



# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>

DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i3003



## Farklı Yapı ve Kalınlıktaki İndirekt Restoratif Materyallerden İletilen Işık Gücünün Değerlendirilmesi

Elif Nur Kaya<sup>1\*</sup>, Bengü Doğu Kaya<sup>2</sup>, Pınar Yılmaz Atalar<sup>3</sup>, Bilge Tarçın<sup>3</sup>

## Evaluation of Irradiance Through Indirect Restorative Materials of Different Structures and Thicknesses

### ÖZET

**Amaç:** Bu *in vitro* çalışmada, farklı yapı ve kalınlıktaki indirekt restoratif materyallerden iletilen ışık gücü, yerli üretim bir LED ışık kaynağı kullanılarak değerlendirildi. Materyal türü ve kalınlığının ışık iletimi üzerindeki etkisinin karşılaştırmalı olarak incelemesi amaçlandı.

**Gereç ve Yöntemler:** Lityum disilikat cam seramik (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Lihtenştayn), hibrit seramik (Grandio Blocs, Voco, Almanya) ve 3 boyutlu (3B) baskı ile üretilen rezin materyal (VarseoSmile TriniQ, Bego, Almanya) olmak üzere farklı içerikteki indirekt restoratif materyallerin her birinden 8x2mm ve 8x1,5mm boyutlarında disk şeklinde örnekler tasarlandı (CAD Software, Solidworks, ABD). Cam seramik ve hibrit seramik örnekler kazıma ünitesi MCX5 (Dentsply Sirona, ABD) ile, baskıyla üretilen rezin örnekler ise Max2 (Asiga, Avustralya) 3B yazıcı ile üretildi (n=10). Vega ışık kaynağının (Öncü Dental, Türkiye) gücü materyal olmadan direkt olarak ve hazırlanan örneklerden geçirilerek spektrometre (OHSP-350B, Hopoo Light&Color Technology, Çin) ile ölçülüp kaydedildi. Işık kaynağının örneklerden iletilen güçleri oransal olarak hesaplandı. Elde edilen veriler Kruskal Wallis ve Mann-Whitney U testleri kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirildi (p<0,05).

**Bulgular:** Materyal kalınlığı ve türü iletilen ışık gücünü anlamlı şekilde etkiledi (p<0,01). Kalınlık arttıkça iletilen ışık gücü azaldı; Grandio Blocs en yüksek, VarseoSmile TriniQ en düşük değerleri gösterdi. Materyal kalınlığı ve türü iletilen ışık geçme yüzdesini de anlamlı şekilde etkiledi (p<0,01). Işık geçme yüzdesi tüm kalınlıklarda en yüksek Grandio Blocs'ta ölçüldü.

**Sonuç:** İndirekt restoratif materyallerden iletilen ışık gücü, polimerizasyon sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Materyal türü ve kalınlığındaki değişimler, ışık geçiş miktarını ve dolayısıyla polimerizasyon verimini etkileyebilir. Klinik uygulamalarda indirekt restoratif materyallerin başarısı için, seçilen materyalin ışık geçirgenliği ve uygun kalınlıkta kullanımı büyük önem taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Dental materyaller, Dental polimerize edici ışıklar, Kalıcı dental restorasyonlar

### ABSTRACT

**Objectives:** The irradiance transmitted through indirect restorative materials of different structures and thicknesses was evaluated using a domestically manufactured LED light curing unit. Material and thickness effects on light transmission was investigated.

**Materials and Methods:** Disc-shaped specimens (8x2mm/8x1.5mm) were manufactured from lithium disilicate glass ceramic (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), hybrid ceramic (Grandio Blocs, Voco, Germany) and 3D printable resin (VarseoSmile TriniQ, Bego, Germany). Glass ceramic and hybrid ceramic specimens were milled using a MCX5 Milling Unit (Dentsply Sirona, USA) and 3D printable resin material was produced using Max2 (Asiga, Australia) 3D printer (n=10). The irradiance of Vega light curing unit (Öncü Dental, Türkiye) was measured directly and through the prepared specimens using a spectrometer (OHSP-350B, Hopoo Light&Colour Technology, PRC). Values obtained through the specimens were calculated as a ratio of the directly measured irradiance. The data were statistically analyzed using Kruskal Wallis and Mann-Whitney U tests (p<0.05).

**Results:** Material and thickness significantly affected the transmitted irradiance (p<0.001). Increasing thickness reduced the transmitted irradiance, Grandio Blocs presented the highest values and VarseoSmile TriniQ the lowest. Material and thickness also significantly affected the light transmission ratio (p<0.001). At all thicknesses, the highest light transmission ratio was recorded for Grandio Blocs.

**Conclusion:** The light transmitted through restorative material plays a crucial role in polymerization process. Variations in material and thickness may influence the transmitted irradiance and the polymerization efficiency. The success of indirect restorations depends greatly on selecting materials with adequate light transmission and using them in appropriate thicknesses.

