



Ön ısıtma işleminin BIS-GMA'lı ve BIS-GMA'sız iki farklı kompozit reçinenin mikrosertliği ve polimerizasyon derinliği üzerine etkisi

Effect of preheating on the microhardness and depth of cure of two composite resins with and without BIS-GMA

Zeynep Hale KELEŞ¹ 
Günçe OZAN² 

¹İstanbul Atlas Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye



Öz

Amaç: Bu *in vitro* çalışmanın amacı ön ısıtma uygulamasının Bis-GMA içeren ve içermeyen iki farklı kompozit reçinenin mikrosertlik ve polimerizasyon derinliği değerlerine olan etkisinin incelenmesidir.

Yöntemler: Organik matriksinde Bis-GMA bulunmayan bir nanohibrit kompozit (Purefill) ile Bis-GMA içerikli bir mikrohürit kompozit (Filtek Z250) 4 mm çap, 2 mm derinlikteki kalıplara yerleştirilmiş ve ön ısıtma uygulanan (55oC-deney) ve uygulanmayan (Oda sıcaklığında-kontrol) iki alt gruba ayrılarak (n=5) LED ışık kaynağıyla 20 sn polimerize edilmiştir. 37oC'de 24 saat bekletilen örneklerin üst yüzeyleri cilalandıktan sonra üst ve alt yüzeylerinden mikrosertlik değerleri (Vickers) ölçülmüş ve polimerizasyon derinliği hesaplanmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel analizinde iki yönlü tek değişkenli (ANOVA) ve çok değişkenli varyans analizleri (MANOVA) kullanılmıştır.

Bulgular: Test edilen kompozitlere ön ısıtma uygulanması mikrosertlik ve polimerizasyon derinliği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yaratmamıştır ($P > ,05$). Bis-GMA'lı mikrohürit kompozitin deney ve kontrol gruplarının mikrosertlik ve polimerizasyon derinliği değerleri, Bis-GMA'sız nanohibrit materyalin her iki grubundan da anlamlı derecede yüksektir ($P < ,001$). Nanohibrit materyali klinik olarak kabul edilebilir polimerizasyon derinliğine ulaşamamıştır.

Sonuç: Çalışmanın verileri, klinisyenlerin restoratif materyal seçiminde ilgili kompozitin test sonuçlarını güvenilir bilimsel kaynaklardan teyit etmelerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kompozit reçine, ön ısıtma, Bis-GMA, mikrosertlik, polimerizasyon derinliği.

ABSTRACT

Aim: The aim of this *in vitro* study is to examine the effect of preheating on the microhardness and polymerization depth values of two different composite resins with and without Bis-GMA.

Methods: A nanohybrid composite without Bis-GMA (Purefill, Elsodent) and a microhybrid composite with Bis-GMA (Filtek Z250 (3M ESPE) were placed in 4*2mm molds and polymerized for 20 seconds with an LED light source. Samples (n = 5) were divided into two subgroups as preheated(55 oC) and control (room temperature) and then kept at 37 oC for 24 hours. After polishing the upper surfaces of the samples, microhardness values (Vickers) were measured from both of the upper and lower surfaces and the polymerization depth was obtained. Data were compared using two-way uni-(ANOVA) and multi-variate analysis of variance (MANOVA).

Results: Preheating did not cause a significant difference in microhardness and polymerization depth values of tested composites ($P > .05$). Microhardness and polymerization depth values of the experimental and control groups of the microhybrid composite with Bis-GMA were significantly higher than both groups of the nanohybrid material ($P < .001$). The nanohybrid composite could not reach the clinically acceptable polymerization depth ratio.

Conclusion: Results revealed the necessity for clinicians to confirm the test results of the relevant composite from reliable scientific sources while selecting the restorative materials.

Keywords: Composite resin, preheating, Bis-GMA, microhardness, depth of cure.

