

# Farklı CAD/CAM Blokların Bükülme Dayanımı ve Elastisite Modüllerinin Değerlendirilmesi

## Evaluation of Flexural Strength and Elasticity Modules of Different CAD/CAM Blocks

<sup>a</sup>Süleyman Çağatay DAYAN<sup>a</sup>, <sup>b</sup>Melihat ÇELİK GÜVEN<sup>b</sup>

<sup>a</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Dış Protez Teknolojisi Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE

<sup>b</sup>İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi, Protetik Dış Tedavisi ABD, İstanbul, TÜRKİYE

**ÖZET Amaç:** Bu çalışmanın amacı; indirekt restorasyonların üretiminde sıklıkla kullanılmaya başlanan seramik, kompozit ve hibrit yapıdaki farklı bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) materyallerinin bükülme dayanımını ve elastisite modülünü değerlendirmektir. **Gereç ve Yöntemler:** Her bir grup için farklı CAD/CAM bloklarından (Paradigm™ MZ100, Lava™ Ultimate, Cerasmart®, IPS e.max® CAD ve VITA Enamic®) 18x3x3 mm boyutlarında 10'ar adet örnek hazırlanmıştır. Bükülme dayanımı değerlerinin belirlenmesi için 3-nokta bükülme testi uygulanmıştır. Elastisite modülü ise; gerilim/gerinim grafiğinin eğiminden otomatik olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bükülme dayanımı ve elastisite modülü değerlerinin normal dağılıma uygunluğu kontrol edildikten sonra, materyallerin birbirleri ile karşılaştırılması tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve post-hoc Tukey HSD testi ile yapılmıştır. Tüm analizlerde istatistik anlamlılık düzeyi  $\alpha=0,05$  olarak kabul edilmiştir. **Bulgular:** IPS e.max® CAD materyalinin bükülme dayanımı (378,91±49,17 Mpa) ve elastisite modülü (37,05±0,26 Mpa) değerleri diğer materyallerden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. En düşük elastisite modülü (11,33±1,34) değerleri Cerasmart® materyalinde belirlenmiştir. **Sonuç:** Çalışmamızın sonuçlarına göre; en yüksek bükülme dayanımı ve elastisite modülü değerleri seramik içerikli materyal olan IPS e.max® CAD'de bulunmuştur.

**ABSTRACT Objective:** The aim of this study was to evaluate the flexural strength and elastic modulus of different computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) materials in ceramic, composite and hybrid structures which are used frequently in the production of indirect restorations. **Material and Methods:** For each group 10 samples were prepared from different CAD/CAM blocks (Paradigm™ MZ100, Lava™ Ultimate, Cerasmart®, IPS e.max® CAD ve VITA Enamic®) with dimensions 18x3x3 mm. The 3-point bending test was performed to determine the flexural strength values. The modulus of elasticity is calculated automatically from the slope of the stress/strain graph. After comparison of the flexural strength and elastic modulus values to normal distribution, the comparison of the materials with each other was analyzed by one-way variance analysis (ANOVA) and post-hoc Tukey HSD test. Statistical significance level was accepted as 0.05 in all analyzes. **Results:** The flexural strength (378.91±49.17 MPa) and elastic modulus (37.05±0.26 MPa) of IPS e.max® CAD material were found to be significantly higher than the other materials. The lowest elastic modulus of 11.33±1.34 showed the Cerasmart® material. **Conclusion:** According to the results of our study; the highest bending strength and elastic modulus values were found in IPS e.max® CAD, a ceramic-containing material.

