

CAD/CAM yüksek dayanımlı cam seramikler

CAD/CAM high strength glass ceramics

Dt. Diler Deniz

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi A.D., Ankara
Orcid ID: 0000-0002-4465-8600

Dr. Öğr. Üyesi Güliz Aktaş

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi A.D., Ankara
Orcid ID: 0000-0001-7247-2507

Dr. Öğr. Üyesi M. Barış Güncü

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi A.D., Ankara
Orcid ID: 0000-0001-6109-2218

Prof. Dr. Şenay Canay

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi A.D., Ankara
Orcid ID: 0000-0003-0485-361X

Geliş tarihi: 6 Ağustos 2017

Kabul tarihi: 22 Aralık 2017

doi: 10.5505/yeditepe.2019.59140

Yazışma adresi::

Dt. Diler Deniz
Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı,06100 Sıhhiye
Ankara
Tel: 05394831711
E- posta: cetin_diler@hotmail.com

ÖZET

Hastaların her geçen gün daha estetik ve hızlı tedavi beklentileri arttıkça, dijital diş hekimliğindeki gelişmeler de hızlanmıştır. Yeni restoratif meteryaller ile tek seansta üretimi mümkün kılan bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) teknolojisi, bu beklentileri karşılar hale gelmiştir. Dental porselenlerin temelini oluşturan feldspatik porselen ve lösitle güçlendirilmiş cam seramiklerin düşük bükülme dayanımı gibi dezavantajlarını elimine etmek amacıyla, seramik yapıya güçlendirici maddeler eklenmiştir. Bu durum tabaklama gerektirmeyen monolitik materyalleri geliştirmiştir. Böylece kor materyali gereksinimi ortadan kalkmıştır ve dolayısı ile porselen-kor bağlantısındaki sorunlar elimine edilmiştir. Sonuçta yapısal bütünlüğü daha güçlü, CAD/CAM üretimine uygun hazır disk ve bloklar kullanıma sunulmuştur. Bu disk ve bloklar yapıya; lityum disilikat, zirkonyum oksit, alüminyum oksit, lösit ve rezin kompozit gibi maddeler eklenerek çeşitli üretim teknikleriyle üretilmektedirler. Bu materyallerin hangi klinik durumlarda tercih edileceği ise; materyalin mekanik, optik ve biyouyumluluk özelliğine göre belirlenmektedir. Bu derlemede ise son zamanlarda popüler hale gelen yüksek dayanımlı cam seramiklerin güncel literatür desteği ile materyal özellikleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yüksek dayanımlı cam seramikler, lityum disilikat cam seramik, zirkonyumla güçlendirilmiş cam seramik, biyomateryal özellikler.

SUMMARY

Day by day, developments in digital dentistry are accelerated with the increase of patient's improved faster and aesthetic treatment expectations. Computer aided design and manufacturing (CAD / CAM) technology makes it possible to manufacture restorations in a single appointment with new restorative materials that meets these expectations of the patients. In order to eliminate the disadvantages of feldspatic porcelain and leucite-reinforced glass ceramics, which is the basis of dental porcelain with low flexural strength, has been added to the ceramic structure for reinforcement of the materials. This has improved monolithic materials that do not require veneering. Thus, the core material has not been needed, and therefore problems with porcelain-core connection have been eliminated. Consequently, prefabricated discs and blocks with stronger structural integrity are available for CAD/CAM. These discs and blocks are made with various production techniques by adding materials such as lithium disilicate, zirconium oxide, aluminum oxide, leucite and resin composite. The clinical situation in which these materials are to be used is determined by the mechanical, optical and biocompatibility of the material. In this review, recent literature support and material properties of high strength glass ceramics, which became popular recently, were examined.

Keywords: High-strength glass ceramics, lithium disilicate glass ceramics, zirconium-reinforced glass ceramics, biomaterial properties.

Son yıllarda tek seansta yüksek kalite ve doğal görünümde üretilen restorasyonlara olan talebin artması, yeni restoratif materyaller ve teknolojilere yönelimi zorunlu hale getirmiştir.¹ Yüksek estetik özellikli restorasyonlar artık bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojileri (CAD/CAM) ile çok kısa sürede üretilmektedir.^{2,3}

CAD/CAM sistemlerin gelişmesiyle birlikte, indirek restorasyonlarda kullanım için seramik materyali, disk veya bloklar şeklinde hazır olarak bulundurulmaktadır. Bu materyaller klinik şartlarda ideal kullanım için, neredeyse hiç elde edilmemiş kalite standartlarını sağlayarak endüstriyel olarak üretilmektedir. Bu disk ve bloklar çeşitli üretim teknikleriyle lösit, zirkonyum oksit (ZrO₂), alüminyum oksit (Al₂O₃), lityum disilikat ve rezin kompozit gibi materyallerin seramik yapıya eklenmesiyle, CAD/CAM kullanımına uygun uygun hale getirilmiştir.^{4,5}

