır hipotezimiz reddedilmiştir.

Ağız ortamı dinamik koşullara sahiptir ve restoratif materyaller bu ortamdaki ısı değişikliği, nem, tekrarlayan çiğneme kuvvetleri gibi değişkenlere sürekli maruz kalmaktadır. Ayrıca kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin ışık cihazına, ışık yoğunluğuna, dalga boyuna ve polimerizasyon süresine bağlı olduğu bilinmektedir.^{23,24} Çalışmamızda restorasyonlarla ve dişlerle temas hâlinde olan, ağız ortamdaki sıvıları taklit etmeleri sebebiyle bekleme çözümü olarak yapay tükürük, polimerizasyon için QTH ve LED ışık cihazları kullanılmıştır.¹⁶

Su emilimi, kompozit rezin restorasyonların büzülme stresini belli bir düzeyde azaltabilen difüzyon kontrollü bir süreçtir.¹⁸ Fakat aynı zamanda doldurucu-polimer matris materyalin kimyasal olarak bozunmasına bağlı olarak, doldurucu organik matris ayrışmasına ve artık monomer salımına, alerjik reaksiyonlara, mekanik bozunma ile birlikte restorasyonların ömründe azalmaya neden olabilir.^{8,15} Çözünürlük ise temel olarak kompozit rezinin hidrofilik özelliğinden ve çapraz bağlı ağ yapıdan etkilenir.

Su emilimi ve çözünürlük, dental restoratif materyallerin klinik ömürlerini etkileyen önemli özelliklerdendir.⁷ Monomer dönüşüm derecesinin yüksek olması, kompozit rezinin sertliği, elastisite modülü, aşınmaya karşı direnci, kırılma ve gerilme dayanımı gibi özelliklerini daha iyi hâle getirerek restorasyonların mekanik ve fiziksel özelliklerini doğrudan etkiler. Bu özellikler, polimer zincirinin yapısına ve polimerizasyon sürecinde meydana gelen çapraz bağ yoğunluğuna bağlıdır. Çapraz bağlar, doğrusal moleküller arasında köprü oluşturarak su emilimini ve çözünürlüğü azaltır, kompozit rezinin sertliğini ve dayanıklılığını artırır, polimerlerin çözücülere geçirgenliğini azaltır ve 3 boyutlu ağ oluşumunu sağlar. Bu nedenle, su emilimi ve suda çözünürlük, polimerizasyon derecesinin, yani çapraz bağ miktarının dolaylı göstergeleridir. Daha fazla çapraz bağ içeren bir polimer, daha az su emer ve çözünmez, dolayısıyla daha iyi klinik özellikler sergiler.²⁵

ISO 4049 standartlarına göre; su emilimi ve çözünürlük değerleri sırasıyla 40 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ ve 7,5 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 'den düşük olmalıdır. Bizim çalışmamızın bulgularına göre standart formül kullanılarak hesaplanan su emilimi değerleri, tüm kompozit rezinler için eşik değer altında iken çözünürlük değerleri BBR, BBF ve SDR gruplarında eşik değer üzerindedir. En yüksek su emilimi ve çözünürlük değeri QTH ile polimerize edilen BBR (20,37 \pm 3,93 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ -27,78 \pm 1,31 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$) kompozit grubundadır.

Çalışmamızda kullanılan kompozit rezinlerin organik rezin matriksi, genellikle bisfenol A glisidil metakrilat (Bis-GMA), trietilenglikol dimetakrilat (TEGDMA), üretan dimetakrilat (UDMA) ve bisfenol A polietilen glikol dieter dimetakrilat (Bis-EMA) monomerlerini içermektedir. Önceki çalışmalar, bu yapıların en esnek ve en yüksek su emilimine sahip bileşenin TEGDMA olduğunu göstermektedir. Ayrıca, UDMA ve Bis-EMA'nın daha sağlam ve daha az su emen bileşenler olduğu belirlenmiştir. Bis-GMA'nın ise en sağlam ağı oluşturmasına rağmen, UDMA ve Bis-EMA'ya göre daha fazla su emdiği tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada ise, monomerlerin su emilim değerlerinin TEGDMA, Bis-GMA, UDMA ve Bis-EMA şeklinde azalan bir sıra izlediği bildirilmiştir.^{26,27} Çalışmamızda kullandığımız kompozit rezinlerin organik rezin matriks yapısı birbirine