**Anahtar Kelimeler:** Bükülme dayanımı; elastisite modülü; hibrit; seramik; kompozit

**Keywords:** Flexural strength; elastic modulus; hybrid; ceramic; composite

Günümüz protetik diş hekimliği; teknolojik gelişmelere paralel olarak konvansiyonel yöntemlerin kullanımı ile ortaya çıkan sorunları ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, sabit ve hareketli protezler bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim [computer-aided design/com-

puter-aided manufacturing (CAD/CAM)] yöntemiyle üretilebilmektedir. CAD/CAM sistemlerinin kullanılması ile birlikte diş preparasyonunu takiben; inley, onley veya kuron gibi sabit protezlerin üretimi ve simantasyonu tek seansta mümkün olmaktadır. CAD/CAM sistemlerinin randevu sayısını azaltması

**Correspondence:** Süleyman Çağatay DAYAN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Dış Protez Teknolojisi Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE/TURKEY

**E-mail:** cagataydayan@hotmail.com



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

**Received:** 05 Feb 2019

**Received in revised form:** 02 Apr 2019

**Accepted:** 03 Apr 2019

**Available online:** 04 Apr 2019

2146-8966 / Copyright © 2020 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/>).

dışında, yeni materyallerin uygulanabilmesine olanak sağlaması, laboratuvar ve diş teknisyenine bağlı hataları ortadan kaldırması, üretimde standardizasyonun sağlanabilmesi ve uzun dönemde maliyet etkinliği gibi avantajları da bulunmaktadır.<sup>1</sup>

Klinikte kullanılan CAD/CAM sistemleri, klinisyenlere, vakalarına uygun olarak farklı restoratif materyal seçenekleri sunmaktadır.<sup>2</sup> Endüstriyel olarak standart koşullarda üretilmiş kazanabilen CAD/CAM bloklar kompozit, seramik ya da her iki materyalin de bazı özelliklerini içeren hibrid yapıda olabilmektedir.<sup>3</sup> Her ne kadar günümüzde seramik içerikli bloklar indirekt restorasyonlar için en sık kullanılan materyaller olsa da son yıllarda seramik olmayan materyaller de klinisyenlerin ilgisini çekmektedir.<sup>4</sup> Piyasaya ilk çıkarılan seramik olmayan restoratif materyali Paradigm™ MZ100 (3M ESPE, St Paul, MN, ABD); klinik kompozit materyali olan Z100'ün (3M ESPE, St Paul, MN, ABD) prefabrike blok şeklinde üretilmiş hâlidir. Bu kompozit materyalin içeriğinde %85 zirkonya ve 0,01-3,5 µm arasında değişen ultra ince silika partikülleri ve %15 polimer yapı bulunmaktadır. Daha yakın bir zamanda aynı üretici firma tarafından, ağırlıkça %80 seramik ve %20 polimer içeren rezin nano seramik olarak adlandırılan Lava™ Ultimate (3M ESPE, St Paul, MN, ABD); Filtek™ Supreme Ultra (3M ESPE, St Paul, MN, ABD) klinik kompozitinin prefabrike blok hâli olarak piyasaya sürülmüştür. Farklı bir üretici firma, başka bir rezin nano seramik olan ağırlıkça %71 silika ve baryum cam nano-partikülleri içeren Cerasmart® (GC America, Alsip, IL, ABD) materyalini üretmiştir. Seramik olmayan CAD/CAM bloklarının son geliştirilen ürünü, ağırlıkça %86 polimer infiltre edilmiş feldspatik seramik olan VITA Enamic® (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) materyalidir. VITA Enamic®, kısmen sinterlenen seramik partiküllerinin kapiller hareketle düşük viskoziteli polimere infiltre edilmesiyle elde edilmektedir. Bu yeni nesil hibrid yapıdaki malzemelerin seramik materyaller ile kıyaslandığında; cilalama kolaylığı, ince yapıldığında kırılma direnci, kazıma işlemi sırasında kullanılan freze daha az hasar vermeleri ve kazıma işlemi sonrası ilave pişirmeye ihtiyaç duymamaları, daha kısa üretim sürelerinin olması gibi çeşitli avantajlarının olduğu bildirilmiştir.<sup>3,5-7</sup>