Feldspatik porselen ya da lösitte güçlendirilmiş tam seramik restorasyonların en büyük dezavantajı, düşük bükülme dayanımı (flexural strength) göstermeleridir (130-160 MPa). Son yıllarda ise, tabakalama gerektirmeyen monolitik materyaller geliştirilmeye başlanmıştır ve bu durum porselen ile kor materyali arasındaki bağlantı yüzeyi gereksinimini ortadan kaldırarak yapısal bütünlüğü güçlendirmiştir. Yüksek dayanımlı cam seramikler olarak adlandırılan bu materyaller, bükülme dayanımındaki gelişmelerle birlikte (210-540 MPa), konvansiyonel feldspatik ve lösitte güçlendirilmiş cam seramiklere alternatif olmuştur.^{6,7} Lityum disilikat ve zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat seramikler tabakalama gerektirmeden yeterli estetik özellik gösterirler ve bu durum gelişmiş yapısal bütünlükle sonuçlanır.⁸ Ayrıca, yüksek dayanımlı cam seramikler ultra ince restorasyonlarda (0,5 mm den daha ince kalınlık) gelişmiş marjinal uyum gibi yeterli mekanik ve optik özelliklerle kullanılabilirler.⁹

1998 yılında, lityum disilikat cam seramik (IPS Empress II) Ivoclar firması tarafından, kayıp mum (lost wax press) tekniği kullanılarak, tek diş ve anterior 3 üye sabit restorasyonlar için geliştirildi.^{10,11} Esquivel-upshow ve ark.'nın¹² bu seramik sistemiyle ilgili çalışmasında sabit bölümlü protezlerde 2 yıl sonunda sağ kalım oranı %93 olarak belirtilmiştir. Yine Valenti ve ark.'nın¹³ yapmış oldukları retrospektif başka bir çalışmanın sonuçlarına göre 10 yıllık takipte anterior (%97,5) ve posterior (%98) bölgede tek diş tam kronlarda kabul edilebilir sağ kalım oranı göstermiştir. Ancak, aynı materyalin; Marquat ve ark.'na¹⁴ göre sabit bölümlü protezlerde sağ kalım oranı, 2 yıl sonrasında %50 den, 5 yıl sonrasında ise %70 e kadar değişmektedir. Teichman ve ark.¹⁵ ise; lityum disilikat cam seramiğin (IPS Empress II), 10 yıllık takipte diş destekli restorasyonlarda sağ kalım oranı %86,1, implant destekli kronlarda %93,8 iken; diş destekli sabit protezlerde bu oran %51,9 arasında rapor etmiştir.

İkinci nesil lityum disilikat cam seramik (IPS e.max Press,

Ivoclar Vivadent) dental marketteki yerini 2001 yılında aldı.¹¹ Yeni formül daha küçük boyutlarda (nano) ancak daha fazla miktarda lityum disilikat kristalleri bulunan bir mikro yapı içermektedir (yaklaşık %70). Cam seramik materyalde, lityum disilikat yüzdesinin artmasıyla birlikte optik ve mekanik özellikler gelişmiştir.¹⁴ Kern ve ark.'nın¹⁶ yapmış olduğu uzun dönem prospektif bir çalışmanın sonuçlarına göre, monolitik IPS e.max Press' ten üretilen posterior bölge 3 üye sabit bölümlü restorasyonlarda 10 yıllık sağ kalım oranı %87,9 olarak bildirilmiştir. 4 yıllık prospektif başka bir çalışmada; ikinci nesil lityum disilikat cam seramiğin (IPS e.max Press) çoğunluğu posterior bölgede yerleşmiş sabit bölümlü protezlerde sağ kalım oranını %100 olarak bulmuştur.¹⁷ 2015 yılında yapılmış iki çalışmadan; Toman ve ark.'na¹⁸ göre uzun dönem takipli anterior ve posterior tam seramik kronların 9 yıllık takiplerinde sağ kalım oranı %87,1 olarak rapor edilirken; Simeone ve ark.'na¹⁹ göre ise, anterior ve posterior tek diş restorasyonlarda 11 yıllık takip sonucu sağ kalım oranı %98,2 olarak belirlenmiştir.