Geliş Tarihi/Received: 01.02.2022

Kabul Tarihi/Accepted: 26.11.2022

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Günçe OZAN

E-mail: gunce.saygi@istanbul.edu.tr

Cite this article as: Keleş ZH, Ozan G. Effect of preheating on the microhardness and depth of cure of two composite resins with and without BIS-GMA. *Curr Res Dent Sci.* 2023; 33(2): 79-83.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

GİRİŞ

Günümüzde kompozit reçinelerin organik matriks yapısında yaygın olarak kullanılan Bis-GMA'nın biyouyumluluğu ile ilgili endişeler vardır. Hücre kültürü çalışmalarında Bis-GMA esaslı restoratif materyallerden Bisfenol A (BPA) salınımı olduğu bildirilmiştir.^{1,2} Bu endişeler nedeniyle Bis-GMA içermeyen kompozitlerin üretimi gündeme gelmiş ve Bis-GMA'ya göre viskozitesi daha düşük olup reçinenin

dayanıklılığını artıran yüksek esneklikte çapraz bağlardan oluşan UDMA ve modifiye UDMA moleküllerini içeren kompozitler piyasaya sürülmüştür.²

Uzun ömürlü ve başarılı kompozit restorasyonların oluşturulabilmesi için kompozit polimerizasyonun yeterli derecede gerçekleşmesi gerekmektedir. Aksi durumda, materyalin fiziksel ve mekanik özellikleri zayıflamaktadır.³ Etkin bir polimerizasyonun bir şartı olarak organik matriksteki monomerlerin polimerlere en yüksek oranda dönüşmeleri gerekmektedir. Mikrosertlik testleriyle göreceli olarak hesaplanan kompozit materyallerin sertlik verileri, monomer dönüşüm derecesinin göstergesi olarak kabul edilmektedir.⁴ Alt yüzey/üst yüzey mikrosertlik oranının en az %80 olması polimerizasyon derinliğinin kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir.^{3,4}

Kompozit reçinelerin monomer dönüşüm derecesini etkileyen faktörlerden birisi kompozitin ısısidir. Isı artışıyla materyal daha akışkan hale geçmekte, organik matrikste bulunan gerek radikal-lerin gerekse monomerlerin hareketliliği artarak daha yüksek bir monomer dönüşüm derecesi sağlanmaktadır.⁴ Bu sayede daha fazla çapraz bağların oluştuğu kompozit reçinenin mikrosertliği, bükülme ve çapsal gerilim dayanımı gibi fiziksel ve mekanik özellikleri gelişmekte,⁵ materyalin degradasyonu azalmaktadır.⁶ Ön ısıtma işlemine tabi tutulan reçinelerin akışkanlığının artması sonucu kavite adaptasyonlarının iyileşmesi ve mikrosızıntı ihtimalinin azalması gibi avantajları da ortaya çıkmaktadır.^{7,8} Ön ısıtma işlemine tabi tutulan kompozitlerin mikrosertliklerinin araştırıldığı çalışmalarda bazı kompozitlerin skorlarının arttığı görülmektedir,^{3,9-11} diğerlerinin mikrosertlik değerlerinde bir değişiklik görülmemiştir.¹²⁻¹⁴ Araştırmalarda farklı sonuçlar elde edilmesinin değişik kompozisyonlarda kompozit reçinelerin kullanılmasına veya deney şartlarının farklı olmasına bağlı olduğu belirtilmektedir.^{10,11}

Literatür incelendiğinde, ön ısıtma işleminin genellikle Bis-GMA,^{4,10} siloran³ veya polisiloran⁷ içeren kompozit reçinelerin mikrosertlik, renk ve mikrosızıntı değerlerine olan etkisinin araştırıldığı görülmüştür. Bu nedenle çalışmamızda, literatürde nadiren karşılaştırılan ve organik matriksi farklı monomerlerden (Bis-GMA'lı ve Bis-GMA'sız) oluşan iki kompozitin ön ısıtma işlemi sonrasında mikrosertlik ve polimerizasyon derinliği değişimi incelenmiştir. Çalışmanın sıfır hipotezleri (1) ön ısıtma işleminin kompozitlerin mikrosertlik ve polimerizasyon derinliği üzerinde herhangi bir etkisinin olmayacağı ve (2) test edilen materyallerin mikrosertlik ve polimerizasyon derinliği değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmayacağıdır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada ön ısıtma işleminin farklı organik matriks yapısındaki kompozit reçinelerin mikrosertliği ve polimerizasyon derinliği üzerindeki etkisi *in vitro* ortamda incelendiğinden etik kurul onayı gerektirmemiştir. G*Power programı (G-Power 3.1.9.2 versiyonu, Heinrich Heine Üniversitesi, Düsseldorf, Almanya) kullanılarak deney süreci başlamadan önce yapılan Power analizi'nde, ön ısıtma işleminin istatistiksel olarak anlamlılığını test edebilmek için Mohammadi ve ark.¹¹ çalışmasının etki büyüklüğü esas alınarak, %80 teorik güç ve %95 güven düzeyinde grupların örneklem boyutu n=5 olarak hesaplanmıştır.

