

Özgün araştırma makalesi

Farklı modlarda kullanılan ışık kaynağı ile sertleştirilen bulk-fill kompozit rezinlerin pulpa odasında oluşturduğu sıcaklık değişimlerinin değerlendirilmesi: *ex vivo*

Çiğdem Atalayın,^{1*} Elif Yaşa,² Gamze Karaçolak,¹
Tuğrul Sarı,³ Lezize Şebnem Türkün¹

¹Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Diş Hekimliği Fakültesi, Ege Üniversitesi, ²Serbest Diş Hekimi, İzmir, ³Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Diş Hekimliği Fakültesi, Bezmialem Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

ÖZET

AMAÇ: Derin kavitelere bulk-fill kompozit rezinlerin polimerizasyonunda kullanılan bir LED ışık kaynağının iki farklı polimerizasyon modunun, pulpa odasında meydana gelen sıcaklık değişimine etkisini incelemektir.

GEREÇ VE YÖNTEM: Çalışmada çekilmiş insan alt molar dişleri (n=5) kullanıldı. Okluzal yüzeyler standart 0.5 mm dentin kalınlığı kalacak şekilde aşındırıldı ve tekli-diş modeli oluşturuldu. Deney grubunda Filtek Bulk Fill Posterior (3M ESPE) ve SDR (Dentsply) kullanıldı. Kontrol grubunda ise geleneksel bir kompozit rezin olan Filtek Z250 (3M ESPE) kullanıldı. Materyaller diş yüzeyine üretici firma önerileri doğrultusunda uygulandı. Materyaller LED ışık kaynağının (Bluephase 20i, Ivoclar Vivadent) soft ve turbo modları ile polimerize edildi. Materyallerin sertleşme sırasında oluşturdukları pulpa içi sıcaklık değişimi pulpal kan dolaşımını taklit eden bir cihaz ile incelendi. Her materyal için başlangıçta ve sertleşme süresince gözlenen en yüksek sıcaklık değerleri belirlendi. Başlangıç ve en yüksek sıcaklık değerleri arası fark, maksimum sıcaklık değişimi (Δt) olarak kaydedildi. Verilerin istatistiksel analizi iki yönlü varyans analizi ve *post-hoc* Tukey testi ile gerçekleştirildi ($p<0.05$).

BULGULAR: İkili karşılaştırmalarda; turbo modun soft moda göre daha fazla sıcaklık artışına neden olduğu saptandı ($p<0.001$; Tukey testi). Materyal çeşidi değişken olarak alındığında, en yüksek sıcaklık değişimi SDR'de, en düşük sıcaklık değişimi ise kontrol grubunda görüldü ($p<0.05$; Tukey testi).

SONUÇ: Bulk-fill kompozit rezinlerin polimerizasyonunda bir LED ışık kaynağının turbo modu daha fazla pulpal sıcaklık artışına neden olmaktadır. Materyallerin içerik ve

yapıları sıcaklık artışını etkilemektedir. Derin kaviterlerin restorasyonları sırasında pulpal dokularda sıcaklık artışını en az seviyede tutabilmek için bulk-fill kompozit rezinlerin LED ışık kaynağının soft modu ile polimerize edilmesi daha faydalı olabilir.

ANAHTAR KELİMELER: Bileşik rezinler; diş pulpası; LED dental sertleştirici ışıklar; ısı

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN: Atalayın Ç, Yaşa E, Karaçolak G, Sarı T, Türkün LŞ. Farklı modlarda kullanılan ışık kaynağı ile sertleştirilen bulk-fill kompozit rezinlerin pulpa odasında oluşturduğu sıcaklık değişimlerinin değerlendirilmesi: *ex vivo*. Acta Odontol Turc 2017;34(2):55-60

EDITÖR: Güven Kayaoğlu, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

YAYIN HAKKI: © 2017 Atalayın ve ark. Bu eserin yayın hakkı [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) ile ruhsatlandırılmıştır. Sınırsız kullanım, dağıtım ve her türlü ortamda çoğaltım, yazarlar ve kaynağın belirtilmesi kaydıyla serbesttir.

