

Farklı ışık kaynaklarının kütleli yerleştirilebilen kompozit rezinlerin konversiyon derecelerine etkileri

The effects of degree of conversion of various bulk fill composite resins with different light sources

Uzm. Dt. Aynur Yıldız

Tekirdağ Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Tekirdağ

Orcid ID: 0000-0003-3401-4390

Dr. Öğr. Üyesi Alper Kaptan

Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,

Restoratif Diş Tedavisi A.D.,

Sivas

Orcid ID: 0000-0001-5773-8522

Geliş tarihi: 18 Şubat 2021

Kabul tarihi: 27 Ocak 2022

doi: 10.5505/yeditepe.2022.47450

Yazışma adresi:

Dr. Öğr. Üyesi Alper Kaptan

Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Restoratif Diş Tedavisi A.D

Kampüs/58140 Sivas

Tel: +90 506 601 62 32

Fax: +90 346 219 12 37

E-posta: alperkapdan@gmail.com

ÖZET

Amaç: Çalışmamızın amacı; farklı ışık kaynaklarının ve farklı ışık uygulama sürelerinin, bulk fill kompozit rezinler ve tabakalı yerleştirilen geleneksel kompozit rezinin polimerizasyon derecelerine etkilerini FTIR-ATR ölçümü ile incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Kütleli yerleştirilebilen 4 farklı bulk fill kompozit (Filtek Bulk fill (3M ESPE), SDR (Dentsply), Tetric Evo Ceram Bulk fill (Vivadent), Venus Bulk fill (Heraeus)) ve bir adet kondanse edilebilen kompozit (Filtek Z250 (3M ESPE)) kullanıldı. 5 mm çapında ve 4 mm yüksekliğinde kompozit örnekler hazırlandı. Kompozit materyallerin polimerize edilmesinde üç farklı LED ışık kaynağı (Elipar S10, Elipar Deepcure-S ve Valo Cordless) üç farklı uygulama süresi (20s, 30s, 40s) ile kullanıldı. Kompozit örneklerinin konversiyon derecelerinin ölçümleri FTIR spektroskopisi (Perkin Elmer Spectrum One, MA, ABD) ile yapıldı.

Bulgular: İstatistiksel değerlendirmede kontrol grubu olan Filtek Z250'ye ait örneklerin konversiyon derecesi değerleri, diğer 4 gruba kıyasla anlamlı olarak yüksek bulundu ($P=0.018$). Işık cihazlarının konversiyon dereceleri sıra ortalamaları Valo> Elipar Deepcure-S> Elipar S10 olarak bulunurken aralarında anlamlı bir farklılık bulunmadı ($P=0.465$). Işık uygulama sürelerine göre konversiyon dereceleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı.

Sonuçlar: Geleneksel kompozit grubunun en yüksek değerleri göstermesiyle beraber tüm bulk fill kompozit grupları her uygulama süresinde yeterli konversiyon derecesi değerleri göstermiştir. Yeni nesil LED ışık cihazları kısaltılmış uygulama süreleri ile de yeterli konversiyon derecesi değerleri sağladığı için avantajlıdır.

Anahtar kelimeler: Bulk fill kompozit, ışık kaynakları, polimerizasyon derinliği, konversiyon derecesi, FTIR-ATR.

SUMMARY

Aim: This study aims to evaluate the effects of different light sources and curing times on the degree of conversion of bulk fill composite resins and a conventional composite resin.

Materials and methods: Four different bulk fill composites (Filtek Bulk fill (3M ESPE), SDR (Dentsply), Tetric Evo Ceram Bulk fill (Vivadent), Venus Bulk fill (Heraeus) and one condensable composite (Filtek Z250 (3MESPE)) resin were used. Composite samples were prepared 5 mm in diameter and 4 mm in height. The prepared composite materials are polymerized with three different LED light sources (Elipar S10, Elipar Deepcure-S and Valo Cordless) with three different application periods (20s, 30s, 40s). Measurement of degree of conversion of composite samples were performed with FTIR spectroscopy (Perkin Elmer Spectrum One, MA, ABD).

Results: According to the statistical results, values of the control group Filtek Z250 were significantly higher than the other

4 groups (P=0.018). There was no significant difference between the degree of conversion ratings of light devices in the order of Valo> Elipar Deepcure-S> Elipar S10 (P=0.465). There was no significant difference between the conversion ratios of the light application periods.

Conclusion: Although the conventional layered composite group showed the highest values, all bulk fill composite groups showed adequate degree of conversion values in each application durations. The new generation LED light sources are also advantageous because they provide adequate degree of conversion values with abbreviated application times.

Keywords: Bulk fill composite, light sources, polymerization depth, degree of conversion, FTIR-ATR.