CAD/CAM teknolojisindeki popülerite ile birlikte, CAD/CAM frezelemeye uygun lityum disilikat cam seramik bloklar (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) 2005 yılında dental kullanıma sunuldu.²⁰ Kırılma dayanımını (fracture toughness) arttırmak amacıyla monolitik olarak üretilen bu materyalin; üstün fiziksel ve optik özellikleri dolayısıyla, anterior tek diş ve 3 üye sabit bölümlü ve posterior tek diş restorasyonlarda kullanılması popüler hale gelmiştir.⁷ Aynı şekilde, monolitik CAD/CAM restorasyonlar için, zirkonyum ile güçlendirilmiş lityum silikat seramikler de (Suprinity, VITA; Celtra Duo, Dentsply) geliştirilmiştir.³ Dayanıklılığı ve çok yönlülüğünden dolayı, CAD/CAM lityum disilikat cam seramik ve zirkonyumla güçlendirilmiş lityum silikat seramik bloklar, inley, onley, parsiyel ve tam kronlar, implant dayanakları, ve 3 üye sabit bölümlü protezler gibi sayısız tipte restorasyon üretiminde kullanılabilir. Seramik sistemlerin klinik seçimi ise, malzemelerin mekanik, optik ve biyouyumluluk özelliklerine göre yapılmaktadır.⁷ Bu makalenin amacı ise, Gracis ve ark.²¹ oluşturduğu güncel sınıflandırmadaki cam seramiklerin sentetik grubunda yer alan CAD/CAM ile üretilen lityum disilikat ve türevlerinin, biyomateryal özelliklerinin güncel literatür desteği ile incelenmesidir.

CAD/CAM Yüksek Dayanımlı Cam Seramiklerin Sınıflandırılması

CAD/CAM yüksek dayanımlı cam seramikler, güçlendirilmiş lityum disilikat ya da zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat cam seramikler olarak sınıflandırılabilir. 2015 yılında Gracis ve ark.²¹ yaptığı yeni bir sınıflamada ise; bu materyaller cam matriks seramiklerin sentetik grubunun, lityum disilikat ve türevleri olarak yer alırlar.

CAD/CAM Lityum Disilikat-Güçlendirilmiş Cam Seramik

Cam seramikler, camın temel kristalizasyon yapısının korunması yoluyla üretilmiş polikristalin materyallerdir. Camın temel kristal yapısının korunması süreci, seramiklerin optik ve mekanik özelliklerinin korunabilmesi için kritiktir.²² Kontrollü çekirdeklenme ve camın kristalizasyonu; çekirdeklenme ajanları ya da katalizörü kullanılarak elde edilebilir. Kristalizasyon süreci ise 2 aşamada gerçekleşir:²³

- (1) çekirdeklenme (kristal formasyonu)
- (2) kristal büyümesi.

Çekirdeklenmenin kontrolü uygun cam seramik materyalin üretilmesi için çok önemlidir. Çekirdeklenme cam kompozisyonunda fiziksel ya da kimyasal dönüşüm (faz ayrışması) ile başlar, az sayıda iyon ile başlangıç solid kristal yapı düzenlenmiş hale gelir.²⁴ Lityum disilikat yapıya, çekirdeklenme ajanlarının eklenmesiyle (fosfor pentoksit-P2O5) çekirdeklenme süreci başlar.^{22,25-27} Böylece, çekirdeği oluşturacak doğru kompozisyon, cam blok formunda dökülüp oda sıcaklığına soğutulabilir. Fakat çekirdeklenmenin başlaması için kullanımı gerekli olan bu çekirdeklendirici ajan (fosfor pentoksit-P2O5), restorasyona opaklık katmak gibi bir dezavantaja sahiptir. Çekirdeklenmenin ardından, başlangıç camsı kristal yapıda, lityum disilikatın kristallenmesi yüzeysel veya hacimsel olarak başlar. Örnek olarak, yapıya eklenen bor oksit (B2O3) bileşeni yüzeysel kristallenme oluşturma lehinedir.²⁸ Buradan da anlaşılacağı üzere; belirli bir cam-seramik malzemenin mikroyapısı, bileşiğin içindeki çekirdeklendirici ajan tipine ve miktarına bağlı olarak ayarlanabilir.⁹

Çekirdeklenme maddelerine ek olarak, ham tozlar, cam seramiğin kimyasal dayanıklılık ve mekanik özelliklerini geliştirmek için, bir ikili kuvars ve lityum dioksit (Li2O-SiO2) sistemi bileşimine dahil edilmelidir.^{3,29-32} Bu ham tozlara örnek ise; alüminyum oksit (Al2O3), potasyum oksit (K2O), alüminyum metafosfat (Al[PO3]3), zirkonyum oksit (ZrO2), çinkooksit (ZnO), ve kalsiyum oksit (CaO) verilebilir. Bu tozlar yeni bir cam yapısı oluşturmak için karıştırılır ve ısıtılır.³³ Soğumanın ardından, bu yeni cam daha sonra, cam seramik parçalarının kristalleşmesini sağlamak için termal bir işleme tabi tutulur.²⁹

Lityum disilikat cam seramiğin kristalizasyon süreci, çekirdeklenme ve kristal büyümesine ek olarak sıcaklığın da etkili olduğu kompleks bir işlemdir.²² Lityum disilikat kristalizasyonundan önce, bazı lityum silikat camlarda, lityum metasilikatın metastabil bir faz olarak bulunduğu ve daha düşük bir sıcaklıkta kristallendiği belirlenmiştir.²⁸ Sıcaklığın 500-560°C arasında artışı; lityum fosfat nanofazı (Li3PO4) ile lityum metasilikatın (Li2SiO3) çekirdeklenmesi, lityum disilikatı (Li2Si2O5) biçimlendirir.²² Sıcaklık 560°C' den 750°C' ye yükseldiğinde, lityum metasilikat kristallerinin büyümesi ve lityum disilikat nanofazının yı-