Örneklerin hazırlanması

Çalışmada aynı renkte (A2), farklı organik matriks içeriklerine sahip iki ayrı kompozit materyali kullanılmış ve bu materyallere ait bilgiler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan kompozit materyallerin içeriği, üretici firması ve üretim numaraları

Kompozit	İçerik	Doldurucu Oranı (ağırlıkça)			Renk	Üretici Firma	Üretim Numarası
		%80	Sınıflama	Renk			
Purefill	Modifiye UDMA / Silanize Baryum Cam (%65), Silikat nanodoldurucular (%10) (0,04-3 µm)	%80	Nanohibrit	A2	Elsodent, Cergy Pontoise Cedex, Fransa	U23115	
Filtek Z250	TEGDMA, Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA / Zirkon/silikat (0,01 - 3,5 µm)	%77,6	Mikrohibrit	A2	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenştayn	N877717	

UDMA, Üretan dimetakrilat; TEGDMA, Trietilenglikol dimetakrilat; Bis-GMA, Bisfenol-A glisidil metakrilat; Bis-EMA, Etkisizlenmiş Bisfenol A dimetakrilat.

Ön ısıtma işlemi için kompozitler Ena Heat Composite Heating Conditioner/CHC3 (Micerium, Genova, İtalya) ısıtma cihazına yerleştirilip, cihaz T2 modunda ve 55°C'ye ulaştıktan sonra kullanım yönergesine uygun şekilde 20 dk bekletilmiştir. Ön ısıtma işlemine tabi tutulan gruplar (Deney) ısıtılarak, kontrol grubundakiler ise oda sıcaklığında (23°C) olmak suretiyle test edilen kompozit materyaller (n=5) siman camı üzerine konan 4 mm çapında, 2 mm derinliğindeki kalıplara ağız spatülü ve siman fulvarı yardımıyla yerleştirilmiştir. Kompozitlerin yüzeyi şeffaf bant (Mylar Strip, SS White, Philadelphia, PA, ABD) ve üzerine yerleştirilen 1 mm kalınlığındaki lamel ile kapatılmış, parmak basıncı uygulayarak fazla materyal uzaklaştırılmıştır. Takiben, Demi Plus (Kerr Corp., Orange, CA, ABD) LED ışık kaynağı ile 20 sn polimerize edilmiştir. Ön ısıtma uygulanan kompozitler 1 dk içinde ısıtma cihazından çıkarılıp kalıplara yerleştirilerek polimerize edilmiştir. Örnekler 37°C'de kuru ve karanlık ortamda 24 saat bekletildikten sonra üst yüzeyleri cilalanmıştır. Cila prosedürleri alüminyum oksit partiküller içeren 4 farklı grendeki cila disklerinin (Optidisc, Kerr Corp.) düşük devirde ve asorti halinde 10'ar sn kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Her disk değişiminde örnekler akan su altında 5 sn boyunca yıkanmış ve sonrasında hava/su spreyi ile hafifçe kurutulmuştur. Örneklerin alt yüzeylerine herhangi bir işlem yapılmamıştır. Örnekler mikrosertlik ölçümleri 24 saat sonra yapılabildiği kadar 37°C'lik etüvde karanlık ve kuru ortamda bekletilmişlerdir.

