



ALL CERAMIC BLOCKS USED IN CAD / CAM SYSTEMS AND INDICATIONS

CAD/CAM SİSTEMLERİNDE KULLANILAN TAM SERAMİK BLOKLAR VE ENDİKASYONLARI

Ayşe Koçak BÜYÜKDERE¹, Neslihan YENİCE²

¹ Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Kocaeli University, Kocaeli / TURKEY

ORCID ID: 0000-0003-1942-456X

² Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Kocaeli University, Kocaeli / TURKEY

ORCID ID: 0000-0002-9301-7666

Corresponding Author:

Dr. Neslihan YENİCE,

Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Kocaeli University, Kocaeli / TURKEY

neslihanakavakli@hotmail.com, +90 555 829 9286

Article Info / Makale Bilgisi

Received / Teslim: 16 October 2019

Accepted / Kabul: 26 February 2020

Online Published / Yayınlanma: 29 February 2020

DOI:



Abstract

Full ceramic restorations were limited only for the anterior region treatments, nowadays it can be used in all areas of dentition. The use of traditional ceramics has been limited to single crowns due to their structural properties and has not been recommended for larger restorations due to their insufficient resistance. For these reasons, researchers have tended to continuously improve the mechanical properties of dental ceramic materials. Compared to materials produced with conventional systems, CAD/CAM materials offer technical advantages. This review provides a general overview of all ceramics used in CAD/CAM systems.

Keywords: CAD/CAM, Dental Ceramics, Aesthetic.

Özet

Geçmiş yıllarda tam seramik restorasyonların kullanım alanları sadece ön bölge tedavileri ile kısıtlı iken günümüzde bu restorasyonlar, dentisyonun tüm alanlarında kullanılabilir. Geleneksel seramiklerin kullanımı yapısal özelliklerinden dolayı tek kronlarla sınırlı kalmış ve yetersiz dirençlerinden dolayı daha geniş restorasyonlar için önerilmemiştir. Bu nedenle, araştırmacılar dental seramik materyallerin mekanik özelliklerini devamlı olarak geliştirmeye yönelmiştir. Geleneksel sistemlerle üretilen materyallerle kıyaslandığında, CAD/CAM materyalleri teknik anlamda avantajlar getirmektedir. Bu derleme, CAD/CAM sistemlerinde kullanılan tam seramikler hakkında genel bilgi veren bir literatür taramasıdır.

Anahtar Kelimeler: CAD/CAM, Dental Seramikler, Estetik.

OVERVIEW / GENEL BAKIŞ

Seramikler metalik ya da yarı metalik oksitlerden oluşan ametalik yapıdaki inorganik malzemeler olup çok geniş bir kavramı ifade ederken, dental seramikler ise daha karakteristik bir yapıyı ifade etmektedir.¹ Porselen terimi, içinde farklı kristal partiküllerinin bulunan cam matrisi içeren, ısıya dayanıklı ve camsı seramik materyallerini kapsamaktadır.² Dental porselenler, dental seramiklerin bir alt grubudur.

Dental porselenlerin en büyük dezavantajları kırılma olmaları ve düşük gerilme dayanıklılığına sahip olmalarıdır. Porselenin dayanıklılığını arttırmak, kırılma dayanıklılığını azaltmak amacıyla metal alt yapı kullanılması sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Ancak metal alt yapının estetiği olumsuz yönde etkilemesi metal desteksiz tam seramik restorasyonların gelişimini hızlandırmış ve kullanım alanlarını 1990'ların başında; kron ve köprü altyapı materyali, endodontik postlar, ortodontik braketerler, implant ve implant dayanaklarına kadar genişletmiştir.³

Biyolojik uyum, yüksek dayanıklılık ve estetik gibi özelliklerin bir arada sunulması 1980'lerden itibaren önem kazanmış ve bu amaçla çeşitli tam seramik sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bu sistemler arasında alüminöz seramikler, lösit içeren seramikler, büzülmeyen altyapılı seramikler, dökülebilir cam seramikler, yüksek dayanıklılıkta cam infiltre edilmiş altyapı seramikleri sayılabilir.⁴ Bunların yanısıra bilgisayar destekli tasarım-bilgisayar destekli üretim "Computer aided design - Computer aided manufacturing" (CAD-CAM) seramikleri, kopya freze tekniğinde kullanılan hazır seramik bloklar da geliştirilmiştir.⁵

Var olan ve gelişmekte olan farklı materyaller klinisyenleri, hangi materyali hangi vakada seçmeleri gerektiği konusunda zorlamaktadır.

Dental Seramiklerin Yapısı

Dental seramiklerin temel yapısını oluşturan ana bileşenler: Feldspar (potasyum ve sodyum alüminosilikat- $K_2O-Al_2O_3-6SiO_2$), kuartz (silika- SiO_2), kaolin (hidrate alüminosilikat- $Al_2O_3-2SiO_2-2H_2O$)'dir.

Feldspar ($K_2O-Al_2O_3-6SiO_2$): Seramikte ana yapıyı oluşturan ve doğal translusensliği sağlayan maddedir. Yapı içeriğinde en az %60 oranında olmalıdır. İçeriğini esas olarak; sodyum silikat, potasyum silikat ve kalsiyum silikat oluşturur. Erime ısısı kendinden daha yüksek olan bileşenler için camlaşmış birleştiricilik görevi yapar. $1530^{\circ}C$ 'de eriyen feldspar, $1250^{\circ}C-1300^{\circ}C$ ısı aralığında eridiğinde sodyum ve potasyum oksit alkalileri, silika ve alümina ile birleşip sodyum veya potasyum alümina silikat oluşur.⁶

Kuartz (SiO_2): Silika yapısındaki kuartz, dental seramik yapısı içine doldurucu ve desteklik görevi yapar, dayanıklılığı artırır. Yüksek ısılarda seramiklerin stabiliteğini korumasına yardımcı olur. Ayrıca büzülmeyi ve termal genleşme katsayısını kontrol eder. Porselen yapısı içindeki oranı %10-30 arasındadır. Oran artarsa seramiğin büzülmesi azalır ancak ışık geçirgenliği de azalır.⁷

Kaolin ($Al_2O_3-2SiO_2-2H_2O$): Porselen yapısı içerisinde %1-5 oranında bulunur. Yapışkan yapısı sayesinde kuartz ve feldspar arasında bağlayıcı olarak rol oynar. Bu özelliğiyle porselenin modelajına da yardımcı olur. Erime derecesi oldukça yüksektir ve opak yapıdadır. Porselenin ışık geçirgenliğini koruyabilmesi

için bileşimdeki yüzdesi sınırlı değildir.⁸ Diğer tip porselenlere kıyasla dental porselenin kaolin miktarının az olması ayırıcı özelliklerindedir.