**Keywords:** Dental curing lights, Dental materials, Permanent dental restorations

<sup>1</sup>Arş. Gör., Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>Dr. Öğr. Üyesi, Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

<sup>3</sup>Prof. Dr., Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar: Elif Nur Kaya e-posta: [elifn.kaya@gmail.com](mailto:elifn.kaya@gmail.com) ORCID: (0009-0005-6066-0582), Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

## Giriş

Restoratif diş hekimliğinin temel amacı, doğal diş yapısının fonksiyonel ve estetik bütünlüğünü yeniden sağlamaktır. Estetik ve uzun ömürlü tedavilere yönelik artan talep, özellikle indirekt adeziv restorasyonlarda kullanılmak üzere yeni materyal ve üretim teknolojilerinin geliştirilmesini teşvik etmiştir. Bu doğrultuda, Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD)/Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) sistemleri ile son yıllarda hızla gelişen üç boyutlu (3B) baskı teknolojisi, öne çıkan iki önemli üretim yöntemi olarak kabul edilmektedir. CAD/CAM teknolojisi, zaman içerisinde sürekli gelişerek hem tek diş hem de çoklu restorasyonların üretiminde güvenilir ve öngörülebilir bir süreç haline gelmiştir. Günümüzde diş hekimleri, cam seramik, zirkonya ve kompozit gibi farklı materyalleri CAD/CAM sistemleri aracılığıyla yüksek hassasiyetle işleyebilmekte ve klinik uygulamalarda başarıyla kullanabilmektedir.<sup>1,2</sup> Diş hekimliğinde kullanım alanı hızla genişleyen 3B baskı teknolojisi, kalıcı dental restorasyonların üretiminde geleneksel yöntemlere alternatif, yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır.<sup>3,4</sup> 3B baskı teknolojisi CAD verilerini temel alarak materyali katmanlar halinde oluşturmaktadır. Bu üretim yöntemi karmaşık restoratif yapıların dijital olarak üretilmesine olanak tanımaktadır.<sup>5</sup> Diş hekimliği uygulamalarında 3B baskı sistemleri, materyal kaybının azalması, işlem süresinin kısalması ve maliyetin düşürülmesi gibi avantajları sebebiyle giderek daha fazla tercih edilmektedir.<sup>6,7</sup> Bu materyaller de geleneksel indirekt restorasyonlarda olduğu gibi adeziv sistemler kullanılarak rezin simanlarla simante edilebilmektedir.<sup>8</sup>

Rezin simanlar, aktivasyon yöntemleri esas alınarak kimyasal olarak sertleşen, ışıkla sertleşen ve çift polimerizasyonlu (dual-cure) olmak üzere üç tipe ayrılır. Işıklı sertleşen rezin simanlar, diğer siman türlerine kıyasla daha iyi renk stabilitesi göstermeleri nedeniyle estetik rehabilitasyonlarda en sık tercih edilen simanlardır.<sup>9</sup> Bu materyallerin polimerizasyonu, ışık uygulaması sırasında absorbe edilen toplam ışık enerjisine, diğer bir ifadeyle ışık enerji maruziyetine bağlıdır. Işık enerji maruziyeti, ışık gücünün (irradiyans, mW/cm<sup>2</sup>) uygulama süresiyle çarpılmasıyla hesaplanır.<sup>10</sup> Toplam enerji sabit tutulduğunda, ışık gücü ve polimerizasyon süresinin

farklı kombinasyonları benzer polimerizasyon özellikleri sağlayabilmektedir.<sup>11</sup>

Polimerizasyon sırasında ışık kaynağından restorasyonun yüzeyine ulaşan ışığın bir bölümü yansır, bir bölümü saçılır ve bir bölümü de materyalin içinden geçerek iletilir.<sup>12</sup> Işık kaynağının ucuyla ışıkla sertleşen rezin siman arasına yerleştirilen indirekt restoratif materyalin bileşimi ve kalınlığı, ışık iletiminde zayıflamaya neden olur. Rezin simana ulaşan yetersiz ışık şiddeti, polimerizasyonun etkinliğini azaltarak dönüşüm derecesinde düşüşe yol açabilir. Bu durum sertlik ve bağlanma dayanımı gibi temel fiziksel ve mekanik özelliklerin olumsuz yönde etkilenmesine neden olabilir.<sup>13-15</sup>

Bu çalışmada, farklı yapı ve kalınlıklara sahip indirekt restoratif materyallerden iletilen ışık gücü ile ışık geçme yüzdesinin değerlendirilmesi amaçlandı. Bu amaç doğrultusunda oluşturulan  $h_0$  hipotezleri ise şu şekildedir.

$h_{01}$ : Materyal kalınlığının iletilen ışık gücü ve ışık geçme oranı üzerinde bir etkisi yoktur.

$h_{02}$ : Materyal türünün iletilen ışık gücü ve ışık geçme oranı üzerinde bir etkisi yoktur.