[Abstract in English is at the end of the manuscript]

Giriş

Posterior estetik materyallerin mekanik ve estetik özelliklerindeki gelişmeler, kullanım kolaylığı beklentisini de beraberinde getirmiştir. Bu amaçla ön plana çıkan bulk-fill tekniği ve bu teknikte uygulanan materyaller son zamanlarda oldukça popüler hale gelmiştir. Bulk-fill materyaller, geliştirilmiş mekanik özelliklerine ilaveten, kolay manipülasyon ve kısa uygulama süresi gibi avantajlara da sahiptir. Bulk-fill kompozit rezinlerin içeriğinde ışık geçişine izin veren modifiye monomer ve doldurucular mevcuttur. Bu bileşenler, materyal tek tabaka (4-5 mm) yerleştirildiğinde dahi yeterli fotopolimerizasyonu sağlamaktadır.¹ Bu sayede bulk-fill kompozit rezinler, geleneksel tabakalı yerleştirmeye göre posterior bölgedeki büyük restorasyonlar için hem kolay uygulanabilir hem de zaman tasarrufu sağlayan bir seçenek haline gelmektedir. Bu materyallerin derin kavitelere kullanımını ise özellikle vital dişlerde pulpal dokular açısından güvenilirliklerinin sorgulanmasına neden olmaktadır.

Rezin-esaslı materyallerin polimerizasyonu sırasında oluşan sıcaklık artışı, pulpada hasar oluşturabilecek en önemli faktörlerden biridir. Bu sıcaklık artışının nede-

Makale gönderiliş tarihi: 27 Haziran 2016; Yayına kabul tarihi: 13 Kasım 2016
*İletişim: Dr. Çiğdem Atalayın, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Diş Hekimliği Fakültesi, Ege Üniversitesi, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye;
E-posta: dtcatalayin@gmail.com

ni, kompozit resin yapısından kaynaklanan ekzotermik reaksiyon ve ışık kaynağından kaynaklanan radyant ısı artışıdır. Işıklı sertleşen materyallerde oluşan sıcaklık artışı, ışık kaynağının tipi ve özelliğine göre değişiklik göstermektedir.² Işık kaynağının gücü ve yoğunluğu, dentin dokusunun kalınlığı, materyalin içeriği, kompozit resinin yerleştirilme şekli (bulk-fill veya tabakalı) ve ışık kaynağı-materyal arası mesafe de sıcaklık artışını etkileyen faktörlerdir.³⁻⁸

Resin-esaslı materyallerin polimerizasyonunda; uzun ömürlülük, pratik kullanım ve kısa uygulama süresi gibi avantajları nedeniyle çoğunlukla yüksek ışık yoğunluğuna sahip LED ışık kaynakları tercih edilmektedir.^{3,9} Bu ışık kaynaklarında, mevcut ihtiyaçları karşılamak üzere geliştirilmiş farklı uygulama modları mevcuttur. Örneğin yüksek ışık gücüne sahip hızlı polimerizasyon (turbo) modunda kısa uygulama süresi ve zaman kazancı hedeflenmektedir. Yavaş-başlayan polimerizasyon (soft-start) modu kullanımındaki amaç ise; düşük ışık şiddeti ile başlatılan polimerizasyon sayesinde büzülmeyi azaltmaktır.⁹ Yüksek yoğunlukta ışıkla gerçekleştirilen hızlı polimerizasyonun, özellikle derin kavitelere, pulpa dokusunda termal hasar oluşturması olasıdır.

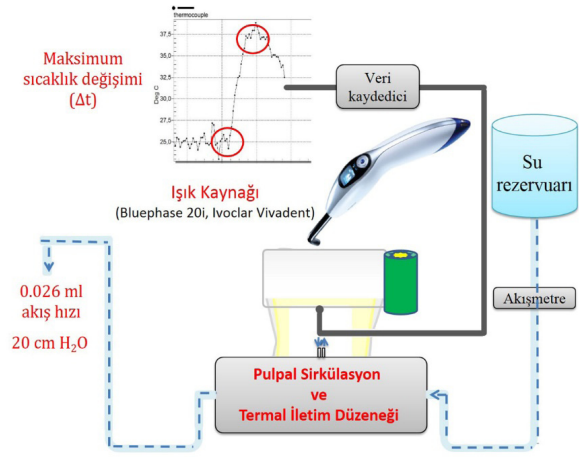
Bu çalışmanın amacı, derin kavitelere bulk-fill kompozit resinlerin polimerizasyonunda kullanılan bir LED ışık kaynağının iki farklı polimerizasyon modunun, pulpa odasında meydana gelen sıcaklık değişimine etkisini incelemektir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılacak örnek sayısını belirleyebilmek amacı ile G*Power paket programı (G*Power Ver. 3.1.5, Kiel, Almanya) kullanıldı. Bu doğrultuda planlanan çalışmayla benzer özellikteki, akışkan kompozit resinlerin polimerizasyonu sırasında pulpal ısı değişimlerini değerlendiren bir çalışmanın $f=3.86$ etki büyüklüğü referans alındı.¹⁰ Bu etki büyüklüğünde %95 güç ve 0.05 anlamlılık seviyesinde altı grupta toplam 9 örneğe ihtiyaç olduğu belirlendi. Çalışmada beş adet diş kullanıldı. Tekli-diş modeli kullanıldığından, her bir dişte tüm materyaller sırayla uygulandı. Böylece örnek sayısı beş diş ve altı grup için toplam $5 \times 6 = 30$ olacak şekilde belirlendi.

