

# Polimer Yapılı CAD/CAM Materyallerin Optik Özellikleri

Şebnem Yılmaz(0000-0001-7898-9259)<sup>a</sup>, Ferhan Egilmez(0000-0001-9325-8761)<sup>a</sup>

*Selcuk Dent J, 2021; 8: 580-590 (Doi: 10.15311/selcukdentj.676441)*

Başvuru Tarihi: 17 Ocak 2020  
Yayına Kabul Tarihi: 17 Mayıs 2020

## ÖZ

### Polimer Yapılı CAD/CAM Materyallerin Optik Özellikleri

Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin klinik başarısında diş dokularıyla uyumlu materyal seçimi büyük rol oynamaktadır. Doğal dişlerle uyumlu görünümde restorasyonlar oluşturabilmek için de bu materyallerin translüsensi, renk tonu (hue), renk doygunluğu (chroma), opalesans gibi optik özelliklerinin bilinmesi büyük öneme sahiptir. Estetik açıdan endikasyonları karşılayabilmek için farklı yapıda CAD/CAM materyalleri piyasaya sunulmuştur. Polimer yapılı CAD/CAM materyallerin rengi, matriks veya monomer kompozisyonu, kimyasal kompozisyon, doldurucu büyüklüğü veya doldurucu miktarı vb. materyale bağlı farklılıklardan etkilenebileceği gibi, arka zemin rengi, siman ve materyale bağlı diğer özellikler gibi klinik faktörlerden de etkilenmektedir. Bu literatür derlemesinin amacı, polimer yapılı CAD/CAM materyallerin optik özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için konuyla ilgili çalışmalarını irdeleyerek değerlendirme yapmaktır.

### ANAHTAR KELİMELER

Translüsensi, Rezin nanoseramik, Polimer infiltre seramik, PEEK, PMMA

## ABSTRACT

### Optical Properties of Polymer-Based CAD/CAM Materials

The choice of materials compatible with dental tissues plays a major role in the clinical success of restorative materials used in dentistry. It is of great importance to know the optical properties of these materials, such as translucence, hue, chroma opalescence, in order to fabricate restorations that are in harmony with natural teeth. In order to meet the aesthetic indications, different CAD/CAM materials have been introduced to the market. Color of polymer-based CAD/CAM materials could be affected by matrix or monomer composition, chemical composition, filler size or filler volume, etc. or material-related differences, as well as clinical factors such as background color, cement and other material-related properties. The aim of this review was to evaluate the studies about optical properties of polymer-based CAD/CAM materials to provide a better understanding.

### KEYWORDS

Translucency, Resin nanoceramic, Polymer infiltrated ceramic, PEEK, PMMA

Diş hekimliğinde bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (BDT/BDÜ; CAD/CAM) teknolojisi son yıllarda oldukça popüler hale gelmiştir. Bu yöntem, estetik restorasyonların hazırlanması için gereken klinik randevu sayısını ve üretim süresini azalttığı için yaygın olarak kullanılmaktadır.<sup>1</sup>

Metal destekli seramik restorasyonlarla karşılaştırıldığında, uzun süredir klinisyenler, kimyasal stabilite, estetik ve biyouyumlulukları nedeniyle metal alt yapı içermeyen seramik restorasyonları daha çok tercih etmektedir.<sup>1</sup> Günümüzde CAD/CAM sistemleri ile hazırlanan estetik dental restorasyonlar için cam seramik ya da seramik materyaller ve polimer yapılı materyaller olmak üzere iki ana tip materyal bulunmaktadır. Seramikler, iyonik ve/veya kovalent bağlarla bağlanmış metalik ve metalik olmayan elementler içeren kristalimsi, metalik olmayan materyaller olarak tanımlanırken cam seramikler, camsı fazın matriks yapısını oluşturduğu, seramiğin ise takviye dolgu maddesi olarak etki ettiği kompozit tipte materyaller olarak tanımlanmaktadır.<sup>2,3</sup>

Seramikler, diş hekimliği uygulamalarına uygun olacak şekilde güçlü materyaller olmakla birlikte doğal yapıları gereği kırılmalıdır.<sup>4</sup> Düşük kırılma tokluğu özellikleri nedeniyle yüksek temas yükleri altında başarısızlık göstermektedir.<sup>4</sup> Ek olarak, seramikler karşı diş üzerinde

potansiyel bir aşındırıcı etkiye sahiptir.<sup>5</sup> Bununla birlikte seramiklerin hem olumlu yanlarını korumak hem de negatif özelliklerinin üstesinden gelmek amacıyla üretilen polimer yapılı CAD/CAM materyalleri, kompozit rezinler ve yüksek yoğunluklu polimer materyaller olarak iki grupta incelenebilir.<sup>2</sup>

Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin uzun dönem klinik başarısında fiziksel ve mekanik özellikleri büyük miktarda rol oynamaktadır. Bununla birlikte bir restorasyonun estetik başarısı doğal dişleri görünüm olarak taklit edebilme kapasitesine, yani temel olarak optik özelliklerine bağlıdır. Doğal dişlerin rengi, mine ve dentinin optik özelliklerinin bir kombinasyonu sonucu oluşur.<sup>6</sup> Bu dokuların kalınlık, yapı ve kompozisyonu dişin farklı bölgelerinde değişmektedir. Doğal diş renginin ışık yansıtma, difüzyon, absorpsiyon ve ışık geçirgenliği gibi karmaşık optik özellikleri nedeniyle estetik restorasyonlarda başarıyı yakalamak oldukça zordur.<sup>7</sup> Bir restorasyonun renginin diş dokularıyla uyumlu olabilmesi için de benzer şekilde ışığın materyal tarafından emilme, materyalde yansıma ve

<sup>a</sup> Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, Ankara, Türkiye

materyalden geçme özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.<sup>8</sup> Bundan dolayı, yeni geliştirilen estetik materyallerin renk, opalesans, renk tonu (hue) açısı, renk doygunluğu (chroma), yüzey parlaklığı, ışık geçirgenliği gibi optik saçılma özelliklerinin incelendiği pek çok çalışma literatürde yer almaktadır.<sup>9-14</sup>

Polimer yapılı CAD/CAM materyallerin rengi, matris veya monomer kompozisyonu, kimyasal kompozisyon, doldurucu büyüklüğü veya doldurucu miktarı vb. materyale bağlı farklılıklardan kaynaklanabileceği gibi, arka zemin rengi, siman ve materyale bağlı diğer özellikler gibi klinik faktörlerden de etkilenmektedir. Bu literatür derlemesinin amacı, polimer yapılı CAD/CAM materyallerin optik özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için konuyla ilgili çalışmaları irdeleyerek değerlendirme yapmaktır.

## YÖNTEM

Bu literatür derlemesi için elektronik olarak PubMed aracılığı ile Medline veri tabanında yayın taraması yapıldı. 1 Ocak 2009 ve 30 Kasım 2019 tarihleri arasında yayınlanan İngilizce dilindeki makaleleri bulmak için “optik özellikler” veya “renk” ve “dental CAD/CAM materyalleri” anahtar kelimeleri kullanıldı. Toplamda 168 makaleye ulaşıldı. Başlıkları ve özetleri değerlendirilen makalelerin derlemeye dahil edilebilmesi için tam metin olarak yayımlanmış olması, polimer yapılı CAD/CAM materyallerinin optik özelliklerine ilişkin bilgi vermesi kriterleri arandı. Bu kriterleri sağlayan 97 makale çalışmaya dahil edilerek analiz edildi.

## Polimer Yapılı CAD/CAM Materyallerin Sınıflandırılması ve Optik Özellikleri

### 1. Kompozit rezin CAD/CAM materyalleri

Kompozit rezin CAD/CAM materyalleri, inorganik (seramik veya cam-seramik veya cam partikülleri), organik veya kompozit yapıda olabilen doldurucular ile takviye edilmiş polimerik bir matristen oluşmaktadır ve rezin nano seramik, hibrit seramik, rezin matris seramik, çift ağ yapılı materyal, seramik bazlı interpenetre fazlı kompozit veya polimer infiltre seramik ağ yapılı materyal, yüksek performanslı polimer gibi çok çeşitli isimler altında literatürde yer almaktadır.<sup>2,3</sup>

Bu materyaller, kısmi olarak sinterlenmiş CAD/CAM materyallerinden farklı olarak son sinterizasyon aşaması gerektirmeyen, nihai formda freze edilen, böylelikle daha hızlı bir restorasyon üretim sürecine sahip ve boyutsal hassasiyetin artmış olduğu restorasyonlar yapılmasına imkan veren materyallerdir.<sup>15</sup> Bu materyaller, yüksek miktarda doldurucular içeren nano-kompozit yapıda üretilmekte olup yüksek sıcaklık (>100 °C) ve yüksek basınç (>150 MPa) koşulları altında endüstriyel olarak polimerize edilmektedir.<sup>4</sup> Standart hale getirilmiş yüksek sıcaklık ve basınç altında endüstriyel polimerizasyon uygulanması neticesinde malzemenin

daha iyi işlenebilirlik özelliğine sahip olduğunu ve restorasyon marjlerinin daha uyumlu hazırlanabildiğini göstermiştir.<sup>16</sup> Bu bilgilere ilaveten, endüstriyel polimerizasyon sonucu geleneksel ışıkla polimerize olan kompozit rezinlere göre sertlik, densite ve kırılma direncinin arttığı rapor edilmiştir.<sup>2</sup>

Günümüzde piyasada bulunan polimer yapılı kompozit rezin CAD/CAM materyallerine ait bazı örnekler Tablo 1’de gösterilmektedir.