## Gereç ve Yöntemler

Bu çalışma, insan katılımcılar üzerinde herhangi bir girişim, kişisel veri kullanımı veya hayvan deneyleri içermediğinden etik kurul onayı gerekmemektedir. Bu *in vitro* çalışmanın tasarımında, benzer çalışmalarda kullanılan örneklem sayıları dikkate alınarak kotaya dayalı örneklem (quota sampling) yöntemi uygulanmıştır. Literatürde materyal, kalınlık ışık geçirgenliği, etkisini inceleyen *in vitro* çalışmalarda her alt grup için 5–10 örnek kullanıldığı bildirilmiştir.<sup>13,16</sup> Bu doğrultuda, çalışmanın istatistiksel karşılaştırmalar için yeterli örneklem büyüklüğüne ulaşması amacıyla her alt grup için 10 örnek hazırlanmıştır.

Lityum disilikat cam seramik (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent), hibrit seramik (Grandio Blocs, VOCO, Almanya) ve 3B baskı ile üretilebilen rezin (VarseoSmile TriniQ, BEGO, Almanya) olmak üzere farklı yapıdaki üç indirekt restoratif materyal kullanıldı. Kullanılan materyallere ilişkin üretici bilgileri ve içerik özellikleri Tablo 1’de sunuldu.

**Tablo 1.** Kullanılan indirekt restoratif materyaller ve içerikleri

Materyal	Renk	Üretici	Üretici Tanımı	İçerik
IPS e.max CAD	A2	Ivoclar Vivadent, Lihtenştayn	Lityum disilikat cam seramik (CAD/CAM)	%70(vol), ince-grenli lityum disilikat kristalleri (SiO <sub>2</sub> , LiO <sub>2</sub> , K <sub>2</sub> O, MgO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Grandio Blocs	A2	VOCO, Almanya	Nanohibrit CAD/CAM blok	%14 polimer matris (UDMA ve DMA) %86 nanohibrit doldurucular, fonksiyonelleştirilmiş silikon dioksit nanopartiküller
VarseoSmile TriniQ	A2	BEGO, Almanya	3B baskı ile üretilebilen rezin	BaO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 2SiO <sub>2</sub> doldurucular ve rezin

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Alüminyum oksit, BaO: Baryum oksit, K<sub>2</sub>O: Potasyum oksit, LiO<sub>2</sub>: Lityum oksit, MgO: Magnezyum oksit P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Fosfor pentoksit, SiO<sub>2</sub>: Silika dioksit, DMA: Dimetakrilat, ÜDMA: Üretan dimetakrilat

### Örneklerin Hazırlanması

Her bir materyalden 8 mm çapında, iki farklı kalınlıkta (1,5 ve 2 mm) olmak üzere disk şeklinde örnekler CAD yazılımı (CAD Software, Solidworks, ABD) kullanılarak tasarlandı. Cam seramik ve hibrit seramik örneklerin üretimi kazıma ünitesi (MCX5, Dentsply Sirona, Almanya) ile gerçekleştirildi. IPS e.max CAD diskler su içinde ultrasonik olarak temizlendi, Programant CS seramik fırında (Ivoclar Vivadent, Lihtenştayn) kristalizasyon fırınlamasına tabi tutuldu ve üretici talimatlarına göre glazür uygulandı. 3B baskı ile üretilebilen rezin örneklerde ise (Max2, Asiga, Avustralya) 3B yazıcı kullanıldı; baskı sonrası örnekler ultrasonik cihazda temizlendi. (5 dakika %99 izopropil alkol) ve ardından kürlendi (Formcure, Formlabs, ABD-60 °C'de 2x20 dk).

Grandio Blocs ve VarseoSmile TriniQ diskler ise elmas emdirilmiş polisaj lastiği (Dimanto, Voco GmbH, Almanya) kullanılarak cilalandı. Tüm örnekler 24 saat boyunca 37°C distile suda bekletildi. İletilen Işık Gücünün Değerlendirilmesi

İndirekt restoratif materyallerin ışık iletim özelliklerini değerlendirmek amacıyla yerli üretim LED ışık kaynağı (Vega, Öncü Dental, Türkiye) kullanıldı. Kullanılan LED ışık kaynağına ait teknik özellikler Tablo 2' de sunuldu. Örneklerden geçen ışık gücünün nicel olarak belirlenmesinde ise ışık şiddeti ve spektral dağılım ölçümleri için tasarlanmış yüksek hassasiyetli bir spektrometre (OHSP-350B, Hopoo Light&Color Technology, Çin) kullanıldı.

