




Rezin Matriks Seramikler

Resin Matrix Ceramics

 Hatice SEVMEZ^a,
 Merve BANKOĞLU GÜNGÖR^a,
 Handan YILMAZ^a

^aProtetik Diş Tedavisi ABD,
 Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
 Ankara, TÜRKİYE

Received: 23 Nov 2017

Received in revised form: 28 Feb 2018

Accepted: 06 Mar 2018

Available online: 09 Mar 2018

Correspondence:

Hatice SEVMEZ

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,

Protetik Diş Tedavisi ABD, Ankara,

TÜRKİYE/TURKEY

hsevmez@hotmail.com

ÖZET Protetik diş hekimliğinde, artan estetik beklenti ve doku uyumluluğuna karşı gösterilen hassasiyet, diş hekimi ve hastaları, metal desteksiz materyal arayışına yönlendirmiştir. Son yıllarda teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim sistemleri ve materyal çeşitliliğinde artış görülmüştür. Yeni geliştirilen rezin matriks seramikler yüksek oranda inorganik seramik partikülleri ile doldurulmuş organik matriks içermektedir. Kompozit ve seramik materyallerinin birleştirilmesiyle ortaya çıkan bu materyaller, rezin kompozitin yüksek bükülme dayanımı ve düşük aşındırma özelliği ile seramiğin dayanıklılık ve renk stabilitesi özelliklerini bir araya getirmiştir. Bu çalışmada, rezin matriks materyallerinin yapısı ve özellikleri hakkında bilgi verilmesi ve klinik kullanım alanlarının mevcut literatür desteği ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar yardımlı tasarım; seramikler; kompozit dental rezin

ABSTRACT The demands for ceramic restorations have increased over the past years and moved towards to metal-free tooth colored restorations because of their biocompatibility and esthetics. In recent years, technological improvements have enabled the use of various computer aided design/computer aided manufacturing systems and materials. Resin matrix ceramics with an organic matrix highly filled with ceramic particles have been recently introduced. These new material combines the advantages of ceramics such as durability and color stability and resins such as improved flexural properties and low abrasiveness. The purpose of this article is to give information about properties of resin matrix materials and to evaluate the clinical applications of this materials with the current literature support.

Keywords: Computer-aided design; ceramics; composite dental resin

Protetik diş hekimliğinde, artan estetik beklenti ve doku uyumluluğuna karşı gösterilen hassasiyet, diş hekimi ve hastaları, metal desteksiz sistem arayışına yönlendirmiştir. Seramikler ve rezin içerikli kompozitler dental protetik materyallerinin iki ana grubunu oluşturmaktadır.¹ Diş hekimliğinde bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim [computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM)] teknolojisinin, Mormann tarafından ilk kez 1980'li yıllarda kullanımından itibaren, CAD/CAM sistemleri hızla gelişim göstererek kullanımları yaygınlaşmıştır.² CAD/CAM teknolojisi maliyeti azaltmakta olup; biyouyumluluk, estetik ve fonksiyon açısından yeni geliştirilmiş yüksek kaliteli materyaller ile restorasyon yapımına olanak tanımaktadır. Günümüz diş hekimliğinde, farklı özellik ve endikasyona sahip dental seramik ve kompozit materyal çeşitliliği bulunmaktadır.³

Kimyasal stabilitesi sayesinde dental seramikler iyi mekanik ve optik özelliklere ve mükemmel biyouyumluluğa sahiptir.⁴ Seramik malzemeler yüksek bükülme kuvvetine ve elastik modüle sahiptir. Ancak, bu özelliklerinden dolayı dental seramikler gelen yükü absorbe etmezler ve daha az esnek ve daha kırılındırlar.⁵ Beier ve ark.nın çalışmasında; tam seramik inley, onley, veneer ve kron tipi restorasyonların 10 yıllık klinik izlemi sonucunda %93,5, 15 yıllık izlemde %85,8 ve 20 yıllık izlemde ise %78,5 başarı oranı saptanmış ve başarısızlığın temel nedeninin seramik kırıklar olduğu belirtilmiştir.⁶ Seramik materyaller, kompozitlerle karşılaştırıldığında millenebilmesi daha zordur, fakat aşınma direnci ve biyouyumluluğu daha iyidir.⁴ Dental seramiklerin tamirleri problem yaratmaktadır. Bunun aksine, kompozit materyaller ile kolay çalışılır ve tamirleri kolaydır. Ancak, seramiklerle kıyaslandığında kompozitlerin aşınması, biyouyumluluğu ve mekanik özellikleri daha zayıftır.⁴