Lityum disilikat esaslı IPS e.max CAD® bloklar, IPS e.max® Press materyali ile aynı içeriğe sahip olup, üretici firma tarafından CAD/CAM sistemleri için geliştirilmiştir. IPS e.max® CAD bloklar, hacimce %40 oranında, uzunlukları 0.2-1 µm arasında değişen lityum metasilikat kristallerinden oluşmaktadır. IPS e.max® CAD bloklar, hızlı ve kolay freze edilebilmeleri ve yeterli direnci gösterebilmeleri amacıyla üretilirken parsiyel olarak kristalize edilmektedir. CAM ile bloklar freze edildikten sonra ısıl işleme tabi tutularak tam kristalize hâle gelmektedir.<sup>3</sup>

Bükülme dayanımı, plastik deformasyon ve kırılmaya karşı direnç olarak tanımlanmaktadır. Metal ve seramik gibi kristalli yapıya sahip malzemelerdeki plastik deformasyon, farklı mekanizmaların etken olduğu materyallerin atomik yapılarındaki değişiklikler nedeni ile meydana gelmektedir. Polimerlerin plastik deformasyonu ise daha karmaşık ve polimerin kristal/amorf durumuna, atomik yapılarının oryantasyonuna ve çapraz bağlantılarına bağlı olarak oluşmaktadır.<sup>8</sup> Polimer malzemeler, kırılmadan önce basma gerilmeleri karşısında plastik deformasyon göstermektedirler. Seramik materyallerin plastik deformasyon gösterebilmesinin tek koşulu ise materyalin hidrostatik gerilmelerle plastik deformasyon gösterebilmesidir. Yine de bu plastik deformasyon, polimerler ile kıyaslandığında oldukça küçük olmaktadır.<sup>8</sup> Elastisite modülü, malzemelerin kuvvet altında elastik şekil değiştirmesinin ölçüsüdür ve gerilim-gerinim diyagramının düz çizgi kısmının eğimi olarak ölçülmektedir.<sup>9</sup> Protetik restorasyonlar çiğneme fonksiyonuyla baskı, gerilme ve makaslama kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bu kuvvetler parafonksiyonel alışkanlıkları olan bireylerde daha fazla olabilmektedir, bu da materyallerin elastisite modülünü ve bükülme direncini daha önemli hâle getirmektedir.<sup>10</sup>

Bu çalışmanın amacı; klinik ortamda CAD/CAM yöntemi ile hazırlanabilen seramik, kompozit ve hibrid yapıdaki farklı materyallerin bükülme dayanımı ve elastisite modülünü değerlendirmektir. Çalışmanın sıfır hipotezi, farklı materyaller arasında bükülme dayanımı ve elastisite modülü açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığıdır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmada kullanılan CAD/CAM bloklar **Tablo 1**'de gösterilmiştir. Bükülme direnci değerlendirilmesi için 3-nokta bükülme testine tabi tutulacak örnekler ISO-6872 standartlarına uygun olarak 18x3x3 mm boyutlarında hazırlanmıştır.<sup>11</sup> Hazır bloklar elmas bıçak kullanılarak (IsoMet Blade 15 LC, Buehler, Illinois, ABD) örnek kesme cihazı (IsoMet™ 1000, Buehler, ABD) ile her gruptan 10'ar adet, toplamda 50 adet örnek olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin yüzeyleri sırasıyla 600, 800 ve 1.200 gritlik silikon karbid zımparalar kullanılarak zımparalama makinesinde (Metaserv™ 250 Grinder-Polisher, Buehler, Illinois, ABD) su soğutması altında cilalanmıştır. Lityum disilikat içerikli IPS e.max® CAD aşındırıldıktan sonra kristalizasyon için üretici firmanın talimatları doğrultusunda (Programat® CS2 porselen fırını, Ivoclar Vivadent, başlangıç sıcaklığı 403°C, ısınma süresi 90°C/dk, ve bitiş sıcaklığı 820°C) sinterlenmiştir. Deney işlemleri için hazırlık aşaması tamamlanan bütün örnekler 37°C distile suyun içerisinde 24 saat boyunca bekletilmiştir. Daha sonra test örneklerine 0,5 mm/dk başlık hızı ile 500 N yük hücre (load cell) donanımlı Instron® Universal test makinesinde (Instron®; M12-13667-EN, ITW, Norwood, ABD) bükülme kuvveti uygulanmıştır. Teste tabi tutulacak örneklerin yerleştirilmesi amacıyla paslanmaz çelikten hazırlanan, destekler arası uzaklığı 14 mm olan alt yapı Instron® Universal test makinesinin alt çenesine yerleştirilmiştir. Cihazın aşağı doğru hareket edebilen üst çenesine ise kırılmayı gerçekleştirecek 2 mm çapında kırıcı uç bağlanmıştır. Instron® Universal test makinesinin kendi yazılımında bulunan 3-nokta bükülme test yöntemi seçilmiştir. Örneklerde bozulma ya da kırılma oluncaya