ğılması (kristal büyüklüğü 100 nm'den küçük) gerçekleşir.³⁴ Sıcaklık 820°C'ye yükseldiğinde, lityum metasilikat tamamen ayrışır ve lityum disilikat kristalleri hızla büyür ve maksimum büyüklüğe 850°C'de ulaşır.^{22,25,34}

Bu kristalizasyon sürecinin sonucu olarak, cam seramik mikroyapısının ana fazını lityum disilikat (yaklaşık %70) oluşturur.¹⁰ İğneye benzeyen lityum disilikat kristalleri (3-6 µm uzunluğunda)²⁹, lityum ortofosfat (Li3PO4) camsı matrikse entegre olurlar.¹⁰ Lityum disilikat kristalleri yüzeylerinde, bir önceki kristal yığılma alanını gösteren çoklu boşluklar da (0.1- 0.3 µm uzunluğunda) bulundurulur.¹⁰

IPS e.max CAD, CAD/CAM lityum disilikat - güçlendirilmiş cam seramiklere örnek olarak verilebilir. Kristalize lityum disilikat CAD blokların hastabaşı frezeleme ünitelerinde frezelenmesi zor olduğundan; bir ara materyal olan, lityum metasilikat cam seramik; iki aşamalı kristalizasyon süreci kullanılarak geliştirilmiştir.^{35,36} Kristalizasyonun ilk aşamasında, lityum metasilikat kontrollü olarak ikili çekirdeklendirilir ve sonrasında basınçlı dökümlü blok haline getirilir. Bu parsiyel kristallenme ile IPS e.max CAD bloklar mavimsi renktedir (Resim 1).



Resim 1. a: işlenmemiş IPS e.max CAD blok **b:** Frezeleme sonrası metasilikat metastabil fazda olan monolitik kron **c:** Sinterleme sonrası kristalizasyonu tamamlanmış monolitik kron.

Yaklaşık hacminin %40' ını oluşturan lityum metasilikat; camsı faz içine gömülmüş, nanokristalin matriks içindeki, kristal büyüklüğü 0.2 ile 1 µm arasında değişen trombosit şekilli kristallerdir.²⁹ Bu metasilikat stabil faz, materyalin kolay ve rahat bir şekilde frezelenmesi için gereklidir. Çünkü kristalizasyonu tamamlanmış lityum disilikat yapı çok serttir ve bu şekilde üretim, frezeleme esnasında restorasyon marjiniinde kırık görülme riskini artırır.^{28,29,36}

Lityum metasilikat blok frezelemeden sonra, 850°C'ye ısıtılır.²⁰ Bu işlem esnasında, lityum metasilikat cam seramik, lityum disilikat cam seramiğe dönüşür. Kristalizasyondan sonra, 100 µg/cm²'den daha az kimyasal stabilite, 360±60 MPa dayanım ve 2 MPa.m^{1/2} sertlik göstererek, restorasyon diş rengine dönüşür.³⁵ Dönüşüm esnasında % 0.2-0.3 bir büzülme meydana gelir ki bu durum zirkonyum oksitin sinterlenmesi esnasında meydana gelen %30' luk büzülmeyle kıyasla göz ardı edilebilir bir orandır. Sonuç olarak; bu durum mükemmel estetik, kimyasal stabilite ve mekanik özelliklerle sonuçlanır.²⁸

Kristalize IPS e.max CAD, kimyasal içerik olarak IPS e.max Press ile özdeşdir. Fakat, lityum disilikat kristal büyüklüklerinin farklı olmasından ötürü, mikroyapısı biraz farklıdır. Bu seramiklerin; preslenebilir versiyonu (IPS e.max Press) 7µm ve daha büyük kristaller içerirken, CAD/CAM lityum disilikat cam seramik hacimce %70 oranında, cam matriks içine entegre olmuş yaklaşık 1.5 µm büyüklüğünde ince grenli iğne şeklinde lityum disilikat kristalleri içerir.³⁵

CAD/CAM lityum disilikat cam seramik, daha homojen bir mikroyapı göstermekle birlikte, lityum disilikat kristalleri cam seramik matrisi içerisinde daha yoğundur.⁹

Lityum disilikat cam seramikler diğer yüksek dayanımlı cam seramiklere göre daha iyi saydamlık ve renk tonlama seçenekleri nedeniyle, monolitik restorasyonlarda tek başlarına ya da tabakalama seramikler için kor materyali olarak kullanılabilir.⁷ Ayrıca lityum disilikatın, düşük termal genleşme özelliği sayesinde gösterdiği yüksek termal şok direnci, seramik restorasyonların üretiminde materyali daha güvenilir bir seçenek haline getirmiştir.²⁸ Guess ve ark. CAD/CAM teknolojisi kullanılarak parsiyel kaplanmış restorasyonların 7 yıl sonraki survival oranını %97 olarak göstermiştir.⁸ 2015 yılında yapılmış başka bir çalışmada ise molar bölgede yapılmış tam seramik kronların 2 yıllık takibinde herhangi bir başarısızlıkla karşılaşılmağıdır.³⁷