**Tablo 1.**

## Günümüzde piyasada bulunan polimer yapılı kompozit rezin CAD/CAM materyallerine ait bazı örnekler

	Ticari isim	Kompozisyon	Üretici firma	
Kompozit Resin Polimer Yapılı CAD/CAM Materyalleri	Paradigm MZ 100	%15 Bis-GMA, TEGDMA, %85 zirkonya silika dolgu maddesi	3M ESPE, St. Paul, MN, ABD	
	Lava Ultimate	%20 Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGDMA, %60 SiO <sub>2</sub> (20 nm), ZrO <sub>2</sub> (4-11 nm), ZrO <sub>2</sub> /SiO <sub>2</sub> kümeleri	3M Espe, Seefeld, Almanya	
	Kerr	Cam fiberle güçlendirilmiş kompozit	Kerr, Orange, ABD	
	Crios Brilliant	71 wt% cam Baryum (<1.0 µm), SiO <sub>2</sub> (<20 nm), çapraz bağlanmış metakrilat, pigmentler	Coltène/Whaledent, Altstätten, İsviçre	
	Shofu Blocks HC	61 wt% SiO <sub>2</sub> , zirkonyum silikat, UDMA, TEGDMA kompozit rezin	SHOFU Dental, Ratingen, Almanya	
	Gradia Block	Silika, Al-silikatcam partikülleri, prepolymerize doldurucular, UDMA, metakrilat	GC Corporation, Tokyo, Japonya	
	KZR-CAD-HR2	SiO <sub>2</sub> (20 nm), SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ZrO <sub>2</sub> (20-60 µm) kümeleri, florit partikülleri (700 nm)	Yamakin Co., Ltd., Osaka, Japonya	
	Ambarino High Class	Bis-GMA, UDMA, nano doldurucular	Creamed, Marburg, Almanya	
	Trinia	Birbirine geçmiş çok katlı cam fiber ve rezin	Shofu Dental Corporation, San Marcos, California, ABD	
	Trilor	Epoksi rezin matrisi ve çok yönlü cam fiberle güçlendirilmiş Hi-Tech Fiber kompozit	Bioloren S.r.l, Saronno (VA), İtalya	
	GC Cerasmart	%29 Bis-MEPP, UDMA, DMA, %71 silika (20 nm), baryum cam (300 nm) nanopartikülleri	GC Dental Products Europe, Leuven, Belçika	
	Polimer infiltre seramik ağ yapılı materyal	Vita Enamic	%14 UDMA, TEGDMA, %86 yarı sinterize edilmiş feldspatik seramik ağ	VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya
Yüksek Yoğunluklu Polimer Yapılı CAD/CAM Materyalleri		TelioCAD	Çapraz bağlar içeren PMMA	Ivoclar-Vivadent, Schaan, Lihtenştayn
		Ceroon base PMMA	>99% PMMA	Degudent, Hanau, Almanya
		M-PM-Disc	PMMA	Merz Dental GmbH, Lütjenburg, Almanya
		Polident CAD-CAM disc	Prepolimerize olmuş PMMA	Polident d.o.o, Volčja Draga, Slovenya
		Zenotec PMMA	PMMA	Wieland Dental, Pforzheim, Almanya
		Artibloc PMMA	PMMA	Merz Dental GmbH, Lütjenburg, Almanya
		Polycon ae	PMMA	Straumann, Basel, İsviçre
		New Outline CAD	PMMA	Anaxdent, stuttgart, Almanya
		QUATTRO DISC eco PMMA	PMMA	Goldquadrat, Hannover, Almanya
		Ceramill A-Splint	PMMA	Amann Girschbach AG, Koblach, Avusturya
		Artibloc Temp	Yüksek oranda çapraz bağlanmış PMMA	Merz Dental GmbH, Lütjenburg, Almanya
	Polycon ae	Yüksek oranda çapraz bağlanmış PMMA	Straumann, Basel, İsviçre	
PEEK	CAD Temp	%14 mikrodoldurucu (MRP) PMMA	VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya	
	Coprapeek	%100 PEEK	White Peaks Dental Systems GmbH & Co. KG., Essen, Almanya	
	PEEK-OPTIMA	%100 PEEK	Juvora Ltd. Wyre, Lancashire, İngiltere	
	BreCAM BioH PP	%20 nanoseramik doldurucu PEEK	Bredent GmbH & Co. KG., Senden, Almanya	
	Dentokeep	%20 inorganik doldurucu PEEK	NT-trading, Karlsruhe, Almanya	
	Ceramill PEEK 71	PEEK	Amann Girschbach AG, Koblach, Avusturya	
	Pektkon Ivory	%20 TiO <sub>2</sub> doldurucu %80 PEEK	Cendres Métaux SA, Biel/Bienne, İsviçre	
	Tecno Med Mineral	Yüksek performanslı rezin, seramik takviyeli PEEK	Zirkonzahn S.r.l, Gais, İtalya	

Polimer yapılı kompozit rezin CAD/CAM materyalleri yapılarına göre, rezin matris içerisinde dağılmış doldurucular içeren materyaller ve polimer infiltrate seramik ağ yapılı materyaller olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır.<sup>17</sup>

#### a) Rezin matris içerisinde dağılmış doldurucular içeren kompozit rezin CAD/CAM materyalleri

Rezin matris içerisinde dağılmış doldurucular içeren kompozit rezin CAD/CAM materyalleri sınıfında yer alan ilk CAD/CAM bloklar 2010 yıllarında üretilmiştir (Paradigm MZ100, 3M ESPE, St. Paul, MN, ABD). Doldurucu partiküller sayesinde radyoopaktır ve bu partiküller materyale aşınma direnci ve dayanıklılık sağlar.<sup>18</sup> Daha az diş preparasyonu gerektirmesi ve daha kolay bitirme ve parlatma işlemlerine imkan vermesi, intraoral olarak kolayca uyumlanabilmesi, karışık dişlerde daha az aşındırma potansiyeline sahip olması ve eğilme dayanımının 150 MPa olması gibi avantajlara sahip olduğu bildirilmiştir.<sup>18</sup>

Ancak matris yapısında bulunan Bis-GMA monomerinin hidrofilik özelliği nedeniyle aynı firma tarafından yüksek derecede polimerize olmuş rezin matris içerisinde nano-seramik partiküllerin ilave edildiği ve CAD/CAM sistemleri ile kullanılan yeni tip kompozit materyali üretilmiştir (Lava Ultimate, 3M ESPE, St. Paul, MN, ABD).<sup>19,20</sup> Materyaldeki önemli gelişme ise ısı ve basınç altında tamamen polimerize olan üretilen dimetakrilat (UDMA) yapısındaki matristen yapılmış olmasıdır.<sup>17</sup> Paradigm MZ100'ün avantajlarına ek olarak daha yüksek bükülme dayanımına sahip olduğu (200 MPa), intraoral veya ekstraoral olarak renklendirme yapılabildiği rapor edilmiştir.<sup>18,20</sup> Bu bilgilere ilaveten, kompozitin esneklik ve yüksek kırılma dayanımı gibi özelliklerine sahip, aynı zamanda seramiğin estetik özelliklerinin de birleştirildiği bir materyal olduğu belirtilmiştir.<sup>8, 18, 20-22</sup>

Bu materyalin endikasyonları inley, onley ve veneer restorasyonlar olarak bildirilmiştir. Ancak elastik modülünün düşük olması sonucu kron içinde elastik bir deformasyon olduğu ve bu stres konsantrasyonunun adezyonu zayıflattığı ve sonrasında da desimantasyona sebep olabileceği gösterilmiştir. Bu nedenle, materyalin tam kron endikasyonu firma tarafından kaldırılmıştır.<sup>18</sup> Simantasyondan önce restorasyona 50  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  ile 2 bar basınç altında kumlama yapılması ve adeziv simanlarla simante edilmesi önerilmektedir.<sup>23</sup>