kadar dikey bükülme kuvveti uygulanmıştır. Bozulma ya da kırılma olduğu andaki kuvvet Newton cinsinden kaydedilmiş, ardından aşağıdaki formül kullanılarak megapascal (MPa)'a dönüştürülmüştür:

$$S = 3PL/2bd^2$$

P: Kırılma anındaki kuvvet (N)

L: Ara mesafe (mm)

b: Örneğin genişliği (mm)

d: Örneğin kalınlığı (mm)

Elastisite modülü ise Instron® yazılımı ile gerilim/gerinim grafiğinin eğiminden otomatik olarak hesaplanmıştır.

İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 20.0 bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır (IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20,0. Armonk, NY: IBM Corp., ABD). Verilerin normal dağılıma uygunluğunun ve varyansların homojenliğinin kontrolü Kolmogorov-Smirnov ve Levene testi ile belirlenmiştir. Bükülme dayanımı ve elastisite modülü verilerinin normal dağılıma uygunluğu kontrol edildikten sonra materyallerin karşılaştırılması tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve post-hoc Tukey HSD testi ile analiz edilmiştir. Tüm analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak kabul edilmiştir.

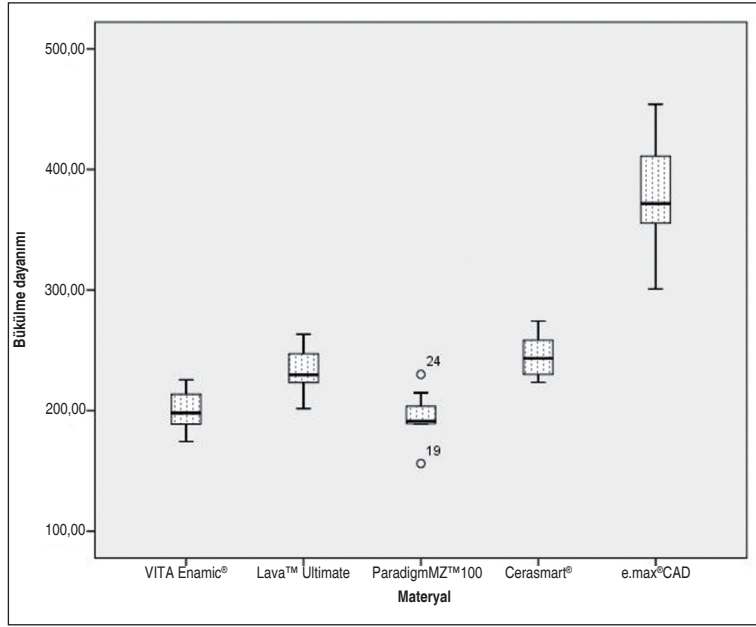
## BULGULAR

Tüm gruplara ait bükülme dayanımı ve elastisite modülü sonuçlarının ortalamaları ve standart sapmaları **Şekil 1**, **Şekil 2** ve **Tablo 2**'de verilmiştir. Bükülme dayanımı ve elastisite modülü değerleri incelendiğinde; gruplar arasında anlamlı bir farklılık vardır ( $p < 0,001$ ). IPS e.max® CAD materyalinin bükülme dayanımı ( $378,91 \pm 49,17$  MPa) ve elastisite modülü