Mikrosertlik ölçümleri ve polimerizasyon derinliğinin hesaplanması

Mikrosertlik testi için örnekler mikrosertlik cihazının (Innovatest, Maastricht, Hollanda) tablasına yerleştirilmiş, üst ve alt yüzeylerine 15'er sn 300 gr sabit bir yük uygulanarak piramit şeklinde izler oluşturulmuştur. Her bir örneğin yüzeyinde aralarında en az 1 mm mesafe olacak şekilde 3 farklı iz oluşturulup, x40 büyütmede ölçüm yapılmıştır. Örnek yüzeylerinden elde edilen üç değer ortalaması hesaplanmış ve o yüzeye ait tek bir Vickers mikrosertlik değeri olarak kaydedilmiştir. Alt yüzey sertlik değerinin üst yüzey sertlik değerine oranlanması ile polimerizasyon derinliği saptanmıştır.⁴

İstatistiksel analiz

Elde edilen veriler IBM SPSS 23.0 (IBM Statistical Package for Social Sciences Corp., Armonk, NY, ABD) ile analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelenmiştir. Grup etkileşimlerinin yüzey değerleri üzerindeki etkilerini incelemek için Multivariate yöntemi kullanılmış ve ortalamaların karşılaştırılması için iki yönlü çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) ile gerçekleştirilmiştir. Grup etkileşimlerinin polimerizasyon derinliği üzerindeki etkilerini incelemek için Univariate yöntemi kullanılmış ve ortalamaların karşılaştırılması için iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile gerçekleştirilmiştir. Önem düzeyi $P < ,05$ olarak alınmıştır.

BULGULAR

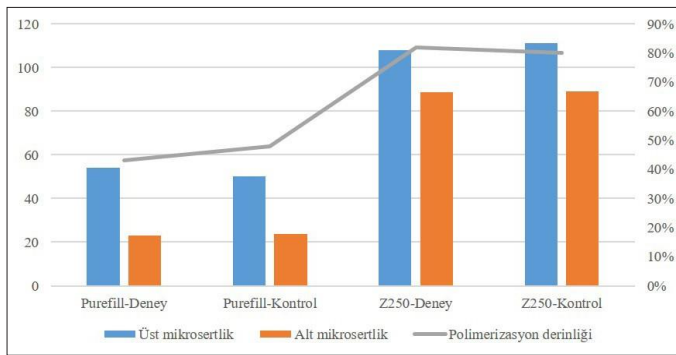
Test edilen kompozitlerin üst-alt yüzey mikrosertlik ve polimerizasyon derinliği değerleri Tablo 2’de ve Şekil 1’de gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlar MANOVA ile değerlendirildiğinde, Purefill grubunun üst yüzey mikrosertlik ortalaması Z250 grubunun üst yüzey mikrosertlik ortalamasından anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($P < ,001$). Benzer şekilde Purefill grubunun alt yüzey mikrosertlik ortalaması da Z250 grubunun alt yüzey mikrosertlik ortalamasından anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($P < ,001$). Ancak ön ısıtma uygulamasının, test edilen kompozit reçinelerin alt ve üst mikrosertlik değerlerine istatistiksel olarak anlamlı derecede etki etmediği saptanmıştır (sırasıyla $P = ,602$, $P = ,857$). Kompozit reçineler arasında, Z250 materyalinin gerek deney gerekse kontrol grubunun üst-alt mikrosertlik derinliği değerleri Purefill materyalinin her iki grubundan da anlamlı derecede yüksektir ($P < ,001$).

Tek yönlü ANOVA verilerine göre, Z250 grubunun ortalama polimerizasyon derinliği Purefill grubunun ortalama polimerizasyon derinliğinden anlamlı derecede yüksektir ($P < ,001$). Ön ısıtma uygulamasının ise, test edilen kompozit reçinelerin polimerizasyon derinliği değerlerine istatistiksel olarak anlamlı derecede etki etmediği saptanmıştır ($P = ,512$).