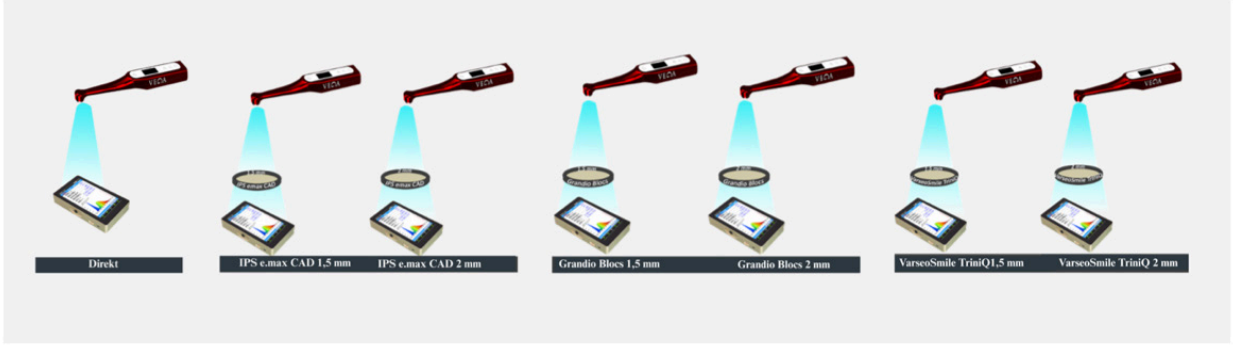
**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan LED ışık kaynağı ve özellikleri

LED Işık Kaynağı	Emisyon	Belirtilen Uç çapı	Üretici Firma	Dalga Boyu	Mod	Belirtilen Işık Gücü (mW/cm <sup>2</sup> )
Vega	Çoklu pik	8 mm	Öncü Dental, Türkiye	385-515 nm	M1	800-2000
					M2	1600
					M3	1800
					M4	800-1200
					M5	2000-3000
					M6	800-2000
					M7	Kullanıcı belirleyebilir

İlk aşamada, ışık kaynağı ile spektrometre sensörü arasına herhangi bir materyal yerleştirilmeden doğrudan spektrometre sensörüne ulaştığı koşulda ışık gücü kaydedildi. Daha sonra her bir materyal grubuna ait disk şeklindeki örnekler (1,5 mm ve 2 mm), ışık kaynağı ile sensör arasına, ışığın diske

doğrudan temas edeceği yerleştirilerek örnek üzerinden iletilen ışık gücü ölçüldü (Şekil 1). Materyallerin ışık iletim oranı, her diskin alt yüzeyine ulaşan ışık gücü değerinin doğrudan ölçülen ışık gücüne oranlanmasıyla hesaplandı ve kullanılan formül aşağıda sunuldu.

$$\text{Işık geçme oranı (\%)} = (\text{Materyalden İletilen Işık Gücü} / \text{Doğrudan Ölçülen Işık Gücü}) \times 100$$



**Şekil 1.** Direkt ışık güç ölçümü ve farklı indirekt restoratif materyallerin çeşitli kalınlıklarından iletilen ışık gücünün değerlendirildiği ölçüm düzenine şematik gösterimi

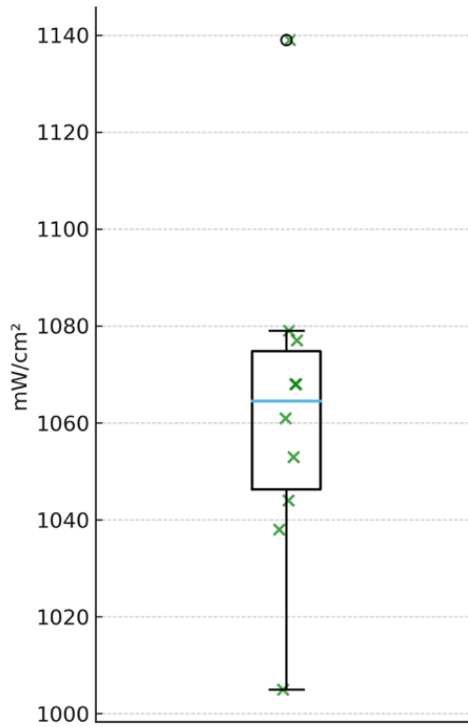
### İstatistiksel Analiz

Verilerinin istatistiksel analizi SPSS yazılımı (IBM, ABD) kullanılarak gerçekleştirildi. Tanımlayıcı istatistikler ortanca ve 25.-75. Percentil değerleri ile sunuldu. Aynı materyalin iki farklı kalınlık (1,5 mm ve 2 mm) düzeyinin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi kullanıldı. Aynı kalınlık düzeyinde farklı materyaller arasındaki karşılaştırmalar ise Kruskal-Wallis testi ile değerlendirildi. Kruskal-Wallis testi ile anlamlı fark belirlenen durumlarda ikili karşılaştırmalar Bonferroni düzeltmesi uygulanmış

Mann-Whitney U testi ile gerçekleştirildi. Tüm analizlerde anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak kabul edildi.