Sonraki yıllarda, kompozit rezin CAD/CAM materyali (Cerasmart, GC, Tokyo, Japonya) geliştirilmiştir.<sup>24</sup> İnley, onley, veneer kron ve implant destekli kron restorasyonlarda kullanılmaktadır. Literatürde, sinterleme ve fırınlama işlemlerine gerek kalmaması, intraoral tamir yapılabilmesi, yüksek aşınma direnci, yüksek esneklik ve kırılma dayanımına sahip olması, yüksek radyoopasite göstermesi gibi avantajlara sahip olduğu bildirilmiştir.<sup>24</sup> Bu materyalle yapılan restorasyonların simantasyondan önce 25-50  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  ile kumlama ya da % 5 hidroflorik asit ile

pürüzlendirme yapılması ve adeziv siman ile simantasyonu önerilmektedir.<sup>23</sup>

Kompozit rezin CAD/CAM materyalinin (Cerasmart'ın) piyasaya sürülmesinden yakın zaman sonra ise yine rezin matris içerisinde dağılmış doldurucular içeren kompozit rezin CAD/CAM materyalleri sınıfına giren başka bir materyal daha (Shofu Block HC, Shofu, Kyoto, Japonya) kullanıma sunulmuştur. Bu sistemde, anterior restorasyonlar için iki tabakalı bloklar mevcuttur, ışık geçirgenliği ve floresans özelliği iyidir, ayrıca kolay ve sürdürülebilir polisajlanma özelliğine sahiptir.<sup>24</sup> Diş benzer ışık geçirgenliğine sahip ve mekanik özelliklerinin iyi olması sebebiyle hem anterior hem de posterior restorasyonlarda, implant destekli restorasyonlar, inley, onley ve veneer restorasyonlarda kullanılmaktadır.<sup>24</sup>

#### b) Polimer infiltrate seramik ağ yapılı kompozit rezin CAD/CAM materyalleri

Kompozit rezin yapılı CAD/CAM materyallerin ikinci grubunda yer alan polimer infiltrate seramik ağ yapılı kompozit rezin CAD/CAM materyalleri grubunda Vita Enamic (Vita Zahnfabrik, Cuxhaven, Germany) yer almaktadır. Bu materyal, üç boyutlu ve iç içe geçmiş ağ yapısındaki geometriye sahiptir. İnorganik partikül dolduruculu sürekli faz içeren geleneksel kompozitlerin aksine, bu materyal, kesintisiz iç içe geçmiş iki farklı ağ yapısındadır.<sup>25</sup> Seramiklere kıyasla bu materyal, marjinal kenarlarda oluşan kırılma ve çatlağa karşı daha dayanıklıdır ve seramiklerden farklı olarak, şekillendirdikten sonra ısı uygulanmasına gerek yoktur.<sup>26</sup> Tek diş kron, inley, onley ve veneer restorasyonlarında kullanılması önerilmektedir. Ayrıca köprü restorasyonlarında ve parafonksiyonel durumlarda kullanımının kontrendike olduğu bildirilmiştir.<sup>18</sup> Restorasyonun simantasyonundan önce, dişin orto-fosforik asitle, restorasyonun ise cam seramiklerde olduğu gibi hidroflorik asit (HF) ile asitlenmesi ve adeziv simanla simante edilmesi tavsiye edilmiştir.<sup>27</sup> HF ile asitleme sonrası materyal yapısındaki camsı matrisin çözülmesi, kristal fazın açığa çıktığı ve bu sayede materyal yüzeyinin adeziv simana mekanik olarak bağlanabilir hale geldiği bildirilmiştir.<sup>28</sup>

Yakın zamanda materyalin doğal dişlere benzer şekilde servikalden insizale doğru renk tonu geçişi olan Vita Enamic multiColor blokları üretilmiştir.<sup>14</sup> Ayrıca, implant-destekli kron üst yapılarda veya titanium dayanaklara simanla yapıştırılan karmaşık üst yapılarda (ti-base sistemleri) kullanım için Vita Enamic IS bloklar da bulunmaktadır.<sup>29</sup>

Polimer yapılı CAD/CAM materyallerinin optik özelliklerini irdeleyen çalışmalar değerlendirildiğinde; araştırmaların genel olarak materyalin translusensi, doğal dişlerle renk uyumu, opalesans, fosforesans, renk tonu açısı ve renk doygunluğu, yüzey pürüzlülüğüne bağlı parlaklık ve renk değişimi gibi özelliklerinin araştırıldığı görülmektedir. Bunun yanı sıra renk stabilitesi, lekelenme potansiyeli, lekelenme

sonrası beyazlatma ajanları ile muamele sonrası renk değişikliği gibi özellikleri konularında da çalışmaların yoğunlaştığı dikkati çekmektedir.

Pulgar ve ark.<sup>14</sup> tarafından yapılan bir çalışmada, yeni üretilen ve doğal dişlere benzer şekilde servikalden insizale doğru renk tonu geçişi olan multiColor polimer infiltrate seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalinin renk, translusensi parametresi ve optik özellikleri (saçılma (S), soğurma (K) ve geçirgenlik (T)) değerlendirilmiştir. Renk ve translusensi farkları % 50:50 algılanabilir ve % 50:50 kabul edilebilir eşik değerleri kullanılarak incelenmiştir. Ortalama C\* ve b\* değerlerinin insizalden servikal tabakalara doğru istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttığı bulunmuştur. Genelde, sıralı katmanlar arasındaki renk değişiminin, tüm renk kodlarındaki bloklarda algılanabilir düzey üzerinde olduğu tespit edilmiştir. İlave olarak, translusensi parametresi (TP) servikalden insizale doğru artmıştır ve translusensi parametresi değerlerinin katmanlar arasında algılanabilir düzeyde yüksek ve kabul edilebilir renk algısı düzeyinden düşük miktarda olduğu bulunmuştur. Tüm tonlardaki katmanlarda, S, K katsayıları ve T değerlerinin benzer spektral davranış gösterdiği ve bu değerlerin servikalden insizal katmanlara doğru anlamlı düzeyde farklı olduğu gösterilmiştir. Araştırmacılar, multiColor polimer infiltrate seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalinin renk ve translusensi parametreleri göz önüne alındığında, diş teknisyenlerinin ve diş hekimleri için, mevcut CAD-CAM monolitik malzemelerden daha iyi estetik sonuçlar elde etmesine yardımcı olabileceği sonucunu vurgulamışlardır.<sup>14</sup>

Benzer şekilde 5 farklı monolitik CAD/CAM restoratif materyalin (Lava Ultimate, Vita Enamic, Vitablocs Mark II, Vita Suprinity ve IPS e.max CAD) translusensi özelliği ve çift eksenli bükülme dayanımının değerlendirildiği başka bir çalışmada ise materyallerin translusensi değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu bulunmuştur.<sup>30</sup> En yüksek ortalama translusensi değerinin zirkonya infiltrate lityum disilikat materyalinde elde edildiği gözlenirken, en düşük ortalama değer ise polimer infiltrate seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalinde olduğu bulunmuştur. Araştırma sonucunda, zirkonya infiltrate cam seramiğin, rezin nano seramik, feldspatik seramik, lityum disilikat seramik ve polimer infiltrate seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalinden daha yüksek ortalama translusensi değerine ve çift eksenli bükülme dayanımına sahip olduğu gösterilmiştir.<sup>30</sup>

Farklı kimyasal yapıdaki güncel monolitik CAD/CAM materyallerinin optik özelliklerinin değerlendirildiği başka bir çalışmada ise materyallerin translusensi ve opalesans parametreleri incelenmiştir.<sup>10</sup> Çalışmada, materyal türü ve kalınlığı, monolitik restoratif materyalin optik özelliklerini önemli ölçüde etkilediği bulunmuştur. Hibrit nanoseramik ve cam seramik, en yüksek translüsensi değerlerini sergilerken, zirkonya

infiltrate lityum silikat cam seramik, test edilen diğer malzemeler arasında en yüksek ortalama opalesans değerine sahip olmuştur. Araştırmacılar, estetik restorasyonlar elde etmek ve özellikle ön dişlerde doğal dentisyonla renk uyumu açısından başarılı sonuçlar sağlamak için, farklı optik özelliklere sahip olan monolitik malzemelerin dikkatlice seçilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.<sup>10</sup>