TARTIŞMA

Kompozit reçinelerin polimerizasyon reaksiyonlarının ideal bir şekilde gerçekleşmesi uzun ömürlü restorasyonların ilk adımlarındandır. Kompozit materyallerin ön ısıtma işlemine tabi tutulması ile ışık ile polimerizasyon özelliğinin artırılması sağlanmaktadır. Subatomik düzeyde gerçekleşen bu reaksiyonda ısının etkisi ile monomerlerin hareketliliği artmakta ve daha fazla monomerin polimer zincirine katılması sağlanarak materyalin mekanik ve fiziksel özellikleri gelişmektedir.¹⁵ Ön ısıtma işleminin polimerik materyal yapısına olan bu etkileri göz önüne alınarak, bu *in vitro* çalışmada farklı doldurucu sınıflamasına (nano ve mikrohibrit) ve



Şekil 1. Deney ve kontrol gruplarının mikrosertlik (Vickers) ve polimerizasyon derinliği (%) sonuçlarının grafiksel gösterimi

monomer yapısına (Bis-GMA’lı ve Bis-GMA’sız) sahip iki kompozit test edilmiştir. Ön ısıtma işleminin iki farklı içeriğe sahip kompozitlerin mikrosertliğine ve polimerizasyon derinliğine etkisi araştırılmış ve elde edilen sonuçlar ışığında ön ısıtma işleminin her iki kompozitin mikrosertlik değerlerine veya polimerizasyon derinliğine anlamlı bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Dolayısıyla, çalışmanın ilk hipotezi kabul edilmiştir.

Kompozit reçine materyallerin ışık ile polimerizasyonu materyal yüzeyine gelen ışığın yoğunluğu, dalga boyu ve süresi gibi faktörlere bağlı olduğu gibi, ışık cihazının özelliklerinden ve materyalin yapısından da etkilenmektedir.¹⁶ Ön ısıtma işlemi ise, polimerizasyon reaksiyonu esnasında materyalin yapısındaki çapraz bağlanmaları (cross-linking) ve monomer dönüşüm oranını artırmaktadır.^{17,18} Bazı çalışmalarda bu durumun materyalin mikrosertlik skorlarının artmasına neden olduğu da rapor etmiştir.^{19,20} Ancak bu *in vitro* çalışmada Z250’nin değerlendirildiği bazı araştırmaların^{3,9,11} aksine Z250 ve Purefill kompozitlerinin mikrosertlik değerleri ön ısıtma işleminden etkilenmemiştir. Araştırmalarda birbirine zıt sonuçlar elde edilmesi metodoloji farklılıklarına bağlı olabileceği gibi, aynı zamanda ön ısıtma uygulamasının teknik hassasiyet gerektirmesinden de kaynaklanabilir.²⁰ Ön ısıtma uygulanan kompozitlerin ısısının ısıtıcıdan ayrıldıktan iki dk sonra %50 oranında düştüğü belirtilmekte²¹ ve sonuç olarak kompozitlerin polimerizasyon özelliklerinin değiştiği öne sürülmektedir.³ Ancak bu çalışmada kompozitlerin kalıplara yerleştirilip polimerize edilmeleri bir dakika içinde tamamlandığı için, sonuçlara yansiyacak kadar ısı değişimi gerçekleşmemiştir. Ön ısıtma işleminin kompozit reçinelerin mikrosertlik değerlerine olan etkisinin incelendiği bir meta-analiz çalışmasında,²² benzer metodolojiye sahip çalışmalarda farklı renk veya üreticilere sahip olmanın, ön ısıtma işleminin kompozit reçinelerin mikrosertlik değerleri üzerine farklı etkiler yaratabileceğini bildirmiştir. Bu *in vitro* çalışmada teknik hassasiyet gösterilerek örneklerin tamamı aynı renk (A2) kompozitlerden hazırlanmıştır. Örneklerinin ön ısıtma işlemi sonrası mikrosertlik değerlerinin değişmemesinin meta-analiz sonuçları ile paralel olacak şekilde, test edilen kompozit reçinelerin farklı üreticilere ait olmasından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda test edilen Z250’nin üst ve alt yüzey sertliği ile polimerizasyon derinliğinin deney ve kontrol gruplarında Purefill’den anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptandığı için çalışmanın ikinci hipotezi reddedilmiştir. Kompozit reçinelerin yüzey sertliği materyalin organik yapısından, inorganik doldurucularının oranı ve boyutlarından etkilenmektedir.²³ Organik matrikdeki monomerlerin polimerizasyon reaksiyonu sonucunda oluşturdukları polimer zincirlerinin farklı yapılarda olması materyalin mikrosertlik derecelerini de değiştirmektedir.^{23,24} Molekül ağırlığı yüksek olan monomerler daha yoğun çapraz bağlar oluşturduğundan, Bis-GMA içeren kompozitlerin sertlik dereceleri daha yüksek olmaktadır.²⁵ Z250, içeriğindeki Bis-GMA (512 g/mol) ve Bis-EMA (540 g/mol) gibi yüksek mole-