### Bulgular

Işık kaynağının materyal olmaksızın gerçekleştirilen ölçümleri 10 (n) tekrar üzerinden alınmış olup, grafikte ortanca (1065 mW/cm<sup>2</sup>) ile 25.-75. percentil aralığı (1044–1077 mW/cm<sup>2</sup>) Şekil 2’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Vega ışık kaynağının direkt ışık gücüne (irradiyans, mW/cm<sup>2</sup>) ait dağılım grafiği.

**Farklı yapıdaki üç indirekt restoratif materyalin** (IPS e.max CAD, Grandio Blocs, VarseoSmile TriniQ) 1,5 mm ve 2 mm kalınlıklarda hazırlanan

örneklerinden iletilen ışık gücü (mW/cm<sup>2</sup>) ve ışık geçme oranı (%) değerleri Tablo 3’te sunuldu.

**Tablo 3.** Farklı indirekt restoratif materyallerden iletilen ışık gücü ve ışık geçme oranının materyal türü ve kalınlığına göre dağılımı

p\*: Aynı materyalin iki farklı kalınlığı arasındaki karşılaştırma sonuçlarını göstermektedir. p\*\*: Aynı kalınlık düzeyinde farklı materyaller arasındaki karşılaştırma sonuçlarını göstermektedir. \*\*\* Sütunda, aynı harfe <sup>(a-c)</sup> sahip gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark yoktur.

	1,5 mm kalınlık	2,0 mm kalınlık	p*
	İletilen ışık gücü (irradyan, mW/cm <sup>2</sup> ) Ortanca (25.-75. Persentil)	İletilen ışık gücü (irradyan, mW/cm <sup>2</sup> ) Ortanca (25.-75. Persentil)	
IPS e.max CAD	190 (189-192) <sup>a</sup>	98 (96-99) <sup>a</sup>	<0,001
Grandio Blocs	212 (211-214) <sup>b</sup>	148 (146-149) <sup>b</sup>	<0,001
VarseoSmile TriniQ	160 (158-162) <sup>c</sup>	91(90-93) <sup>c</sup>	<0,001
p**	<0,001	<0,001	
	Işık Geçme Oranı Ortanca (25.-75. Persentil)	Işık Geçme Oranı Ortanca (25.-75. Persentil)	p*
IPS e.max CAD	18,0 (17,3-18,2) <sup>a</sup>	9,2 (9,0-9,5) <sup>a</sup>	<0,001
Grandio Blocs	20,0 (19,7-20,5) <sup>b</sup>	13,9 (13,7-14,1) <sup>b</sup>	<0,001
VarseoSmile TriniQ	15,1 (15,0-15,3) <sup>c</sup>	8,6 (8,3-8,9) <sup>a</sup>	<0,001
p**	<0,001	<0,001	

İletilen ışık gücü değerleri, tüm materyallerin 1,5 mm ve 2 mm kalınlıklarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterdi (p<0,001). Kalınlığın artması, iletilen ışık gücünde azalmaya neden oldu.

Materyaller arasında yapılan karşılaştırmalarda, iletilen ışık gücü açısından her iki kalınlıkta da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi (p<0,001). Materyal kalınlığı 1,5 mm olduğunda Grandio Blocs en yüksek iletilen ışık gücü değerini (212 mW/cm<sup>2</sup>) gösterirken VarseoSmile TriniQ en düşük değeri (160 mW/cm<sup>2</sup>) gösterdi. Materyal kalınlığı 2 mm'ye çıktığında da benzer sonuçlar elde edilmiş olup Grandio Blocs en yüksek (148 mW/cm<sup>2</sup>) VarseoSmile TriniQ ise en düşük (91 mW/cm<sup>2</sup>) iletilen ışık gücü değerine sahip oldu.

Işık geçme yüzdesi açısından, tüm materyallerin 1,5 mm ve 2 mm kalınlıklarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlendi (p<0,001). Kalınlığın artması ışık geçme yüzdesinin azalmasına sebep oldu.

Materyaller arasında yapılan karşılaştırmalarda, ışık geçme yüzdesi açısından her iki kalınlıkta da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi (p<0,001).

Materyal kalınlığı 1,5 mm olduğunda Grandio Blocs en yüksek (%20), VarseoSmile TriniQ ise en düşük (%15,1) ışık geçme yüzdesini gösterdi. Materyal kalınlığı 2 mm'ye çıktığında ise Grandio Blocs ile diğer gruplara kıyasla anlamlı derecede daha yüksek ışık geçme yüzdesine (%13,9) ulaştı. IPS e.max CAD ve VarseoSmile TriniQ materyalleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı.

### Tartışma

Dijital sistemlerin diş hekimliğinde hızla yaygınlaşması hem eksiltmeli hem de eklemeli üretim tekniklerine olan ilgiyi arttırmıştır.<sup>17</sup> Bu nedenle mevcut çalışmada, bu iki dijital üretim yaklaşımını temsil etmesi amacıyla iki farklı CAD/CAM materyali ve bir 3B baskı ile üretilen rezin materyal değerlendirilmek üzere tercih edilmiştir.