Çalışmada çekim sonrası %0.1 timol solüsyonu içinde bekletilen alt daimi molar dişler kullanıldı (Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Onay No: 352-92). Kökler, mine-sement sınırının 2 mm apikalinden bir separe yardımıyla kesildi ve pulpa odası boşaltıldı. Okluzal mine, mine-sement sınırının 2 mm yukarisından uzaklaştırıldı. Dişlerin okluzal yüzeyinden su zımparası ile aşındırma yapıldı ve düz bir yüzey elde edildi. Kalan dentin kalınlığı hassas bir kumpas yardımıyla ölçülerek 0.5 mm olacak şekilde standardize edildi.

İki farklı bulk-fill kompozit resinin polimerizasyonu sırasında pulpa odasında oluşan sıcaklık değişimini ölçmek için literatürde tanımlanan sistem kullanıldı.¹¹⁻¹³



Şekil 1. Pulpa sirkülasyonu taklit eden termal iletim düzeneği

In vivo koşullardaki pulpa sirkülasyonu taklit etmek için; oda sıcaklığındaki serum fizyolojik solüsyonunun pulpa odasına bir taraftan 0.026 mL/dk akış hızıyla girip sirküle olduktan sonra tekrar dışarı çıkmasını sağlayacak sabit bir düzenek hazırlandı. Düzenegin sıvı basıncı 20 cm H₂O olacak şekilde düzenlendi. Diş, düzenegin metal-esaslı tabanına ışıkla-sertleştirilen cam iyonomer siman (Glass liner, WP Dental GmbH, Barmstedt, Almanya) ile sabitlendi. Pulpa odasına yerleştirilecek olan 0.36 mm çaplı termoelektrik termometre (ısı çift/thermocouple) için dişlerin mezial ya da distal yüzeyinde küçük birer delik hazırlandı. J-tipi ısı çift teli (Omega Engineering, Stamford, CT, ABD) pulpa odasına yerleştirildi. Telin uç kısmına silikon esaslı ısı-iletken maddesi (ILC P/N 213414, Wakefield Engineering, Beverly, MA, ABD) uygulandı. Telin uç kısmının pulpaya komşu dentin yüzeyi ile teması sağlandı ve stabilizasyonu için ışıkla-sertleşen kalsiyum hidroksit patı (Calcimol LC, Voco, Cuxhaven, Almanya) kullanıldı. Isıl çift telinin ucu dijital bir veri toplayıcıya (XR 440 M Pocket Logger Pace Scientific, Mooresville, NC, ABD) bağlandı ve verilerin eş zamanlı olarak bilgisayara aktarılması sağlandı (Şekil 1).

Deney grubunda iki bulk-fill kompozit resin; Filtek Bulk Fill Posterior (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD) ve SDR (Dentsply, Konstanz, Almanya) kullanıldı. Kontrol grubunda ise geleneksel kompozit resin; Filtek Z250 (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD) kullanıldı. Materyallere ait bilgiler Tablo 1'de özetlenmiştir. Materyaller diş yüzeyine üretici firma önerileri doğrultusunda yerleştirildi. Standart 4 mm materyal kalınlığı oluşturmak için metal matris bandı ve yüzük matris sistemi kullanıldı. Deney grubundaki bulk-fill materyaller tek kütle, kontrol grubundaki kompozit resin ise 2 mm'lik iki tabaka halinde yerleştirildi. Restorasyon materyallerinin diş yüzeyinden kolay uzaklaştırılabilmesi için, diş yüzeyine bağlayıcı ajan uygulanmadı.^{3,14} Materyallerin polimerizasyonu için LED ışık kaynağının (Bluephase 20i, Ivoclar Vivadent, Lichtenstein) iki farklı modu; soft ve turbo modları kullanıldı. Böylece Filtek Bulk Fill Posterior+soft mod,

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyallerin tipi, içeriği, üretici firması ve lot numarası