CAD/CAM Zirkonya ile Güçlendirilmiş Lityum Silikat Cam Seramikler

CAD/CAM uygulamaları için dental markette iki firma tarafından üretilen zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat (ZLS) blok bulunmaktadır: VITA SUPRINITY (VITA Zahnfabrik) ve CELTRO DUO (DENTSPLY). Her iki materyalde de; materyalin mekanik ve optik özelliklerini iyileştirmek amacıyla, lityum metasilikat cam seramiğe ağırlıkça %10 oranında zirkonyum oksit (ZrO₂) eklenmiştir.³⁸ ZLS blokların mekanik özellikleri lityum disilikat cam seramiklerle karşılaştırılabilecek kadar iyidir ve endikasyonları benzerdir.³⁹ ZLS bloklar; inley, onley, parsiyel ve tam kaplama kronlar ve implant dayanak materyalleri olarak kullanılabilirler.^{7,40} Kristalizasyondan sonra, zirkonyum oksit içeren camsı fazda, lityum metasilikat ve lityum disilikat kristalleri ikili mikroyapı olarak bulunmaktadır.⁴¹

VITA SUPRINITY:

VITA SUPRINITY CAD/CAM blokları; silikon dioksit (SiO₂), lityum oksit (Li₂O), potasyum oksit (K₂O), fosfor pentoksit (P₂O₅), alüminyum oksit (Al₂O₃), zirkonyum dioksit (ZnO₂), seryum (IV) oksit (CeO₂) ve pigmentler içermektedir. Bu CAD/CAM bloklar üç farklı safhada üretilirler.^{42,43} Başlangıçta, zirkonyum dioksit (ZnO₂), lityum oksit(Li₂O) ve diğer seramik komponentler, tüm bileşenleri eritmek için 1500 °C'ye ısıtılır. Homojen bir karışım elde ettikten sonra, ısıtılmış cam, blok formunu elde etmek için kalıplara dökülür.⁴³ Bu bloklar çok kırılma eğilimli ve CAD/CAM frezelemesi için uygun olmadığından, ikinci bir ısıtma işlemi gereklidir. Frezeleme sırasındaki streslere karşı koyabilmek ve mekanik özellikleri geliştirmek için, ikinci ısıtma fazında (500°C'den 600°C'ye), kristaller cam matrisinde lityum metasilikat formuna dönüşür.⁴³ Sonuçta, translüsent cam seramik blok elde edilir.

Frezelemeden sonra, translüsent cam seramik, 840 °C'de 8 dakika rekristalize hale getirilmelidir (Resim 2).



Resim 2. a: işlenmemiş VITA SUPRINITY blok b: frezeleme sonrası monolitik kron c: sinterleme sonrası kristalizasyonu tamamlanmış monolitik kron.

Lityum disilikatın homojen kristal yapısı, zirkonyum oksit içeren kristal fazla bağlantılıdır.⁴³ Sonunda rekristalize hale gelen materyalin bükülme dayanımı yaklaşık 420 MPa olarak kaydedilmiştir.⁴²

CELTRA DUO:

CELTRA DUO olarak adlandırılan ZLS CAD/CAM blokları %10 zirkonya içermektedir. Cam matrisi yüksek oranda, 0,5- 0,7 µm büyüklüğünde ekstra ince lityum silikat kristalleri içermektedir. Üreticiye göre zirkonya tamamen cam matrisi içerisinde çözünmektedir.⁴⁰

CELTRA DUO blokların tam ve presinterize formları mevcuttur ve tam sinterize bloklar teorik olarak herhangi bir sinterizasyon aşaması gerektirmemektedir. Ancak, ilave ısıtma işlemleri gerektiğinde (ör, eksternal renklendirme ve glazing işlemleri) bükülme dayanımı %76 artmaktadır. Tüm bu aşamalardan sonra materyalin bükülme dayanımı 370 MPa olarak kaydedilmiştir.⁴⁰

Materyal Özellikleri

Birçok klinik durum kompleks üç boyutlu yükleme gerektirmesine rağmen, en önemli mekanik özelliklerden üç tanesi; elastik modülü, kırılma dayanımı ve bükülme dayanımıdır. Lityum disilikat kristallerinin mikroyapı içerisindeki sıkı bağlantısı, cam seramik matrisi yapısındaki çatlak ilerlemesini azaltarak, bükülme dayanımı ve materyal dayanıklılığını artırır.²⁰ CAD/CAM yüksek dayanımlı cam seramiklerdeki geliştirilmiş homojenite, ekstra ince mikroyapılı monolitik restorasyonlar yapılmasına olanak sağlar.⁸ Ayrıca yapılan güncel çalışmalarda hem lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramikler hem de zirkonyumla güçlendirilmiş lityum silikat seramikler kırılma dayanımı açısından test edildiklerinde klinik olarak kullanılabilir oldukları ve özellikle posterior dişlerde tercih edilebilecekleri sonucuna varılmıştır.^{7,44}

