

# Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan İki Farklı Reçine Materyalinde Farklı Polimerizasyon Cihazlarının Yüzey Sertliğine Etkisi: *In Vitro* Çalışma

## Effect of Different Polymerization Devices on Surface Hardness of Two Different Resin Materials Used in Three-Dimensional Printers: An *In Vitro* Study

Periş ÇELİKEL<sup>a</sup>, Fatih ŞENGÜL<sup>a</sup>, Murat BÜYÜKSEFİL<sup>a</sup>, Nazlı ASLAN İNCE<sup>a</sup>,  
Sera ŞİMŞEK DERELİOĞLU<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği ABD, Erzurum, Türkiye

**ÖZET Amaç:** Son yıllarda konvansiyonel üretimden farklı olarak daha hızlı ve düşük maliyetli üretim imkanı sunan 3 boyutlu yazıcılarda kullanılan geçici ve daimi kuron materyallerinin üretici firmanın önerisi dışında farklı polimerizasyon süresi ve yöntemi hakkında literatürde sınırlı veri ve çalışma mevcuttur. Bu çalışmada, 3 boyutlu baskılı metakrilik asit ester bazlı geçici ve daimi kuron reçinelerin farklı yöntemlerle sertleşme protokollerinin Vickers sertlik değeri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışmada VarseoSmile Crown Plus (VSC, n=90) ve VarseoSmile Temp (VST, n=90) materyallerinden stereolitografi formatında disk şeklinde (ø: 8 mm, kalınlık: 2 mm) 3 boyutlu çıktılar (n=180) elde edilmiştir. Daha sonra diskler Otoflash, Valo Cordless ve Labolight LV-III cihazlarında üretici firma önerilerine uygun olarak polimerize edilmek üzere randomize şekilde 3 gruba ayrılmıştır. Elde edilen disklerin Vickers yüzey sertlikleri hesaplandıktan sonra tek yönlü varyans analizi ve "post hoc" Duncan testleri kullanılarak istatistiksel değerlendirme yapılmıştır (p<0,05). **Bulgular:** En yüksek yüzey sertlik değeri VSC'nin Bego-Otoflash ve Valo ışık cihazı kullanılarak polimerize edildiği gruplarda gözlenmiş olup, bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0,05). Ancak diğer grupların yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,01). **Sonuç:** VSC ve VST esaslı 3 boyutlu kuron materyallerinin bu reçineler kullanılarak tamir edildiğinde polimerizasyon amacıyla üretici firmanın önerdiği Otoflash cihazı yerine Valo ışık cihazının kullanılması benzer dayanıklılıkla sonuçlanacaktır.

**ABSTRACT Objective:** Except for the manufacturer's instructions, there are limited data and studies about different polymerization times and methods of temporary and permanent crown materials produced by 3D printers, which offer faster and less expensive production options than conventional production. The aim of this study was to evaluate the effect of different polymerization methods on the Vickers hardness value of three-dimensional printed methacrylic acid ester-based temporary and permanent crown resins. **Material and Methods:** In the study, three-dimensional printouts (n=180) were obtained from VarseoSmile Crown Plus (VSC, n=90) and VarseoSmile Temp (VST, n=90) materials in the form of disks (ø: 8 mm, thickness: 2 mm) in standard tessellation language format. The discs were then randomly divided into 3 groups to be polymerized in Otoflash, Valo Cordless and Labolight LV-III devices in accordance with the manufacturer's instructions. After calculating the Vickers surface hardness of the obtained disks, statistical evaluation was performed using one-way analysis of variance and post-hoc Duncan tests (p<0.05). **Results:** The highest surface hardness value was observed in the groups where VSC was polymerized using Bego-Otoflash and Valo light device and there was no statistically significant difference between these groups (p>0.05). However, the difference between the surface hardness values of the other groups was statistically significant (p<0.01). **Conclusion:** Using the Valo light device instead of the manufacturer's recommended Otoflash device for polymerization of the repaired VSC and VST based three-dimensional crown materials will result in same durability values.

**Anahtar Kelimeler:** Kuron; polimerizasyon; sağlamlık testleri

**Keywords:** Crown; polymerization; hardness tests

### KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:

Çelikel P, Şengül F, Büyükeşfil M, Aslan İnce N, Şimşek Derelioğlu S. Üç boyutlu yazıcılarda kullanılan iki farklı reçine materyalinde farklı polimerizasyon cihazlarının yüzey sertliğine etkisi: *In vitro* çalışma. Türkiye Klinikleri J Dental Sci. 2024;30(1):67-73.