GİRİŞ

Restoratif diş hekimliğinin amacı doğru tanı ve eksiksiz bir tedavi sonucunda, doğal diş görünümünün ve fonksiyonunun yeniden kazandırılmasıdır. Dişlerdeki çürük ve diğer defektlerin onarılabilmesi amacıyla günümüzde yaygın olarak kullanılan kompozit rezin materyaller dişe en fazla 2 mm kalınlıklarda, tabakalama tekniğiyle yerleştirilmektedir. Kompozit rezinler tabakalama tekniğiyle uygulandıklarında tedavi süresi uzarken, kompozit tabakalarının arasında hava sıkışması veya nemle kontamine olma riski bulunmaktadır. Bu yüzden diş hekimliği uygulamaları için zaman tasarrufu sağlayan materyaller talep edilmektedir.^{1,2}

Son zamanlarda yeni rezin bazlı kompozit materyal grubu olan bulk fill kompozitler üretilmiştir. Bulk fill kompozit rezinlerin kullanımlarıyla tek seferde 4 mm kalınlığında kompoziti polimerize etme ve restorasyon sürecinin kısaltılması hedeflenmiştir.^{3,4}

Günümüzde kompozit rezinlerin polimerizasyonunda LED ışık kaynaklarının kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır.⁵⁻⁷ Yeni nesil LED ışık kaynakları, geleneksel LED ışık kaynaklarından farklı olarak 1000 mW/cm²'nin üzerinde ışık çıkışı gücüne sahiptir. Yeni geliştirilen LED ışık cihazlarında ışığın daha derine dik bir şekilde homojen ulaşmasını sağlamak ve polimerizasyon derinliğini artırmak için mercek yapısı iyileştirilirken, farklı emisyon spektrumlarına sahip iki veya daha fazla dalgali mavi-mor LED çipi bulunduran geniş spektrumlu LED ışık cihazları ile daha derin polimerizasyon hedeflenmiştir.⁸

Kompozit rezinlerin etkili polimerizasyonu için üreticiler 40 saniye ışık uygulamayı önermektedir.^{9,10} Ancak son yıllarda bu sürenin kısaltılarak hasta başında daha az zaman harcanması hedeflenmekte ve ışık cihazları bu yönde geliştirilmeye çalışılmaktadır. 40 saniyeden daha düşük ışık uygulama sürelerinin etkinliklerini değerlendirildiği çalışmalarda literatürde bulunmasına karşın kısaltılmış

sürelerde polimerizasyon derecesi, derinliği, polimerizasyon büzülmesi ve polimerizasyon esnasında açığa çıkan ısı açısından değerlendirildiği yeni çalışmalar yapılmaktadır.¹¹

Polimerizasyon derecesinin belirlenmesi kompozit restorasyonların başarısının değerlendirilmesinde çok önemli bir etkiye sahiptir.¹² Yeterli polimerizasyon dimetakrilat bazlı kompozitlerin sitotoksitesini azaltmakta ve fiziksel özelliklerini artırmaktadır.^{13,14} Polimerizasyon derecesi sıklıkla spektroskopik tekniklerle foto-polimerizasyon etkinliklerinin değerlendirilmesi ile ölçülür. Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopi (FTIR) ölçümü ise polimerizasyon derecesi tayininde yaygın kullanılan yöntemlerden biridir.¹⁵⁻¹⁸

Günümüzde ATR-FTIR (Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared) ile dental materyallerin polimerizasyon reaksiyonları sırasında ve sonrasındaki kimyasal yapılarındaki değişiklikler izlenebilmektedir.¹⁹ ATR kristali ile yapılan ölçümlerde, materyalin yapısına diğer yöntemlerdeki gibi bir müdahale olmadığı için daha sağlıklı sonuçlar alınmanın mümkün olduğu belirtilmiştir.²⁰

Çalışmamızın amacı; farklı ışık kaynaklarının ve farklı ışık uygulama sürelerinin, yeni nesil bir restorasyon materyali olarak kabul edilen 4 farklı bulk fill kompozit rezinin, 5 mm genişlik ve 4 mm derinlikte uygulandığında, polimerizasyon derecelerine etkilerini FTIR-ATR ölçümü ile incelemek ve elde edilen değerleri her 2 mm'de bir ışık uygulamak suretiyle polimerize edilen geleneksel kompozit ile kıyaslamaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada 4 adet bulk fill kompozit rezin (Filtek Bulk fill (3M ESPE), SDR (Dentsply), Tetric Evo Ceram Bulk fill (Vivadent), Venus Bulk fill (Heraeus)) ve 1 adet geleneksel kompozit rezin (Filtek Z250 (3M ESPE)) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan materyaller ve özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Kullanılan kompozit rezin materyallere göre 5 ana grup oluşturulmuştur. Her bir ana grupta 45 olacak (n=45) şekilde toplam örnek sayısı N=225'tir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan kompozit materyaller ve özellikleri.