Literatürde CAD/CAM materyallerinden iletilen ışık gücünün hem materyal kalınlığından hem de materyal türünden etkilendiği bildirilmiştir. De Castro ve ark.<sup>18</sup> ile Lise ve ark.'nın<sup>19</sup> çalışmaları, materyal kalınlığı arttıkça iletilen ışık gücünün azaldığını ve bu azalmanın kullanılan materyale göre değiştiğini göstermiştir. Mevcut çalışmanın bulguları bu sonuçlarla uyumludur; 1,5 mm'den 2 mm'ye artan materyal kalınlığı iletilen ışık gücü ve ışık geçme yüzdesinde anlamlı bir azalmaya neden olmuştur. Materyal türü de bu parametreler üzerinde

etkili bulunmuş; Grandio Blocs en yüksek iletilen ışık gücü ve ışık geçme oranını sergilemiştir.

Doğu Kaya ve ark.<sup>20</sup> çalışmalarında CAD/CAM materyalleri arasında belirgin translüsensi farklılıkları olduğunu bildirmiştir. Araştırmalarında Grandio Blocs hem 1,5 mm hem de 2mm kalınlıkta en yüksek translüsensi değerlerini gösterirken, IPS e.max CAD en düşük translüsensi değerine sahip materyal olarak bulunmuştur. Bu çalışmada, Grandio Blocs ile kaydedilen daha yüksek ışık geçirgenliği değerlerinin bu translüsensi farklılığı ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Doğu Kaya ve ark.<sup>20</sup> materyal kalınlığının artmasıyla translüsensi değerlerinin belirgin biçimde azaldığını belirtmiştir. Bu durum, bu çalışmadaki kalınlık artışına bağlı olarak iletilen ışık gücünde gözlenen düşüşle uyumludur. İlâveten literatürde, ışık kaynağı ile polimerizasyonu istenen materyal yüzeyi arasındaki mesafe arttıkça irradyansın azaldığı ve 10-11 mm mesafede yaklaşık %20-25 oranında güç kaybı olduğu bildirilmiştir.<sup>21</sup> Bu iki etki birlikte değerlendirildiğinde, hem materyal kalınlığının artmasıyla beklenen translüsensi azalması hem de ışık kaynağı- yüzey mesafesine bağlı irradyans kaybı bu çalışmada iletilen ışık gücünde meydana gelen azalmayı açıklayabilecek temel faktörlerdendir.

Flury ve ark.<sup>22</sup>, 1,5 mm, 3 mm ve 6 mm kalınlığındaki seramik restorasyonlar üzerinden yapılan ışık uygulamasında ışığın sırasıyla %80'in üzerinde, %95 ve %99 oranında geçişinin azaldığını bildirmiştir. Bu çalışmada indirekt restoratif materyallerin yalnızca 1,5 mm ve 2 mm kalınlıkları değerlendirilmiş olsa da 1,5 mm kalınlığındaki örneklerde iletilen ışık gücünün başlangıca göre belirgin şekilde azalması referans çalışmada belirtilen %80'in üzerindeki kayıp düzeyleriyle uyumludur. Ayrıca, 2 mm kalınlığındaki örneklerde gözlenen daha düşük ışık iletimi, Flury ve ark.<sup>22</sup>'nin 3 mm ve 6 mm kalınlıklarda bildirdiği ışık geçişinin azalması eğilimiyle benzer sonuçlar göstermektedir. Nitekim Li ve ark.<sup>23</sup> tarafından yapılan çalışmada 0,1 mm kalınlığındaki rezin simanın yeterli polimerizasyonu için 100 mW/cm<sup>2</sup> ışık gücü ve 6 J/cm<sup>2</sup> radyant enerji gerektiği bulunmuştur. Bu çalışmanın verileri incelendiğinde 1,5 mm kalınlığında tüm materyallerden iletilen ışık gücü 100 mW/cm<sup>2</sup> üzerinde kalmış, dolayısıyla referans çalışmanın belirttiği minimum polimerizasyon eşliğine teorik olarak ulaşılmıştır. Buna karşın 2 mm materyal kalınlığında IPS e.max CAD ve VarseoSmile TriniQ örneklerinden iletilen ışık gücü 100 mW/cm<sup>2</sup>'nin altına düşmüş ve klinik olarak yeterli polimerizasyonun sağlanamama

riski ortaya çıkmıştır. Bu durum indirekt restoratif materyallerin kalınlığındaki küçük artışların bile polimerizasyon açısından kritik sonuçlar oluşturabileceğini göstermektedir.