### Correspondence: Fatih ŞENGÜL

Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği ABD, Erzurum, Türkiye

E-mail: fatihs@gmail.com



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

Received: 14 Jul 2023

Received in revised form: 15 Dec 2023

Accepted: 18 Dec 2023

Available online: 11 Jan 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/>).

Son yıllarda, diş hekimliğindeki teknolojik gelişmelerle birlikte üretim teknolojilerine dâhil olan 3 boyutlu yazıcılar, sağlık alanıyla birlikte diş hekimliği pratiğine de yeni bir bakış açısı getirmiştir.<sup>1</sup> Üç boyutlu yazıcılar, freze kullanılan konvansiyonel üretimin aksine daha hızlı ve düşük maliyetli üretim imkânı sunmaktadır.<sup>2</sup> Ayrıca bu yöntemle, minimum insan müdahalesi gerektirerek basit bir üretim protokolü altında yüksek hassasiyette çıktı elde edilebilmektedir. Hastalara bu teknoloji sayesinde kişiye özel tasarım ve zengin materyal seçenekleri ile tek seansta diş tedavisi hizmeti sunulabilmektedir.<sup>3</sup>

Üç boyutlu baskılı materyaller, yüksek stabilite-leri, yüksek estetik ve mekanik özellikleri ile biyouyumlu olmalarından dolayı diş hekimliğinin birçok alanında kullanılmaktadırlar. Üç boyutlu yazıcılarla; kişiye özel implantlar, mandibula rekonstrüksiyonu için model üretimi, anatomik modeller, eğitim amaçlı yapay dişler, şeffaf ortodontik plaklar, yer tutucular, endokuronlar, geçici kron köprü protezleri üretilebilmektedir.<sup>4,5</sup>

Günümüzde 3 boyutlu yazıcılarda diş renginde estetik özelliklere sahip daimi ve geçici kuron kaplamalar, endokuron restorasyonların üretilebilmesi amacıyla metakrilik asit ester bazlı reçine içeren ışıkla sertleşen reçinelerden faydalanılmaktadır. Son yıllarda diş renginde 3 boyutlu diş restorasyonlarının üretimi için “rezin matris seramik” olarak bilinen seramik dolgulu bir metakrilik ester matrisinden oluşan seramik infiltre hibrit bir kompozit rezin [VarseoSmile Crown Plus (VSC), VarseoSmile Temp (VST); BEGO, Bremen, Almanya)] diş hekimliğinde kullanıma sunulmuştur.<sup>6,7</sup>

Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin mekanik ve fiziksel özelliklerini polimerizasyon yöntemi, süresi ve derinliği, ışık kaynağının türü, hacmi ve şekli etkilemektedir.<sup>8</sup> Kompozit reçinelerin polimerizasyonunda, çeşitli polimerizasyon yöntemleri

mevcuttur. Kompozit reçinelerin polimerizasyonunda en sık kullanılan polimerizasyon üniteleri, daha düşük enerji tüketmeleri, düşük ısıya sahip olmaları nedeniyle ışık yayan diyot [light-emitting diode (LED)] cihazları (Valo, GC D-Light Pro, Woodpecker LED, vb.) iken, özellikle endokuron yapımında kullanılan mikro seramik kompozitlerin polimerizasyonunda Labolight LV-III (GC, Japonya) gibi farklı polimerizasyon ünitelerinden faydalanılır.<sup>9,10</sup> Üç boyutlu yazıcılarda kullanılan kompozit reçinelerin polimerizasyonunda ise geniş dalga boyuna sahip aşağıdan polimerizasyon haznesine yansıyan 2 flaş ampülü bulunan cihazlar ile hızlı ve güvenilir bir şekilde polimerizasyon sağlanmaktadır (BEGO Otof-lash, Bremen Almanya).<sup>11</sup> Konvansiyonel üretimden farklı olarak daha hızlı ve düşük maliyetli üretim imkânı sunan 3 boyutlu yazıcılarda basılan örneklerin daha iyi mekanik özelliklere sahip olması için “post curing” işlemi gerçekleştirilmektedir. Literatürde firmanın önerdiği “post curing” cihazı olmadığı durumlarda veya klinik ortamında tamir ve ekleme işlemlerinde farklı polimerizasyon cihazları kullanılarak yapılan “post curing” işleminin VSC ve VST kuron reçinelerinin yüzey sertliği üzerindeki etkisini araştıran bir çalışmaya rastlayamadık. Buradan yola çıkılarak çalışmamızda, “Metakrilik asit ester bazlı kuron reçinelerine farklı yöntemlerle sertleşme protokollerinin uygulanmasının sertik değeri üzerinde bir etkisi bulunmamaktadır.” şeklinde kurulan sıfır hipotezi test edilmiştir.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışma için Atatürk Üniversitesi Etik Kurulu Başkanlığından 1 Haziran 2023 tarihinde B.30.2.ATA. 0.01.00/473 sayılı etik kurul onayı alınmıştır. Bu çalışma, Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uyularak yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan materyallerin kimyasal bileşimleri ve kısaltmaları **Tablo 1**'de verilmiştir.