Materyal	Kompozit Tipi	İçerik (Doldurucu %wt/%vol)	Üretici Firma	Lot numarası
SDR	Bulk-fill kaide kompozit rezini	Baryum-alumino-floro-borosilikat cam, stronsiyum alumino-floro-silikat cam, modifiye üretilen dimetakrilat rezin, EBPADMA, TEGDMA, CQ, fotoinisiyatör, fotoakselaratör, BHT, UV stabilize edici, titanyum dioksit, demir oksit pigmentleri, floresan madde (%68/%45)	Dentsply De Trey, Konstanz, Almanya	140530
Filtek Bulk Fill Posterior	Bulk-fill restorasyon kompozit rezini	UDMA, Bis-GMA, Bis-EMA(6), TEGDMA, dimetakrilat, yiterbiyum triflorür, silanlanmış seramik, benzotriazol, etil 4-dimetil aminobenzoat (%76.5/%58.4)	3M ESPE, St. Paul, MN, ABD	N651351
Z250	Geleneksel kompozit rezin	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, zirkonya/silika (%82/%60)	3M ESPE, St. Paul, MN, ABD	N581298

BHT: bütillenmiş hidroksi tolüen, Bis-GMA: bisfenol-A-glisidil dimetakrilat, Bis-EMA: bisfenol-A-dietoksi dimetakrilat, CQ: kamforokinon, EBPADMA: etoksillenmiş bisfenol A dimetakrilat, TEGDMA: trietilen glikol dimetakrilat, UDMA: üretilen dimetakrilat

Tablo 2. Çalışmada kullanılan materyallerin uygulanma şekli, polimerizasyon modları ve süreleri

Restorasyon materyali	Uygulama şekli	Polimerizasyon modu	Toplam polimerizasyon süresi
Filtek Bulk Fill Posterior	4 mm'lik tek kütle	Soft mod	40 sn
	4 mm'lik tek kütle	Turbo mod	20 sn
SDR	4 mm'lik tek kütle	Soft mod	20 sn
	4 mm'lik tek kütle	Turbo mod	20 sn
Filtek Z250 (Kontrol)	2 mm'lik iki tabaka	Soft mod	20x2=40 sn
	2 mm'lik iki tabaka	Turbo mod	20x2=40 sn

Filtek Bulk Fill Posterior+turbo mod, SDR+soft mod, SDR+turbo mod, Z250+soft mod ve Z250+turbo mod olmak üzere toplamda 6 grup oluşturuldu.

Işık kaynağının yoğunluğu uygulama öncesi radyometre ile ölçüldü. Işık yoğunluğu soft mod için 850 mW/cm², turbo mod için 1600 mW/cm² olarak kaydedildi. Materyaller, üretici firmaların önerileri dikkate alınarak uygun sürelerde polimerize edildi. Çalışmada kullanılan materyallerin polimerizasyon modu ve süreleri Tablo 2'de verilmiştir. Işık-kaynağı ve materyal arası mesafeyi sabitlemek için, ışık kaynağı matris bandının üst kenarı hizasında (4 mm mesafede) konumlandırıldı. Dişsel farklılıkları ortadan kaldırabilmek için tekli-diş modeli kullanılarak, her bir dişte sırasıyla üç materyal ve iki farklı polimerizasyon modu uygulandı. Uygulama sırasında diş yüzeyinde bir önceki materyalin artıklarının kalmadığından emin olmak için, yüzey basınçlı hava ve su ile temizlendi ve büyüteçli mercek (Keeler, Windsor, Berkshire, İngiltere) ile kontrol edildi.

Tüm örnekler için polimerizasyon işlemi başlamadan önceki ve polimerizasyon esnasında oluşan en yüksek sıcaklık değerleri kaydedildi. Başlangıç ve en

yüksek sıcaklık değerleri arasındaki fark hesaplanarak, maksimum sıcaklık değişim (Δt), değerleri elde edildi.