Tablo 2. Deney ve kontrol gruplarına ait üst yüzey, alt yüzey mikrosertlik (Vickers) ve polimerizasyon derinliği değerleri (%), standart sapmaları (SS) ve anlamlılık sonuçları

Gruplar	Üst mikrosertlik		Alt mikrosertlik		Polimerizasyon Derinliği
	Ort.	SS	Ort.	SS	Ort.
Purefill-Deney	54,08A	2,42	23,15C	0,72	%43E
Purefill-Kontrol	50,18A	3,89	23,76C	0,81	%48E
Z250-Deney	107,92B	4,4	88,77D	3,2	%82F
Z250-Kontrol	111,2B	4,02	89,21D	2,79	%80F

Grupların üst ve alt yüzey mikrosertlik değerlerinin ortalamaları iki yönlü MANOVA; polimerizasyon derinliği skorlarının ortalamaları ise iki yönlü ANOVA testleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Her sütunda üst simge olarak gösterilen farklı harfler, istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlılık olduğunu göstermektedir ($P < ,05$).

küle ağırlığına sahip monomerler nedeniyle²⁶ polimerizasyon sonucunda daha güçlü çapraz bağlar oluşturup yüksek mikrosertlik değerlerine ulaşmış olabilir. Purefill'in yapısındaki modifiye UDMA monomerinin kimyasal formülü üretici tarafından tam olarak açıklanmamış olmakla beraber, UDMA'nın molekül ağırlığının (470 g/mol) Bis-GMA'dan daha düşük olduğu bilinmektedir.²⁶ Molekül ağırlığı düşük olan monomerler daha zayıf yapıda polimer zincirler oluşturmaktadır. Purefill'in sertlik değerinin düşük olmasının, oluşan polimer zincirlerinin zayıf olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bunun yanı sıra, Z250'nin zirkonya doldurucular içermesi yüzey sertliğinin yüksek olmasında diğer bir etken olabilir.²⁷

Ön ısıtmanın kompozit reçineler üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalarda polimerizasyon derinliğini değerlendirmek için alt/üst yüzey mikrosertlik oranlarının sıklıkla kullanıldığı görülmektedir.^{4,14} Restoratif materyallerin alt yüzey mikrosertlik değerleri üst yüzeylerinin en az %80'i kadar olmalıdır.⁴ Bu *in vitro* çalışmada da Z250'nin deney ve kontrol gruplarının polimerizasyon derinliği %80'e ulaşmış iken; Purefill'in polimerizasyon derinliği her iki ısı derecesinde de bu oranın altında kalmıştır. Modifiye UDMA'nın refraktif indeksinin Bis-GMA'ya göre muhtemel daha düşük olması, ışığın yapı içerisinde daha az kırılmasına ve özellikle radyopak doldurucu partiküllere sahip materyallerin polimerizasyon derinliğinin düşmesine yol açmaktadır.²⁸ Purefill'in organik matriks yapısının UDMA'dan oluşmasının ve radyopak doldurucular içermesinin kompozitin tabanına ulaşan ışık enerjisinin Z250'ye göre daha fazla düşmesine ve dolayısıyla polimerizasyon derinliğinin %80 oranının altında kalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Yeterli polimerizasyon derinliğine ulaşamayan kompozitler ile yapılan restorasyonların uzun dönemde başarı göstermeleri öngörülememektedir.²⁴ Dolayısıyla, klinisyenlerin restoratif materyal seçiminde kompozit reçinelerin test sonuçlarını güvenilir bilimsel kaynaklardan teyit etmelerinin gerekliliği açıktır.