MATERYAL	KOMPOZİT TİPİ	REZİN TİPİ	DOLDURUCU TİPİ	DOLDURUCU ORANI
Filtek Bulk Fill	Kondanse edilebilir	BİS-GMA, BİS-EMA, UDMA	Zirkonya silika	Ağırlıkça %76.5, Hacimce %58.4
SDR	Akışkan	TEGDMA, EBADMA	Baryum barosilikat cam	Ağırlıkça %68, Hacimce %44
Tetric EvoCeram Bulk Fill	Nanohibrit	BİS-GMA, UDMA	Baryum camı, itterbiyum triflorür, karışık oksit, prepolimer	Ağırlıkça %76-77, Hacimce %53-54
Venus Bulk Fill	Akışkan	UDMA, EBADMA	Baryum silikat cam, silika	Ağırlıkça %65, Hacimce %38
Filtek Z250	Mikrohibrit	BİS-GMA, BİS-EMA, UDMA	Zirkonya silika	Ağırlıkça %78, Hacimce %60

Gruplardaki kompozit materyaller polimerizasyonda kullanılacak ışık kaynağına göre 3 alt gruba ayrılmıştır (na=15).

Çalışmada kullanılan ışık cihazları ve özellikleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Kompozit rezinlerin polimerizasyonu her ışık kaynağı ile 3 farklı sürede (20s, 30s, 40s) gerçekleştirilmiştir (ns=5).

Tablo 2. Çalışmada kullanılan ışık cihazları

İŞİK CİHAZLARI	ÜRETİCİ FİRMA	TÜRÜ	DALGA BOYU	İŞİK YOGUNLUĞU
Elipar S10	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	LED	430- 480 nm	1200 mW/cm ²
Elipar DeepCure-S	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	LED	430- 480 nm	1470 mW/cm ²
VALO Cordless	Ultradent, USA	LED	395-480 nm	1000 mW/cm ²

Örneklerin elde edilmesinde 5 mm çapında ve 4 mm yüksekliğinde kalıplar hazırlanmıştır. Kalıpların içerisine kompozit materyal yerleştirilmeden önce standart düz yüzeyler elde etmek ve taşkınlıkları önlemek amacıyla kalıbın altına şeffaf bant ve siman camı konulmuştur.

Grup 1: Filtek Bulk fill (3M ESPE) kompozit materyali 4 mm kalınlığında yerleştirilerek kalıbın üzeri yine şeffaf bant ve siman camı ile kapatılarak sıkıştırılmıştır.

Sonrasında Elipar S10 (na =15), Elipar DeepCure-S (na =15) ve Valo Cordless (na =15) ışık cihazları kullanılarak her bir cihaz için 20s (ns =5), 30s (ns =5) ve 40s (ns =5) sürelerle 4 mm derinliğindeki materyal tek seferde olacak şekilde polimerizasyon gerçekleştirilmiştir. Örneklerin polimerizasyonu için ışık uygulanması esnasında daha önce polimerize olan örneklerin üzeri siyah bir metal plaka ile kapatılmıştır. Bu şekilde toplam 45 örnek elde edilmiştir. (n=45)

Grup 2: SDR (Dentsply) kompozit materyali 4 mm kalınlığında yerleştirilerek grup 1 deki aşamalar uygulanarak örnekler elde edilmiştir. (n=45)

Grup 3: Tetric Evo Ceram Bulk fill (Vivadent) kompozit materyali 4 mm kalınlığında yerleştirilerek grup 1 deki aşamalar uygulanarak örnekler elde edilmiştir. (n=45)

Grup 4: Venus Bulk fill (Heraeus) kompozit materyali 4 mm kalınlığında yerleştirilerek grup 1 deki aşamalar uygulanarak örnekler elde edilmiştir. (n=45)

Grup 5: (Kontrol grubu): Örnekler diğer 4 ana gruptan farklı olarak Filtek Z250 kompozit materyali 2 mm’lik katmanlar halinde yerleştirilerek her katman ayrı ayrı belirtilen farklı ışık cihazları ile farklı sürelerde polimerize edilmiştir. Hazırlanan örneklerin hem alt hem üst yüzeylerinde, 400 ve 600 grit silikon karbit zımpara kağıtlar yardımıyla ve su irigasyonu altında, doğru bir Fourier dönüşümü kızılötesi Spektroskopi (FTIR) ölçümü yapabilmek için standart düz yüzeyler oluşturulmuştur. Bütün örnekler 24 saat boyunca 37° C’de karanlık ortamda bekletilmiştir.

Kompozit materyallerin FTIR-ATR spektrumları, 45° açısında elmas/ZnSe kristaline ve üniversal ATR donanımına sahip, 4000 - 400 cm⁻¹ aralığında ölçüm yapan Perkin Elmer marka Spectrum One model FTIR Spektrofotometresi ile alınarak elde edilmiştir.

Örnekler analiz öncesi ışık geçirmeyen kutularda muhafaza edilmiştir. Öncelikle kompozit materyallerin polimeri-

zasyon öncesi spektral ölçümleri yapılmıştır. Sonrasında sırasıyla her bir örneğin ölçüm yapılmak istenen yüzeyinden bir miktar materyal alınarak toz haline getirilmiştir. Toz halindeki materyal spatül yardımıyla cihazın ATR kristalinin olduğu yuvaya denk gelecek şekilde yerleştirilmiş ve cihazın sıkıştırma kolu kapatılmıştır.