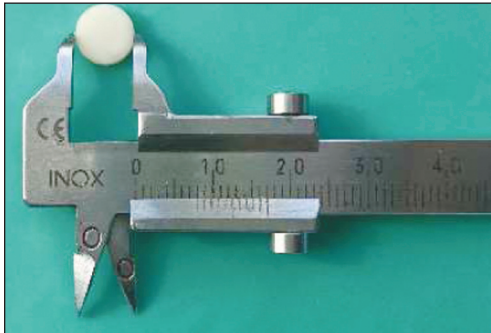
**TABLO 1:** Üretici firmaya göre materyallerin kimyasal içerikleri.

Materyal	Tip	Matriks bileşeni	Doldurucu	Polimerizasyon
VarseoSmile Crown Plus	Metakrilik asit ester bazlı reçine	≥%50-<75 ağırlıkça Bis-EMA	%30-50 ağırlıkça silanize cam	<%2,5 ağırlıkça TPO, MBF
VarseoSmile Temp	Metakrilik asit ester bazlı reçine	≥%50-<75 ağırlıkça Bis-EMA	%30-50 ağırlıkça silanize cam	<%2,5 ağırlıkça TPO, MBF

EMA: Bisfenol A etoksilat dimetakrilat; MBF: Metil benzoil format; TPO: Difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfin oksit.

Her gruptaki örnek sayısı power analizi ile belirlenmiştir (etki boyutu  $f=0,75$ ,  $1-\beta=0,95$ ,  $\alpha=0,05$ ). Stereolitografi formatında disk formunda ( $\phi$ : 8 mm, kalınlık: 2 mm) hazırlanan (Blender version 3.4.1) örneklerin Varseo XS yazıcısından VSC ve VST A2 rezin kullanılarak her bir materyal grubunda 90 örnek olmak üzere toplam 180 tane 3 boyutlu çıktı elde edilmiştir. Numuneler üretilirken, numuneler arasında farklılık olmaması için her malzeme için tek şişe reçine kullanılmış ve her malzeme için kullanılan reçine tankı daha önce hiç kullanılmamıştır. Yazıcıdan elde edilen disklerin yüzeyinde kalan monomerler %90 izopropanol kullanılarak yıkanmıştır. Disklerin kalınlıkları kumpas (Inox, Dentaturum Müncher Model) kullanılarak ölçülmüş, 8 mm çapında ve 2 mm kalınlığında olan diskler çalışmaya dâhil edilmiştir (Resim 1).

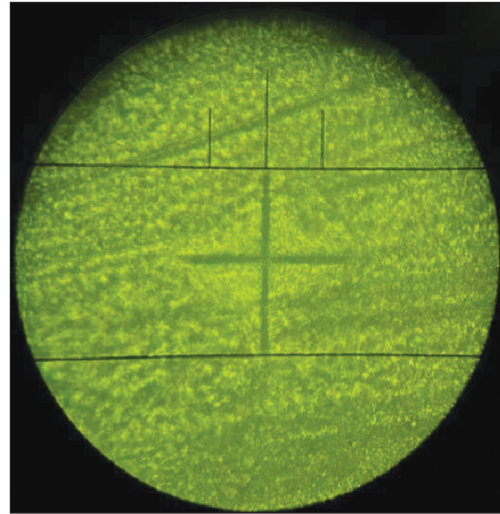
Tüm örneklerin yüzeyleri 10.000 rpm'de 15 sn boyunca su soğutmalı Sof-Lex (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD) orta ve ince diskler yardımıyla manuel olarak cilalanmıştır. Parlatma diskleri her 5 örnekte kullanıldıktan sonra değiştirilmiştir. Cilalanan 180 disk basit (bilgisayar tabanlı) randomizasyon yöntemi (<https://www.randomizer.org>) kullanılarak 3 farklı polimerizasyon yöntemindeki (Bego, Valo ve Labo-light LV-III, n=60) VSC ve VST materyalleri için otuzar örneklik gruplara dağıtılmıştır. İlk grup oto-flash cihazında (Bego, Bremen Almanya) üretici firmanın önerisi olan alt ve üst yüzeylerinden bin beş yüzer kere flashlanarak, ikinci grup Valo Cordless (Ultradent, ABD) ışık cihazının standart güç ( $1.000 \text{ mW/cm}^2$ ) modunda 20 sn boyunca, üçüncü grup ise 370 nm dalga boyunda yavaş bir şekilde Labo-light LV-III (GC, Japonya) cihazı kullanılarak, 3 dk'lık sürede polimerize edilmiştir. Bir gruptan diğer