Dental kompozitler, CAD/CAM bloklarındaki gelişmeler ile birlikte; özellikle yeni polimerizasyon metotları, güncel mikroyapılar ve farklı bileşenler içermesi nedeni ile giderek artan geniş ve karmaşık bir materyal çeşitliliğini temsil etmektedir. Tüm bu geniş materyal çeşitliliğine karşın, dentin ve minenin özellikleri ile materyal arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Son yıllarda artan estetiğe karşı duyulan ihtiyaç, mineden daha düşük (polimer kompozit) veya daha yüksek (kristalin seramik) elastik özelliklere sahip materyallerin kullanımını gerekli kılmıştır.⁷ Estetik ve dentine benzer özelliklerinden dolayı rezin kompozitlerin, dental restorasyonlarda geniş bir kullanım alanı vardır.⁸ Son yıllarda, seramik ve kompozitin olumlu özelliklerini birleştiren ve CAD/CAM ile şekillendirilen yeni alternatif materyaller piyasaya sunulmuştur. Yeni üretilen bu materyaller, yüksek oranda inorganik seramik partikülleri ile doldurulmuş organik matriks içermektedir.⁹ Amerikan Diş Hekimleri Birliği 2013 yılında, seramiği “büyük bölümünü, porselen, cam, seramik ve/veya cam-seramik gibi inorganik refraktör içeren preslenmiş, pişirilmiş, polisajlanmış veya millenmiş materyaller” olarak tanımlamıştır.⁹

Yeni geliştirilen bu materyaller, inorganik içeriklerin ağırlığının %50’den fazla olması ve az miktarda organik faz içerdiklerinden dolayı, seramik benzeri materyaller olarak kategorize edilmişlerdir.⁹

REZİN MATRİKS SERAMİKLER

Yüksek ısı [high temperature (HT)] veya yüksek ısı-yüksek basınç [high pressure (HT-HP)] kombinasyonu gibi yeni polimerizasyon tekniklerinin gelişimi, CAD/CAM ile üretilen yeni mikroyapıların geliştirilmesini sağlamıştır. Bu yeni rezin materyallere, infiltrasyonun geliştirilmesi ve polimerizasyon büzülmesinin sınırlandırılması amacıyla ve sadece kapiller hareket ile infiltre edilemeyeceği için basınç uygulanmıştır. Yüksek infiltrasyon basıncı ile daha iyi mekanik özellikler, azalan büzülme ve internal streslerin azalması sağlanmıştır.^{4,10,11} HT/HP tekniği, kompozit mikroyapısındaki defektlerin sayısı ve büyüklüğünü azaltmakta ve HT/HP polimerize kompozitlerin yüksek yoğunlukta oluşmasını sağlamaktadır.^{12,13} Nguyen ve ark., kompozit bloklarda yüksek mekanik özelliklerin, rezin infiltre cam seramik ağına HT/HP polimerizasyonunun uygulanması ile elde edilebileceğini vurgulayıp, CAD/CAM uygulamaları için uygun olduklarını belirtmişlerdir.⁴

Diş hekimliğinde, birbirine geçmiş (interpenetre) mikroyapı konsepti, ilk kez 1980 yılında tanımlanmıştır ve poröz seramik ağına (alümina, zirkonya, spinel), düşük viskozitede camla infiltre edildiği In-Ceram (Vita Zahnfabrik) sisteminin gelişimine sebep olmuştur.¹⁴ Yeni geliştirilen seramik ve kompozitin özelliklerini birleştiren ilk jenerasyon materyalin yapısı, %85 zirkonya ve silika partikülleriyle doldurulmuş rezin kompozit Z100 (3M, ESPE, St. Paul, Minn, ABD)’e dayanan, polimerize rezin kompozit Paradigm MZ100 (3M, ESPE)’dür.^{3,12,15} Daha sonra, yapısı Filtrek Suprema Ultra (3M ESPE)’ye dayanan, ağırlıklı olarak %80 rezin nano seramik olan Lava Ultimate (3M ESPE) geliştirilmiştir.¹² %71 doldurucu içeren Ceresmart (GC, Tokyo, Japonya) ve %60 inorganik doldurucu içeren Shofu Block (Shofu Block HC, Shofu, Kyoto, Japonya) ve Ambarino High-Class (Ceramed, Marburg, Almanya) benzer rezin matriks materyalleridir.¹² Son yıllarda

ise polimer infiltre seramik ağ [polymer-infiltrated ceramic-network (PICN)] yapısına sahip Vita Enamic (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) materyali piyasaya sürülmüştür. PICN materyalinde, seramik partikülleri parsiyel olarak sinterize edildikten sonra, yapıya düşük viskozitede polimer infiltre edilmektedir.¹² Rezin kompozitlerden farkı, PICN'nin bir polimer ve bir seramikten oluşan iki bağlanmış ağ yapısından oluşmasıdır.¹²