Zirkonyumla güçlendirilmiş lityum silikat seramikler incelenecek olursa; monolitik olarak kullanıldıklarında, zirkonyum altyapı üzerine tabakalama porseleni uygulamasından daha yüksek kırılma direnci gösterdikleri gibi; lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramiklere alternatif olarak kullanılabilirliği gösterilmiştir.^{45,46}

Yüksek dayanımlı cam seramikler, farklı renk tonu ve translüensliklerde hazırlanabilirler. Yüksek dayanımlı cam seramiklerin renk tonu, cam matrisinde çözünen pigmentlerle (genellikle metal oksitler) ayarlanır.⁹

IPS e.max CAD bloklar, 16 farklı Vita renk tonu ve 4 farklı beyazlık derecesinde mevcuttur. Farklı tip üretim teknikleri için, düşük translüensi, yüksek translüensi ve orta opasite gibi farklı translüenslikte bloklar üretilebilmektedir. VITA Suprinity blokları ise 8 farklı Vita renk tonu (OM1,

A1, A2, A3, A3.5, B2, C2 ve D2) ve 2 farklı translüenslikte (Translütent: T ve Yüksek Translütent :HT) bulunmaktadır. Celtra Duo blokları düşük translütent (LT) ve yüksek translütent (HT) şeklinde bulunmaktadır. LT blokları 5 farklı renk tonu içerirken (A1, A2, A3, A3.5 ve B2), HT blokları 3 farklı renk tonuyla (A1, A2, A3) sınırlıdır.⁹

Frezelenmiş CAD/CAM cam seramik bloklarda kristalizasyon işleminden sonra, translüenslik ve opasitede önemli değişiklikler olur. Yüksek translütent cam seramiklerle karşılaştırıldığında, zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat cam seramik daha opak bir yapı gösterir. Fakat burada esas belirleyici faktör materyal kalınlığı ve yüzey özelliğidir.^{9,47}

CAD/CAM güçlendirilmiş cam seramiklerin floresan özelliği de gösterilmiştir. Test edilen cam seramiklerin tamamı, doğal dişten anlamlı olarak daha az floresan özellik göstermiştir. Lityum disilikat cam seramik (IPS e.max CAD), mavimsi dalga boyunda, düşük floresan özellik göstermektedir.⁹ Zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat cam seramik, doğal dişe kıyasla daha yeşilimsi renk tonunda, daha düşük yayımlı ve düzensiz floresan özellik gösterir.⁴⁸

Adeziv Simantasyon

CAD/CAM yüksek dayanımlı cam seramiklerin en önemli avantajı adeziv simantasyon yapılabilmesidir. Asidik uygulamalar restorasyon yüzeyini modifiye ederek mikropörözite oluşturur ve restorasyon rezin simanla mikromekanik olarak bağlanır. Adeziv simantasyon minimal invaziv ve konservatif tedavide temel gerekliliktir.⁹

Mikroretatif yüzeyi geliştirmek için, restorasyon iç yüzeyinde üreticinin önerilerine uygun olarak (e.max CAD ve e.max Press 20 sn, Suprinity 20 sn ve Celtra Duo 30 sn) %5 hidroflorik asitle pürüzlendirilmelidir.^{29,40,42} Hidroflorik asit hava su spreyi ile basınçla durulanır. Asitlemeden sonra mikropörözitelere çöken kristaller temizlenmelidir. Çökmüş kristaller adeziv simanla yarışa girerek, bağlanma dayanıklılığını (bond strength) düşürür.⁴⁹ Bundan dolayı asitlemeden sonra restorasyon iç yüzeyi %35 lik fosforik asitle ya da %98 lik alkol çözeltisi ile 1-3 dk arası ultrasonik banyo ile temizlenmelidir. Sonrasında yüzey kurutulmalı ve silanlanmalıdır. Silanın reaksiyona girmesi için 1 dakika beklenmelidir. Metakrilat içeren organofonksiyonel grup rezin siman ile kopolimerize olurken, silanol grubu da camsı yapıya bağlanacaktır. Sartori ve ark.'nın elde ettiği verilere göre; zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat cam seramikler için kullanılan metakriololoksidesil dihidrojen fosfat (MDP) içeren silanlar, konvansiyonel silanlara göre daha yüksek bağlanma dayanımı göstermektedir.⁹

SONUÇ

CAD/CAM yüksek dayanımlı cam seramikler mekanik ve optik özellikleri açısından klinik kullanıma uygundur. CAD/CAM monolitik lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramiklerin, klinik olarak uzun ömür gösterdiğine dair ye-

terli sayıda kanıt olmasına rağmen, CAD/CAM zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat cam seramikler için daha fazla sayıda bağımsız klinik çalışmaya ihtiyaç vardır. CAD/CAM teknolojisi kullanılarak üretilen monolitik restorasyonlar, dental rehabilitasyon için uygun restoratif seçeneklerdir.