Çalışmamızda C=C bağlarının 1717 cm⁻¹’de pik verdiği belirlenmiştir. Aynı şekilde C-C bağlarının ise tepe değeri olarak 1601 cm⁻¹’deki spektrumu alınarak absorpsiyon değerleri belirlenmiştir. FTIR çalışmasında kullanılan cihaz koşulları dikkate alınarak bu spektrumlar çalışmaya alınmıştır. Bulunan değerler aşağıdaki formülde yerine konularak %DC değerleri hesaplanmıştır.

$$\%DC = 1 - \frac{AC = C/AC - C}{\text{Polimer}(AC = C/AC - C) \text{ Monomer} \times 100}$$

İstatistiksel Analiz

Çalışmamızdan elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) (Ver:22.0) programına yüklenerek verilerin değerlendirilmesinde parametrik test varsayımlar yerine getirildiğinde (Kolmogorof- Simirnov) Varyans Analizi, Tukey testi; parametrik test varsayımlar yerine getirilemediğinde Kruskal-Wallis testi ve Man Whitney U testi kullanılmıştır ve yanılma düzeyi P<0.05 olarak alınmıştır.

BULGULAR

Bu çalışma sonucunda Filtek Z250 restoratif materyali polimerizasyon yüzdesi açısından diğer bulk fill kompozit rezinlere kıyasla daha yüksek değerler göstermiş olup, aradaki bu fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P=0.018) (Tablo 5). Tetric Evo Ceram Bulk fill restoratif materyalinin konversiyon derecesi bulguları diğer bulk fill restoratif materyallerden yüksek bulunmuştur. (Tablo 5)

Tablo 5. Kompozit rezinlerin konversiyon derecelerinin Kruskal-Wallis testi bulguları.

Kompozit rezinler	N	Sıra ort.	Sd.	X ²	p
Filtek Bulk fill (3M ESPE)	9	19,33			
SDR (Dentsply)	9	19,22			
TetricEvoCeram Bulk fill (Vivadent)	9	22,22	4	11,903	0,018
Venus Bulk fill (Heraeus)	9	18,00			
Filtek Z250 (3MESPE)	9	36,22*			

p<0,05

Farklı ışık kaynaklarına göre FTIR-ATR çalışmasından elde edilen konversiyon derecesine ait bulgular Tablo 3’te verilmiştir. Filtek Bulk Fill kompozit materyale ait Elipar DeepCure-S grubu, diğer 2 ışık cihazına ait gruptan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur (P=0,001). Tetric EvoCeram Bulk Fill kompozit materyale ait Valo grubu, diğer 2 ışık cihazına ait gruptan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulun-

muştur (P=0,001). Venus Bulk fill kompozit materyale ait Elipar DeepCure-S grubu, diğer 2 ışık cihazına ait gruptan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur (P=0,003). Filtek Z250 kompozit materyale ait DeepCure-S ve Valo grubu, Elipar S10'dan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur (P=0,045) (Tablo 3).

Tablo 3. Farklı ışık kaynaklarına göre FTIR-ATR çalışmasından elde edilen konversiyon derecelerine ait bulgular

Kompozit Materyal	Işık Cihazı	N	Ortalama	Standart Sapma	Sonuç
Filtek Bulk Fill	Elipar S10	15	34,09	3,62	F=181,10 P=0,001*
	Elipar DeepCure S	15	55,88	4,51	
	Valo Cordless	15	50,41	4,83	
SDR	Elipar S10	15	49,51	12,03	F=1,46 P=0,243
	Elipar DeepCure S	15	54,86	4,85	
	Valo Cordless	15	52,25	6,57	
Tetric EvoCeram	Elipar S10	15	52,97	3,88	F=25,11 P=0,001*
	Elipar DeepCure S	15	53,29	3,44	
	Valo Cordless	15	60,89	6,63	
Venus	Elipar S10	15	48,19	7,58	F=6,52 P=0,003*
	Elipar DeepCure S	15	58,30	9,35	
	Valo Cordless	15	49,41	7,67	
Filtek Z250	Elipar S10	15	61,11	7,62	F=3,33 P=0,045*
	Elipar DeepCure S	15	65,90	2,97	
	Valo Cordless	15	63,72	3,53	

*P<0,05

Farklı polimerizasyon sürelerinde FTIR-ATR çalışmasından elde edilen konversiyon derecesine ait bulgular Tablo 4'te bildirilmiştir.