Renklerin karşılaştırılması ve seçilmesinde renk doygunluğu, renk tonu açısı, parlaklığı temel almak bir klinik uygulamadır. Bu açıdan, yüzey parlaklığı, ( $\Delta E^*_{SCE-SCI}$ ) estetik restoratif materyallerin, minenin görünüşünü taklit etmesi için arzu edilen özelliklerden biridir.<sup>8</sup>

Eğilmez ve ark.<sup>8</sup> tarafından yapılan bir çalışmada, rezin nano-seramik (Lava Ultimate, Cerasmart) ve polimer infiltrate seramik ağ yapılı CAD/CAM materyallerin (Vita Enamic) renk parametreleri (hue açısı ve kroma) değerlendirilmiş, ayrıca materyallere ait translusensi parametreleri, speküler moddaki renk değişimine bağlı oluşan yüzey parlaklığı ve yüzey pürüzlülüğü verileri karşılaştırılmıştır. Hue açısı bakımından nano-rezin seramikler, polimer infiltrate seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalinden daha yüksek değerler sergilemiştir. Kroma değerleri açısından ise polimer infiltrate seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali, nano-rezin seramiklerden daha yüksek sonuçlar göstermiştir. Test edilen materyallerin translusensi değerleri, materyal renginden bağımsız olarak farklılık göstermiş ve nano-rezin seramiklerin translusensi verileri hemen hemen benzer şekilde ve polimer infiltrate seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalinden daha yüksek bulunmuştur. Speküler moddaki renk değişimine bağlı oluşan yüzey parlaklığı açısından ise Lava Ultimate nano-rezin seramik en yüksek değeri sergilerken Vita Enamic ve Cerasmart benzer değerlere sahip olmuştur.<sup>8</sup>

Güncel estetik CAD/CAM materyalleri ve dişlerin floresans özelliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada ise daimi diş, süt dişi, kompozit rezin, seramik, ormoser yapılı hibrit restoratif rezin, polimer infiltrate seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali ve rezinle modifiye cam iyonomer siman incelenmiştir.<sup>13</sup> Araştırmacılar, restoratif materyallere ait floresans paternlerinin materyalin su emiliminden etkilendiğini rapor etmişlerdir. UV-A/Mor ışığın (405 nm) diş rengindeki restoratif materyaller arasında en yüksek aralıkta parlaklık değerleri (10-204) ürettiğini ve en büyük farklılıkların ise restorasyonlar ile diş yapısı arasında görüldüğü bildirilmiştir. Ultraviyole uyarımı altında, self cure rezin modifiye cam iyonomer siman, parlak pembe floresans emisyonu sergilerken, polimer infiltrate seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali, ormoser yapılı hibrit restoratif rezin ve cam-iyonomer siman, mavimsi pembe floresans emisyonları yaymıştır. Sonuç olarak, restoratif materyallerin UV-A

(405 nm) ışığı altında değişen emisyon modelleri sergilediği ifade edilmiştir.<sup>13</sup>

Farklı tipte, renkte ve kalınlıktaki polimer yapılı CAD/CAM materyallerinin ışık geçirgenliği ve bu özelliklerinin rezin simanın dönüşüm derecesine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada rezin nano-seramik materyaller ve polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalleri (CeraSmart, Lava Ultimate, Vita Enamic) test edilmiştir.<sup>31</sup> Test edilen materyallerin tipi ve renginin materyalden geçen ışık miktarını etkilediği ancak rezin simanın dönüşüm derecesini etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Bununla beraber, test edilen materyallerin kalınlığının, materyalden geçen ışık miktarını ve rezin simanın dönüşüm derecesini belirgin olarak etkileyen bir faktör olduğu bulunmuştur. Materyal tipi, rengi ve kalınlığının çoklu etkisi irdelendiğinde materyalden geçen ışık miktarını ve rezin simanın dönüşüm derecesine etkisi olmadığı gözlenmiştir. Araştırmacılar, restorasyon kalınlığı 2 mm'den fazla olan polimer yapılı CAD/CAM materyalleri altındaki simanın polimerizasyonunun kısıtlandığı sonucuna ulaşmıştır.<sup>31</sup>

Restoratif CAD/CAM materyalleri ve direk kompozit rezinlerin materyal kalınlığı ve yüzey pürüzlülüğüne göre translusensi özelliklerinin incelendiği bir çalışmada CAD/CAM cam seramik materyaller (Celtra Duo, IPS e.max CAD, IPS Empress CAD), ince grenli feldspatik seramik (Vita Mark II), polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali (Vita Enamic), rezin nano-seramik kompozit rezin (Lava Ultimate), deneysel CAD/CAM nano-hibrit kompozit rezin, geçici restorasyon amacıyla kullanılan PMMA yapılı CAD/CAM materyalleri (Telio CAD; Vita CAD-Temp) ve direk kompozit rezinler (Tetric EvoCeram; Filtek Supreme XTE; Tetric EvoCeram Bulk Fill) test edilmiştir.<sup>32</sup> Materyal yüzeylerine polisaj veya P1200 SiC veya P500 SiC ile aşındırma işlemlerinden biri yapılmış ve çalışma sonucunda materyal kalınlığı ve yüzey pürüzlülüğünün, adeziv restorasyonların mutlak translusensi özelliğini etkileyen ana faktörler olduğu bildirilmiştir.<sup>32</sup>

Çeşitli polisaj tekniklerinin ve termal döngü işleminin farklı polimer yapılı CAD/CAM materyallerinin yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimi üzerindeki etkilerini araştıran bir çalışmada örnekler elmas dolduruculu polisaj patı, alüminyum oksit abraziv diskler, elmas dolduruculu spiral polisaj diskleri veya lastik yapılı silikon aşındırıcılar ile cilalanmıştır.<sup>21</sup> Daha sonra örnekler termal döngüye tabi tutulmuştur. Termal döngü uygulaması ve materyal tipinin materyallerin yüzey pürüzlülüğüne etkisi olmadığı, ancak polisaj yönteminin yüzey pürüzlülüğünü etkilediği bulunmuştur. Polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalinin en fazla renk değişimi gösterdiği, nano-rezin seramikte (Lava Ultimate) ise en az renk değişimi gözlemlendiği bildirilmiştir. Bununla birlikte elmas dolduruculu spiral polisaj diskleri kullanılarak polisaj yapılan örneklerde en fazla renk

değişimi olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, gözlenen renk değişimlerinin test edilen tüm CAD/CAM materyalleri için algılanabilir ancak kabul edilebilir düzeyde ( $1,28 < \Delta E_{00} < 2,25$ ) değişiklikler olduğunu rapor etmiştir.<sup>21</sup>

Benzer şekilde farklı bitirme ve polisaj işlemlerinin polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalinin yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimine etkisinin incelendiği bir başka çalışmada örneklerin polisajı için klinik kit veya teknik kit kullanılmıştır.<sup>33</sup> Yüzey pürüzlülüğü değerleri açısından kitler arasında bir fark bulunmazken en yüksek renk değişimi klinik kitin kullanıldığı örneklerde gözlenmiştir. Bununla birlikte, araştırmacılar, renk değişimlerinin teknik kit kullanılan grupta klinik olarak kabul edilebilir düzeyde ( $\Delta E_{00} < 2,25$ ) olduğunu, klinik kit kullanılan grupta ise kabul edilebilir düzeyin üstünde renk değişimi verileri elde ettiklerini rapor etmişlerdir. Çalışma sonunda, polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali ile hazırlanan restorasyonların bitirme işlemlerinde glaze yapılması ve klinik kit kullanımı yerine teknik kit kullanılmasını önermişler, bu sayede yüzey pürüzlülüğü ve renk uyumu açısından daha iyi klinik performans sağlanacağını ifade etmişlerdir.<sup>33</sup>

Yüzey işlemlerinin estetik CAD/CAM materyallerinin mekanik ve optik özellikleri üzerine etkilerini araştıran başka bir çalışmada ise lityum disilikat seramik (IPS e.max CAD), iki farklı rezin nano-seramik (Lava Ultimate, GC Cerasmart), ve polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali test edilmiştir.<sup>34</sup> Materyallere kumlama, asitle pürüzlendirme, 2W ve 3W Er,Cr:YSGG lazerle pürüzlendirme işlemleri uygulanmış ve renk değişiklikleri incelenmiştir. Lityum disilikat seramik örneklerde kumlama hariç 2W ve 3W Er,Cr:YSGG lazerle pürüzlendirme işlemlerinin renk değişimine neden olmadığı bulunmuştur. Ancak rezin yapılı materyallerde oluşan tüm renk değişiminin algılanabilir eşik değerinde olduğu, asitle pürüzlendirme yapılan rezin nano-seramik (Cerasmart), ve polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyallerinde kabul edilemeyecek düzeyde renk değişimi yaptığı bulunmuştur. Rezin yapılı materyallerin translusensi değerlerinin tüm yüzey işlemlerinden sonra belirgin olarak azaldığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar, yüzey pürüzlendirme işlemlerinde 2W enerji seviyesi kullanılarak Er,Cr:YSGG lazer ile pürüzlendirme işleminin alternatif bir pürüzlendirme yöntemi olabileceğini rapor etmişlerdir.<sup>34</sup>

Literatürde polimer yapılı CAD/CAM materyallerinin renk stabilitesi, lekelenme potansiyeli ve lekelenme direnci ile ilgili çalışmalara da sık rastlanmaktadır.