RESİM 1: Disklerin boyutlarının kumpas yardımıyla ölçülmesi.



RESİM 2: Vickers sertlik cihazı.



RESİM 3: Vickers sertlik ölçümüne ait görüntü.

grubun polimerizasyon işlemine geçilirken polimerizasyon cihazları kalibre edilmiştir.

### VİCKERS YÜZEY SERTLİK DEĞERİ ÖLÇÜMÜ

Disklerin yüzey sertlikleri Vickers sertlik cihazı (Buehler, Lake Bluff, Illinois, ABD) ile 15 sn'de 100 g'lık bir kuvvetin uygulanmasıyla ölçülmüştür (Resim 2, Resim 3). Tüm örneklerin hem alt hem üst yüzeyleri 3 kere ölçülerek ortalaması alınmıştır.

## İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Bu çalışmadan elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS (version 26.0, SPSS, Chicago, IL, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin Vickers değerlerinin karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi ve Duncan “post hoc” testleri kullanılarak istatistiksel analiz 0,05 önem seviyesinde yapılmıştır.

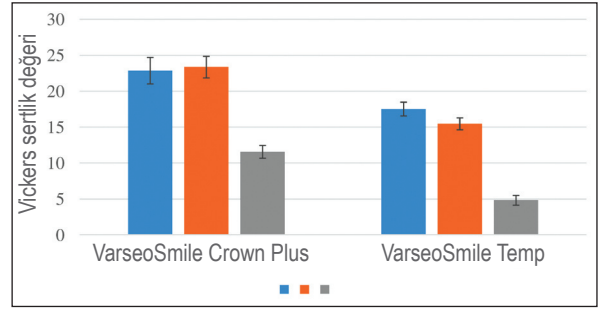
## BULGULAR

Çalışmadaki grupların Vickers sertlik testi sonuçları Şekil 1’de verilmiştir. Reçinelerin yüzey sertlik değerleri karşılaştırıldığında en yüksek sertlik değerleri VSC’nin Valo ışık cihazı ve Bego-Otoflash kullanılarak polimerize edildiği gruplarda gözlenmiştir (Tablo 2). VSC’nin Valo ışık cihazı ve Bego-Otoflash ile polimerize edildiği grupların yüzey sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamakla birlikte ( $p>0,05$ ) diğer grupların yüzey sertlik değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,01$ ).

## TARTIŞMA

Bu çalışmada, üç boyutlu dental yazıcıda kullanılan geçici ve daimi kuron reçine malzemelerinin farklı polimerizasyon yöntemlerine bağlı olarak yüzey sertliği değişimi araştırılmıştır. Eklemeli üretim yapan 3 boyutlu yazıcılarda basınç ve polimerizasyon parametrelerinin değişimi elde edilecek ürünün kalitesini etkilemektedir.<sup>12,13</sup> Bu nedenle, 3 boyutlu yazıcılar ve fotopolimerize reçineler kullanılırken, ideal protez üretmek için üretici firmanın önerdiği koşulların bilimsel olarak da değerlendirilmesi gerekir. Bu çalışma, polimerizasyon yöntemine bağlı olarak 3 boyutlu baskılı geçici ve daimi kuron rezin malzemelerin Vickers sertlik değerlerinde farklılık bulunmuştur. Bu nedenle, bu çalışmanın sıfır hipotezi reddedilmiştir.