Tablo 4. Farklı polimerizasyon sürelerinde FTIR-ATR çalışmasından elde edilen konversiyon derecelerine ait bulgular

Kompozit Materyal	Işık Cihazı	Polimerizasyon Süresi	N	Ortalama	Standart Sapma	Sonuç
Filtek Bulk Fill	Elipar S10	20 sn	5	30,19	3,39	F=3,96 P=0,048*
		30 sn	5	31,04	2,21	
		40 sn	5	35,05	3,36	
	Elipar DeepCure S	20 sn	5	50,65	3,80	F=7,65 P=0,008*
		30 sn	5	53,10	1,33	
		40 sn	5	67,74	3,88	
Valo Cordless	20 sn	5	59,90	4,64	F=3,22 P=0,023*	
	30 sn	5	63,03	1,11		
	40 sn	5	66,41	5,35		
SDR	Elipar S10	20 sn	5	32,91	3,43	F=17,80 P=0,001*
		30 sn	5	54,36	9,63	
		40 sn	5	56,54	4,56	
	Elipar DeepCure S	20 sn	5	51,78	4,38	F=6,67 P=0,013*
		30 sn	5	52,47	3,59	
		40 sn	5	59,97	1,79	
Valo Cordless	20 sn	5	44,38	4,32	F=14,84 P=0,001*	
	30 sn	5	50,98	4,01		
	40 sn	5	57,65	3,37		
Tetric EvoCeram	Elipar S10	20 sn	5	56,25	3,31	F=1,54 P=0,034*
		30 sn	5	57,92	4,79	
		40 sn	5	62,50	2,82	
	Elipar DeepCure S	20 sn	5	54,19	1,10	F=1,92 P=0,042*
		30 sn	5	56,71	3,54	
		40 sn	5	64,26	3,88	
Valo Cordless	20 sn	5	45,00	1,72	F=32,05 P=0,001*	
	30 sn	5	55,39	0,85		
	40 sn	5	67,11	4,39		
Venus	Elipar S10	20 sn	5	45,37	1,22	F=11,90 P=0,001*
		30 sn	5	41,90	2,39	
		40 sn	5	55,32	6,96	
	Elipar DeepCure S	20 sn	5	49,29	1,13	F=153,88 P=0,001*
		30 sn	5	56,87	2,57	
		40 sn	5	71,36	1,60	
Valo Cordless	20 sn	5	43,97	3,09	F=10,09 P=0,002*	
	30 sn	5	44,56	1,41		
	40 sn	5	55,98	7,17		
Filtek Z250	Elipar S10	20 sn	5	51,54	2,34	F=77,48 P=0,001*
		30 sn	5	63,30	2,23	
		40 sn	5	68,51	2,03	
	Elipar DeepCure S	20 sn	5	64,99	2,34	F=2,513 P=0,126
		30 sn	5	67,57	1,43	
		40 sn	5	69,86	3,68	
Valo Cordless	20 sn	5	61,71	2,76	F=16,20 P=0,001*	
	30 sn	5	67,60	0,47		
	40 sn	5	69,14	2,10		

*P<0,05

Filtek Z250 grubunun Elipar Deep Cure-S alt grubu hariç tüm alt gruplarda dönüşüm derecesi ortalamaları 40 sn ile polimerizasyon süresinde 30 ve 20 sn'lere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. (p<0.05) (Tablo 4) . 40 sn ısınlama süresinde, Tetric EvoCeram kompoziti en yüksek konversiyon derecesi ortalaması Valo alt grubunda elde edilirken diğer tüm kompozitlerde en yüksek konversiyon derecesi ortalamaları Elipar Deep Cure-S alt grubunda elde edilmiştir (Tablo 4).

TARTIŞMA

Bu çalışmada, yeni geliştirilen 4 farklı bulk fill kompozit materyali (Filtek Bulk Fill, SDR, Tetric Evo Ceram Bulk Fill ve Venus Bulk Fill) 4 mm derinlikte tek seferde polimerize edilerek, monomer-polimer dönüşüm dereceleri, geleneksel yöntemle 2 mm tabakalı uygulanan kompozit rezin ile karşılaştırılmıştır.

FTIR analiz yöntemi, kompozit materyallerin monomer değişimini belirlemek için sıklıkla kullanılan güvenilir bir yöntemdir.²¹ Scherzer ve ark. monomer değişim seviyelerinin tespitinde ışık gücünün, foto-başlatıcı konsantrasyonunun ve materyal kalınlığının etkisini göstermek için FTIR-ATR tekniğinin diğer yöntemlere göre daha başarılı bir teknik olduğunu bildirmişlerdir.²²

Borges ve ark. tarafından yapılan çalışmada farklı kompozitlerin C=C bağlarının farklı spektrumlar verdiği görülmüştür. Bu değişikliğin materyallerin kompozisyonundan ve/veya geometrisinden kaynaklı değişikliklerle bağlantılı olabileceği söylenmiştir.²³ Bu çalışmada C=C bağlarının 1717 cm⁻¹'de, C-C bağlarının ise 1601 cm⁻¹ dalga boyunda pik verdiğini görülüp ve bu spektrumları alınarak absorpsiyon değerlerini belirlenmiştir.

Kompozitlerin doğasında bulunan çapraz bağlar dimetakrilat içeren rezinlerin foto-polimerizasyonunu kompleks bir hale getirmektedir. Dimetakrilat içeren kompozit materyallerde tam jelleşme sağlandığında, maksimum %20 ila %80 arasında bir dönüşüm derecesinden bahsedilmektedir.^{24, 25} Çalışmamızın sonuçlarına göre elde ettiğimiz değerler, bütün gruplardaki örneklerin her ışık cihazı ve ışık uygulama süresinde yeterli derecede polimerize olduğunu göstermektedir.