İki kompozit rezin CAD/CAM materyali (Lava Ultimate ve Paradigm MZ100) ve iki geleneksel kompozit rezinin (SR Adoro and Premise Indirect) renk değiştirme özelliğinin değerlendirildiği bir çalışmada,

örnekler 4 hafta boyunca kahve, siyah çay, kırmızı şarap ve distile suda (kontrol) bekletilmiştir.<sup>35</sup> Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında tüm materyallerde anlamlı renk değişikliği olduğu gözlenmiştir. Gözlenen en yüksek renk değişimine kırmızı şarap neden olurken, siyah çay ise en düşük renk değişimine sebep olmuştur. Geleneksel kompozit rezinler, kompozit rezin CAD/CAM materyallerine kıyasla daha yüksek renk stabilitesi sonuçları sergilemiştir.<sup>35</sup>

Benzer bir çalışmada, altı polimer yapılı CAD/CAM materyali (Vitablocs Mark II, Paradigm MZ100, deneysel Vita Hibrit seramik, Vita Enamic, deneysel Kerr ve Lava Ultimate) ve üç direk kompozit rezin (Filtek Supreme, Venus Diamond ve Filtek Silorane), farklı renklendirici solüsyonlarla (distile su, çay, kırmızı şarap, kahve ve yapay tükürük) muamele edilmiştir.<sup>36</sup> 120 gün sonunda materyallerdeki renk değişimleri incelenmiş ve çalışma sonunda araştırmacılar, kompozit rezin CAD/CAM blokların (Vita Enamic, deneysel Vita hibrit seramik ve Lava Ultimate), MZ100 kompozit rezin bloklarına kıyasla lekelenmeye karşı en yüksek direnç gösterdiğini bulmuşlardır. Direkt kompozit olan Filtek Silorane, CAD/CAM materyallerine ve diğer direkt kompozitlere kıyasla yüksek leke direnci değerleri göstermiştir. Seramik ve kompozit CAD/CAM blokların, metakrilat esaslı direkt kompozitlerden daha düşük lekelenme duyarlılığına sahip olduğu bildirilmiştir. Kompozit rezin CAD/CAM materyallerinin (Vita Enamic ve Lava Ultimate) lekelenme duyarlılığının, feldspatik seramik bloklarla (Vitablocs Mark II) karşılaştırılabilir düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.<sup>36</sup>

Rezin nano-seramik (Lava Ultimate), polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali (Vita Enamic), lityum disilikat seramik (IPS e.max), lösitele güçlendirilmiş cam seramik (Paradigm C) ve kompozit rezin CAD/CAM materyalinin (Paradigm MZ100) yüzey parlaklığı ve lekelenme direncinin incelendiği başka bir çalışmada ise seramik-polimer hibrit materyallerin cilalandıktan sonra geleneksel kompozitlerden daha üstün yüzey parlaklığına sahip olduklarını ancak bu parlaklığın seramik materyallerin biraz altında kaldığı belirtilmiştir.<sup>37</sup> Araştırma sonuçlarına göre hibrit materyaller, lityum disilikata göre daha az lekelenme direnci göstermişlerdir. Ancak 1 yıllık yapay lekelenme yapıldıktan sonra tüm materyallere polisaj yapıldığında klinik olarak kabul edilebilir düzeyde renk değişimi gözlemlendiği rapor edilmiştir.<sup>37</sup>

Başka bir çalışmada ise rezin nano-seramik (Lava Ultimate) ve polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyallerine (Vita Enamic) farklı polisaj işlemleri (Vita Enamic teknik set, Shofu polisaj materyalleri, orta ve ince grenli lastikler ve Sof-Lex polisaj diskleri) uygulanmıştır.<sup>38</sup> Sonrasında örnekler kola, çay ve kahve içerisinde 48 saat bekletilmiş ve renk değişiklikleri ve translusensi parametreleri tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, kahvede bekletilen polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalinde tespit edilen

renk değişimi, çay ve kola solüsyonlarında bekletilen örneklerden daha fazladır. Bu bilgilere ilaveten, kahve ve çayda bekletilen rezin nano-seramik örneklerde kolada bekletilen örneklerden daha fazla renk değişimi gözlenmiştir. Ayrıca, kahve solüsyonunda bekletilen her iki CAD/CAM materyalinin translusensi parametrelerinin azaldığı tespit edilmiştir.<sup>38</sup>

Sagsoz ve ark.'nın<sup>39</sup> yaptıkları bir çalışmada, kompozit rezin CAD/CAM materyallerine uygulanan farklı polisaj tekniklerinin materyallerin lekelenme dirençlerine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada, feldspatik seramik (C-Cerec blocks), rezin nano-seramik (Lava Ultimate, Cerasmart) ve polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali (Vita Enamic) olmak üzere dört farklı CAD/CAM materyali ve ışıkla polimerize olan kompozit rezin (Clearfil Majesty Esthetic) test edilmiştir. Çalışma sonucunda lekelenme direnci açısından polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali ve rezin nano-seramik (Cerasmart), ışıkla polimerize olan kompozit rezin ve diğer rezin nano-seramikten (Lava Ultimate) belirgin olarak daha yüksek değerler sergilemiştir. Araştırmacılar, tam seramik materyallerinde kullanılan glaze işleminin karşılığı olarak kompozit rezin CAD/CAM materyallerinin bitirme işlemlerinde polisaj kitlerinin kullanımını önermişlerdir. Kompozit rezin CAD/CAM materyallerinde ışıkla polimerize olan likit polisaj uygulamasının sınırlı endikasyonları olduğunu belirtmişlerdir.<sup>39</sup>

Önceki bir çalışmada, kompozit rezin CAD/CAM materyalleri renklendirici solüsyonlara maruz bırakılmış ve sonrasında renk ve translusensi değişiklikleri değerlendirilmiştir.<sup>40</sup> Bu amaçla, direkt kompozit (Filtek Z350XT), indirekt kompozit (Shofu Ceramage), rezin nano-seramik (Shofu HC Block, Lava Ultimate) ve polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalinden (Vita Enamic) örnekler hazırlanmıştır. Neredeyse tüm materyallerde renklendirme solüsyonlarına (şarap, kahve ve çay) maruziyet sonrası klinik olarak algılanabilir düzeyde renk ( $\Delta E > 3,3$ ) ve translusensi değişiklikleri tespit edilmiştir.<sup>40</sup>

Stawarczyk ve ark.<sup>24</sup> tarafından yapılan bir çalışmada, polimer yapılı CAD/CAM materyallerinin mekanik ve optik özellikleri incelenmiş ve bu amaçla rezin nano-seramik (Lava Ultimate, Cerasmart, Shofu Block), deneysel CAD/CAM kompozit rezin, polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali (Vita Enamic), lösitele güçlendirilmiş cam seramik (IPS Empress CAD) ve lityum disilikat cam seramik (IPS e.max CAD) seçilmiştir. Materyaller 14 gün süre ile kırmızı şarap, köri solüsyonu, tere solüsyonu ve distile suda bekletilmiş ve renklenme hızları tespit edilmiştir. Araştırmacılar, renklendirme ajanının materyallerin renklenme hızı üzerinde en yüksek etkiye sahip olduğunu, bunu ise materyal tipinin takip ettiğini

belirtmişlerdir. Sonuçlara göre cam seramikler, kompozit rezin CAD/CAM materyallerine göre daha düşük renklenme hızı değerlerini sergilemiştir.<sup>24</sup>

2016 yılında yayınlanan bir çalışmada, rezin nano-seramik (Lava Ultimate), polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali (Vita Enamic), lityum disilikat cam seramik (IPS e.max CAD) ve nano-kompozit rezin (Filtek Supreme Ultra Universal) materyallerinin kahve solüsyonu içinde termal döngü uygulaması sonucu renklenme düzeyleri değerlendirilmiştir.<sup>41</sup> 0.5 mm, 0.7 mm, 1 mm ve 1.2 mm kalınlıklarda hazırlanan örnekler sıcak veya soğuk kahveye maruz bırakıldıktan sonra rezin nano-seramik ve nano-kompozit materyallerde oluşan renk değişiminin klinik olarak kabul edilebilir eşik değerlerin çok ötesinde olduğu gözlenmiştir. Polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyalinde oluşan renk değişiminin klinik olarak algılanabilir olduğu, lityum disilikat cam seramikte ise bu değerlerin klinik olarak algılanmayacak düzeyde bulunduğu ifade edilmiştir.<sup>41</sup>