Rezin matriks seramiklerin avantajları resin kompozitlerle benzerlik göstermektedir. Karşıt diş dokusunda daha az aşındırma yapması, daha az preparasyon gerektirmesi, tamirinin yine benzer resin kompozitlerle yapım kolaylığı ve adeziv resin simanlarla kimyasal uyumlulukları önemli özelliklerindedir.^{16,17} Yeni geliştirilen bu materyaller, frezleme sırasında marjinal kenarlarda oluşan kırılma ve çatlağa seramiklere göre çok daha dayanıklıdır, daha az kırılırlar ve daha az porözdürler. Bu materyallere, seramikler gibi şekillendirildikten sonra ısı uygulanmasına gerek yoktur ve daha hızlı bir şekilde restorasyon yapımı mümkündür.¹⁸⁻²⁰ Ayrıca; artırılmış kırık dayanımı, azalan mine abrazyonu ve hızlı üretim önemli avantajlarını oluşturmaktadır.^{9,16,18,19} Bu yeni jenerasyon polimer içerikli seramikler, elastik modüllerinin dentine yakın olması sebebiyle daha iyi bükülme ve daha düşük kırılma direnci göstermektedirler.^{21,22}

Albero ve ark., resin matriks veya resin nano seramiklerin, seramiklerden diş dokusuna daha yakın bükülme dayanımını, elastik modüle ve daha az sertliğe sahip olduklarını ve restoratif materyal olarak bir alternatif olabileceklerini saptamışlardır.²³ Chavali ve ark., bir resin nano seramik ve polimer infiltre seramik materyalleri ile yaptıkları çalışmada, her iki materyalin de yüksek frezlenebilirliğe sahip olduğunu ve lityumdisilikat ve zirkonya içerikli materyallerden daha az kopma ve kırılma gösterdiğini saptamışlardır.²⁴ Shetty ve ark. ise resin matriks seramiklerin protetik diş hekimliğinde, düşük çineme kuvvetine sahip bölgelerde, cam seramiklere alternatif olarak kullanabileceğini bildirmişlerdir.²¹

Restorasyonun klinik başarısında en önemli faktörlerden biri de simantasyon işlemidir.^{25,26} Rezin içerikli restoratif materyallerin simantasyon

başarısı resin yüzeyinin başarılı bir şekilde işlem görmesine bağlıdır. Rezin içerikli restoratif materyallerin bağlantısı mekanik ve kimyasal olarak sağlanmalıdır.²⁵⁻²⁷

Rezin matriks seramikler, seramiğin dayanıklılık ve renk stabilitesi ile resin kompozitlerin iyi bükülme dayanımı ve düşük aşındırma özelliklerini birleştirmişlerdir.⁵ Bu materyaller resin nano seramikler, hibrit seramikler, resin-matriks seramikler, çift ağılı materyaller, seramik esaslı interpenetre faz kompozitleri veya PICN gibi çeşitli isimlerle adlandırılmıştır.^{3,9,28}

İNDİREKT REZİN KOMPOZİT (PARADIGM MZ100)

Piyasaya sürülen CAD/CAM ile şekillendirilen ilk resin kompozit yapısı, Z100 direkt restorasyon resin kompozitine dayanan Paradigm MZ100'dür (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD). Paradigm MZ100'ün üretimi ile Z100'ün mekanik özellikleri önemli oranda artırılmıştır.²⁹

Paradigm MZ100'ün ağırlığının %85'ini zirkonya-silika seramik parçacıkları (küresel şekilli, 0.6 µm boyutlarında) oluşturmada ve polimer matriks olarak ise bisfenol A glisidil metakrilat (bisGMA), trietilen glikol dimetakrilat (TEDGMA) ve başlatıcı sistem içermektedir.^{3,9,12} Doldurucu partiküller radyoopaktır, materyale aşınma direnci ve dayanıklılık sağlamaktadır.