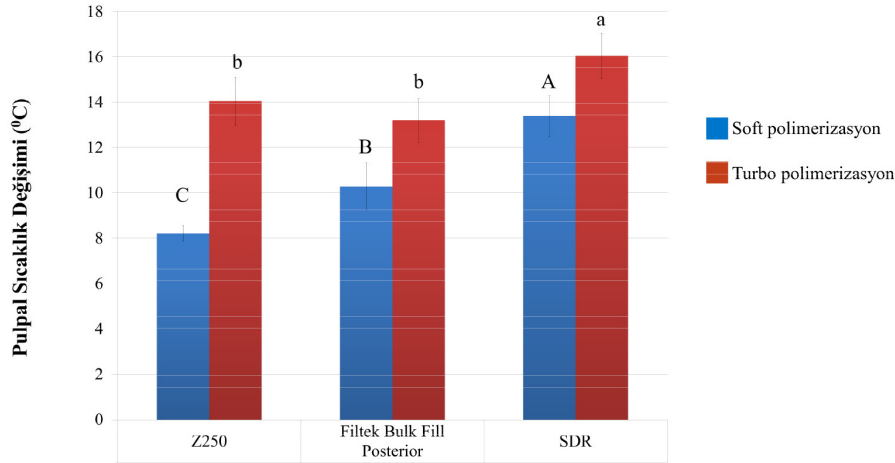
İstatistiksel analiz

Verilerin istatistiksel analizi SPSS (Version 20.0, SPSS Inc, Chicago, IL, ABD) yazılım programı kullanılarak gerçekleştirildi. Pulpa odasında meydana gelen sıcaklık değişim değerleri arasında fark olup olmadığını değerlendirmek için iki yönlü varyans analizi kullanıldı. Gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde ise *post-hoc* Tukey testi kullanıldı ($p<0.05$).

BULGULAR

Çalışmada kullanılan materyallerin, ışık kaynağının iki farklı moduyla polimerizasyonu sırasında oluşan ortalama sıcaklık değişimleri ve standart sapmaları Şekil 2'de gösterilmektedir. İki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre; sıcaklık değişimleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü (Tablo 3). Materyallerden bağımsız olarak, sadece polimerizasyon modları değişken olarak ele alındığında; her üç materyalde de ışık kaynağının soft ve turbo modları kullanıldığında meydana gelen sıcaklık değişimlerinin farklı olduğu saptandı ($p<0.001$). Tüm materyaller için en yüksek sıcaklık değişimi ışık kaynağının turbo modunda gözlenirken, en düşük sıcaklık değişimi soft modunda izlendi (Şekil 2).

Materyal çeşidi değişken olarak esas alındığında; en yüksek sıcaklık değişiminin SDR grubunda, en düşük sıcaklık değişiminin ise kontrol grubunu oluşturan Z250'de meydana geldiği saptandı (Şekil 2). Işık kaynağının soft modunda polimerizasyon yapıldığında; SDR ($13.38\pm 0.91^\circ\text{C}$) grubunda en yüksek sıcaklık değişimi gözlemlendi. En düşük sıcaklık değişimi ise Z250 ($8.21\pm 0.34^\circ\text{C}$) grubunda tespit edildi ve tüm materyaller arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$). Turbo modunda polimerizasyon yapıldığında; en yüksek sıcaklık değişimi yine SDR ($16.04\pm 1.00^\circ\text{C}$)

Şekil 2. Materyallerin ışık kaynağının iki farklı moduyla polimerizasyonu sırasında oluşan pulpal sıcaklık değişimleri

Küçük harfler turbo polimerizasyon modu, büyük harfler soft polimerizasyon modu için gruplararası farklılıkları göstermek amacıyla kullanılmıştır. Aynı simgeler karşılaştırılan gruplar arasında istatistiksel fark olmadığını göstermektedir ($p>0.05$)

grubunda görüldü. En düşük sıcaklık değişimleri ise sırasıyla Filtek Bulk Fill Posterior (13.20 ± 0.97 °C) ve Z250 (14.04 ± 1.05 °C) gruplarında gözlemlendi ve bu iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlendi ($p>0.05$).

TARTIŞMA

Bulk-fill kompozit rezinlerin pulpa dokusunda oluşturacakları olası hasar, polimerizasyonları sırasında oluşan sıcaklık artışı ile ilişkilidir. Söz konusu bu sıcaklık artışının çoğunlukla ışık kaynağı nedeniyle ortaya çıktığı bildirilmiştir.^{3,15} Günümüzde hızlı uygulama prensibine dayalı olan bulk-fill materyallerde, polimerizasyon için çoğunlukla LED ışık kaynakları tercih edilmektedir. Ancak yüksek ışık gücüne sahip bu ışık kaynakları, polimerizasyon süresini kısaltırken, pulpal hasar riskini de artırabilmektedir.¹⁶ Bu çalışmada LED ışık kaynağının farklı ışık gücüne sahip soft ve turbo polimerizasyon

modlarının, iki farklı bulk-fill kompozit rezinin polimerizasyonu sırasında pulpa odasında oluşturduğu sıcaklık değişimi incelendi. Çalışma bulguları doğrultusunda daha yüksek ışık yoğunluğuna sahip turbo modunun kontrol grubu da dahil olmak üzere tüm materyallerde daha fazla intrapulpal sıcaklık artışına neden olduğu belirlendi. Bu bulgular, ışık yoğunluğu arttıkça sıcaklığın da arttığını bildiren önceki çalışmalarla uyumluluk göstermektedir.^{3,16}