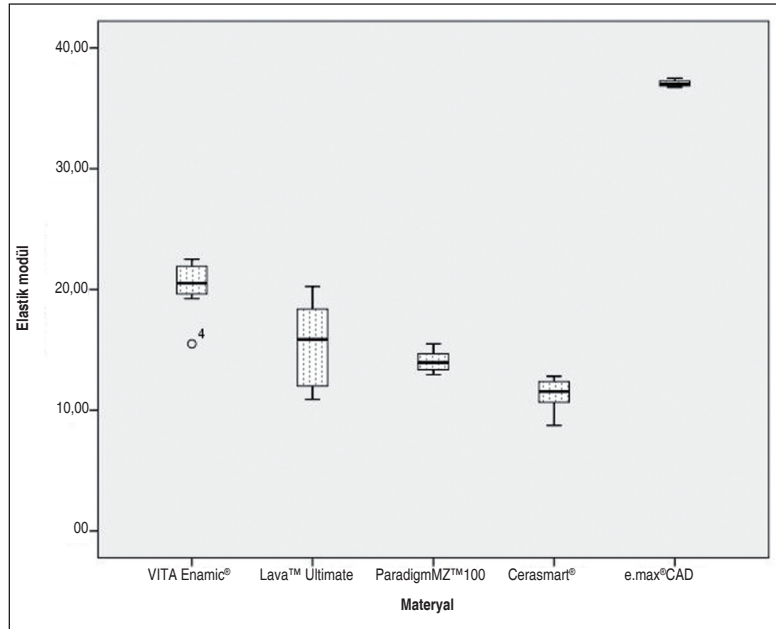
**TABLO 1:** Çalışmada değerlendirilen CAD/CAM blokların içeriği ve üretici firma.

Materyal ve üretici firma	Materyalin tipi
Paradigm™ MZ100/3M-ESPE, ABD	Rezin kompozit
Cerasmart®/GC Americas, ABD	Rezin nano seramik
Lava™ Ultimate/3M ESPE, ABD	Rezin nano seramik
Enamic®, VITA, Almanya	Polimer infiltre edilmiş feldspatik seramik
IPS e.max® CAD/Ivoclar vivadent, Lihtenştayn	Lityum disilikat

CAD/CAM: "Computer-aided design/computer-aided manufacturing".



ŞEKİL 1: Grupların bükülme dayanımı değerlerinin grafik görünümü.



ŞEKİL 2: Grupların elastik modül değerlerinin grafik görünümü.

TABLO 2: Grupların bükülme dayanımı ve elastik modül değerleri.

Materyal	Bükülme dayanımı (MPa)		Elastik modülüsü (MPa)	
	Ortalama±Standart Sapma		Ortalama±Standart Sapma	
Paradigm™ MZ100	194,32±21,45 <sup>A*</sup>		14,05±0,86 <sup>AB</sup>	
Cerasmart®	245,19±18,44 <sup>B</sup>		11,33±1,34 <sup>A</sup>	
Lava™ Ultimate	233,14±19,31 <sup>AB</sup>		15,45±3,55 <sup>B</sup>	
VITA Enamic®	200,06±16,81 <sup>A</sup>		20,26±2,24 <sup>C</sup>	
IPS e.max® CAD	378,91±49,17 <sup>C</sup>		37,05±0,26 <sup>D</sup>	

\*Dikey sütun içerisindeki farklı büyük harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır (p<0,05).