Liebermann ve ark.<sup>42</sup> bir çalışmada, farklı CAD/CAM materyallerin (Lava Ultimate, Vita Enamic, IPS Empress CAD) renk değişiminde, renklendirme solüsyonlarının tipi, bekleme süresi ve bekleme sıcaklığının etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla hazırlanan örnekler kırmızı şarap, köri solüsyonu, tere solüsyonu ve distile suda 37 °C veya 55 °C'de bekletilmiştir. Çalışma sonucunda, renklendirme solüsyonlarında 7 gün bekletilen örnekler 1 gün bekletilenlere göre daha fazla renk değişimi göstermiştir. Renklendirme etkisi açısından köri solüsyonunu kırmızı şarap, tere solüsyonu ve distile su takip etmiştir. Resin nano-seramik, polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali ve lösitle güçlendirilmiş cam seramikten daha fazla renk değişikliği göstermiştir. 37 °C'de bekletilen örneklerde, 55 °C'de bekletilenlere göre daha az renk değişimi gözlenmiştir. Araştırmacılar, materyalin renklenme miktarının yiyecek ve sıcaklığa bağlı olduğunu ve bu durumun da en çok resin nano-seramik CAD/CAM materyali için belirgin hale geldiğini rapor etmişlerdir.<sup>42</sup>

Polimer yapılı CAD/CAM materyallerinin lekelenme sonrası beyazlatma ajanları ile muamelesi sonrası renk değişikliklerinin incelendiği bir çalışmada, farklı CAD/CAM bloklar (Vitablocs Mark II, Paradigm MZ100, deneysel Vita hibrit seramik, Vita Enamic, deneysel Kerr ve Lava Ultimate) ve direkt kompozit resin materyalleri (Filtek Supreme, Venus Diamond ve Filtek Silorane) test edilmiştir.<sup>43</sup> Örneklerin çay, kahve, kırmızı şarap, distile su ve yapay tükürükte 120 gün bekletilerek renklenmeleri sağlanmıştır. Daha sonra % 40'lık hidrojen peroksit jel 1 saat süreyle uygulanmış ve renk değişiklikleri kaydedilmiştir. Araştırmacılar, % 40'lık hidrojen peroksit ile beyazlatma işleminin lekelenmeyi uzaklaştırdığını saptamışlardır. Resin yapılı CAD/CAM materyallerinin renk stabilitesi açısından memnun edici sonuçlar sergilediğini ve renklenme nedeniyle değiştirilmesi düşünülen restorasyonlarda bu

metodun kullanılabileceğini, bu sayede restorasyon yenileme ihtiyacına gerek duyulmayacağını ifade etmişlerdir.<sup>43</sup>

Yakın tarihli bir çalışmada ise CAD/CAM materyallerinde meydana gelen renk ve translusensi değişimleri, kahve nedeniyle oluşan renklenme sonrası % 10 karbamid peroksit ile beyazlatma işlemini takiben incelenmiştir.<sup>44</sup> Bu amaçla direkt kompozit resin (Filtek Ultimate), resin nano-seramik (Lava Ultimate, Crios Brilliant, Shofu Blocks HC), polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali (Vita Enamic) ve cam seramik materyaller (IPS e.max CAD, Vitablocs Mark II) test edilmiştir. Materyallerin translusensi parametreleri (TP), beyazlık indeksleri (WID) ve renk değişimleri araştırılmıştır. En fazla renk değişiminin resin nano-seramikte (Lava Ultimate) gözlendiği, en az değişimin ise cam seramik materyalde (IPS e.max CAD) olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonunda hem kahveye bağlı lekelenme hem de beyazlatıcı ajanın, aynı markanın yüksek translusensideki (HT) materyalleri için düşük translusensidekilere (LT) kıyasla daha fazla renk değişikliğine neden olduğu bulunmuştur.<sup>44</sup>

Farklı konsantrasyonlardaki ofis tipi beyazlatma ajanlarının kompozit resin ve CAD/CAM blokların renk stabilitesi, translusensi ve lekelenmiş restoratif materyallerin yüzey topografisi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada direkt kompozit resin (Clearfil Majesty Esthetic), resin nano-seramik (Lava Ultimate), ve polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali (Vita Enamic) kullanılmıştır.<sup>45</sup> Materyaller 2 hafta süreyle renklendirici solüsyonlara maruz bırakılmıştır daha sonra da beyazlatma ajanı uygulanmıştır. Renklendirici solüsyonda bekleme işlemi sonrası test edilen tüm materyaller klinik olarak kabul edilebilir düzeyde renk değişimi göstermiştir ( $\Delta E_{00} < 1,8$ ). Ağartma işleminden sonra, renk üzerinde olumsuz etkiler gözlenirken, polimer infiltre seramik ağ yapılı CAD/CAM materyali saf beyaza yakın olacak şekilde daha da ileri renk değişimi göstermiştir. Resin nano-seramik ve direkt kompozit resin materyallerin beyazlık indeks değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Çalışma sonucunda resin nano-seramik en fazla translusent materyal olarak tespit edilmiş ve materyallerin translusensi parametre değerleri minimum farklılıklar göstermiştir.<sup>45</sup>

## 2.Yüksek yoğunluklu polimer yapılı CAD/CAM materyalleri

Polimer yapılı kompozit resin CAD/CAM materyallerine ilaveten CAD/CAM teknolojisi ile kullanılmak üzere geliştirilen ve sıklıkla geçici restorasyon ve dayanıklarda kullanılan yüksek yoğunluklu polimerler de piyasada kullanılmaya başlanmıştır.<sup>27,46</sup> Bu materyaller genel olarak polimetil metakrilatın (PMMA) yüksek sıcaklık ve basınç altında polimerize edilmesi ile üretilen ve bu

sayede yüksek parlatılabilirlik özelliğine ve minimum poröziteye sahip olup monomer ve kimyasal kompozisyonuna bağlı olarak farklı mekanik özelliklere sahip olan yüksek çapraz bağlı yapıdadır.<sup>27,47</sup> Otopolimerizan geçici rezin materyallerle karşılaştırıldığında daha kolay frezelenmesi için geçici restorasyon yapımının basitleştirilmesi ve fiberler veya metal tellerle güçlendirme ihtiyacının olmaması gibi avantajlara sahiptir.<sup>47</sup>

Güth ve ark.<sup>11</sup> tarafından yapılan bir çalışmada, aynı renkteki polimer yapılı CAD/CAM materyallerinin görünür ışık ve mavi ışık geçirgenliği özellikleri cam-seramik materyali ile karşılaştırılmış ve polimer yapılı CAD/CAM materyallerinin farklı düzeylerde görünür ışık ve mavi ışık geçirgenlik değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Klinisyenlerin bir materyalin görünür ışık geçirgenliğinden yola çıkarak mavi ışık geçirgenliğine karar vermemeleri gerektiğini, bu durumun adeziv simantasyon işlemleri sırasında akılda tutulması gerektiğini belirtmişlerdir.<sup>11</sup>

CAD/CAM sistemleri kullanılarak tam protez yapımı için farklı mukoza renkleri mevcut olan bloklar da bulunmaktadır.<sup>9</sup> Ancak genel olarak bu materyallerin su emilimi özellikleri, renklenmeye karşı dirençlerini düşürmektedir. Yine de geleneksel materyallere karşı bu özelliklerinin iyi olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur.<sup>48</sup>

Rayyan ve ark.<sup>48</sup> yaptıkları bir çalışmada, PMMA yapılı CAD/CAM materyali, geçici otopolimerizan rezin, otomix geçici rezin ve termoplastik rezinin renk stabilitesi, su emilimi, aşınma direnci, yüzey sertliği, kırılma direnci ve kenar sızıntısı gibi çok sayıda fiziksel ve mekanik özellikleri değerlendirilmiştir. Manuel olarak hazırlanan rezin materyallerin renk değişiminin yüksek olduğu, buna karşın PMMA yapılı CAD/CAM materyalinin daha stabil renge sahip olduğu bulunmuştur.<sup>48</sup>

Geleneksel PMMA ve pre-polimerize CAD/CAM PMMA rezin kaide materyallerinin, kahve ile 5000 termal döngüsel yükleme yapıldıktan sonra renk stabilitesi ve rölatif translusensi özelliğinin değerlendirildiği bir çalışmada tüm materyallerde oluşan renk değişiminin klinik olarak algılanamayacak düzeyde olduğu bulunmuştur.<sup>9</sup> Termal döngüsel yükleme öncesi ve sonrası sadece bir materyalin (Merz Dental GmbH pre-polimerize PMMA) en düşük rölatif translusensi değerleri sergilediği gözlenmiştir.<sup>9</sup>

Günümüzde oklüzal splint yapımında kullanılan etilen vinil asetat, geçici kron, köprü, hareketli bölümlü protez iskeleti ve yine oklüzal splint materyali olarak kullanılan polikarbonat ve poliakrileterketon ailesine ait sentetik olarak üretilen bir polimer olan polietereterketon (PEEK) yapılı olan polimer CAD/CAM materyalleri de kullanılmaktadır. Bu materyallerden özellikle PEEK son yıllarda oldukça popüler hale gelmiştir.