Klinik koşullarda restorasyon aşamasındaki sıcaklık değişimi; preparasyon derinliği, kalan dentin tabakasının kalınlığı, ışık cihazının enerji çıkış yoğunluğu ve ışıkla karşı karşıya kalma süresi gibi çeşitli faktörler sebebiyle değişkenlik göstermektedir.¹⁷ Yapılan çalışmalarda, termal iletkenliği artıran reparatif dentin varlığı ve vazokonstriktör madde içeren lokal anestezi uygulaması sonucu azalan pulpal sirkülasyon nedeniyle, pulpal dokulardaki sıcaklık artışının daha da yükselebildiği ortaya konmuştur.^{18,19} Dentin kalınlığı ve sıcaklık artışı

Tablo 3. İki yönlü varyans analizi (ANOVA) ve gruplar arası etkileşimin anlamlılık düzeyi (Materyal satırı; materyal çeşidi değişken olarak ele alındığında grupların sıcaklık değişimi ortalamalarının istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir. Polimerizasyon modu satırı; polimerizasyon modu değişken olarak ele alındığında grupların sıcaklık değişimi ortalamalarının istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir. Materyal * Polimerizasyon modu satırı; materyal çeşidi ve polimerizasyon modunun sıcaklık artışı üzerindeki ortak etkisinin anlamlı olduğunu göstermektedir)

Değişken	Kareler toplamı (Sum of squares)	Serbestlik derecesi (df)	Kare ortalaması (Mean square)	F	Anlamlılık düzeyi (Significance)
Materyal	73.522	2	36.761	43.696	0.000
Polimerizasyon modu	108.471	1	108.471	128.936	0.000
Materyal * Polimerizasyon modu	15.477	2	7.739	9.198	0.001
Toplam	4922.051	30			

arasındaki ters orantı esas alındığında, derin kavitelere ışıkla sertleşen restoratif materyaller kullanılırken pulpal dokuların korunması için dikkatli olunması gerektiği ortaya çıkmaktadır.²⁰ Bu çalışmadaki pulpal sıcaklık değişimleri dikkate alındığında, derin kavitelere hem bulk-fill hem de inkremental teknikte uygulanan rezin materyallerin polimerizasyonu için LED ışık kaynağının soft modunun kullanımının, pulpanın korunması açısından daha faydalı olabileceği söylenebilir. Ayrıca çalışma bulguları değerlendirildiğinde dikkat çeken bir diğer unsur, tek kütle halinde uygulanan bulk-fill materyallerin kontrol grubundaki inkremental teknikte uygulanan geleneksel kompozit rezinlere göre daha yüksek pulpal sıcaklık artışına neden olduğudur.

Söz konusu bu bulgular, geniş ve derin kavitelere bulk-fill kompozitlerle restorasyonu sırasında meydana gelen ısı artışının daha yüksek olduğunu bildiren önceki bir çalışmanın bulgularıyla uyumludur.²¹ Dolayısıyla derin kavitelere ışıkla sertleşen bulk-fill materyaller kullanıldığında, pulpal sıcaklık artış riskinin daha yüksek olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durumda, klinisyenler için kullanım kolaylığı ve zaman tasarrufu sağlayan bulk-fill materyaller için en az sıcaklık artışına neden olacak polimerizasyon modunun seçilmesinin, pulpal dokuların korunması açısından faydalı bir yaklaşım olacağını düşünmekteyiz.

Diş hekimliği pratiğinde derin kavitelere çoğunlukla örtüleyici veya kaide maddesi uygulanmaktadır. Bu çalışmada materyaller 0.5 mm dentin kalınlığına sahip yüzeylere herhangi bir örtüleyici veya kaide maddesi uygulanmadan yerleştirilmiş ve yaklaşık 8-16 °C arası pulpal sıcaklık artışı belirlenmiştir. Ancak klinik uygulama ile ilişkilendirildiğinde, ısı yalıtımı görevi yapacak olan örtüleyici veya kaide uygulamalarının pulpa odasına iletilecek termal enerjiyi daha da azaltabileceği düşünülebilir. Ayrıca çalışmamızda restorasyon materyallerinin diş yüzeyinden kolayca uzaklaştırılabilmesi amacıyla daha önceki çalışmalarda belirtilen şekilde bağlayıcı ajan uygulanmadı.^{3,14} Ancak klinik koşullarda, pulpal dokulardaki sıcaklık artışı açısından yapılacak en kritik uygulamanın ilk aşama olduğu belirlenmiştir.^{22,23} Bu sebeple, bağlayıcı ajan uygulamasında da düşük güç yoğunluğuna sahip ışık kaynağı modunun kullanımının daha güvenli olabileceğini düşünmekteyiz. Ancak bu öngörünün ileri çalışmaları da mutlaka desteklenmesi gerekmektedir.