(37,05±0,26 MPa) değerleri diğer materyallerden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ( $p<0,001$ ). En düşük bükülme dayanımı (194,32±21,45) değerlerini Paradigm™ MZ100 materyali göstermiştir, ancak Lava™ Ultimate ( $p=0,061$ ) ve Vita Enamic ( $p=0,99$ ) materyalleriyle arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiştir. En düşük elastisite modülüsü 11,33±1,34 ile Cerasmart® materyali göstermiş, ancak Paradigm™ MZ100 ( $p=0,075$ ) materyali ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Lava™ Ultimate materyalinin elastisite modülü 15,45±3,55 ile Cerasmart™ materyaline yakın olmasına rağmen aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark ( $p<0,05$ ) bulunurken, Paradigm™ MZ100 materyali ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p=0,634$ ).

## TARTIŞMA

Çalışmanın bulgularına göre; farklı materyallerin bükülme dayanımı ve elastisite modülleri istatistiksel olarak birbirinden farklıdır, bu nedenle çalışmamızın sıfır hipotezi reddedilmiştir. Çalışmamızda, CAD/ CAM sistemler için geliştirilmiş olan lityum disilikat esaslı IPS e.max® CAD blokların en yüksek bükülme dayanımı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bloklar konvansiyonel yöntemle edilen IPS e.max® Press ile aynı kimyasal yapıya sahiptir, ancak pres materyalinden farklı olarak hızlı ve kolay frezelenebilmeleri ve seramiğe yeterli direnç kazandırılması amacıyla farklı bir ısıl işleme tabi tutularak parsiyel olarak kristalize edilirler. Parsiyel kristalize bloklardaki temel kristalize faz lityum metasilikattır, frezeleme işlemi ile restorasyon tamamlandıktan sonra vakumla 850 °C ısıl işleme tabi tutularak lityum metasilikat kristalleri lityum disilikat kristallerine dönüşür ve sonuç olarak mekanik direnci yüksek restorasyonlar elde edilebilir.<sup>8,12,13</sup>

Çalışmamızın bulguları Lawson ve ark.nın çalışmalarıyla uyumlu iken; Goujat ve ark.nın bulgularından farklıdır.<sup>14,15</sup> Goujat ve ark., Cerasmart®, Lava™ Ultimate, VITA Enamic® ve IPS e.max® CAD materyallerinin bükülme dayanımlarını karşılaştırmış ve rezin nano seramik materyal olan Cerasmart®'in bükülme dayanımı değerlerinin IPS e.max® CAD'in bü-

külme dayanımından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ancak Goujat ve ark., bu çalışmadan ve Lawson ve ark.nın çalışmasından farklı olarak IPS e.max® CAD materyalinin bükülme dayanımına freze edildikten hemen sonra bakmışlardır.<sup>14,15</sup> Araştırmacılar; sinterleme ile beraber faz değişiminin materyalin son bükülme dayanımını artırabileceğini, ancak çalışmalarının amaçlarının diğer materyaller gibi frezelenmekten sonra başka bir işleme tabi tutulmadan bükülme dayanımını ölçmek olduğunu vurgulamışlardır.

Çalışmamızın bulgularına göre seramik materyaller arasındaki en yüksek bükülme dayanımı değeri Cerasmart® materyalinden elde edilmiştir. İki farklı rezin nanoseramik olan Cerasmart® ve Lava™ Ultimate'in bükülme dayanımı bulguları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamakla beraber, Cerasmartın bükülme dayanımı değerleri sayısal olarak daha yüksek belirlenmiştir. Lava™ Ultimate'in Cerasmart®'a göre daha yüksek miktarda doldurucu (%80'e %71) içermesine rağmen; sayısal olarak daha düşük bükülme dayanımı göstermesinde, uniform nano doldurucu içeren Cerasmart® materyaline kıyasla Lava Ultimate materyalindeki doldurucuların büyüklüğünün daha değişken aralıklarda olması etken olmuş olabilir.<sup>7</sup>