PEEK, poliarileterketon (PAEK) ailesinin yüksek ısı polimeridir. PEEK materyali opak ve genellikle beyaz ya da gri renge sahiptir. Renginden dolayı estetik bölgede monolitik olarak kullanılmaz ve veneerlenmesi gerekmektedir.<sup>49,50</sup>

Kor materyalleri (PEEK, zirkonya, kobalt-krom-molibden alaşımı) üzerine uygulanan farklı veneer materyallerinin (VITA Mark II, IPS e.max CAD, LAVA Ultimate and VITA Enamic) uygulandığı ve kolorimetrik özelliklerin incelendiği bir çalışmada, renk değişiminin veneer materyaline göre belirgin olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir.<sup>51</sup> Bununla birlikte kor-veneer materyali sistemi renginin, kor materyali tipi, veneer materyali tipi ve veneer materyali kalınlığından anlamlı düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir. Araştırmacılar, kor materyali olarak kullanılan PEEK'in tüm veneer materyalleri için CIE-Lab sistem parametrelerine göre zirkonya ve kobalt-krom-molibden alaşımı ile karşılaştırılabilir sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. VITA EasyShade ölçüm parametrelerine göre ise PEEK kor materyali kullanılan veneer materyalinden bağımsız olarak altın standart olarak bilinen kobalt-krom-molibden alaşımına kıyasla karşılaştırılabilir sonuçlar göstermiştir.<sup>51</sup>

Kor rengi, kor ve veneer materyali kalınlığının PEEK'in renk ve translusensi özellikleri üzerindeki etkisini değerlendiren bir çalışmada beyaz ve dentin renginde seçilen 0,5 ve 1mm kalınlıklı PEEK diskleri A2 renkli 0,5, 1 ve 1.5mm kalınlıklı indirek rezin kompozitle veneerlenmiştir.<sup>50</sup> Veneer kalınlığı ile ilgili olarak, 0,5 mm kalınlığındaki beyaz korlar, tüm renk parametrelerinde önemli farklılıklar göstermiştir. 1 mm kalınlığındaki beyaz korlar ve 0,5 ve 1 mm kalınlığındaki dentin rengindeki korlara ait incelenen renk parametrelerinden sadece L\*, a\* ve h değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. 1 mm kalınlığındaki tüm beyaz renkli korlara ait ortalama TP değerinin 1 mm'lik dentin rengindeki korlardan önemli ölçüde yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, kor rengi, kor kalınlığı ve veneer materyali kalınlığının PEEK restorasyonlarının rengini ve translüsensisini etkilediğini bildirmişlerdir.<sup>50</sup>

PEEK, PMMA yapılı ve kompozit rezin yapılı CAD/CAM materyallerinin renk değişimi ve kişisel/profesyonel profilaksiler ile farklı temizleme metodlarının leke uzaklaştırma potansiyellerinin değerlendirildiği bir çalışmada materyaller 7 gün süre ile farklı solüsyonlarda (distile su, klorheksidin, kırmızı şarap ve köri solüsyonu) bekletilmiştir.<sup>49</sup> Araştırmacılar, renklendirici ajanlara karşı PEEK materyalinin diğer kaide materyallerinden daha dayanıklı olduğunu bulmuşlardır. Çalışmada test edilen materyallerin temizlenmesinde kişisel temizlemenin diş fırçalarıyla, profesyonel işlemlerde ise ince tanecikli toz içeren hava abrazyonu



cihazlarının kullanımının etkin olduğunu bildirmişlerdir. Bu materyallerin temizliğinde uygulanan laboratuvar işlemlerinin ultrasonik banyo gibi nazik temizleme işlemlerini içermesi önerilmiştir.<sup>49</sup>

## SONUÇ

Estetik malzemelerin doğal dişlerin rengini taklit etmesi için optik özelliklerin diş dokusuyla uyumlu olması gerekir. Bununla birlikte polimer yapılı CAD/CAM materyalleri gibi yeni geliştirilen materyallerin optik özellikleri materyal tipi, kalınlığı, doldurucu içeriği, yapıştırma ajanı, yüzey işlemleri gibi parametrelerden etkilenmektedir. Bu nedenle, doğal dişlerle uyum içerisinde olan estetik restorasyonlar hazırlayabilmek için polimer yapılı CAD/CAM materyallerinin farklı optik özellikleri ve klinik faktörler göz önünde bulundurularak materyal seçimi dikkatle yapılmalıdır.

Genel olarak, çalışmamızda sonuçları bildirilen makaleler değerlendirildiğinde, kompozit rezin polimer yapılı CAD/CAM materyalleri arasında polimer infiltrate seramik ağ yapılı kompozit rezin materyalin, rezin matris içerisinde dağılmış doldurucular içeren kompozit rezin materyallerden daha opak olduğu, ışık geçirgenliğinin daha az olduğu yine de bu sonuçların alttaki rezin simanın polimerizasyon dönüşüm derecesini etkilemediği, bununla birlikte, bu materyallerin, aynı yüzey parlatma işlemleri sonrası kompozisyonundan kaynaklanan hidrolitik degradasyona dirençli olması nedeniyle lekelenmeye karşı daha dirençli olduğu görülmektedir.

Yüksek yoğunluklu polimerler arasında bir karşılaştırma yapıldığında ise, PEEK restorasyonların rengi ve translüsensi özelliğinin veneer materyali olarak kullanıma uygun olduğu, polimetil metakrilat yapılı yüksek yoğunluklu polimerlerle karşılaştırıldığında ise lekelenme direnci açısından daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir.

Literatürde polimer yapılı CAD/CAM materyallerin renk ve optik özellikleriyle ilgili pek çok çalışma bulunmasına rağmen oklüzal yükler, ağız ortamındaki pH değişiklikleri, restorasyon yüzeyine bakteri adezyonu gibi klinik koşulların da incelendiği çalışma sayısının oldukça az olduğu dikkati çekmektedir. Bu alanlarda yapılacak diğer çalışmalarla bu materyallerin optik özellikleri hakkında daha kapsamlı bilgiye ulaşılabileceği sonucuna varılmıştır.