Bu bileşenlerin yapı içindeki oranı porselenin fiziksel ve estetik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Bu üç ana bileşene ilave olarak yapıya, cam modifiye ediciler, renk pigmentleri, ışık geçirgenlik özelliğini değiştiren çeşitli bileşenler de ilave edilebilir.⁹

Diş hekimliğinde kullanılan seramikler; kullanım alanları, kompozisyonları, üretim metotları, fırınlama ısıları, mikro yapıları, translusensi özellikleri ve kırılma dayanımları gibi birçok başlık altında sınıflandırılabilirler.^{8,10}

Üretim Tekniklerine Göre Dental Seramiklerin Sınıflandırılması

Geleneksel Yöntem: Cam veya cam-kristal karışımından oluşan seramik tozu, üretici firmalar tarafından sağlanan özel bir likit ile karıştırılmaktadır. Kondenzasyon sırasında açığa çıkan hava ve su, elle ya da vibrasyonla uzaklaştırılmalıdır. Üretim sırasında vakumlu fırınların kullanılması hem artan havayı uzaklaştırmakta hem de seramiğin estetiğini ve yoğunluğunu geliştirmektedir. Restorasyonların elle şekillendirilmesi sıklıkla hava boşluğuna neden olmaktadır. Bu nedenle dental seramistin deneyimi, fırınlama süreci ve çevre koşulları yöntemin başarısını etkilemektedir.¹¹

Slip-Cast Yöntemi: Bu yöntem diş hekimliğinde ilk kez Michael Sadoun tarafından 1986 yılında tanıtılmıştır. Alümina kristallerinin su içerisindeki süspansiyonuna 'slip' adı verilmektedir. Bu slip, özel ısıya dayanıklı day alçısı üzerine sürülüp fırınlanır. Bu olaya 'slip-casting' denilmektedir. Fırınlama işlemi, özel fırında 1120°C'de 10 saat sürer. Bu fazın son aşamasında çok yoğun bir alümina tabakası oluşmaktadır. Alümina tabakasında bulunan yoğun alümina partikülleri oldukça poröz bir yapı oluşturmaktadır. İkinci fazda, yüksek dirençli kor yapısına ulaşmak için poröz yapıdaki alümina tabakası içine eritilen lantanyum cam (La₂O₃- Al₂O₃- B₂O₃-SiO₂) nüfuz ederek ince grenli alümina partiküllerini sarar ve böylece cam infiltrasyonu yapılmış olur. Fırınlama esnasında erimiş cam partikülleri arasındaki gözenekleri doldurur ve dayanımı yüksek seramikler elde edilir.¹²

Preslenebilir seramikler: Tam seramiklerde homojen yapıya ulaşmak ve porözite oluşumunu engellemek için, kayıp mum tekniğiyle oluşturulmuş restorasyon boşluğuna, önceden hazırlanmış feldspatik esaslı lösit ya da lityum disilikat kristalleri ile güçlendirilmiş cam seramik ingotların ısı ve basınç altında preslenmesinden elde edilmektedir. Bu sistemde restorasyonlar yüzey boyaması ve tabakalama tekniği olmak üzere iki şekilde bitirilebilmektedir.¹³

CAD/CAM ile şekillendirilen seramikler: İnley, onley, kron ve veneer gibi tam kontur restorasyonlar, blok formundaki çeşitli materyaller kullanılarak üretilebilir. Blok formunu vermek amacıyla genel olarak, seramik tozlarının içerisine bir bağlayıcı eklenir ve kalıba yerleştirilir ve preslenir. Bağlayıcı, tozu bir arada tutmaya yardımcı olur, böylece preslemeden sonra şekil korunur. Bloklar daha sonra bağlayıcıyı çıkarmak için bir fırına transfer edilir ve tam yoğunluğa sinterlenir. Daha önce belirtildiği gibi, bloklardan frezelenmiş restorasyonlar, standart üretim süreci sayesinde geleneksel yöntemlerle üretilen restorasyonlara kıyasla daha fazla yoğunluğa ve mekanik özelliklere sahip olma eğilimindedir.

Geleneksel üretim tekniklerinde görülen homojenite, mikroporözite ve yüksek ısıdaki fırınlama işlemleri sonrası oluşan boyutsal problemler, CAD/CAM sisteminde restorasyonlarda kullanılan blokların geliştirilmesiyle

elimine edilmiştir. Ayrıca, laboratuvar uygulamalarında harcanan zamanın kısalması ve para tasarrufu sağlamaktadır.¹⁴

CAD/CAM sistemlerinde kullanılan blok materyalleri restorasyonun ağızda kullanılacağı bölgeye, hastanın beklentilerine, sosyo-ekonomik durumuna ve hekimin tercihinine göre değişkenlik gösterir.

Bu materyaller şu şekilde sınıflandırılabilir.⁵

1. Feldspatik CAD/CAM seramik bloklar
2. Lösitle güçlendirilmiş CAD/CAM seramik bloklar
3. Lityum disilikatla güçlendirilmiş CAD/CAM seramik bloklar
4. Zirkonya ile desteklenmiş lityum disilikat ile güçlendirilmiş CAD/CAM seramik bloklar
5. Cam infiltre CAD/CAM seramik bloklar
6. Polikristalin seramikler
 - Alümina bazlı CAD/CAM seramik bloklar
 - Zirkonya bazlı CAD/CAM seramik bloklar,
7. Hibrit seramik bloklar
8. Rezin nanoseramik bloklar
9. Rezin matrikse ilave zirkonya-silika seramik bloklar

-Feldspatik CAD/CAM Seramik Bloklar

Feldspatik CAD/CAM seramik bloklar diş hekimliğinde inley üretimi için kullanılan ilk bloklardır.¹⁵ Cam matriks içerisinde %30-35 oranında ve 3-4 µm boyutlarında feldspar partikülleri bulunmaktadır. Kırılma dayanımları ortalama 150 MPa, elastik modülleri 45-63 Gpa'dır.¹⁶ Partiküllerin ince olması, sıkıştırılabilirliğini arttırdığı için, CAD/CAM bloklarının özelliği olan boşluksuz 'porefree' yapılar ortaya çıkmıştır.