Polimerizasyon sırasında sıcaklık artışına neden olan bir diğer faktör, kullanılan ışık kaynağından bağımsız olarak materyalin kendi yapısından kaynaklanan ekzotermik reaksiyondur. Düşük doldurucu ve yüksek rezin içeriğine sahip akışkan kompozit rezinlerin daha fazla ekzotermik reaksiyon gösterdikleri ve daha fazla sıcaklık artışına neden oldukları bilinmektedir.¹⁰ Bu çalışmanın bulguları göz önünde bulundurulduğunda, Filtek Bulk Fill Posterior ve kontrol grubundaki Z250'ye göre daha akışkan yapıdaki SDR'nin ışık kaynağı modundan bağımsız olarak daha fazla sıcaklık artışına neden olduğu dikkat çekmektedir. Bu sıcaklık artışının,

daha düşük doldurucu oranına sahip SDR'nin polimerizasyonu sırasında ortaya çıkan ekzotermik ısının daha fazla olmasıyla ilişkili olduğu düşünülebilir.

Bu çalışmanın en önemli sınırlamalarından biri pulpal sıcaklık değişiminin pulpa odasına yerleştirilen ve okluzal dentin ile teması sağlanan ısı çift teli aracılığı ile tek noktadan ölçülmesidir. Ancak son dönemde kompozitlerin polimerizasyonu sırasında pulpa odasında meydana gelen sıcaklık değişiminin ölçüm yapılan bölgelere göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir.^{21,24,25} Dolayısıyla kompozit yapı ve diş dokusunun farklı bölgelerinden ölçüm yapılmasını sağlayacak çoklu ısı-çift tellerinin yer aldığı yeni bir modelle mevcut sistemin geliştirilmesinin yararlı olacağını düşünmekteyiz.

SONUÇ

Bu çalışmanın sınırları dahilinde, bulk-fill kompozit rezinlerin polimerizasyonunda LED ışık kaynağının turbo modunun daha fazla pulpal sıcaklık artışına neden olduğu belirlendi. Bu nedenle derin kavitelere restorasyonları sırasında pulpal dokularda sıcaklık artışını en az seviyede tutabilmek için, restorasyon materyalinin soft mod ile polimerize edilmesinin daha uygun olduğunu düşünmekteyiz.

TEŞEKKÜR VE ANMA

Verilerin istatistiksel analizindeki yardımlarından dolayı Yard. Doç. Dr. Bilal Yaşa'ya içtenlikle teşekkür ederiz.

Çıkar çatışması: Yazarlar bu çalışmayla ilgili herhangi bir çıkar çatışmalarının bulunmadığını bildirmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composite. *Clin Oral Invest* 2014;18:1991–2000.
2. Hannig M, Bott B. In-vitro pulp chamber temperature rise during composite resin polymerization with various light-curing sources. *Dent Mater* 1999;15:275–81.
3. Oberholzer TG, Makofane ME, du Preez IC, George R. Modern High Powered Led Curing Lights and Their Effect on Pulp Chamber Temperature of Bulk and Incrementally Cured Composite Resin. *Eur J Prosthodont Rest Dent* 2012;20:50–5.
4. Guirardo RD, Consani S, Lympius T, Schneider LF, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L. Influence of the light curing unit and thickness of residual dentin on generation of heat during composite photoactivation. *J Oral Sci* 2008;50:137–42.
5. Danesh G, Davids H, Duda S, Kaup M, Ott K, Schafer E. Temperature rise in the pulp chamber induced by a conventional halogen light-curing source and a plasma arc lamp. *Am J Dent* 2004;17:203–8.
6. Bouillaguet S, Caillot G, Forchelet J, Cattani-Lorento M, Wataha JC, Krejci I. Thermal risks from LED and high-intensity QTH-curing units during polymerization of dental resins. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2005;72:260–7.
7. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. *Br Dent J* 1999;186:388–91.
8. Rajesh Ebenazar AV, Anilkumar R, Indira R, Ramachandran S, Srinivasan MR. Comparison of temperature rise in the pulp chamber with different light curing units: An in-vitro study. *J Conserv Dent* 2010;13:132–5.