Paradigm MZ100'ün avantajları; daha az diş preparasyonu gerektirmesi ve daha kolay bitirme ve parlatma olanağına izin vermesi, intraoral olarak kolayca ayarlanabilmesi, daha kolay renklendirilmesi, karşıt dişlerde daha az aşındırma yapması ve eğilme dayanımının 150 MPa olmasıdır. Bu materyal; inley, onley, kron ve veneer restorasyonlarında kullanılmaktadır.²¹

Paradigm MZ100 materyalinin simantasyon işleminde üretici firmanın önerileri doğrultusunda, mine ve dentin 15 saniye boyunca asitlenmekte ve 10 saniye yıkanmaktadır. Daha sonra diş yüzeyine adeziv uygulanmakta ve 5 saniye kurutulduktan sonra her yüzey için 10 saniye ışıkla polimerize edilmektedir. Siman, ince bir tabaka şeklinde restorasyon yüzeyine uygulanarak ışıkla polimerize

olanlar için 40 saniye, hem ışıkla hem de kimyasal polimerize olanlar (dual cure) için 10 saniye polimerize edilmekte ve fazla siman artıkları temizlenmektedir.

Kompozit rezin ve seramik materyalinin yorulma dayanımının incelendiği çalışmada ve Paradigm MZ100'ün seramiklere göre daha yüksek kırılma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir.² Johnson ve ark., posterior okluzal restorasyonlarda, restorasyon kalınlığının (0,3, 0,6, 1,0) ve materyal tipinin etkisini inceledikleri çalışmada, Paradigm MZ100'ün Lava Ultimate'den daha düşük kırılma dayanımına sahip olduğunu, ancak her iki materyalin de çiğneme kuvveti değerlerinin çok üstünde olduğunu bildirmişlerdir.³⁰ Restorasyon kalınlığının kırılma dayanımına etkisi olmadığını, 0,3 mm'lik kalınlıkta bile dayanımının azalmadığını saptamışlardır.

REZİN NANO SERAMİK (LAVA ULTIMATE)

Üretici firma tarafından "rezin Nano seramik" olarak adlandırılan Lava Ultimate'in (3M ESPE, Neuss, Almanya) ağırlığının %80'ini rezin matriks içinde nano seramik partiküller oluşturmaktadır.^{9,21} Nano seramik parçacıkları; polimer matriksi güçlendiren, yüksek oranda çapraz bağ oluşturan üç farklı nanopartikülden oluşmaktadır. 20 nm çaplı silika nanopartikülleri, 4-11 nm çaplı zirkonya nanopartikülleri ve dolgu maddesinin arasındaki boşlukları dolduran zirkonya-silika nano kümelerinden oluşmaktadır.⁹ Blokların üretimi sırasında nanopartiküllere silan uygulanması nanopartiküllerin rezin matriks ile kimyasal bağlanmasını sağlamaktadır. Lava Ultimate, yüksek ısı uygulanarak üretildiğinden frezelenmekten sonra tekrar fırınlanma gereksinimi yoktur. Matriks kısmında ise üretilen dimetakrilat (UDMA)'tan oluşmakta ve fotopolimerizasyondan ziyade ısı ile polimerize olmaktadır.³

Lava Ultimate, dentine eş değer elastikiyet modülüne sahiptir ve cam seramiklerden daha az kırılmalıdır. Esnek olduklarından öğütme sırasında "chipping" ve çatlamaya karşı çok dirençlidirler.²¹ Düşük elastik modülü sayesinde çiğneme kuvvetlerini daha iyi absorbe etmektedirler.³¹

Resin nano seramik yapısındaki bu materyal cam seramik gibi iyi bir polisajlanma özelliğine sa-

hıptır ve daha uzun süre polisajlı yüzey özelliğini sürdürebilmektedir.^{1,21,32,33} Lava Ultimate' in avantajları; kolayca uyumlanabilmesi ve yeniden cilalanabilmesi, iyi aşınma direnci göstermesi, lekelerle karşı dirençli olması, cam seramiğine kıyasla antagonistin dişte daha az aşındırma yapması, tekrar fırınlamaya gerek duyulmadığından laboratuvar prosedürlerinin çok daha az olması, yüksek bükülme dayanımı (200 MPa) göstermesi, intraoral veya ekstraoral olarak renklendirme yapılabilmesidir.^{21,33}

Bu materyalin endikasyonları inley, onley ve veneer restorasyonlarıdır.²¹ Lava Ultimate'in elastik modülünün düşük olması, kron içinde elastik bir deformasyon oluşmasına ve bu stres konsantrasyonunun adeziv tabakaya iletilmesi ile desimantasyona sebep olabilmektedir.²¹ Bu sebeple, bu materyalin tam kron endikasyonu firma tarafından kaldırılmıştır.²¹