KAYNAKLAR

1. Lebon N, Tapei L, Duret F, Attal JP. Understanding dental CAD/CAM for restorations- dental milling machines from a mechanical engineering viewpoint. Part A: chairside milling machines. *Int J Comput Dent* 2016; 19(1): 45-62.
2. El- Meliegy E, van Noort R. 1- History, Market and Classification of Bioceramics, Part I Introduction to Medical Ceramics. *Glasses and Glass Ceramics for Medical Applications*. New York: Springer, 2012. p.3-14.
3. Denry I, Kelly JR. Emerging ceramic based materials for dentistry. *J Dent Res* 2014; 93: 1235-1242.
4. Belli R, et al. Chairside CAD/CAM materials. Part 1: Measurement of elastic constants and microstructural characterization. *Dent Mater* 2017; 33(1): 84-98.
5. Wendler M, et al. Chairside CAD/CAM materials. Part 2: Flexural strength testing. *Dent Mater* 2017; 33(1): 99-109.
6. Anusavice KJ. Chapter 18 Dental ceramics. Part 4: Indirect Restorative Materials. *Phillip's Science of Dental Materials*. St. Louis: Elsevier, 2013. p.418-474.
7. Elsaka SE, Elnaghy AM. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. *Dent Mater* 2016; 32(7): 908-914.
8. Guess PC, Selz CF, Voulgarakis A, Stampf S, Stappert CF. Prospective clinical study of press-ceramic overlap and full veneer restorations: 7-year results. *Int J Prosthodont* 2014; 27(4): 355-358.
9. Sartori N, et al. CAD/CAM High Strength Glass- Ceramics. *Quintessence of Dental Technology*. 2015; 38: 39-54.
10. Höland W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V. A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *J Biomed Mater Res*. 2000; 53(4): 297-303.
11. Schultheis S, Strub JR, Gerds TA, Guess PC. Monolithic and bi-layer CAD/CAM lithium-disilicate versus metal-ceramic fixed dental prostheses: comparison of fracture loads and failure modes after fatigue. *Clin Oral Investig* 2013; 17(5): 1407-1413.
12. Esquivel-Upshaw JF, Anusavice KJ, Young H, Jones J, Gibbs C. Clinical performance of a lithia disilicate-based core ceramic for three-unit posterior FPDs. *Int J Prosthodont* 2004; 17(4): 469-475.
13. Valenti M, Valenti A. Retrospective survival analysis of 261 lithium disilicate crowns in a private general practice. *Quintessence Int* 2009; 40(7): 573-579.
14. Marquardt P, Strub JR. Survival rates of IPS empress 2 all-ceramic crowns and fixed partial dentures: results of a 5-year prospective clinical study. *Quintessence Int* 2006;