o **Vita Mark I** (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) 1985 yılında piyasaya sürülen, ince grenli bir feldspatik porselendir. CEREC sistemi ile kullanılmaktadır. Fiziksel dayanıklılık ve aşınma özellikleri bakımından metal-seramik restorasyonlarda kullanılan feldspatik porselen ile benzerlik göstermektedir. Kırılma dayanımları 120 MPa'dır. Otto ve De Nisco tarafından 2002 yılında, Vita Mark I kullanılarak yapılan 10 yıllık prospektif çalışmada %90.4 gibi çok yüksek bir başarı oranı tespit edilmiştir.¹⁷

o **Vita Mark II** (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) 1991 yılında CEREC sistemi için özel olarak tanıtılmıştır. Vita Mark I'e göre kıyasla daha ince grenlidir (4 µm) ve buna bağlı olarak bükülme dayanımı (glaze sonrası 160 MPa) arttırılmıştır.⁵ Bu bloklar geleneksel feldspatik seramiklere benzer materyallerden yapılıp ancak ekstrüzyonla kalıplama (extrusion moulding) olarak bilinen plastize edilmiş seramiğe şekil vermek amacıyla preslenmesi yöntemiyle üretilir. Zimmer ve ark. tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada bu blokların 10 yıllık sağ kalım oranları %83 olarak bildirilmiştir.¹⁹ Birçok renk seçeneği olmasına rağmen bu bloklar monokromatiktir.

o **Vita Triluxe**, Triluxe Forte, Reallife (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) benzer yapısal özelliklere sahip olup, sırasıyla 3,4 ve 6 farklı renk tabakasına sahip polikromatik bloklardır. Bu özellikleri sayesinde doğal diş dokusunu taklit edebilirler.²⁰ Bükülme dayanımları 155 ± 15 MPa'dır.

o **CEREC blok** (Sirona, Bensheim Almanya) 2007 yılında tanıtılmıştır ve yapısal özellikleri Vita Mark II'ye benzerdir. Translüsente (T), medium (M) ve opak (O) olarak, üç renk doygunluğu derecesine sahip altı farklı CEREC bloğu bulunmaktadır.²¹ Polikromatik bloklar (CEREC Blok PC), doğal dişin ışık geçirme özelliklerini kopyalayarak restorasyon ve doğal dentisyonun uyum içinde olması sağlanmaktadır.²² 120 MPa bükülme dayanımına sahiptir ve mine benzeri aşınma özellikleri vardır.²³

Bu blokların endikasyonları inley, onley, laminate veneer, parsiyel kron ve ön-arka bölge tek kronur.¹¹ Hidroflorik asitle pürüzlendirme, cam içeriklerinin fazla olması nedeniyle çok etkilidir ve oksit seramiklere kıyasla adeziv simantasyonda daha başarılı sonuçlar verirler.²⁴

-Lösit ile Güçlendirilmiş CAD/CAM Seramik Bloklar

Lösit esaslı cam seramikler ilk olarak 1995 yılında W. Höland ve arkadaşları tarafından cam matriks üzerinde kontrollü kristalizasyon yöntemiyle geliştirilmiştir.²⁵

Yapılarında %68 kuartz ve %18 oranında alüminyum oksit bulunmaktadır. Cam matriksin hacimce %35-40 kadarını 5-10 μ m büyüklüğündeki lösit kristalleri oluşturur. Materyalin ışık geçirgenlik özelliği ve aşındırma etkisi mineye benzer.²⁶

Lösit kristalleri, yapıda bulunan çatlakların büyümesini engelleyen sağlam bir bariyer görevi üstlenir. Bunun nedeni, yapı içinde %40 oranında bulunan lösit kristallerinin genleşme katsayısının içinde bulunduğu cam matriksten daha fazla olmasıdır.²⁷

2010 yılında Naves ve ark.'nın lösit ile güçlendirilmiş cam seramiklere 10, 20, 40, 60 ve 120 sn HF asit (%10) uygulayarak rezin ile bağlantı dayanımını incelediği bir çalışmada artmış asitleme süresinin bağlanma dayanımını düşürdüğü görülmüştür.²⁸

2007 yılında yapılan çalışmada Er:YAG lazer uygulamanın bağlanma dayanım kuvveti HF asit ile benzer bulunmuştur.²⁹

o **ProCAD** (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn), CEREC inLAB ile kullanılmak üzere 1998 yılında tanıtılmıştır. Yapısal olarak IPS Empress'e benzeyen, % 40 oranında lösit ile güçlendirilmiş seramiktir. Bükülme dayanımı 160 MPa'dır. 2009 yılında yapılan 5 yıllık prospektif çalışmada parsiyel kronların sağ kalım oranı %97 olarak bildirilmiştir.³⁰ Endikasyonları inley/onley, veneer, ön ve arka bölge kronlardır.

o **IPS Empress CAD** (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn), ProCAD'e alternatif olarak 2006 yılında tanıtılmıştır. İkisinin temel farkı üretim işlemini optimize etmek ve frezleme hasarını önlemek için ProCAD'e kıyasla daha ince partikül büyüklüğüne sahip (1-5 μ m) %45 oranında lösit içeriğine sahip olmasıdır.¹¹ Bükülme dayanımı 160 MPa'dır. 2008 yılında yapılan bir çalışmada inley ve onleylerin 6 yıllık sağ kalımları %96.9 olarak belirtilmiştir.³¹ Blokların translüsensi derecelerine göre 3 farklı çeşidi vardır. Endikasyonları inley/onley, veneer, parsiyel kron, ön ve arka bölge kronlardır.

-Lityum Disilikat ile Güçlendirilmiş CAD/CAM Seramik Bloklar

Lityum disilikat cam seramiklerde, lösit cam seramiklere kıyasla %70 oranında kristal içeriği bulunmaktadır. İğneye benzeyen 1.5 µm boyutlarındaki lityum disilikat kristalleri, lityum ortofosfat (Li₃PO₄) camsı matrikse entegre halde bulunur. Kristaller bir araya gelerek bir ağ oluşturur ve böylece materyalin dayanıklılığı artar.

o IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) ismiyle 2006 yılında piyasaya çıkarılan ürün iki aşamalı kristalizasyon sürecinden geçen mavi seramik bloklardır. İlk aşama, hacimce yaklaşık % 40 oranında ve 0,2-1 µm boyutunda lityum meta-silikat kristalleri (Li₂SiO₃) içeren ara kristalleşme fazı olarak adlandırılır. Bu faz, aşırı frez aşınması olmadan daha kolay milleden yapılabilmesini sağlar ve seramiğe direnç kazandırır. Bu formda seramik 130-150 MPa aralığında bükülme dayanımına sahiptir. İkinci olarak ısıl işlem aşamasında, meta-silikat faz tamamen çözülür ve lityum disilikat kristalleşir. Isıl işlem bir porselen fırınında yaklaşık 840-850°C'de gerçekleşir. Bu üretim sürecinin sonunda, hacimce %70 oranında ince gren yapı (1,5 µm) lityum disilikat kristali içeren cam matriks oluşur. Materyal rengi maviden sonuç rengine dönüşür ve dayanımı 360 MPa olur.^{32,33}

Bloklar karakterizasyon sağlanarak monolitik olarak kullanılabilirler. Karakterizasyon boyama yapılarak sağlanabileceği gibi cut-back tekniği ile uygun bir veneer materyali (örn: IPS e.max Ceram) kullanılarak da yapılabilir.³⁴ Zirkonya altyapı üzerine cad-on tekniğiyle uygulanarak uzun köprülerde de kullanılabilir.