Yetersiz polimerizasyona bağlı olarak dental restorasyonlarda aşınmanın artması, kırılmaya karşı direncin azalması, mikrosızıntı, su emiliminin artması, renklenme, restorasyonun kaybı ve bunlara bağlı olarak pulpal reaksiyonlar meydana gelebilir.<sup>14</sup> Bunun yanı sıra yetersiz polimerizasyona bağlı olarak



ŞEKİL 1: VarseoSmile Crown Plus ve VarseoSmile Temp reçinelerinin farklı polimerizasyon yöntemlerine bağlı Vickers sertlik değerleri.

TABLE 2: VarseoSmile Crown Plus ve Temp materyallerinin farklı polimerizasyon yöntemi kullanılarak, polimerize edilmesi sonucu gözlenen Vickers sertlik değerleri.

	VarseoSmile Crown Plus (̄±SS)	VarseoSmile Temp (̄±SS)	p değeri
Bego-Otoflash	22,86±1,84 <sup>a</sup>	17,52±0,96 <sup>b</sup>	<0,001
Valo	23,37±1,5 <sup>a</sup>	15,47±0,84 <sup>a</sup>	<0,001
Labolight LV-III	11,57±0,9 <sup>b</sup>	4,83±0,69 <sup>b</sup>	<0,001

SS: Standart sapma; Aynı sütundaki farklı üst simge küçük harfler gruplar-arası karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ( $p<0,05$ ).

restoratif materyallerde kalan artık monomerler dentin tübüllerinden geçerek pulpada geri dönüşümsüz hasarlar meydana gelebilir. Sonuç olarak dental restoratif materyallerin biyolojik, fiziksel ve mekanik özellikleri polimerizasyon miktarından etkilenmektedir.<sup>15</sup>

Yüzey sertliği, estetik restoratif materyallerin klinik ömrü ve başarısını etkileyen önemli mekanik faktörler arasındadır. Yüzey sertliği, bir materyalin yüzeyinin çizilme ve girintiye karşı direnci anlamına gelmektedir.<sup>16,17</sup> Polimerizasyon derecesini, yöntemi ve ışık cihazlarının etkinliğini değerlendirmek için en çok kullanılan dolaylı yöntemler arasında sertlik deneyleri bulunmaktadır.<sup>18</sup> Bu test yöntemlerinden Knoop sertlik testi, reçine kompozitler gibi polimerik malzemelerin değerlendirilmesinde en yaygın olarak belirtilen yöntem olmasına rağmen birçok yazar aynı zamanda reçine kompozit malzemelerin polimerizasyon derecesinin bir göstergesi olarak da kabul edilen Vickers sertlik testini daha yüksek stabilitesi nedeniyle kullanmıştır.<sup>16,19-21</sup> Ayrıca Knoop sertlik testi kullanılarak elde edilen değerler Vickers



sertlik ölçümleriyle yüksek korelasyon göstermiştir.<sup>17</sup> Bu nedenle, her iki test de farklı türdeki reçine kompozitlerinin polimerizasyon derecesini dolaylı olarak değerlendirmek için kullanılabilir. Ancak metal, zirkon gibi daha sert malzemeler için Vickers testini kullanmak daha doğru bir yaklaşımdır.<sup>22</sup> Boralle ve ark.nın *in vitro* olarak yaptıkları çalışmada üç boyutlu yazıcılarda kullanılan iki farklı kalınlıkta dört farklı reçinenin (VarseoSmile Crown Plus (BEGO, Bremen, Almanya), NexDent C&B MFH (Vertex-Dental B.V., Soesterberg, Hollanda); Nanolab 3D (Wilcos do Brasil Ltd, Petrópolis, RJ, Brezilya); ve Resilab 3D Temp (Wilcos do Brasil Ltd, Petrópolis, RJ, Brezilya)) Vickers sertlik değeri değerlendirilmiş ve en yüksek sertlik değerine VSC'nin sahip olduğu bildirilmiştir.<sup>23</sup> Üç boyutlu yazıcılarda kullanılan dental restoratif kompozitlerin (VSC (BEGO, Bremen, Almanya), Grandio Blocks (VOCO, Almanya), Brilliant Crios (COLTENE, İsviçre) ve Enamic (Vita Zahnfabrik, Almanya)) mikrosertlik değerinin Vickers sertlik testine göre değerlendirildiği başka bir çalışmada ise en düşük sertlik değerine VSC materyalinin sahip olduğu gözlenmiştir.<sup>20</sup> İyi bir polimerizasyon derecesine bağlı olarak çalışmamızın Vickers sertlik testi sonucuna göre ise VSC'nin Bego-Otoflash ve Valo ışık cihazı kullanılarak polimerize edildiği gruplarda en yüksek Vickers sertlik değeri elde edilmiştir. Yapılan bir çalışmanın sonucunda ideal polimerizasyon miktarının materyalin bileşenlerinde daha iyi bir dönüşüm derecesi sağladığı, daha düşük artık monomer içeriğine yol açtığı ve dolayısıyla sertliği artırdığı gözlenmiştir.<sup>8</sup> Buradan yola çıkılarak Bego-Otoflash ve Valo ışık cihazlarının VSC materyalinin bileşenlerinde daha iyi bir dönüşüm sağladığı ve dolayısıyla materyalin sertliğini artırdığı düşünülmektedir.