Yeni nesil restorasyon materyali olan bulk fill kompozitlerin daha yüksek kalınlıkta uygulanabilmesi, geleneksel kamforinon ve dibenzoilgermanyum türevi (DBDEGe) olan açıl fosfin oksit ile Ivocerin (Bis-4-(metoksibenzoil) dietilgermanyum Ge-3)'den oluşan bir foto-başlatıcı sistemin kullanımıyla sağlanır.^{26,27} Görünür ışık uygulandığında, dibenzoil-germanyum türevleri, polimerleşmeyi başlatan germil ve benzoil radikalleri oluşumu altında bir bölünme göstermekte, böylece tersiyer amin gibi bir başlatıcı gerekli olmamaktadır.²⁷

Guimaraes ve ark.²⁸ Venus, SDR ve geleneksel akışkan kompozitlerin farklı kalınlıktaki örneklerinin polimerizas-

yon derecesini FTIR analizi ile incelemişler ve bizim çalışmamızla da uyumlu olacak şekilde bulk fill kompozitlerde 6 mm'ye kadar olan kalınlıktaki örneklerde polimerizasyon derinliğinin tatmin edici özellik gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızın sonucunda Filtek Z250 restoratif materyali polimerizasyon yüzdesi açısından diğer bulk fill kompozit rezinlere kıyasla daha yüksek değerler göstermiş olup, aradaki bu fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P=0.018$) (Tablo 5). Bu çalışmada test edilen tüm bileşimler için materyallerin renkleri benzer kullanılmıştır (A2, üniversal, IV A (A2-A3 arası tona eşdeğer)). Buna ek olarak kontrol grubu hariç, ışığın iletilmesini etkileyen faktörler (restoratif materyalin kalınlığı ve ışık ucunun restorasyon yüzeyine olan mesafesi) standardize edilmiştir. Bulk fill kompozitler için tek değişiklik ışık kaynakları ve ışık süreleri olmuştur. Dolayısıyla bu çalışmada, konversiyon derecelerindeki herhangi bir farklılık, materyallerin bileşimindeki farklılıklara ve ışık cihazlarının aydınlatma özelliklerine atfedilebilir. Kontrol grubunun daha yüksek değerler göstermesi ise 2 mm'lik tabakalar halinde geleneksel yöntemle polimerize edilmesine bağlanabilir.

Nomoto ve Hirasawa²⁹ polimerizasyon derinliğinin; kompozitin ışık geçirgenliğine, monomer kompozisyonuna, rezin materyallerdeki başlatıcı, inhibitör ve hızlandırıcıların türüne ve konsantrasyonuna bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda kullanılan kompozit rezinler de farklı inorganik doldurucu türleri, boyutları, miktarı ve farklı monomer bileşimi içermektedir (Tablo 1).

Filtek Z250 kompozitte üretici, TEGDMA'nın büyük bir kısmını UDMA ve BIS-EMA karışımı ile değiştirmiştir. UDMA monomerinin üretilen yapısındaki amin gruplarının varlığı, polimerizasyonun devamı için alternatif bir yol sağlayan karakteristik zincir transfer reaksiyonlarından sorumludur. Bu reaksiyonlar, ağdaki radikal alanların hareketliliğinin artmasına, dolayısıyla polimerizasyonun ve monomer dönüşümünün de artmasına neden olur.³⁰

Doldurucu miktarının rezine oranı da ayrıca önemlidir. Doldurucu oranı ne kadar yüksek olursa kompozitin polimerize olması da o kadar zor olur.¹² Genel olarak bulk fill kompozitler, geleneksel kompozite kıyasla daha translüsent bir yapı gösterir.³¹ Işık iletimi materyalin opasitesine bağlı olduğundan³² 4 mm kalınlığındaki bulk fill kompozitlerde gözlenen konversiyon derecesi opazitenin azalmasından dolayı ortaya çıkar. Kompozit içerisindeki doldurucu miktarının azaltılması ile translüsentlik artırılabilir.³³

Çalışmamızda Tetric Evo Ceram Bulk fill restoratif materyalinin konversiyon derecesi bulgularının diğer bulk fill restoratif materyallerden yüksek çıkması, (Tablo 5) Ivocerin isimli bir foto-başlatıcı içermesinden kaynaklanabilir. Ilie ve ark.³⁴ da çalışmalarında mikrosertlik yöntemiyle ölçtükleri Tetric Evo Ceram Bulk fillin tek seferde 4 mm derinlikte, klinik olarak ilgili polimerizasyon koşulları altında SDR ve Venus'e benzer şekilde polimerize olduğunu ka-