Farklı translüsensi değerlerine sahip lityum disilikat CAD blokları mevcuttur. Yüksek ışık geçirgenliği olan bloklar, çevre dokuların rengini absorbe etme özellikleri nedeniyle, inley ve onley restorasyonların yapımında kullanılabilir. Renklenmiş dişlerin tedavisinde, tabakalama tekniğiyle multi blokların kullanımı uygundur.³⁵

Endikasyonları: İnce lamina (0.4 mm), veneer, okluzal veneer, inley/onley, kron, üç üye köprü (2. premoların anterioru), veneer materyali olarak uzun köprülerde (CAD-on), implantüstü kron, hibrit abutment, hibrit abutment kron'dur.

2010 yılında yapılan ve Empress, ProcCAD ve E.max materyellerinin karşılaştırıldığı çalışmada E.max CAD'in kırılma dayanımının diğerlerine göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu gösterilmiştir.³⁶

Hidroflorik asitle pürüzlendirme sonrası silan uygulamasının çekme dayanımı önemli ölçüde artırdığı rapor edilmiştir.³⁷

-Zirkonya ile Desteklenmiş Lityum Disilikat ile Güçlendirilmiş CAD/CAM Seramik Bloklar

Lityum disilikatla güçlendirilmiş cam seramikler, mekanik açıdan geliştirilerek, zirkonya ile desteklenmiş lityum disilikat seramik bloklar üretilmiştir (ZLS).

Yaklaşık %10 oranında zirkonya ile güçlendirilmiştir. Zirkonya ve cam seramiklerin pozitif özellikleri birleştirilmiştir. Yapısında çok ince boyutlarda (0.50-7µm) lityum metasilikat ve lityum disilikat kristalleri vardır. Oluşan kristaller, lityum disilikat kristallerden 4 ile 8 kat daha küçüktür.

o Vita Suprinity (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) adıyla ilk olarak 2013 yılında piyasaya sunulmuştur. Üretici firma materyalin endikasyonlarını ön ve arka bölge kronlar, implant üst yapıları,

veneerler, inley ve onleyler olarak belirtmiştir. Materyalin ince grenli yapıya sahip olmasının (kristal boyutu yaklaşık 0,5 µm) üstün estetik özellikler kazandırdığı belirtilmektedir. Bu bloklar, prekristalize yapıdadır. Bu halde frezeleme kolay yapılmaktadır. Frezeleme işleminden sonra 840 °C'de 8 dakika fırınlanır. Frezelemeden sonra kırılma dayanımı 210 MPa iken kristalleşme sonrası kırılma dayanımı 420 MPa'a ulaşır.³⁸ Materyal monolitik olarak tek tabakalı ya da altyapı materyali olarak kullanılabilir. Veneerleme materyali olarak feldspatik seramik olan Vita VM11 önerilmektedir.³⁹ T ve HT olmak üzere iki çeşit blok mevcuttur.

o **Celtra Duo** (Dentsply, Konstanz, Almanya) ismiyle 2014 yılında piyasaya sürülmüştür. Tam sinterize bloktur, kristalize formda frezelenildiği için işlendikten hemen sonra mekanik olarak cilalanıp simante edilebilir. 370 MPa bükülme dayanımı vardır. HT ve LT olmak üzere iki farklı ışık geçirgenliğine sahiptir. HT blok inley, LT blok kronlar için önerilir. Endikasyonları inley/onley, veneer, ön ve arka bölge kron, ön bölge köprü, hibrit abutment (ti-base)'tir.

2015 yılında çeşitli materyallerin translusensi değerlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, yüksek translusent cam seramiklerle karşılaştırıldığında, zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat cam seramik daha opak bir yapı gösterirken, konvansiyonel lityum disilikat seramikler ile kıyaslandığında (polisajlı yüzeylerde) daha yüksek translusensi göstermişlerdir.⁴⁰

Elsaka ve ark.'nın 2016 yılında ZLS ve lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramiklerin mekanik özelliklerini karşılaştırdığı çalışmada ve ZLS seramikleri kırılma dayanımı, bükülme direnci, elastik modülü ve sertlik derecesi bakımından lityum disilikat seramiklere kıyasla daha üstün bulmuştur.⁴¹ 2016 yılında Ramos ve ark. tarafından yapılan mekanik özelliklerin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada da; ZLS ve lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramikler arasında anlamlı farklılık gözlenmezken; seramik infiltre polimer ve feldspatik seramiklere kıyasla daha iyi mekanik davranışlar gösterdiği bildirilmiştir.⁴²

-Cam İnfiltre CAD/CAM Seramik Bloklar

Cam infiltre seramikler, slip-cast tekniğiyle üretilirken 1993 yılından bu yana CAD/CAM ile de üretilebilmektedir. Bloklar, seramik tozunun bir kalıp içerisine kuru preslenmesi ve açık gözenekli mikroyapı sağlanana kadar sıkıştırılması ile üretilir. Daha sonra ısı işleme tabii tutulur ve kısmi sinterizasyon yapılır.

Yarı sinterize bloklardan frezelenen restorasyona, erimiş lanthan oksit cam infiltrasyonu yapılarak porözlü yapı ortadan kaldırılır.^{43,44} Slip-cast tekniği ile kıyaslandığında bloklarda makro poröz sayısı daha az olduğu için daha homojendir.⁴⁵

Bu bloklar In-Ceram Spinell, In-Ceram Alumina ve In-Ceram Zirconia olmak üzere 3'e ayrılır.

o **In-Ceram Spinell** (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) cam infiltre seramik grubunda en fazla ışık geçirgenliğine sahip olan materyaldir. Bükülme dayanımı In-Ceram Alümina materyaline kıyasla %25 daha düşüktür⁴⁶ ve In-Ceram alüminanın yüksek opasitesi nedeniyle kullanılmadığı ön bölge kronlarda kullanılabilirler.⁴⁷ 2002 yılında yapılan bir çalışmada, In-Ceram Alümina %97 sağ kalım oranı göstermişken, In-Ceram Spinell'in sağ kalımı %100 olarak bulunmuştur.⁴⁶

o **In-Ceram Alümina** (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) 1989 yılında yüksek oranda sinterlenmiş poröz alümina altyapı materyaline, cam infiltrasyonu elde edilmiştir. Ön ve arka bölge kronlarda ve üç üyeli ön bölge köprülerde altyapı materyali olarak kullanılır.¹⁰

o **In-Ceram Zirconia** (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) yapısı içerisinde %33 oranında seryum stabilize zirkonya bulunmaktadır. 2 saat süreyle 1100°C de sinterlendikten sonra cam infiltrasyonu yapılarak üretilir.¹⁰ Endikasyonları ön ve arka bölge tek kron, ön ve arka bölge 3 üye köprülerdir.