Çalışmanın sonuçlarına göre aynı ışık cihazında polimerize edildiğinde VSC, VST'den daha yüksek sertlik değerine ulaşmıştır. Ancak üretici firma hem VST hem de VSC'nin kimyasal içeriğinde ağırlıkça  $\geq 50$ - $<75$ % monomer bulunduğunu belirtmiştir. Bu farklılığın üretici firmanın her iki malzeme için kesin monomer miktarı belirtilmemiş olmasından kaynaklı olabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca ışıkla sertleşen reçinelerde polimerizasyon derecesinin artmasına bağlı olarak, mekanik özelliklerin, biyou-

yumluluğun ve renk stabilitesinin artacağı bilinmektedir.<sup>24</sup> Yeteri kadar polimerize edilmeyen kompozit reçinelerde düşük mikrosertlik sonuçları elde edildiğinde, kompozit organik matriksin çözünme riski ve ardından inorganik partiküllerin açığa çıkması restorasyonun pürüzlülüğünü ve bunun sonucunda bakteri plağının birikmesini artırarak restorasyonun ömrünün azalmasına da neden olmaktadır.<sup>25</sup> Bu çalışmada da üretici firmanın önerdiği Bego-Otoflash cihazı ve deney grubu olan Valo ışık cihazında aktive edilen reçinelerin sertliğinin artmasına bağlı olarak bileşenlerin dönüşüm derecesinin artması sonucu materyalin fiziksel-mekanik özelliklerinin iyileştiği düşünülmektedir.

Kompozit reçinelerin sertliğini farklı polimerizasyon yöntemlerinin nasıl etkilediğine dair çok sayıda çalışma bulunmaktadır.<sup>26-29</sup> Kompozit rezinler üzerinde yapılan bir çalışmada, farklı LED ışık cihazları içerisinde Valo ışık cihazı ile polimerize edilen grubun mikrosertlik değerinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir.<sup>30</sup> Kompozit reçineler için LED ışık cihazlarının kütleme etkinliği genel olarak araştırılmış olsa da farklı reçine içeren restoratif malzemelerle performansları hakkında çok az bilgi bulunmaktadır.<sup>26,31,32</sup> Buradan yola çıkılarak çalışmamızda güncel materyaller olan 3 boyutlu yazıcıda kullanılan seramik infiltre hibrit bir kompozit reçinelerde üretici firmanın önerdiği polimerizasyon cihazı dışında Valo LED ışık cihazının ve LabolightLV-III ışık cihazının sertlik üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre kompozit reçinelerde yapılan daha önceki çalışmalara benzer şekilde Valo ile polimerize edilen grup üretici firmanın önerisi olan cihaz kadar Vickers sertlik değerine ulaşmıştır. Mevcut sonuçlar doğrultusunda bu reçinelerden üretilen daimi ve geçici kuron materyallerinin tamiri söz konusu olduğunda sonradan eklenen reçinenin Valo ile polimerize edilmesinde üretici firmanın önerisi olan Bego-Otoflash cihazı ile polimerize edilmesi sonucu elde edilen sertlik değeri elde edileceğinden dayanıklılık açısından bir problemle karşılaşılmayacağı öngörülebilmektedir.