Li ve ark.<sup>23</sup> 100 mW/cm<sup>2</sup> ışık gücü ve 6 J/cm<sup>2</sup> minimum radyant enerji değerine ulaşabilmek için ışık kaynağının çıkış gücünün 1,5 mm seramikte en az 500 mW/cm<sup>2</sup>, 3 mm'de 2000 mW/cm<sup>2</sup>, 6 mm'de ise 10.000 mW/cm<sup>2</sup> olması gerektiğini ve ışık uygulama süresinin 60 saniyenin üzerine olması gerektiğini belirtmiştir. Ancak literatürde kullanılan LED ışık kaynaklarının büyük çoğunluğunun ışık gücünün 2000 mW/cm<sup>2</sup> altında kaldığı bildirilmiştir.<sup>22,24,25</sup> Bu nedenle 3 mm'den daha kalın seramik restorasyonlar altında yalnızca ışıkla polimerize olan rezin simanların kullanımı önerilmemektedir.<sup>23</sup>

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar hem materyal kalınlığının hem de materyal türünün iletilen ışık gücü ve ışık geçme yüzdesi üzerinde belirgin etkileri olduğunu ortaya koymuş ve çalışmanın h<sub>01</sub> ve h<sub>02</sub> hipotezleri reddedilmiştir.

Bu bulgular, çalışmanın tasarımına özgü belirli metodolojik sınırlılıklar dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Veriler in vitro koşullarda, standartlaştırılmış disk örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu durum, ağız içerisindeki kavisli preparasyonlar, diş dokuları ve tükürük gibi faktörlerin oluşturduğu karmaşık klinik ortamı yansıtmamaktadır. İlâveten, ölçümler tek bir LED ışık kaynağının standart modu kullanılarak yapılmış; farklı ışık kaynakları, modları ve uç tasarımlarının potansiyel etkileri araştırılmamıştır. Çalışmada üç indirekt restoratif materyalin yalnızca A2 rengi ve iki kalınlık düzeyi değerlendirilmiştir. Farklı materyaller, renkler, daha geniş kalınlık aralıkları için sonuçların doğrudan genellenmesi sınırlıdır. Ayrıca bu çalışmada sadece iletilen ışık gücü ve ışık geçme oranı ölçülmüş; bu ışık gücü kaybının rezin simanların polimerizasyon derecesi, sertlik ve bağlanma dayanımı gibi mekanik ve klinik sonuçlara yansması test edilmemiştir. Bu sınırlılıklar göz önünde bulundurulduğunda, ileride yapılacak çalışmalarda farklı ışık kaynakları, daha çeşitli materyal grupları, farklı kalınlık ve renk kombinasyonları ile rezin simanların polimerizasyon parametrelerinin birlikte değerlendirilmesi klinik açıdan daha kapsamlı veri sağlayacaktır.

## Sonuç

Bu çalışma, değerlendirilen indirekt restoratif materyallerden iletilen ışık gücünün hem materyal türüne hem de materyal kalınlığına

bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Örneklerin kalınlığının artmasıyla ışık transmisyonunun azalması ve materyaller arasında tespit edilen farklılıklar, polimerizasyon sırasında restorasyon altına ulaşan ışık miktarının sabit olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, materyal türü ve kalınlık değiştiğinde ışık iletiminde farklılıklar ortaya çıktığını ve bu farklılıkların rezin simanların polimerizasyonunu etkileyebilecek bir unsur olduğunu göstermektedir. Farklı materyal grupları ve daha geniş kalınlık aralıklarını içeren çalışmaların yapılması ışık transmisyonu ve polimerizasyon arasındaki ilişkinin daha ayrıntılı biçimde açıklanmasına katkı sağlayacaktır.

#### **Etik Kurul Onayı**

Bu çalışma için etik kurul onayına gerek duyulmamaktadır.

#### **Finansal Kaynak**

Yazarlar bu çalışmanın herhangi bir finansal destek almadığını beyan etmektedir.

#### **Çıkar Çatışması**

Bu makale yazarlarından hiçbirinin makalede bahsi geçen konu veya malzemeyle ilgili herhangi bir ilişkisi, bağlantısı veya parasal çıkar durumu söz konusu değildir.

**Yazar Katkısı:** Fikir: E.N.K, B.D.K, B.T Tasarım: E.N.K, B.D.K, B.T Denetleme P.Y.A, B.T Kaynaklar: E.N.K, B.D.K Malzemeler: E.N.K, B.D.K Veri Toplama: E.N.K, B.D.K Analiz: E.N.K, B.D.K, P.Y.A, B.T Literatür: E.N.K Yazı: E.N.K Eleştirel İnceleme: B.D.K, P.Y.A, B.T.