-Polikristalin Seramikler

Yoğun kristal yapıları nedeniyle alümina ve zirkonya gibi polikristalin seramikler üstün mekanik özellikler göstermekte ve bu durum kırık oluşumunu azaltmaktadır. Polikristalin seramikler camı yapı içermedikleri için opak yapıdadırlar. Bu nedenle, kron ve köprü alt yapısı olarak frezelenmesi sonrasında veneerlenmesi önerilir.⁴⁸

• Alümina Bazlı CAD/CAM Seramik Bloklar

%100 alüminyum oksit kristalleri içeren yüksek dayanıklılığa sahip oksit bloklardır. Cam infiltrasyonu yapılmaz. Presinterize formdadır ve üretildikten sonra 1520°C de fırınlanırlar. Kırılma dayanımı 500 MPa'ın üzerinde olup, bükülme dayanımı ortalama 610 MPa'dır. Bloklar monokromatiktir ancak tabakalama tekniğiyle veneerlenirler.⁴⁹

o **Procera AllCeram** (Nobel Biocare AB, Goteborg, İsveç), 1993 yılında tanıtılan ve %99.9 alümina içeren ilk tam yoğunlukta polikristalin seramiktir. 600 MPa bükülme dayanımına ve oldukça opak bir yapıya sahiptir. Ancak tam seramiklerin translusentlik derecelerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada Procera AllCeram'ın değerleri IPS Empress ile IPS Empress 2 arasında bulunmuştur.⁵⁰ Endikasyonları ön ve arka bölge kron, ön bölge 3 üye köprü, implant üstü kronudur.

o **In-Ceram AL** ((Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya), 2005 yılında tanıtılmış. InCeram Classic Alüminadan farkı cam içermemesidir. 2011 yılında yapılan çalışmada In-Ceram YZ'den sonra en yüksek kırılma dayanımı In-Ceram AL'de görülmüştür. Yüksek kristal içeriği ve düşük porozite oranının materyale üstün mekanik özellik sağladığı düşünülmektedir.⁵¹ Endikasyonları ön ve arka bölge kron, ön ve premolar bölgede 3 üyeli köprüdür.

• Zirkonya Bazlı CAD/CAM Seramik Bloklar

Zirkonyum doğada saf halde bulunmaz. Mineral halde bulunur ve en çok bulunan formu zirkonyum dioksittir. Bu forma genel olarak zirkonyum oksit veya zirkonya da denmektedir.

Saf haldeki zirkonyum oksit, sıcaklığa bağlı olarak üç farklı fazda bulunabilen polikristalin bir materyaldir. Monoklinik faz, oda sıcaklığı ve 1170 C° arasında iken; tetragonal faz 1170 C°-2370 C° arasında; kübik faz ise 2370 C° üzerindeki sıcaklıklarda görülmektedir.⁵²

Zirkonya kristalleri tetragonal fazda iken maksimum mekanik özellik sergilemektedirler. Bu nedenle zirkonyanın oda sıcaklığında tetragonal fazda stabil olması, zirkonyadan beklenen performansın sağlanmasında çok önemlidir. Böylece çatlak ilerlemesi etkili bir şekilde önlenirken materyalin mekanik özellikleri yükseltilir. Bunun için kalsiyum, magnezyum, alüminyum, yitrium veya seryum gibi metal oksitler ilave edilerek kontrolsüz faz değişimi engellenen ve yarı stabilize zirkonya olarak adlandırılan oda sıcaklığında yarı stabil materyaller elde edilmektedir.⁵³

Tam seramik restorasyonların üretiminde, yüksek mekanik dirençleri nedeniyle en çok kullanılan materyallerdir.⁴³ Üretim şekillerine göre zirkonyum dioksit bloklar 3 grupta incelenirler.

Sinterlenmemiş zirkonyum dioksit bloklar, üretim aşamasında zirkonyum dioksit tozuna sinterleme işlemi uygulanmadan, basınçsız olarak preslenmesi ile üretilir. Aşındırmaları kolaydır.⁵⁴

Yarı sinterlenmiş zirkonyum dioksit blokların üretiminde zirkonyum dioksit tozunu preslemek ve blok haline getirmek için uygun bir bağlayıcı madde konur. Bağlayıcı, 1350 - 1550°C gerçekleşen ön sinterleme adımı sırasında elimine edilir. Final sinterleme sonrası, %20-25 oranında büzülme oluşur bu nedenle daha büyük üretilirler.⁵²

Tam sinterlenmiş zirkonyum dioksit bloklar, ilk olarak 1500°C'nin altında sinterlenir ve %95 yoğunluğa ulaşır. Daha sonra yüksek basınç altında 1400-1500 °C aralığında sıcak izostatik basınç işlemi uygulanır. Böylece blokların % 99 yoğunluğa ulaşmaları sağlanır. Oluşan yapı çok sert olduğu için aşındırma işlemi uzun zaman almaktadır. Sonrasında herhangi bir boyut değişikliği olmayacağı için final boyutlarında üretilirler.⁵⁵

o **DC Zirkon** (DCS Dental AG, Allschwill, İsviçre), DCS-President sistemi ile üretilmek üzere piyasaya sunulan tam sinterize bloktur. Işık geçirgenliğine göre Premium, T, HT olmak üzere 3 blok mevcuttur. Sırasıyla bükülme dirençleri 1400, 1100 ve 600 MPa'dır. Üretici firma ışık geçirgenliğinin lityum disilikatla güçlendirilmiş seramiklere yakın, kırılma direncinin ise % 65 daha fazla olduğunu öne sürmektedir.⁵⁶ Endikasyonları ön ve arka bölge kron, ön ve arka bölge köprülerdir.

o **LAVA Zirconia** (3M ESPE, St. Paul, Minn, ABD), itriyum ile stabilize zirkonyum oksit bloklardır. Bükülme direnci 1048 MPa'dır. Endikasyonları ön ve arka bölge kron, splintlenmiş kronlar, 3-4 üye köprü, kantilever köprü, 3 üye inley-onley köprü, ön bölge adeziv köprü, teleskop primer kron, implantüstü kron, 2 implantüstü 3 üye köprüdür.