- 37(4): 253-259.
- 15.** Teichmann M, Göckler F, Weber V, Yıldırım M, Wolfart S, et al. Ten-year survival and complication rates of lithium-disilicate (Empress 2) tooth-supported crowns, implant-supported crowns, and fixed dental prostheses. *J Dent* 2017; 56: 65-77.
- 16.** Kern M, Sasse M, Wolfart S. Ten-year outcome of three-unit fixed dental prostheses made from monolithic lithium disilicate ceramic. *J Am Dent Assoc* 2012; 143(3): 234-240.
- 17.** Wolfart S, Bohlsen F, Wegner SM, Kern M. A preliminary prospective evaluation of all-ceramic crown-retained and inlay-retained fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2005; 18(6): 497-505.
- 18.** Simeone P, Gracis S. Eleven-Year Retrospective Survival Study of 275 Veneered Lithium Disilicate Single Crowns. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2015; (5): 685-694.
- 19.** Toman M, Toksavul S. Clinical evaluation of 121 lithium disilicate all-ceramic crowns up to 9 years. *Quintessence Int* 2015; 46(3): 189-197.
- 20.** Hench LL, Day DE, Höland W, Rheinberger VM. Glass and Medicine. *Int J Appl Glass Sci* 2010; 1: 104-117.
- 21.** 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.
- 22.** Höland W, Apel E, van't Hoen C. Studies of crystal phase formations in high strength lithium disilicate glass-ceramics. *J Non-Cryst Solids* 2006; 352: 4041-4050.
- 23.** Stookey SD. Catalyzed crystallization of glass in theory and practice. *Ind Eng Chem* 1959; 51: 805-808.
- 24.** Höland W, Beall GH; Chapter 1 Principles of Designing Glass-Ceramic Formation 1. American Ceramic Society. *Glass-Ceramic Technology*, ed 2. Hoboken: Wiley, 2012. p.1-72.
- 25.** Monmaturapoj N, Lawita P, Thepsuwan W. Characterisation and properties of lithium disilicate glass ceramics in the SiO₂-Li₂O-K₂O-Al₂O₃ system for dental applications. *Adv Mater Science Eng* 2013; 2013: 1-11.
- 26.** Goharian P, Nemati A, Shabani M, Afshar A. Properties, crystallization mechanism and microstructure of lithium disilicate glass-ceramic. *J Non-Cryst Solids* 2010; 356: 208-214.
- 27.** Höland W, Beall GH; American Ceramic Society. Composition systems for glass-ceramics. *Glass-Ceramic Technology*, ed 2. Hoboken: Wiley, 2012. p.75-206.
- 28.** El-Meliegy E, van Noort R. 4- Formulation of Medical Glasses. Part II Manufacturing Medical Glasses. *Glasses and Glass Ceramics for Medical Applications*. New York: Springer, 2012. p.57-78.
- 29.** IPS e.max Scientific Documentation. Ivoclar Vivadent, 2009.
- 30.** Tulyaganov DU, Agathopoulos S, Kansal I, Valerio P, Ribeiro MJ, et al. Synthesis and properties of lithium disilicate glass-ceramics in the system SiO₂-Al₂O₃-K₂O-Li₂O. *Ceram Int* 2009; 35: 3013-3019.
- 31.** Beall GH. Glass-ceramics: Recent development and application. *Ceram Trans* 1993; 30: 241-266.
- 32.** Beall GH. Design of and properties of glass ceramics. *Annu Rev Mater Sci* 1992; 22: 91-119.
- 33.** Headly TJ, Loehman RE. Crystallization of a glass ceramic by epitaxial growth. *J Am Ceram Soc* 1984; 67: 620-625.
- 34.** Apel E, Hoen C, Rheinberger V, Höland W. Influence of ZrO₂ on the crystallization and properties of lithium disilicate glass ceramics derived from a multi component system. *J Eur Ceram Soc* 2007; 27: 1571-1577.
- 35.** Höland W, Schweiger M, Watzke R, Peschke A, Kappert H. Ceramics as biomaterials for dental restoration. *Expert Rev Med Devices* 2008; 5: 729-745.
- 36.** Guess PC et al. All Ceramic systems: Laboratory and clinical performance. *Dent Clin of North Am* 2011; 55: 333.
- 37.** Seydler B, Schmitter M. Clinical performance of two different CAD/CAM-fabricated ceramic crowns: 2-Year results. *J Prosthet Dent* 2015; 114(2): 212-216.
- 38.** Traini T, Sinjari B, Pascetta R, Serafini N, Perfetti G, et al. The zirconia-reinforced lithium silicate ceramic: lights and shadows of a new material. *Dent Mater J*; 35(5): 748-755.
- 39.** Denry I, Kelly JR. Emerging ceramic-based materials for dentistry. *J Dent Res* 2014; 93: 1235-1242.
- 40.** The new DNA of high-strength glass ceramics, Celtra Duo. Dentsply 2013.
- 41.** Kruger S, Deubener J, Ritzberger C, Höland W. Nucleation kinetics of lithium metasilicate in ZrO₂-bearing lithium disilicate glasses for dental application. *Int J Adv Glass Sci* 2013; 4: 9-19.
- 42.** VITA Suprinity: Technical and Scientific Documentation. VITA Zahnfabrik, 2013.
- 43.** Durschang B, Probst J, Thiel N, Bibus J, Vollman M, Schusser U (inventors). Fraunhofer-Gesellschaft, Degudent, Vita Zahnfabrik, assignees. Lithium disilicate glass-ceramic, method for production thereof and use thereof. US patent application 20120309607 A1, 6 December 2012.
- 44.** Al-Akhali M, Chaar MS, Elsayed A, Samran A, Kern M. Fracture resistance of ceramic and polymer-based occlusal veneer restorations. *J Mech Behav Biomed Mater* 2017; 74: 245-250.
- 45.** Hamza TA, Sherif RM. Fracture Resistance of Monolithic Glass-Ceramics Versus Bilayered Zirconia-Based Restorations. *J Prosthodont* 2017; 18.
- 46.** Sieper K, Wille S, Kern M. Fracture strength of lithium disilicate crowns compared to polymer-infiltrated ceramic-network and zirconia reinforced lithium silicate

crowns. J Mech Behav Biomed Mater 2017; 74: 342-348.

47. 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.

48. Rey Duro F, Souza Andrade J, Duarte Jr S. Fluorescence: Clinical evolution of new composite resins. Quintessence Dent Technol 2012; 35:145-156.

49. Duarte JR S, Phark J-H, Blatz M, Sadan A. Ceramic systems: An ultrastructural study. Quintessence Dent Technol 2010; 33:42-60.