Sonuç olarak, bu *in vitro* çalışmada Bis-GMA içermeyen nanohibrit kompozit klinik olarak kabul edilebilir alt/üst yüzey mikrosertlik oranını sağlayamamıştır. Bunun yanı sıra, ön ısıtma işleminin değerlendirilen kompozitlerin mikrosertlik ve polimerizasyon derinliğinde olumlu veya olumsuz yönde bir etki oluşturmadığı saptanmıştır. İleriki araştırmalarda ön ısıtma işleminin kompozit materyallerin diğer mekanik ve fiziksel özelliklerine olan etkileri araştırılabilir. Bu araştırmaların aynı zamanda, ön ısıtma uygulanmış kompozitlerin klinik takibinin yapıldığı *in vivo* çalışmalar ile desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca bu *in vitro* araştırmaya herhangi bir dental dokunun dahil edilmemesi çalışmanın sınırlılıklarındandır. Farklı yapılardaki kompozit materyallerin ön ısıtma işlemi sonrasında diş sert dokuları ve pulpa odası üzerindeki etkilerinin incelenmesi yararlı olacaktır.

Etik Komite Onayı: Bu çalışmada insan/hayvan substratı olmadığı için etik inceleme gereği duyulmamıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir-ZHK; Tasarım-ZHK; Denetleme-GO; Kaynaklar; ZHK-GO; Veri toplanması- ZHK,GO; Analiz ve yorum: ZHK,GO; Yazıyı yazan- ZHK,GO; Eleştirel İnceleme- GO.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir

Ethics Committee Approval: Ethical review was not required because there was no human/animal substrate in the article.

Informed Consent: Written informed consent was obtained from patients/patients' parents/ the parents of the patients/patient who participated in this study.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept - ZHK; Design - ZHK; Supervision - GO; Resources - ZHK, GO; Materials - ZHK, GO; Data Collection and/or Processing - ZHK, GO; Analysis and/or Interpretation - ZHK, GO; Literature Search - ZHK, GO; Writing Manuscript - ZHK, GO; Critical Review - GO

Declaration of Interests: The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding: The authors declared that this study has received no financial support.