9. Bektas OO, Herguner S, Eren D. Işık kaynakları, polimerizasyon ve klinik uygulamalar. *EU Dis Hek Fak Derg* 2006;27:117–24
10. Baroudi K, Silikas N, Watts DC. In vitro pulp chamber temperature rise from irradiation and exotherm of flowable composites. *Int J Paediatr Dent* 2009;19 :48–54.
11. Sari T, Celik G, Usumez A. Temperature rise in pulp and gel during laser-activated bleaching: in vitro. *Lasers Med Sci* 2015;30:577–82.
12. Ramoglu SI, Karamehmetoglu H, Sari T, Usumez S. Temperature rise caused in the pulp chamber under simulated intrapulpal microcirculation with different light-curing modes. *Angle Orthod* 2015;85:381–5.
13. Savas S, Botsali MS, Kucukyilmaz E, Sari T. Evaluation of temperature changes in the pulp chamber during polymerization of light-cured pulp-capping materials by using a VALO LED light curing unit at different curing distances. *Dent Mater J* 2014;33:764–9.
14. Leprince J, Devaux J, Mullier T, Vreven J, Leloup G. Pulpal-temperature Rise and Polymerization Efficiency of LED Curing Lights. *Oper Dent* 2010;35:220–30.
15. Yap AU, Soh MS. Thermal emission by different light-curing units. *Oper Dent* 2003;28:260–6.
16. Kleverlaan CJ, de Gee AJ. Curing efficiency and heat generation of various resin composites cured with high intensity halogen lights. *Eur J Oral Sci* 2004;112:84–8.
17. Vandewalle KS, Roberts HW, Tiba A, Charlton DG. Thermal emission and curing efficiency of LED and halogen curing lights. *Oper Dent* 2005;30:257–64.
18. da Silva EM, Penelas AG, Simao MS, Filho JD, Poskus LT, Guimaraes JG. Influence of the degree of dentine mineralization on pulp chamber temperature increase during resin-based composite (RBC) light-activation. *J Dent* 2010;38: 336–42.
19. Pitt Ford TR, Seare MA, McDonald F. Action of adrenaline on the effect of dental local anaesthetic solutions. *Endod Dent Traumatol* 1993;9:31–5.
20. Yazici AR, Muftu A, Kugel G, Perry RD. Comparison of temperature changes in the pulp chamber induced by various light curing units in vitro. *Oper Dent* 2006;31:261–5.
21. 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;43:1093–8.
22. Millen C, Ormond M, Richardson G, Santini A, Miletic V, Kew P. A study of temperature rise in the pulp chamber during composite polymerization with different light-curing units. *J Contemp Dent Pract* 2007;8:29–37.
23. Stewardson DA, Shortall AC, Harrington E, Lumley PJ. Thermal changes and cure depths associated with a high intensity light activation unit. *J Dent* 2004;32:643–51.
24. Kim RJ, Yi A, Eo SH, Lee IB, Seo DG. Temperature changes in bulk-fill resin composite during photopolymerization. *Am J Dent* 2015;28:241–4.

25. Kim RJ, Lee IB, Yoo JY, Park SJ, Kim SY, Yi YA, et al. Real-Time Analysis of Temperature Changes in Composite Increments and Pulp Chamber during Photopolymerization. *Biomed Res Int* 2015;2015:923808.

Evaluation of intrapulpal temperature changes caused by bulk-fill composite resins cured with different light-source modes: *ex vivo*

ABSTRACT

OBJECTIVE: The aim was to evaluate the effects on intrapulpal temperature change of two different LED light-source modes used during the polymerization of bulk-fill composite resins placed in deep cavities.

MATERIALS AND METHOD: Human extracted mandibular molar teeth (n=5) were used to create single-tooth model with an occlusal dentin-thickness of 0.5 mm. Filtek Bulk Fill Posterior (3M ESPE) and SDR (Dentsply) were applied according to manufacturers' instructions. A conventional composite resin, Filtek Z250 (3M ESPE) was used as control. The soft and turbo modes of LED (Bluephase 20i, Ivoclar Vivadent) were used for polymerization. Intrapulpal temperature changes were determined by using a device simulating pulpal blood microcirculation. For each material, initial and maximum temperature was determined during the curing. Difference between the initial and the highest temperature value was considered as the maximum temperature change (Δt). The data were analyzed with two-way variance analysis and post-hoc Tukey test ($p<0.05$).

RESULTS: The turbo mode was found to cause significantly greater temperature rise than the soft mode ($p<0.001$; Tukey test). When the filling material was taken as the variable, the greatest temperature change was observed in the SDR, whereas the least temperature change was observed in the control group ($p<0.05$; Tukey test).

CONCLUSION: The polymerization of bulk-fill composite resins in the turbo mode of the LED light-source led to greater pulpal temperature rise. The materials' content and structure also affected the temperature increase. Using the soft mode of a LED light-source for the polymerization of bulk-fill composite resins in deep cavities is preferable to keep the intrapulpal temperature rise in minimum.

KEYWORDS: Composite resins; dental pulp; LED dental curing lights; temperature