nıtlamışlardır. Bu polimerizasyon verimliliğinin sadece bir radikal ile polimerizasyon başlatabilen kamforkinon/amin sistemlerinden daha etkili olan Ivocerin'den kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmadaki rezin kompozitlerin doldurucu yüzdesi ağırlıkça %78 ila %65 arasında değişmektedir. Resin kompozitlerde doldurucunun türü, boyutu ve yüzdesinin polimerizasyonu ve konversiyon derecesini etkileyebileceği iddia edilmekle birlikte çalışmamızın sonuçları konversiyon derecesinin doldurucunun yüzdesine bağlı olmayabileceğini göstermiştir. Öztürk ve ark.¹⁷ ve Price ve ark.³⁵ da çalışmalarında bizim çalışmamızda olduğu gibi doldurucu yüzdesi ile ışık iletimi arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda Tetric Evo Ceram grubu en yüksek dönüşüm derecesi ortalamaları Valo alt grubunda görülmüştür. Valo ışık cihazı çoklu-pik bir ışık cihazıdır. Mor ve mavi olarak iki farklı dalga boyunda ışık yayar. Bu ışın demetinin %26'sı mor ışık %74'ü ise mavi ışıktır. Tetric Evo Ceram ise Ivocerin adlı alternatif foto-başlatıcı içermesi sayesinde 410 nm dalga boyu civarındaki mor ışığa duyarlıdır. Bu nedenle Valo alt grubunda Tetric Evo Ceram daha yüksek konversiyon derecesi göstermiş olabilir^{36,37} (Tablo 3). Bu çalışmaya uyumlu bir şekilde Shimokawa ve ark.³⁷ bulkfill rezin kompozitlerin polimerizasyonlarının değerlendirdikleri çalışmalarında Tetric Evo Ceram grubunda Valo ışık cihazının erken sürelerde daha fazla polimerizasyon gerçekleştirdiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmada Filtek Z250 grubunun Elipar Deep Cure - S alt grubu hariç tüm alt gruplarda dönüşüm derecesi ortalamaları 40 sn ile polimerizasyon süresinde 30 ve 20 sn'lere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunması Elipar Deep Cure-S'in ışık çıkış gücünün fazla olması (1470 mW/cm²), daha uniform dağılan ışın profiline sahip olması, ışın demetlerinin daha derine homojen bir şekilde ulaşmasından kaynaklanabilir. Filtek Z250 ise 2 mm tabakalar halinde uygulanmasından dolayı Elipar Deep Cure-S'in daha derin homojen ışığı nedeniyle daha erken sürelerde yüksek konversiyon dereceleri göstermiş olabilir³⁷ (Tablo 4).

SONUÇ

Çalışmada kullanılan ve ışık çıkış gücü 1000 mW/cm² nin üzerinde olan yeni nesil ışık kaynakları 20sn, 30sn ve 40sn uygulamalarda bulk fill kompozitleri yeterli derecede polimerize etmiştir. Geleneksel tabakalı tekniğin, kütleli yerleştirme tekniğine kıyasla daha yüksek başarı gösterdiği kanıtlanırsa da bulk fill kompozit rezinler klinikte uygun endikasyon olduğunda alternatif olarak tercih edilebileceği için umut vericidir. Derin kaviteelerde bulk fill kompozitlerin ışık uygulama sürelerinin iyileştirilmesi önerilir.

Daha kısa ışık uygulama sürelerinde daha iyi polimerizasyon iddiası ile geliştirilen 2. nesil LED ışık cihazları, daha

uzun ışık uygulama sürelerinde daha başarılı sonuç vermiştir. Rezinlerin konversiyon derecesindeki değişiklikler, ışık kaynaklarından çok, kompozitin karakteriyle ve uygulanan materyal kalınlığıyla ilgili bulunmuştur. Farklı kompozitler karşılaştırılırken doldurucu partikül tipi, oranı ve kullanılan organik matriks yapısı, polimerizasyon derinliğinin değişmesine neden olarak, sonucu etkileyebilir.