çok benzerdir. Bu yüzden su emilimi ile ilgili olarak doldurucu tipi, oranı ve bağlayıcı fazın özelliklerinin de belirleyici olduğunu düşünmekteyiz.

Doldurucunun içeriği, partikül boyutu, hacim oranı ve organik matriksin içerisindeki dağılımın yanında doldurucu-organik matriks ara yüzeyinin özellikleri de çözünürlük üzerinde etkilidir.^{16,28} Çalışmamızın bulgularına göre en düşük su emilimi, X-Tra Fil Bulk Fill kompozit rezininde elde edilmiştir. Bu durum doldurucu oranındaki ağırlıkça artışın ve partikül boyutunun değiştirilmesi ile doldurucu-organik matriks ara yüzeyinin azaltılması ile açıklanabilir.² Bu bulk fill kompozit rezinlerin doldurucu partikül boyutlarının bir kısmının 20 μm 'dan geniş olmasıyla toplam doldurucu-matriks ara yüzeyinin azaltılarak ışık saçılımının engellenmesi ve mavi ışığın daha derine ilerlemesi sağlanmıştır. Ayrıca, X-Tra Fil Bulk-Fill kompozit rezinin düşük su emilim değeri göstermesi, diğer bulk-fill kompozitlere göre ışık geçirgenliğinin daha yüksek olmasının da polimerizasyon derinliğini artırması sonucu olabileceği düşünülmektedir.³

Bu özellik ile SF kompozitin yapısında bulunan, düzensiz şekilli doldurucuların yüksek çözünürlüğe neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, polimerize ve polimerize olmayan malzemeler arasındaki yarı saydamlık farkının bu kompozit rezinde çok düşük olduğu, bunun da düşük ışık geçirgenliğinin matriks-doldurucu ara yüzündeki kırılma indisi arasındaki uyumsuzluktan kaynaklandığı öne sürülmüştür.²⁹

Ormoser bazlı kompozit rezinler, organik içeriğin her yönden inorganik yapıda SiO_2 ile çevrelediği üç boyutlu bir sarmal yapıdan oluşmaktadır. Mortier ve ark. ormoserlerin düşük çözünürlüğünü doldurucuların rezin matriks içerisinde sıkıca bağlanması ile açıklamışlardır.^{25,30} Bu çalışmanın bulgularına paralel olarak çalışmamızın bulgularına göre ormoser bazlı olan ADM kompozit grubunu her iki ışık cihazı ile en düşük çözünürlük göstermiştir.

Giomer esaslı kompozitler, rezin matriksin yapısına daha önceden reaksiyona sokulmuş S-PRG doldurucuların eklendiği kompozit rezinlerdir.³¹ S-PRG doldurucular, poliakrilik asit ile fluoroalüminosilikat cam arasındaki reaksiyonda işlev görür ve florür salma özelliklerinin yanı sıra yeniden florür

yüklenebilirlik kapasitesine sahiptirler.³² BBR ve BBF kompozit rezinlerin yapısında bulunan S-PRG dolurucular ve içerdiği yüksek dolurucu oranı (%87), dolurucu-matriks ara yüzünde ışığın yansıtılmasına neden olarak yeterli polimerizasyon derinliğinin sağlanamaması, kompozit rezinin mekanik ve fiziksel özelliklerini olumsuz etkilemektedir.³³ McCabe ve Rusby kompomer, giomer ve florür içeren kompozit materyallerin su emilimi kapasitesini araştırdıkları bir çalışmada giomer esaslı rezinin tüm zaman aralıklarında diğer materyallere kıyasla önemli ölçüde daha fazla su emilimi gösterdiğini bildirmiştir.^{29,34} Benzer şekilde, çalışmamızın bulgularına göre en yüksek çözünürlük değerlerinin BBR materyali için elde edilmiştir.