KAYNAKLAR

1. Pulgar R, Olea-Serrano MF, Novillo-Fertrell A, et al. Determination of bisphenol A and related aromatic compounds released from bis-GMA-based composites and sealants by high performance liquid chromatography. *Environ Health Perspect.* 2000;108(1):21-27.
2. Ding Y, Li B, Wang M, Liu F, He J. Bis-GMA Free Dental Materials Based on UDMA/SR833s Dental Resin System. *Adv Polym Technol.* 2016;35:396-401.
3. Theodoridis M, Dionysopoulos D, Koliniotou-Koumpia E, Dionysopoulos P, Gerasimou P. Effect of preheating and shade on surface microhardness of silorane-based composites. *J Invest Clin Dent.* 2017;8(2):e1220-1210.
4. Munoz CA, Bond PR, Sy-Munoz J, Tan D, Peterson J. Effect of pre-heating on depth of cure and surface hardness of light-polymerized resin composites. *Am J Dent.* 2008;21(4):215-222.
5. Lovell LG, Lu H, Elliott JE, Stansbury JW, Bowman CN. The effect of cure rate on the mechanical properties of dental resins. *Dent Mater.* 2001;17(6):504-511.
6. Da Silva JC, Rogerio VR, Rege IC, et al. Pre-heating mitigates composite degradation. *J Appl Oral Sci.* 2015;23(6):571-579.
7. Ayub KV, Santos GC, Rizkalla AS, et al. Effect of preheating on microhardness and viscosity of 4 resin composites. *J Canadian Dent Assoc.* 2014;80:e12-20.
8. Wagner W, Aksu M, Neme A, et al. Effect of pre-heating resin composite on restoration microleakage. *Oper Dent.* 2008;33(1):72-78.
9. Dionysopoulos D, Papadopoulos C, Koliniotou-Koumpia E. Effect of temperature, curing time, and filler composition on surface microhardness of composite resins. *J Conserv Dent.* 2015;18:114-118.
10. Soliman EM, Ibrahim LE, Adel AK. Effect of preheating on microleakage and microhardness of composite resin (an *in vitro* study). *Alexandria Dent J.* 2016;41:4-11.
11. Mohammadi N, Jafari-Navimipour E, Kimyai S, et al. Effect of pre-heating on the mechanical properties of silorane-based and methacrylate-based composites. *J Clin Exp Dent.* 2016;8(4):e373-8.
12. Didron PP, Ellakwa A, Swain MV. Effect of preheat temperatures on mechanical properties and polymerization contraction stress of dental composites. *Mater Sci Appl.* 2013;4(6):374-85.
13. Osternack FH, Caldas DBM, Almeida JB, Souza EM, Mazur RF. Effects of preheating and precooling on the hardness and shrinkage of a composite resin cured with QTH and LED. *Oper Dent.* 2013;38(3):1-8.
14. Elkaffass AA, Eltoukhy RI, Elnegoly SA, Mahmoud SH. Influence of preheating on mechanical and surface properties of nanofilled resin composites. *J Clin Exp Dent.* 2020;12(5):e494-e500.
15. Puspitasari D, Prasetyo A, Rahman MD, Diana S, Nahzi MYI. Storage Temperature Effect on Degree of Polymerization and Surface Hardness of Bulk-Fill Composite Resin. *J Int Dent Med Res.* 2019;12(2):405-410.
16. Ozan G, Sar Sancakli H, Tiryaki M, Bayrak I. Effect of Light Curing Modes on the Color Stability of a Nanohybrid Composite Immersed in Different Beverages. *ODOVTOS-Int J Dental Sci.* 2020;22(2):71-81.

17. El-Korashy D. Post-gel shrinkage strain and degree of conversion of preheated resin composite cured using different regimens. *Oper Dent*. 2010;35:172-179.
18. Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depths of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dent Mater*. 2014;30:149-154.
19. El-olimy GAM. Effect of pre-heating on hardness, flexural properties and depth of cure of dental two resin composites. *Egypt Dent J*. 2020;66(3):1731-1739.
20. Lopes LCP, Terada RSS, Tsuzuki FM, Giannini M, Hirata R. Heating and preheating of dental restorative materials—a systematic review. *Clin Oral Invest*. 2020; 1-11.
21. Daronch M, Rueggeberg F, De Goes M, Giudici R. Polymerization kinetics of pre-heated composite. *J Dent Res*. 2006;85(1):38-43.
22. Elkaffas AA, Eltoukhy RI, Elnegoly SA, Mahmoud SH. The effect of pre-heating resin composites on surface hardness: a systematic review and meta-analysis. *Restor Dent Endod*. 2019;44(4):e41-54.
23. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, et al. Monomer conversion, microhardness, internalmarginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater*. 2015;31(12):1542-51.
24. Theobaldo JD, Aguiar FHB, Pini NIP, et al. Effect of preheating and light-curing unit on physicochemical properties of a bulk fill composite. *Clin Cosmet Invest Dent*. 2017;16(9):39-43.
25. Yap AUJ, Pandya M, Toh WS. Depth of cure of contemporary bulk-fill resin-based composites. *Dental Mater J*. 2016;35(3):503-510.
26. 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.
27. Kundie F, Azhari CH, Muchtar A, Ahmad ZA. Effects of filler size on the mechanical properties of polymer-filled dental composites: A review of recent developments. *J Phys Sci*. 2018;29(1):141-65.
28. Moszner N, Fischer UK, Angermann J, Rheinberger V. A partially aromatic urethane dimethacrylate as a new substitute for Bis-GMA in restorative composites. *Dent Mater*. 2008;24(5):694-9.