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları vardır. Bu çalışmanın sınırlılıklarından biri *in vitro* olarak gerçekleştirilmesidir. Diğer bir sınırlılık ise 3 boyutlu baskılı reçinenin bileşimi ayrıntılı olarak analiz edilememesi

ve çalışmada yapılan testlerden farklı mekanik testlerinin çalışmaya dâhil edilmemiş olmasıdır. Bu nedenlerden ötürü klinik koşulları yansıtabilecek daha uzun süreli ve kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

## SONUÇ

Bu çalışmanın sınırlılıkları dâhilinde aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir. Seramik infiltre hibrit kompozit reçinelerin yüzey sertlik değerleri kıyaslandığında VSC'nin Bego-Otoflash (üretici firmanın önerisi) ve Valo ışık cihazı kullanılarak, polimerize edildiği gruplarda en yüksek Vickers sertlik değeri elde edilmiştir. Ayrıca VSC bütün polimerizasyon yöntemlerinde VST'den daha sert bulunmuştur. Üç boyutlu basılan materyallerin mekanik özelliklerinin polimerizasyon yöntemi ile nasıl değiştiğine dair bilgi içeren klavuzlar, protez üreten klinisyenler ve diş teknisyenleri için faydalı olacaktır. Klinik olarak daha başarılı restorasyonlar elde etmek için 3 boyutlu baskı ve polimerizasyon süreçlerini etkileyen parametrelerle ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

## Finansal Kaynak

*Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.*

## 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:** Periş Çelikel, Fatih Şengül; **Tasarım:** Sera Şimşek Derelioğlu, Fatih Şengül; **Denetleme/Danışmanlık:** Fatih Şengül; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Murat Büyükeşfil; **Analiz ve/veya Yorum:** Fatih Şengül, Periş Çelikel; **Kaynak Taraması:** Nazlı Aslan İnce, Murat Büyükeşfil; **Makalenin Yazımı:** Periş Çelikel, Fatih Şengül, Nazlı Aslan İnce; **Eleştirel İnceleme:** Sera Şimşek Derelioğlu; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Sera Şimşek Derelioğlu **Matzemeler:** Sera Şimşek Derelioğlu.

## KAYNAKLAR

- Latz AM, von See C, Alevizakos V, Sandmair M, Othman A. Shear force comparative evaluation for surface treated and non- treated 3D interim printed materials with different types of glass-ionomer cements. J Clin Exp Dent. 2020;12(10):e916-e21. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Javaid M, Haleem A. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review. J Oral Biol Craniofac Res. 2019;9(3):179-85. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Schweiger J, Edelhoff D, Güth JF. 3D printing in digital prosthetic dentistry: an overview of recent developments in additive manufacturing. J Clin Med. 2021;10(9):2010. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Jain R, Supriya BS, Gupta K. Recent trends of 3-D printing in dentistry-a review. Ann Prosthodont Rest Dent. 2016;2(1):101-4. [Crossref]
- Mpofu TP, Mawere C, Mukosera M. The impact and application of 3D printing technology. 2014;6(3):2148-52. [Link]
- Graf T, Erdelt KJ, Güth JF, Edelhoff D, Schubert O, Schweiger J. Influence of pre-treatment and artificial aging on the retention of 3D-printed permanent composite crowns. Biomedicines. 2022;10(9):2186. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Donmez MB, Çakmak G, Yılmaz D, Schimmel M, Abou-Ayash S, Yılmaz B, et al. Bond strength of additively manufactured composite resins to dentin and titanium when bonded with dual-polymerizing resin cements. J Prosthet Dent. 2023;S0022-3913(23)00255-X. [Crossref] [PubMed]
- Al-Dulajjan YA, Alsulaimi L, Alotaibi R, Alboainain A, Alalawi H, Alshehri S, et al. Comparative Evaluation of Surface Roughness and Hardness of 3D Printed Resins. Materials (Basel). 2022;15(19):6822. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Zhang Y, Xu Y, Simon-Masseron A, Lalevé J. Radical photoinitiation with LEDs and applications in the 3D printing of composites. Chemical Society Reviews. 2021;50(6):3824-3841. [Crossref] [PubMed]
- Ozkan Ata S, Akay C, Ata N. The effect of environmental pressure changes on the bond strength between zirconia ceramic and adhesive resin cement. Aircr. Eng. Aerosp. Technol. 2022;94(8):1336-43. [Crossref]
- Revilla-León M, Özcan M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential application in prosthetic dentistry. J Prosthodont. 2019;28(2):146-58. [Crossref] [PubMed]
- Ngo TD, Kashani A, Imbalzano G, Nguyen KT, Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. Compos. B. Eng. 2018;143:172-96. [Crossref]
- Piedra-Cascón W, Krishnamurthy VR, Att W, Revilla-León M. 3D printing parameters, supporting structures, slicing, and post-processing procedures of vat-polymerization additive manufacturing technologies: A narrative review. J Dent. 2021;109:103630. [Crossref] [PubMed]
- Kurachi C, Tuboy AM, Magalhães DV, Bagnato VS. Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. Dent Mater. 2001;17(4):309-15. [Crossref] [PubMed]
- Çakmakcioglu Ö, Topbaşı B. Farklı ışık kaynaklarının kompozit polimerizasyonuna etkisi [Effect of different curing units on composite polymerization]. J Dent Fac Ataturk Univ. 2005;2005(1):48-54. [Crossref]
- Pratap B, Gupta RK, Denis L, Goswami D. Evaluation of polymerization shrinkage and Vickers hardness for restorative dental composites. Mater. Today: Proc. 2020;21(3):1563-5. [Crossref]