**KAYNAKLAR**

1. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am* 2011; 55: 559-570.
2. Ruse N, Sadoun M. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res* 2014; 93: 1232-1234.
3. Holand W, Beall GH. *Glass-ceramic technology*, 2nd edn. ABD: Wiley, 2012.
4. Furtado de Mendonca A, Shahmoradi M, Gouvêa CVD, De Souza GM, Ellakwa A. Microstructural and mechanical characterization of CAD/CAM materials for monolithic dental restorations. *J Prosthodont* 2019; 28: e587-e594.
5. Sripetchdanond J, Leevailoj C. Wear of human enamel opposing monolithic zirconia, glass ceramic, and composite resin: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2014; 112: 1141-1150.
6. Van der Burgt T, Ten Bosch J, Borsboom P, Kortsmid W. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 155-162.
7. Nogueira AD, Della Bona A. The effect of a coupling medium on color and translucency of CAD-CAM ceramics. *J Dent* 2013; 41: e18-e23.
8. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LVJ. Comparative color and surface parameters of current esthetic restorative CAD/CAM materials. *J Adv Prosthodont* 2018; 10: 32-42.
9. Alp G, Johnston WM, Yılmaz B. Optical properties and surface roughness of prepolymerized poly (methyl methacrylate) denture base materials. *J Prosthet Dent* 2019; 121: 347-352.
10. Gunal B, Ulusoy MM. Optical properties of contemporary monolithic CAD-CAM restorative materials at different thicknesses. *J Esthet Restor Dent* 2018; 30: 434-441.
11. Güth J-F, Kauling AEC, Ueda K, Florian B, Stimmelmayer M. Transmission of light in the visible spectrum (400–700 nm) and blue spectrum (360–540 nm) through CAD/CAM polymers. *Clin Oral Investig* 2016; 20: 2501-2506.
12. Jan-Frederik Güth P. Optical integration of CAD/CAM materials. *Int J Esthet Dent* 2016; 11: 394-409.
13. Kiran R, Walsh LJ, Forrest A, Tennant M, Chapman J. Forensic applications: Fluorescence properties of tooth-coloured restorative materials using a fluorescence DSLR camera. *Forensic Sci Int* 2017; 273: 20-28.
14. Pulgar R, Lucena C, Espinar C, Pecho OE, Ruiz-López J, Della Bona A et al. Optical and colorimetric evaluation of a multi-color polymer-infiltrated ceramic-network material. *Dent Mater* 2019; 35: e131-e139.
15. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dent Mater* 2011; 27: 29-38.
16. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent* 2015; 114: 587-593.
17. Mainjot A, Dupont N, Oudkerk J, Dewael T, Sadoun M. From artisanal to CAD-CAM blocks: state of the art of indirect composites. *J Dent Res* 2016; 95: 487-495.
18. Shetty R, Shenoy K, Dandekeri S, Suhaim KS, Ragher M, Francis J. Resin-matrix ceramics: an overview. *Int J Cur Sci Res* 2015; 6: 7414-7417.
19. Stawarczyk B, Sener B, Trottmann A, Roos M, Oezcan M, Haemmerle CH. Discoloration of manually fabricated resins and industrially fabricated CAD/CAM blocks versus glass-ceramic: effect of storage media, duration, and subsequent polishing. *Dent Mater J* 2012; 31: 377-383.
20. Koller M, Arnetzl G, Holly L, Arnetzl G. Lava ultimate resin nano ceramic for CAD/CAM: customization case study. *Int J Comput Dent* 2012; 15: 159-164.
21. Acar B, Egilmez F. Effects of various polishing techniques and thermal cycling on the surface roughness and color change of polymer-based CAD/CAM materials. *Am J Dent* 2018; 31: 91-96.
22. Ekici MA, Egilmez F, Cekic-Nagas I, Ergun G. Physical characteristics of ceramic/glass-polymer based CAD/CAM materials: Effect of finishing and polishing techniques. *J Adv Prosthodont* 2019; 11: 128-137.
23. Kılınc H, Turgut S, Ayaz EA, Bağış B. Güncel nanoseramik ve hibrit CAD/CAM materyalleri. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg* 2018; 28: 592-598.
24. Stawarczyk B, Liebermann A, Eichberger M, Güth J-F. Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. *J Mech Behav Biomed Mater* 2016; 55: 1-11.
25. Swain M, Coldea A, Bilkhair A, Guess P. Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. *Dent Mater* 2016; 32: 34-42.
26. Üstün Ö, Büyükhatoğlu IK, Seçilmiş A. Shear bond strength of repair systems to new CAD/CAM restorative materials. *J Prosthodont* 2018; 27: 748-754.
27. Dirxen C, Blunck U, Preissner S. Clinical performance of a new biomimetic double network material. *Open Dent J* 2013; 7: 118-122.
28. Klosa K, Boesch I, Kem M. Long-term bond of glass ceramic and resin cement: evaluation of titanium tetrafluoride as an alternative etching agent for lithium disilicate ceramics. *J Adhes Dent* 2013; 15: 377-383.
29. Dano D, Stiteler M, Giordano R. Prosthetically driven computer-guided implant placement and restoration using CEREC: A case report. *Compend Contin Educ Dent* 2018; 39: 311-317.

30. Sen N, Us YO. Mechanical and optical properties of monolithic CAD-CAM restorative materials. *J Prosthet Dent* 2018; 119: 593-599.
31. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LV. Light Transmission of novel CAD/CAM materials and their influence on the degree of conversion of a dualcuring resin cement. *J Adhes Dent* 2017; 19: 39-48.
32. Awad D, Stawarczyk B, Liebermann A, Ilie N. Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. *J Prosthet Dent* 2015; 113: 534-540.
33. Özarlan MM, Büyükkaplan UŞ, Barutçigil Ç, Arslan M, Türker N, Barutçigil K. Effects of different surface finishing procedures on the change in surface roughness and color of a polymer infiltrated ceramic network material. *J Adv Prosthodont* 2016; 8: 16-20.
34. Kurtulmus Yilmaz S, Cengiz E, Ongun S, Karakaya I. The effect of surface treatments on the mechanical and optical behaviors of CAD/CAM restorative materials. *J Prosthodont* 2019; 28: e496-e503.
35. Arocha MA, Basilio J, Llopis J, Di Bella E, Roig M, Ardu S et al. Colour stainability of indirect CAD-CAM processed composites vs. conventionally laboratory processed composites after immersion in staining solutions. *J Dent* 2014; 42: 831-838.
36. Alharbi A, Ardu S, Bortolotto T, Krejci I. Stain susceptibility of composite and ceramic CAD/CAM blocks versus direct resin composites with different resinous matrices. *Odontology* 2017; 105: 162-169.
37. Lawson NC, Burgess JO. Gloss and stain resistance of ceramic-polymer CAD/CAM restorative blocks. *J Esthet Restor Dent* 2016; 28: S40-S45.
38. Sarıkaya I, Yerliyurt K, Hayran Y. Effect of surface finishing on the colour stability and translucency of dental ceramics. *BMC Oral Health* 2018; 18: 40.
39. Sagsoz O, Demirci T, Demirci G, Sagsoz NP, Yildiz M. The effects of different polishing techniques on the staining resistance of CAD/CAM resin-ceramics. *J Adv Prosthodont* 2016; 8: 417-422.
40. Quek S, Yap A, Rosa V, Tan K, Teoh K. Effect of staining beverages on color and translucency of CAD/CAM composites. *J Esthet Restor Dent* 2018; 30: E9-E17.
41. Acar O, Yilmaz B, Altintas SH, Chandrasekaran I, Johnston WM. Color stainability of CAD/CAM and nanocomposite resin materials. *J Prosthet Dent* 2016; 115: 71-75.
42. Liebermann A, Vehling D, Eichberger M, Stawarczyk B. Impact of storage media and temperature on color stability of tooth-colored CAD/CAM materials for final restorations. *J Appl Biomater Funct Mater* 2019; 17: 1-7.
43. Alharbi A, Ardu S, Bortolotto T, Krejci I. In-office bleaching efficacy on stain removal from CAD/CAM and direct resin composite materials. *J Esthet Restor Dent* 2018; 30: 51-58.
44. Gasparik C, Culic B, Varvara MA, Grecu A, Burde A, Ducea D. Effect of accelerated staining and bleaching on chairside CAD/CAM materials with high and low translucency. *Dent Mater J* 2019; 38: 987-993.
45. Karakaya İ, Cengiz E. Effect of 2 bleaching agents with a content of high concentrated hydrogen peroxide on stained 2 CAD/CAM blocks and a nanohybrid composite resin: An AFM evaluation. *Biomed Res Int* 2017; 2017: 11.
46. Lauvahutanon S, Takahashi H, Shiozawa M, Iwasaki N, Asakawa Y, Oki M et al. Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dent Mater J* 2014; 33: 705-710.
47. Leung BT, Tsoi JK, Matinlinna JP, Pow EH. Comparison of mechanical properties of three machinable ceramics with an experimental fluorophlogopite glass ceramic. *J Prosthet Dent* 2015; 114: 440-446.
48. Rayyan MM, Aboushelib M, Sayed NM, Ibrahim A, Jimbo R. Comparison of interim restorations fabricated by CAD/CAM with those fabricated manually. *J Prosthet Dent* 2015; 114: 414-419.
49. Heimer S, Schmidlin PR, Stawarczyk B. Discoloration of PMMA, composite, and PEEK. *Clin Oral Investig* 2017; 21: 1191-1200.
50. Zeighami S, Mirmohammadrezaei S, Safi M, Falahchai SM. The Effect of Core and Veneering Design on the Optical Properties of Polyether Ether Ketone. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2017; 25: 201-208.
51. Stawarczyk B, Schmid P, Roos M, Eichberger M, Schmidlin P. Spectrophotometric evaluation of polyetheretherketone (PEEK) as a core material and a comparison with gold standard core materials. *Materials* 2016; 9: 491.

Yazışma Adresi:

Şebnem YILMAZ

Gazi Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Protetik Diş Tedavisi AD, Ankara, Türkiye

Tel : +90 312 203 41 79

E-mail : sebnemyilmaz0061@gmail.com