Rezin nano seramik Lava™ Ultimate, kompozit esaslı Paradigm™ MZ100 ve polimer infiltre edilmiş feldspatik seramik VITA Enamic®'in bükülme dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yok iken; Cerasmart® materyalinin bükülme dayanımı değerleri istatistiksel olarak bu diğer iki materyalden daha yüksektir. VITA Enamic® materyali %86 oranında feldspatik seramik içermesine rağmen beklenen aksine rezin nano seramiklerden daha düşük bükülme dayanımı göstermiştir. VITA Enamic® materyalinin diğer hibrid bloklara göre daha düşük bükülme dayanımı değeri göstermesi, daha önce yapılmış çalışmalarla paralellik göstermektedir.<sup>6,14,16,17</sup> Bu bulgu, VITA Enamic® materyalinin seramik kısmının diğer hibrid materyallerden farklı olarak poröz feldspatik porselen içermesiyle açıklanabilir. Çalışmamızda incelenen bütün materyallerin bükülme dayanımı değerlerinin ISO'nun belirlemiş olduğu minimum değer 100 Mpa'dan daha yüksek olduğu dikkate alınmalıdır.<sup>11</sup>

Çalışmamızın bulgularına göre; rezin içeriği yüksek olan Cerasmart®, Paradigm™ MZ100 ve Lava™ Ultimate'in elastisite modülü değerleri seramik içeriği fazla olan Enamic® ve direkt seramik içeren IPS e.max® CAD'e göre daha düşüktür. Literatürde benzer bulgular elde edilmiştir. Seramik olmayan materyallerin başlangıç kırılma dayanımları seramik materyallere göre daha düşüktür, ancak elastisite modülü değerlerinin daha düşük olması ve dentine benzer özellikler göstermeleri döngüsel yüklemeye sonrasındaki yorgunluk dirençlerinin seramik malzemelerden daha yüksek olmasının klinik olarak avantaj sağladığını bildirmişlerdir.<sup>18-20</sup>

Çalışmamızda kullanılan materyallere herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmaması, çalışmanın kısıtlamalarından biri olarak kabul edilebilir. Peampring ve Sanohkan, IPS e.max® CAD ve Paradigm™ MZ 100 materyallerinin ısı döngüsü sonrası bükülme değerlerini karşılaştırdıkları çalışmada; ısı yaşlandırmanın bu materyallerin bükülme dayanımına herhangi bir etkisinin bulunmadığını bildirmişlerdir.<sup>21</sup> Ancak başka iki çalışmada, ısı döngüsünün seramik olmayan CAD/CAM materyallerinin mekanik özelliklerini zayıflattığı, seramik malzemeleri ise daha az etkilediği bildirilmiştir.<sup>22,23</sup> Bu materyallerin dinamik yüklemeye ve ısı döngüsü uygulanarak yaşlandırılması sonrası yapılacak bükülme ve yorulma testlerinin ilerki çalışmalarda değerlendirilmesinin faydalı olacağını düşünmekteyiz. Araştırmamızın diğer bir kısıtlaması ise in vitro bir çalışmasıdır. İn vitro çalışmalar klinik uygulama sonuçlarını tam anlamıyla yansıtmaya da materyallerin klinik kullanımları hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadırlar.

## SONUÇ

Çalışmamızın kısıtlamaları dâhilinde en yüksek bükülme dayanımı ve elastisite modülü değerleri seramik içerikli materyal olan IPS e.max® CAD'de bulunmuştur. Hibrid materyaller arasında yer alan Cerasmart® materyali, diğer hibrid materyallerden ve kompozit rezinden daha yüksek bükülme dayanımı ve daha düşük elastisite modülü göstermiştir. Seramik olmayan materyallerin kabul edilebilir bükülme dayanımları olmasına rağmen klinik başarıları hakkında daha kesin bir sonuca ulaşmak için daha uzun dönem klinik takip çalışmalarının yapılmasına 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:** Süleyman Çağatay Dayan; **Tasarım:** Süleyman Çağatay Dayan; **Denetleme/Danışmanlık:** Süleyman Çağatay Dayan; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Melahat Çelik Güven; **Analiz ve/veya Yorum:** Melahat Çelik Güven; **Kaynak Taraması:** Melahat Çelik Güven; **Makalenin Yazımı:** Süleyman Çağatay Dayan; **Eleştirel İnceleme:** Melahat Çelik Güven; **Malzemeler:** Süleyman Çağatay Dayan.