SONUÇ

- Su emilimi ve çözünürlük değerleri dolurucu oranı ve rezin matriks yapısından etkilenmektedir.
- Işık kaynağı tipi su emilimi üzerinde etkili iken çözünürlük üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır.

■ Bulk fill kompozit rezinlerin klinikteki rutin kullanımları düşünüldüğünde daha fazla *in vitro* ve *in vivo* çalışma yapılması gereklidir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir (Proje no: PYO.DIS.1904.17.017)

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Merve Kütük Ömeroğlu, Ertan Ertaş; **Tasarım:** Merve Kütük Ömeroğlu, Ertan Ertaş; **Denetleme/Danışmanlık:** Merve Kütük Ömeroğlu, Ertan Ertaş; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Merve Kütük Ömeroğlu, Ertan Ertaş; **Analiz ve/veya Yorum:** Merve Kütük Ömeroğlu, Ertan Ertaş; **Kaynak Taraması:** Merve Kütük Ömeroğlu, Ertan Ertaş; **Makalenin Yazımı:** Merve Kütük Ömeroğlu; **Eleştirel İnceleme:** Ertan Ertaş.

KAYNAKLAR

1. 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. PMID: 26220777.
2. Tekin TH, Kantürk Figen A, Yılmaz Atalı P, Coşkuner Filiz B, Pişkin MB. Full in-vitro analyses of new-generation bulk fill dental composites cured by halogen light. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2017;77:436-45. PMID: 28532050.
3. Misilli T, Gönülol N. Water sorption and solubility of bulk-fill composites polymerized with a third generation LED LCU. *Braz Oral Res.* 2017;31:e80. PMID: 29019552.
4. Kim RJ, Son SA, Hwang JY, Lee IB, Seo DG. Comparison of photopolymerization temperature increases in internal and external positions of composite and tooth cavities in real time: Incremental fillings of microhybrid composite vs. bulk filling of bulk fill composite. *J Dent.* 2015;43(9):1093-8. PMID: 26159386.
5. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *Br Dent J.* 2017;222(5):337-44. PMID: 28281590.
6. Osiewicz MA, Werner A, Roeters FJM, Kleverlaan CJ. Wear of bulk-fill resin composites. *Dent Mater.* 2022;38(3):549-53. PMID: 34972580.
7. Gönülol N, Şen Tunç E, Özer S, Yıldızlı K. Evaluation of water sorption-solubility and surface roughness of different bulk fill composite resins. *Meandros Med Dent J.* 2019;20(1):28-33. https://www.researchgate.net/publication/332831067_Evaluation_of_Water_Sorption-solubility_and_Surface_Roughness_of_Different_Bulk_Fill_Composite_Resins
8. Söderholm KJ, Mukherjee R, Longmate J. Filler leachability of composites stored in distilled water or artificial saliva. *J Dent Res.* 1996;75(9):1692-9. PMID: 8952623.
9. Szczesio-Wlodarczyk A, Sokolowski J, Kleczewska J, Bociong K. Ageing of dental composites based on methacrylate resins-a critical review of the causes and method of assessment. *Polymers (Basel).* 2020;12(4):882. PMID: 32290337; PMCID: PMC7240588.
10. 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(12):1106-15. PMID: 11874509.
11. Yiu CK, King NM, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Carrilho MR, et al. Effect of resin hydrophilicity and water storage on resin strength. *Biomaterials.* 2004;25(26):5789-96. PMID: 15147825.
12. Göhring TN, Besek MJ, Schmidlin PR. Attritional wear and abrasive surface alterations of composite resin materials in vitro. *J Dent.* 2002;30(2-3):119-27. PMID: 12381412.
13. Ito S, Hashimoto M, Wadgaonkar B, Svizero N, Carvalho RM, Yiu C, et al. Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. *Biomaterials.* 2005;26(33):6449-59. PMID: 15949841.
14. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006;22(3):211-22. PMID: 16087225.
15. 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. PMID: 26455541.