o **Cercon HT ve XT** (DentsplyCeramco, York Pa, ABD), itriyum ile stabilize zirkonyum oksit bloklardır. Genelde sabit protez altyapısı olarak üretilirler. Ancak yeni geliştirilen HT ve XT bloklar kullanılarak monolitik olarak da üretilmeleri mümkündür. Bükülme dirençleri sırasıyla 1200 ve 750 MPa'dır. Endikasyonları ön ve arka bölge kron, ön ve arka bölge köprülerdir. İnley köprülerde kontrendikedir.

o **E.max ZirCAD** (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) itriyum ile stabilize zirkonyum oksit bloklardır. Işık geçirgenliğine göre Classic, LT, MT, MT Multi olarak farklı bloklar vardır. Translusensi oranı arttıkça bükülme dayanımı azalmaktadır (850-1200 MPa). CAD-on tekniği kullanılarak E.max CAD ile kombine halde kullanılabilir. Endikasyonları ön ve arka bölge kron, ön ve arka bölge köprü (3-12 üye), inley köprü, primer teleskop kuronlar, implant üstü kron ve köprüdür.

o **Procera Zirconia** (Nobel Biocare AB, Goteborg, İsveç), itriyum ile stabilize zirkonyum oksit bloklardır. Bükülme direnci 1200 MPa'dır. Endikasyonları ön ve arka bölge kron, ön ve arka bölge köprülerdir.

o **In-Ceram YZ** (Vita Zahnfabrik, BadSackingen, Almanya), itriyum ile stabilize zirkonyum oksit bloklardır. Bükülme direnci 900 MPa'dır. Endikasyonları ön ve arka bölge kron, ön ve arka bölge köprülerdir

o **Denzir-M** (Dentronic) (Decim AB, Skelleftea, İsveç), magnezya ile stabilize (Mg- PSZ) edilmiş, kübik matriks içerisinde tetragonal kristallerden oluşan 2 fazlı bir materyaldir. Pöröz yapısı nedeniyle yüksek aşınma oranına sahiptir. Y-TZP ile kıyaslandığında veneerleme sonrası düşük mekanik özellik gösterirler.⁵³

o **NanoZR** (Hint, Els, Griesheim) adıyla tanıtılan serya ile stabilize zirkonya/alumina nanokompozitlerde, nano boyutlardaki alüminanın matriks içerisindeki homojenöz dağılımı bükülme dayanımını arttırmaktadır ve 2010 yılında yapılan prospektif çalışmada arka bölge sabit protezler için güvenilir bir altyapı

materyali olduğunu göstermektedir.⁵⁷ Bükülme direnci 1290 MPa'dır. Endikasyonları ön ve arka bölge kron, ön ve arka bölge köprülerdir.

o **Katana** (Kuraray Noritake Dental Inc, Tokyo, Japonya), itriyum ile stabilize zirkonyum oksit bloklardır. HT, STML, UTML olmak üzere 3 farklı blok mevcuttur. Bükülme dirençleri sırasıyla 1125, 750, 450 MPa'dır. Endikasyonları inley/onley, veneer, ön ve arka bölge kron, ön ve arka bölge köprülerdir.

-Rezin Nanoseramik Bloklar

Nanoseramiklerin içerisinde UDMA (üretan dimetakrilat) bazlı rezin matriks ve nanoboyutta seramik partikülleri vardır. Üretim aşamasında yapılarına silan katılmakta ve silan rezin matriks ve nanomer yapı arasındaki kimyasal bağlantıyı sağlamaktadır.

Bu nano-seramik malzemenin üretimi ile kompozit materyallerin kullanım kolaylığı ve porselenlerin kırılma dayanımı özellikleri bir araya getirilmiştir.

Polimer matriks içerisinde bulunan 20 nm çapında silika, 4-11 nm çapında zirkonyum dioksit ve diğer iki partikülün kümelenildiği zirkonya-silika nano doldurucular hacimce yapının %80'ini oluştururlar.

o **Lava Ultimate** (3M ESPE, Seefeld, Almanya) 2012 yılında tanıtılmıştır. Materyalinin elastik modülü 10-20 GPa ve bükülme dayanımı 204 MPa'dır. Fırınlama gerektirmez. Kompozitlerle ağız içi tamiri rahatça yapılabilir. 2013 yılında yapılan çalışmada materyalin feldspatik, lösit ve kompozit bloklara kıyasla kırılma dayanımının yüksek, lityum disilikatla güçlendirilmiş bloklara yakın olduğu bildirilmiştir.⁵⁸ Endikasyonları inley, onley, veneer, implant üstü kronlardır.

o **Cerasmart** (GC, Tokyo, Japonya), 2014 yılında üretici firma tarafından 'esnek hibrit seramik' olarak tanıtılmıştır.⁵⁹ Bükülme dayanımı 231 MPa'dır.

Endikasyonları inley, onley, veneer, ön ve arka bölge kron ve implant üstü kronlardır.

Üretici firmalar resin nano seramik materyallerin çok absorbe etme özelliğinin olduğunu, implant üstü restorasyonlarda seramiklere nazaran daha başarılı sonuçlar verdiği belirtilmektedir. Ayrıca karşı dişte meydana getirdikleri aşınma, cam seramiklere oranla çok daha azdır.⁵⁹

-Hibrit Seramik Bloklar

o **Vita Enamic** (Vita, Bad Sackingen, Almanya) 2015 yılında tanıtılmıştır ve çift ağ yapısına sahip tek hibrit seramiktir. Seramik ağ yapı (%84) ve polimer ağ yapı (%14) birbirinin içine penetre olmuştur. Bu sayede kompozit ve seramiklerin olumlu özellikleri bir araya toplanmıştır. Üretici firma tarafından 'hibrit seramik' olarak adlandırılır. Bükülme dayanımı 150-160 MPa'dır. Çatlak ilerlemesi seramik materyallerde sık görülen bir sorun iken bu materyaldeki polimer ağ yapısı sayesinde bu sorun azaltılmıştır. Yüksek elastikiyet özelliği ve yüksek dayanıklılığı sayesinde duvar kalınlıklarının azaldığı, sağlam diş dokusunun korunduğu arka bölge minimal restorasyonlarda kullanılabilirler.⁶⁰ T ve HT olmak üzere 2 farklı ışık geçirgenliğine sahip blok mevcuttur. Endikasyonları inley, onley, ön ve arka bölge kron, implant üstü kron, minör defeklerin rekonstrüksiyonu (kole defektleri), okluzal veneerler, non-prep veneerlerdir.