## Kaynakça

1. Jovanović M, Živić M, Milosavljević M. A potential application of materials based on a polymer and CAD/CAM composite resins in prosthetic dentistry. *J Prosthodont Res.* 2021;65(2):137-47.
2. Spitznagel F, Boldt J, Gierthmuehlen P. CAD/CAM ceramic restorative materials for natural teeth. *J Dent Res.* 2018;97(10):1082-91.
3. Aktug Karademir S, Atasoy S, Akarsu S, Karaaslan E. Effects of post-curing conditions on degree of conversion, microhardness, and stainability of 3D printed permanent resins. *BMC Oral Health.* 2025;25(1):304.
4. Pereira ALC, de Melo Dias AC, de Souza Santos K, et al. Influence of salivary pH on the surface, mechanical, physical, and cytotoxic properties of resins for 3D-printed and heat-polymerized denture base. *J Dent.* 2025;156:105721.
5. Oh R, Lim J-H, Lee C-G, Lee K-W, Kim S-Y, Kim J-E. Effects of washing solution temperature on the biocompatibility and mechanical properties of 3D-printed dental resin material. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2023;143:105906.
6. Al-Dulaijan YA, Alsulaimi L, Alotaibi R, et al. Comparative evaluation of surface roughness and hardness of 3D printed resins. *Materials (Basel).* 2022;15(19):6822.
7. de Castro EF, Nima G, Rueggeberg FA, Giannini M. Effect of build orientation on accuracy, flexural modulus, flexural strength, and microhardness of 3D-printed resins for provisional restorations. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022;136:105479.
8. Soto-Montero J, Romano BdC, Noronha MdS, André CB, Giannini M. Microtensile bond strength of resin cements to 3D-printed and milled temporary restorative resins. *Odovtos Int J Dent Sci.* 2023;25(3):82-98.
9. Öztürk E, Bolay Ş, Hickel R, Ilie N. Effects of ceramic shade and thickness on the micro-mechanical properties of a light-cured resin cement in different shades. *Acta Odontol Scand.* 2015;73(7):503-7.
10. Hadis M, Leprince J, Shortall A, Devaux J, Leloup G, Palin W. High irradiance curing and anomalies of exposure reciprocity law in resin-based materials. *J Dent.* 2011;39(8):549-57.
11. Selig D, Haenel T, Hausnerová B, et al. Examining exposure reciprocity in a resin-based composite using high irradiance levels and real-time degree of conversion values. *Dent Mater.* 2015;31(5):583-93.
12. Brodbelt R, O'Brien W, Fan P. Translucency of dental porcelains. *J Dent Res.* 1980;59(1):70-5.
13. Pacheco RR, Carvalho AO, André CB, et al. Effect of indirect restorative material and thickness on light transmission at different wavelengths. *J Prosthodont Res.* 2019;63(2):232-8.
14. Caldas D, Almeida J, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti M, Consani S. Influence of curing tip distance on resin composite Knoop hardness number using three different light-curing units. *Oper Dent.* 2003;28(3):315-20.
15. Staudt CB, Krejci I, Mavropoulos A. Bracket bond strength dependence on light power density. *J Dent.* 2006;34(7):498-502.
16. Jafari Z, Alaghehmand H, Samani Y, Mahdian M, Khafri S. Light transmittance of CAD/CAM ceramics with different shades and thicknesses and microhardness of the underlying light-cured resin cement. *Restor Dent Endod.* 2018;43(3):e31.
17. Hassanpour M, Narongdej P, Alterman N, Moghtadernejad S, Barjasteh E. Effects of post-processing parameters on 3D-printed dental appliances: A review. *Polymers (Basel).* 2024;16(19):2795.
18. De Castro EF, Fronza BM, Soto-Montero J, Giannini M, dos-Santos-Dias CT, Price RB. Effect of thickness of CAD/CAM materials on light transmission and resin cement polymerization using a blue light-emitting diode light-curing unit. *J Esthet Restor Dent.* 2023;35(2):368-80.
19. Lise DP, Van Ende A, De Munck J, et al. Light irradiance through novel CAD-CAM block materials and degree of conversion of composite cements. *Dent Mater.* 2018;34(2):296-305.
20. Doğu Kaya B, Öztürk S, Şenol AA, Kahramanoğlu E, Yılmaz Atalı P, Tarçın B. Effect of CAD-CAM block thickness and translucency on the polymerization of luting materials. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):1384.
21. Watts DC, Algamaiah H. What happens when I irradiate a BFC? In: *Bulk Fill Resin Composites in Dentistry: A Clinical Guide.* Cham: Springer; 2023. p. 39-49.

22. Flury S, Lussi A, Hickel R, Ilie N. Light curing through glass ceramics with a second- and third-generation LED curing unit: effect of curing mode on the degree of conversion of dual-curing resin cements. *Clin Oral Investig.* 2013;17(9):2127-37.
23. Li Q, Lin H-L, Zheng M, Ozcan M, Yu H. Minimum radiant exposure and irradiance for triggering adequate polymerization of a photo-polymerized resin cement. *Materials (Basel).* 2021;14(9):2341.
24. Watanabe H, Kazama R, Asai T, et al. Efficiency of dual-cured resin cement polymerization induced by high-intensity LED curing units through ceramic material. *Oper Dent.* 2015;40(2):153-62.
25. Morimoto S, Zanini RAM, Meira JBC, Agra CM, Calheiros FC, Nagase DY. Influence of physical assessment of different light-curing units on irradiance and composite microhardness top/bottom ratio. *Odontology.* 2016;104(3):298-304.