## KAYNAKLAR

1. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: options for practical implementation. J Prosthodont Res. 2016;60(2):72-84. [Crossref] [PubMed]
2. Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. J Am Dent Assoc. 2006;137(Suppl):14-21. [Crossref] [PubMed]
3. Fasbinder DJ. Materials for chairside CAD/CAM restorations. Compend Contin Educ Dent. 2010;31(9):702-4, 706, 708-9.
4. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. J Dent Res. 2014;93(12):1232-4. [Crossref] [PubMed] [PMC]
5. Della Bona A, Corazza PH, Zhang Y. Characterization of a polymer-infiltrated ceramic-network material. Dent Mater. 2014;30(5):564-9. [Crossref] [PubMed] [PMC]
6. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. J Prosthet Dent. 2015;114(4):587-93. [Crossref] [PubMed]
7. 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(5):705-10. [Crossref] [PubMed]
8. Bouchard PJ. Residual stresses in lifetime and structural integrity assessment. In: Buschow, KHJ, ed. Encyclopedia of Materials: Science and Technology. Oxford, UK: Elsevier; p.8134-42. [Crossref]
9. Ferracane JL. Materials in Dentistry: Principles and Applications. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p.354.

10. Vichi A, Sedda M, Del Siena F, Louca C, Ferrari M. Flexural resistance of Cerec CAD/CAM system ceramic blocks. Part 1: chairside materials. *Am J Dent.* 2013;26(5):255-9.
11. International Organization for Standardization. ISO-6872:2008. Dentistry ceramic materials. Geneva: International Organization for Standardization; 2008.
12. Fasbinder DJ, Dennison JB, Heys D, Neiva G. Aclinical evaluation of chairside lithium disilicate CAD/CAM crowns: a two-year report. *J Am Dent Assoc.* 2010;141(Suppl 2):10S-4S. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
13. Höland W, Rheinberger V, Apel E, van 't Hoen C, Höland M, Dommann A, et al. Clinical application of glass ceramics in dentistry. *J Mater Sci Mater Med.* 2006;17(11):1037-42. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
14. Lawson NC, Bansal R, Burgess JO. Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restorative materials. *Dent Mater.* 2016;32(11):e275-83. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
15. Goujat A, Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, Pradelle N, Seux D, et al. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. *J Prosthet Dent.* 2018;119(3):384-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
16. Choi BJ, Yoon S, Im YW, Lee JH, Jung HJ, Lee HH. Uniaxial/biaxial flexure strengths and elastic properties of resin-composite block materials for CAD/CAM. *Dent Mater.* 2019;35(2):389-401. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
17. 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(2):e496-503. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
18. Aboushelib MN, Elsafi MH. Survival of resin infiltrated ceramics under influence of fatigue. *Dent Mater.* 2016;32(4):529-34. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
19. Magne P, Schlichting LH, Maia HP, Baratieri LN. In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers. *J Prosthet Dent.* 2010;104(3):149-57. [[Crossref](#)]
20. Shembish FA, Tong H, Kaizer M, Janal MN, Thompson VP, Opdam NJ, et al. Fatigue resistance of CAD/CAM resin composite molar crowns. *Dent Mater.* 2016;32(4):499-509. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
21. Peampring C, Sanohkan S. Effect of thermocycling on flexural strength and weibull statistics of machinable glass-ceramic and composite resin. *J Indian Prosthodont Soc.* 2014;14(4):376-80. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
22. Sonmez N, Gultekin P, Turp V, Akgungor G, Sen D, Mijiritsky E. Evaluation of five CAD/CAM materials by microstructural characterization and mechanical tests: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
23. Al-Akhali M, Kern M, Elsayed A, Samran A, Chaar MS. Influence of thermomechanical fatigue on the fracture strength of CAD-CAM-fabricated occlusal veneers. *J Prosthet Dent.* 2019;121(4):644-50. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]