-
16. Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Hygroscopic expansion kinetics of dental resin-composites. *Dent Mater.* 2014;30(2):143-8. PMID: 24268572.
 17. Gajewski VE, Pfeifer CS, Fróes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Braz Dent J.* 2012;23(5):508-14. PMID: 23306226.
 18. 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(2):197-205. PMID: 21084109.
 19. Jeong TS, Kang HS, Kim SK, Kim S, Kim HI, Kwon YH. The effect of resin shades on microhardness, polymerization shrinkage, and color change of dental composite resins. *Dent Mater J.* 2009;28(4):438-45. PMID: 19721281.
 20. Leprince JG, Hadis M, Shortall AC, Ferracane JL, Devaux J, Leloup G, et al. Photoinitiator type and applicability of exposure reciprocity law in filled and unfilled photoactive resins. *Dent Mater.* 2011;27(2):157-64. PMID: 21067803.
 21. Price RB, Shortall AC, Palin WM. Contemporary issues in light curing. *Oper Dent.* 2014;39(1):4-14. PMID: 23786585.
 22. Gonulol N, Ozer S, Tunc ES. Effect of a third-generation LED LCU on microhardness of tooth-colored restorative materials. *Int J Paediatr Dent.* 2016;26(5):376-82. PMID: 26548449.
 23. Zhang Y, Xu J. Effect of immersion in various media on the sorption, solubility, elution of unreacted monomers, and flexural properties of two model dental composite compositions. *J Mater Sci Mater Med.* 2008;19(6):2477-83. PMID: 18253815.
 24. Bayrak GD, Yaman-Dosdogru E, Selvi-Kuvvetli S. The Effect of two different light-curing units and curing times on bulk-fill restorative materials. *Polymers (Basel).* 2022;14(9):1885. PMID: 35567054; PMCID: PMC9104037.
 25. Mortier E, Gerdolle DA, Jacquot B, Panighi MM. Importance of water sorption and solubility studies for couple bonding agent-resin-based filling material. *Oper Dent.* 2004;29(6):669-76. PMID: 15646223.
 26. Neto CCL, das Neves AM, Arantes DC, Sa TCM, Yamauti M, de Magalhães CS, et al. Evaluation of the clinical performance of GIOMERs and comparison with other conventional restorative materials in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Evid Based Dent.* 2022. PMID: 35915167.
 27. Han L, Cv E, Li M, Niwano K, Ab N, Okamoto A, et al. Effect of fluoride mouth rinse on fluoride releasing and recharging from aesthetic dental materials. *Dent Mater J.* 2002;21(4):285-95. PMID: 12608418.
 28. Gonulol N, Ozer S, Sen Tunc E. Water sorption, solubility, and color stability of giomer restoratives. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(5):300-6. PMID: 25145876.
 29. McCabe JF, Rusby S. Water absorption, dimensional change and radial pressure in resin matrix dental restorative materials. *Biomaterials.* 2004;25(18):4001-7. PMID: 15046890.
 30. Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites. *J Dent.* 2014;42(8):977-85. PMID: 24887360.
 31. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Investig.* 2014;18(8):1991-2000. PMID: 24414570.
 32. Castro FL, Campos BB, Bruno KF, Reges RV. Temperature and curing time affect composite sorption and solubility. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(2):157-62. PMID: 23739853; PMCID: PMC3881881.
 33. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials.* 2003;24(4):655-65. PMID: 12437960.
 34. Sideridou ID, Achilias DS, Karabela MM. Sorption kinetics of ethanol/water solution by dimethacrylate-based dental resins and resin composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2007;81(1):207-18. PMID: 16941599.