2019 yılında yapılan ve cam, hibrit ve resin seramik materyallerin yorulma başarısızlık yükünün değerlendirildiği çalışmada, sadece Vita Enamic örnekleri %100 sağ kalım göstermiş ve yükler karşısında okluzal deformasyona uğramıştır. Diğer örnekler ise farklı yükleme aşamalarında başarısız olmuştur.⁶¹

Güngör ve ark. 2016 yılında, hibrit seramiklere (Lava Ultimate, Vita Enamic ve GC Cerasmart) uygulanan yüzey işlemlerinin bağlantı dayanımına etkisini termalsiklüs öncesi ve sonrasında inceledikleri çalışmalarında, termal siklus uygulamasının bağlanma dayanımını düşürdüğünü, termal siklus uygulanmayan grupta ise en yüksek bağlantı dayanımının frezle pürüzlendirme ve asit uygulaması sonrası silan uygulanan grupta olduğunu bildirmişlerdir.⁶²

-Rezin Matrikse İlave Zirkonya-Silika Seramik Bloklar

Değişen seramik yüzdesiyle birlikte farklı organik matriks yapıları olan materyallerdir. İçeriğini silika tozu, zirkonyum silikat, UDMA, TEGDMA, pigmentler gibi çeşitli materyallerin farklı oranlarda varyasyonları oluşturmaktadır. İnorganik yapıları ağırlıkça %60'tan fazlasını oluşturur.¹⁰

Shofu Block HC (Shofu, Japonya) porlu seramik dolgu malzemeleri içeren rezin seramik bloklardır. Doğal ışık geçirgenliğinin yanı sıra, kırılmaya karşı dayanıklıdır ve uzun ömürlü estetik görünüm sağlar. Bu CAD/CAM malzemesi, estetik bir anterior restorasyondan, dayanıklı posterior restorasyona kadar, minimal invaziv inleyler, onleyler, ön ve arka dişler için kronlar ve implant destekli restorasyonlar da dahil olmak üzere geniş bir kullanım endikasyonuna sahiptir.⁶³

Paradigm MZ-100 Blocks (3M ESPE, Seefeld, Almanya) bu materyal grubunun bir diğer örneğidir. %85 ultra ince zirkonya-silika seramik partiküllerinin (0,6 µm'lik küresel şekilde) bisfenol A glisidil metakrilat (bisGMA), TEGDMA polimer matriksi ve patentli bir başlatıcı sistemine gömülü olduğu kompozit materyallerdir.¹⁰

SUMMARY / SONUÇ

CAD/CAM sistemleriyle üretilen bloklarda geniş bir ürün yelpazesi mevcuttur. Dayanıklılığı arttırılmış CAD/CAM seramik materyallerinin üretilmesi restorasyonların hem anterior hem de posterior bölgede kullanılabilirliğini sağlasa da camsı yapının azalıp kristal yapının artması estetik özelliklerde kayıp oluşturmaktadır. Konvansiyonel sistemlerle üretilen materyallerle kıyaslandığında, CAD/CAM materyalleri teknik anlamda avantajlar getirmektedir. Bu nedenle CAD/CAM materyalleri ile ilgili çok fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Acknowledgements / Teşekkür

References / Referanslar

1. Miara P, Touati B, Nathanson D, Giordano R. Esthetic dentistry and ceramic restorations. CRC Press; 293-314, 1998.

2. Van Dijken JW. All-ceramic restorations: classification and clinical evaluations. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. 1999;20(12):1115.
3. O'Brien WJ. Dental materials and their selection, *Quintessence Int.* 210-225, 2002.
4. Seghi RR, Sorensen JA, Seghi RR, Sorensen JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. *Int J Prosthodont.* 1995;8(3):239-246.
5. Li RWK, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res.* 2014;58(4):208-216.
6. Shenoy A, Shenoy N. Dental ceramics: An update. *J Conserv Dent JCD.* 2010;13(4):195.
7. Von Fraunhofer JA. Dental materials at a glance. John Wiley & Sons; 243-244, 2013.
8. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' science of dental materials.* Elsevier Health Sciences; 418-424, 2012.
9. Babu PJ, Alla RK, Alluri VR, Datla SR, Konakanchi A. Dental ceramics: Part I—An overview of composition, structure and properties. *Am J Mater Eng Technol.* 2015;3(1):13-18.
10. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont.* 2015;28(3):227- 235.
11. Giordano R, McLaren EA. Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. 2010;31(9):682-4.
12. Pröbster L, Diehl J. Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence Int.* 1992;23(1):25-31
13. Denry I, Holloway J. Ceramics for dental applications: a review. *Materials.* 2010;3(1):351-368.
14. Palin WM, Burke FJT. Trends in indirect dentistry: 8. CAD/CAM technology. *Dent Update.* 2005;32(10):566-572.
15. Mörmann WH, Bindl A. All-ceramic, chair-side computer-aided design/computer-aided machining restorations. *Dent Clin North Am.* 2002;46(2):405-26.
16. Fasbinder DJ. Chairside CAD/CAM: an overview of restorative material options. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg NJ* 1995. 2012;33(1):50-52.
17. Otto T, De Nisco S. Computer-aided direct ceramic restorations: a 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *Int J Prosthodont.* 2002;15(2):122- 128.
18. Zimmer S, Göhlich O, Rüttermann S, Lang H, Raab WH, Barthel CR. Long-term survival of Cerec restorations: a 10-year study. *Oper Dent.* 2008;33(5):484-487.
19. Zahnfabrik V. VITABLOCS [Internet]. VITA Zahnfabrik. [a.yer 20 Temmuz 2019]. Erişim adresi: <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VITABLOCS-56965.html>
20. Fasbinder DJ. Materials for chairside CAD/CAM restorations. *Compend Contin Educ Dent.* 2010;31(9):702-4.
21. Reich S, Hornberger H. The effect of multicolored machinable ceramics on the esthetics of all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent.* 2002;88(1):44-49.
22. CEREC CAD/CAM Materials | Dentsply Sirona [Internet]. [a.yer 20 Temmuz 2019]. Erişim adresi: <https://www.dentsplysirona.com/en/explore/cerec/cad-cam-materials.html>
23. Bona AD, Anusavice KJ. Microstructure, composition, and etching topography of dental ceramics. *Int J Prosthodont.* 2002;15(2):159-167.
24. Höland W, Frank M, Rheinberger V. Surface crystallization of leucite in glasses. *J Non- Cryst Solids.* 1995;180(2-3):292-307.