17. Colombo M, Poggio C, Lasagna A, Chiesa M, Scribante A. Vickers micro-hardness of new restorative cad/cam dental materials: evaluation and comparison after exposure to acidic drink. *Materials (Basel)*. 2019;12(8):1246. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
18. Gorken FN, Kuru S, Batu S, Guven Y, Sepet E. Compomers Reinforced with Bioactive Glass and Hydroxyapatite Particles. *Oral Health Prev Dent*. 2018;16(5):431-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
19. 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(8):726-32. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
20. Grzebieluch W, Kowalewski P, Grygier D, Rutkowska-Gorczyca M, Koza-kiewicz M, Jurchyszyn K. Printable and machinable dental restorative composites for CAD/CAM application-comparison of mechanical properties, fractographic, texture and fractal dimension analysis. *Materials (Basel)*. 2021;14(17):4919. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
21. Comba A, Scotti N, Maravić T, Mazzoni A, Carossa M, Breschi L, et al. Vickers hardness and shrinkage stress evaluation of low and high viscosity bulk-fill resin composite. *Polymers (Basel)*. 2020;12(7):1477. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
22. Ben Ghorbal G, Tricoteaux A, Thuault A, Louis G, Chicot D. Comparison of conventional Knoop and Vickers hardness of ceramic materials. *J Eur Ceram Soc*. 2017;37(6):2531-5. [[Crossref](#)]
23. Borella PS, Alvares LAS, Ribeiro MTH, Moura GF, Soares CJ, Zancopé K, et al. Physical and mechanical properties of four 3D-printed resins at two different thick layers: An in vitro comparative study. *Dent Mater*. 2023;39(8):686. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
24. Shin DH, Rawls HR. Degree of conversion and color stability of the light curing resin with new photoinitiator systems. *Dent Mater*. 2009;25(8):1030-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
25. Fúcio SB, Carvalho FG, Sobrinho LC, Sinhoretí MA, Puppín-Rontani RM. The influence of 30-day-old *Streptococcus mutans* biofilm on the surface of esthetic restorative materials--an in vitro study. *J Dent*. 2008;36(10):833-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Poggio C, Lombardini M, Gaviati S, Chiesa M. Evaluation of Vickers hardness and depth of cure of six composite resins photo-activated with different polymerization modes. *J Conserv Dent*. 2012;15(3):237-41. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
27. Ayaz EA, Durkan R, Koroglu A, Bagis B. Comparative effect of different polymerization techniques on residual monomer and hardness properties of PMMA-based denture resins. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2014;12(3):228-33. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
28. Moharam LM, El-Hoshy AZ, Abou-Elenein K. The effect of different insertion techniques on the depth of cure and vickers surface micro-hardness of two bulk-fill resin composite materials. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(2):e266-e71. [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
29. Aung SZ, Takagaki T, Ikeda M, Nozaki K, Burrow MF, Abdou A, et al. The effect of different light curing units on Vickers microhardness and degree of conversion of flowable resin composites. *Dent Mater J*. 2021;40(1):44-51. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
30. Gonulol N, Ozer S, Tunc ES. Effect of a third-generation LED LCU on micro-hardness of tooth-colored restorative materials. *Int J Paediatr Dent*. 2016;26(5):376-82. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
31. Yaman BC, Efes BG, Dörter C, Gömeç Y, Erdilek D, Büyükgökçeşu S. The effects of halogen and light-emitting diode light curing on the depth of cure and surface microhardness of composite resins. *J Conserv Dent*. 2011;14(2):136-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
32. Campregher UB, Samuel SM, Fortes CB, Medina AD, Collares FM, Oglíari FA. Effectiveness of second-generation light-emitting diode (LED) light curing units. *J Contemp Dent Pract*. 2007;8(2):35-42. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]