KAYNAKLAR

1. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Husler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mater* 2012;28:521-528.
2. Kilic V, Hürmüzlü F. Effect of Light Sources on Bond Strength of Different Composite Resins Repaired with Bulk-Fill Composite. *Odovtos-Int J Dent Sc* 2021;23:103-115.
3. D'Alpino PHP, Bechtold J, dos Santos PJ, Alonso RCB, Di Hipólito V, Silikas N, Rodrigues FP. Methacrylate-and silorane-based composite restorations: hardness, depth of cure and interfacial gap formation as a function of the energy dose. *Dent Mater* 2011;27:1162-1169.
4. Shortall A, Harrington E, Patel H, Lumley P. A pilot investigation of operator variability during intra-oral light curing. *Br Dent J* 2002;193:276.
5. Esmaeili B, Safarcherati H, Vaezi A. Hardness Evaluation of Composite Resins Cured with QTH and LED. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2014;8:40-44.
6. Hodson NA, Dunne SM, Pankhurst CL. The effect of infection-control barriers on the light intensity of light-cure units and depth of cure of composite. *Primary dental care : journal of the Faculty of General Dental Practitioners (UK)* 2005;12:61-67.
7. Arisu HD, Bala O, Üçtaşlı MB. Halojen veya led ışık kaynakları ile sertleştirilen farklı restoratif materyallerin barcoll sertlikleri. *Acta Odontol Turc* 2008;25:19.
8. Roberts HW, Berzins DW, Charlton DG. Hardness of Three Resin-Modified Glass-Ionomer Restorative Materials as a Function of Depth and Time. *J Esthet Restor Dent* 2009;21:262-272.
9. Fan P, Schumacher RM, Azzolin K, Geary R, Eichmiller FC. Curing-light intensity and depth of cure of resin-based composites tested according to international standards. *J Am Dent Assoc* 2002;133:429-434.
10. Nalçacı A, Ulusoy N, Babadağ M, Bayrak Ş, Cebeci A, Hasanreisoglu U, Kocaelli H, Türkaslan SS. Farklı polimerizasyon zamanlarının kondanse edilebilir kompozit rezinlerin yüzey sertliği üzerine etkileri.
11. Hürmüzlü F, Kılıç V. Analysis of Monomer Elution from Bulk-fill and Nanocomposites Cured with Different Light Curing Units Using High Performance Liquid Chromatography. *J Photopolym Sci Technol* 2020;33:27-36.
12. Yoon TH, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Degree of polymerization of resin composites by different light sources. *J Oral Rehabil* 2002;29:1165-1173.
13. Poskus LT, Placido E, Cardoso PE. Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of class II composite resin restorations. *Dent Mater* 2004;20:726-732.
14. Sigusch BW, Pflaum T, Volpel A, Gretsche K, Hoy S, Watts DC, Jandt KD. Resin-composite cytotoxicity varies with shade and irradiance. *Dent Mater* 2012;28:312-319.
15. Ferracane JL, Greener EH. Fourier transform infrared analysis of degree of polymerization in unfilled resins--methods comparison. *J Dent Res* 1984;63:1093-1095.
16. Stansbury JW, Dickens SH. Determination of double bond conversion in dental resins by near infrared spectroscopy. *Dent Mater* 2001;17:71-79.
17. Ozturk B, Cobanoglu N, Cetin AR, Gunduz B. Conversion degrees of resin composites using different light sources. *Eur J Dent* 2013;7:102-109.
18. Zorzin J, Maier E, Harre S, Fey T, Belli R, Lohbauer U, Petschelt A, Taschner M. Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing. *Dent Mater* 2015;31:293-301.
19. Young A. FTIR investigation of polymerisation and polyacid neutralisation kinetics in resin-modified glass-ionomer dental cements. *Biomater* 2002;23:3289-3295.
20. Schmitt J, Flemming H-C. FTIR-spectroscopy in microbial and material analysis. *Int Biodeter Biodegr* 1998;41:1-11.
21. DeWald J, Ferracane J. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light-activated composites. *J Dent Res* 1987;66:727-730.
22. Scherzer T, Decker U. Real-time FTIR-ATR spectroscopy to study the kinetics of ultrafast photopolymerization reactions induced by monochromatic UV light. *Vib Spectrosc* 1999;19:385-398.
23. Borges AFS, Chase MA, Guggiari AL, Gonzalez MJ, de Souza Ribeiro AR, Pascon FM, Zanatta AR. A critical review on the conversion degree of resin monomers by direct analyses. *Braz Dent Sci* 2013;16:18-26.
24. Andrzejewska E. Photopolymerization kinetics of multifunctional monomers. *Prog Polym Sci* 2001;26:605-665.
25. Lovelth L, Newman S, Bowman C. The effects of light intensity, temperature, and comonomer composition on the polymerization behavior of dimethacrylate dental resins. *J Dent Res* 1999;78:1469-1476.
26. Vivadent I. Scientific documentation tetric evo ceram Bulk Fill. Amherst: Ivoclar Vivadent 2013.
27. Moszner N, Fischer UK, Ganster B, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. *Dent Mater* 2008;24:901-907.
28. Guimaraes T, Gushiken N, Braga R. Degree of conver-

sion, flexural modulus and polymerization stress of "Bulk Fill" composites. *Dent Mater* 2013;29:e43.

29. Nomoto R, Hirasawa T. Residual monomer and pendant methacryloyl group in light-cured composite resins. *Dental materials journal* 1992;11:177-188,219.

30. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomater* 2002;23:1819-1829.

31. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Investig* 2014;18:1991-2000.

32. Shortall A. How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. *J Oral Rehabil* 2005;32:906-911.

33. Lee Y-K. Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater* 2008;24:1243-1247.

34. Ilie N, Keßler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *Journal of dentistry* 2013;41:695-702.

35. Price RB, Murphy DG, Dérand T. Light energy transmission through cured resin composite and human dentin. *Quintessence Int* 2000;31.

36. Shimokawa CA, Turbino ML, Harlow JE, Price HL, Price RB. Light output from six battery operated dental curing lights. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2016;69:1036-42.

37. Shimokawa CAK, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of light curing units on the polymerization of bulk fill resin-based composites. *Dent Mater* 2018;34:1211-1221.