25. Sannino G, Germano F, Arcuri L, Bigelli E, Arcuri C, Barlattani A. Cerec CAD/CAM chairside system. *Oral Implantol (Rome)*. 2014;7(3):57.
26. Tinschert J, Zweg D, Marx R, Anusavice KJ. Structural reliability of alumina-, feldspar- leucite-, mica-and zirconia-based ceramics. *J Dent*. 2000;28(7):529–535.
27. Naves LZ, Soares CJ, Moraes RR de, Gonçalves LS, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L. Surface/interface morphology and bond strength to glass ceramic etched for different periods. *Oper Dent*. 2010;35(4):420–427.
28. Gökçe B, Özpinar B, DüNDAR M, Cömlekoglu E, Sen BH, Güngör MA. Bond strengths of all-ceramics: acid vs laser etching. *Oper Dent*. 2007;32(2):173–178.
29. Guess PC, Strub JR, Steinhart N, Wolkewitz M, Stappert CF. All-ceramic partial coverage restorations—Midterm results of a 5-year prospective clinical splitmouth study. *J Dent*. 2009;37(8):627–637.
30. Galiatsatos AA, Bergou D. Six-year clinical evaluation of ceramic inlays and onlays. *Quintessence Int*. 2008;39(5):407–412.
31. Pagniano Jr RP, Seghi RR, Rosenstiel SF, Wang R, Katsube N. The effect of a layer of resin luting agent on the biaxial flexure strength of two all-ceramic systems. *J Prosthet Dent*. 2005;93(5):459–466.
32. Rosenstiel SF, Land MF. *Contemporary Fixed Prosthodontics-E-Book*. Elsevier Health Sciences; 674–694, 2015.
33. Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM–produced restorations. *J Am Dent Assoc*. 2006;137:14–21.
34. Guess PC, Zavanelli RA, Silva NR, Bonfante EA, Coelho PG, Thompson VP. Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: comparison of failure modes and reliability after fatigue. *Int J Prosthodont*. 2010;23(5):434–442.
35. Asai T, Kazama R, Fukushima M, Okiji T. Effect of overglazed and polished surface finishes on the compressive fracture strength of machinable ceramic materials. *Dent Mater J*. 2010;29(6):661–667.
36. Filho AM, Vieira LCC, Araujo E, Monteiro Júnior S. Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. *J Prosthodont*. 2004;13(1):28–35.
37. Rinke S, Rödiger M, Ziebolz D, Schmidt A-K. Fabrication of zirconia-reinforced lithium silicate ceramic restorations using a complete digital workflow. *Case Rep Dent*. 2015;2015. doi: 10.1155/2015/162178.
38. Zahnfabrik V. SUPRINITY [Internet]. VITA Zahnfabrik. [a.yer 26 Haziran 2019]. Erişim adresi: <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VITA-SUPRINITY-PC-81863.html>
39. 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(6):534–540.
40. Elsaka SE, Elnaghy AM. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. *Dent Mater*. 2016;32(7):908–914.
41. de Carvalho Ramos N, Campos TMB, de La Paz IS, Machado JPB, Bottino MA, Cesar PF, vd. Microstructure characterization and SCG of newly engineered dental ceramics. *Dent Mater*. 2016;32(7):870–878.
42. Conrad HJ, Seong W-J, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent*. 2007;98(5):389–404.
43. Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, Silva NR. All-ceramic systems: laboratory and clinical performance. *Dent Clin*. 2011;55(2):333–352.
44. Apholt W, Bindl A, Lüthy H, Mörmann WH. Flexural strength of Cerec 2 machined and jointed InCeram-Alumina and InCeram-Zirconia bars. *Dent Mater*. 2001;17(3):260–267.

45. Bindl A, Mörmann WH. An up to 5-year clinical evaluation of posterior In-Ceram CAD/CAM core crowns. *Int J Prosthodont.* 2002;15(5):451-456.
46. Fradeani M, Redemagni M. An 11-year clinical evaluation of leucite-reinforced glass- ceramic crowns: A retrospective study. *Quintessence Int.* 2002;33(7):503-510.
47. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J.* 2011;56:84-96.
48. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dent Mater.* 2004;20(5):449-456.
49. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent.* 2002;88(1):4-9.
50. Borba M, de Araújo MD, Fukushima KA, Yoshimura HN, Cesar PF, Griggs JA, vd. Effect of the microstructure on the lifetime of dental ceramics. *Dent Mater.* 2011;27(7):710-721.
51. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater.* 2008;24(3):299-307.
52. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials.* 1999;20(1):1-25.
53. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J.* 2008;204(9):505.
54. Fradeani M, D'Amelio M, Redemagni M, Corrado M. Five-year follow-up with Procera all-ceramic crowns. *Quintessence Int.* 2005;36(2):105-113.
55. ZublerSA - DC Zircon [Internet]. [a.yer 20 Temmuz 2019]. Erişim adresi: <http://www.zublersa.co.za/DC-Zircon>
56. Philipp A, Fischer J, Hämmerle CHF, Sailer I. Novel ceria-stabilized tetragonal zirconia/alumina nanocomposite as framework material for posterior fixed dental prostheses: preliminary results of a prospective case series at 1 year of function. *Quintessence Int.* 2010;41:313-319.
57. Zhang Y, Lee JJ-W, Srikanth R, Lawn BR. Edge chipping and flexural resistance of monolithic ceramics. *Dent Mater.* 2013;29(12):1201-1208.
58. CERASMART - Force absorbing hybrid ceramic CAD/CAM Block [Internet]. GC EUROPE. [a.yer 20 Temmuz 2019]. Erişim adresi: <https://www.gceurope.com/products/cerasmart/>
59. Zahnfabrik V. ENAMIC [Internet]. VITA Zahnfabrik. [a.yer 19 Temmuz 2019]. Erişim adresi: <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VITA-ENAMIC-24970.html>
60. Venturini AB, Prochnow C, Pereira GK, Segala RD, Kleverlaan CJ, Valandro LF. Fatigue performance of adhesively cemented glass-, hybrid-and resin-ceramic materials for CAD/CAM monolithic restorations. *Dent Mater.* 2019;35(4):534-542.
61. Güngör MB, Nemli SK, Bal BT, Ünver S, Doğan A. Effect of surface treatments on shear bond strength of resin composite bonded to CAD/CAM resin-ceramic hybrid materials. *J Adv Prosthodont.* 2016;8(4):259-266.
62. Shofu Dental Shofu Block & Disk HC [Internet]. [a.yer 30 Ağustos 2019]. Erişim adresi: <http://www.shofu.com/en/products/ceramics-dentures/new/shofu-block-disk-hc/>