Lava Ultimate materyalinin simantasyon işleminde üretici firmanın önerileri doğrultusunda, öncelikle restorasyon ultrasonik banyoda buhar ile temizlenmekte ve hava ile kurutulmaktadır. Daha sonra restorasyon iç yüzeyi <50 µm boyutundaki Al₂O₃ (Cojet Sand ya da Rocatec Soft sistemleri) ile yüzey matlaşına kadar kumlanmaktadır. Hidroflorik asit veya fosforik asit kullanımı Lava Ultimate için önerilmemektedir. Kum partikülleri alkol ile uzaklaştırıldıktan sonra yağsız ve nemsiz hava ile kurutulmaktadır. Restorasyon iç yüzeyine 20 saniye kadar adeziv sürülmekte, sonra rezin siman uygulanmaktadır. Daha sonra her yüzey 20 saniye ışıkla polimerize edilmektedir, yüzey sayısına göre ışıkla polimerizasyon en az 60 saniye olmalıdır. Koyu veya kalın restorasyonlar için simanın karıştırılmaya başlanmasından itibaren tamamen polimerize olması için en az 6 dk. beklenmelidir.

Chavali ve ark., iki rezin matriks seramik (Lava Ultimate ve Enamic) ve iki seramik içerikli (e.max CAD ve Celtra Duo) materyalin millenebilme özelliklerini incelemişler ve iki polimer içerikli materyalin seramiklere göre çok daha yüksek işlenebilirliğe sahip olduğunu ve daha düşük kenar çatlakları oluşturabildiğini saptamışlardır.²⁴ Albero ve ark. ise hem Lava Ultimate hem de Enamic'in dişe benzer bükülme direncine, elastik modülüne

ve seramiklere göre daha az sertlik değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir.²³ Argyrou ve ark. da benzer sonuçlar elde etmişler, hem Lava Ultimate'in hem de Enamic'in yüksek kenar çatlak direncinin, bükülme dayanımı gösterdiğini vurgulamışlardır.³⁴ Peumans ve ark., iki rezin matriks seramiğe (Vita Enamic, Lava Ultimate) uygulanan yüzey işlemlerinin (hidroflorik asit, silan ve hidroflorik asit sonrası silan) bağlantıya etkisini inceledikleri çalışmada, bağlantı dayanımının hem yüzey işlemlerinden hem de yapıştırma kompozitinden etkilendiğini saptamışlardır.³⁵ En yüksek bağlantı değerleri; polimer infiltre rezin seramiklerde (Vita Enamic) hidroflorik asit ve silan uygulamasında, rezin nano seramik (Lava Ultimate) grubunda ise hidroflorik asit uygulanmasında saptanmıştır.

Frankenberger ve ark., yeni geliştirilen rezin nano seramik ve polimer infiltre seramik materyallerinin adeziv bağlantısını inceledikleri çalışmada, incelenen materyallerin (e.max CAD, Celtra Duo, Lava Ultimate, Enamic), üretici firmanın belirttiği yüzey işlemlerinin uygulanması hâlinde yüksek derecede adeziv bağlantı gösterdiğini belirlemişlerdir.³⁶

Bankoğlu ve ark., rezin seramik hibrit materyallere uygulanan yüzey işlemlerinin rezin, kompozitlerle makaslama bağlantı kuvvetine etkisini inceledikleri çalışmada, bağlantı kuvvetinin yüzey işlemlerinden etkilendiğini belirtmişlerdir.³⁷

Bankoğlu ve ark.'nın yapmış oldukları diğer bir çalışmada; endokron, fiber post ve zirkonya post destekli restorasyonların kırılma dayanımı incelenmiştir.³⁸ Zirkonya post/rezin nano seramik kron, fiber post/rezin nano seramik kron, zirkonya post/lityum disilikat seramik kron, fiber post/lityum disilikat seramik kron, rezin nano seramik endokron, lityum disilikat endokron olmak üzere altı farklı restorasyon uygulanmıştır. Lityum disilikat seramik endokronlar en yüksek ve fiber post grupları tüm gruplar arasında en düşük kırılma direncini göstermiştir. Endokronların başarısızlığı post core restorasyonlar ile aynı bulunmuştur.

Awad ve ark., değişik kalınlıklarda hazırlanan CAD/CAM restoratif materyallerin kompozit rezinle simantasyonu sonrası restorasyonun translü-

senliğine etkisini inceledikleri çalışmada, translüsenliğin restorasyonun kalınlığından etkilendiğini bildirmişlerdir.³⁹

NANO SERAMİK (CERASMART)

Ağırlığı %71 doldurucu partiküllerden oluşan Cerasmart (GC, Tokyo, Japonya), üretici firma tarafından nano seramik olarak adlandırılmıştır. Doldurucu partiküller silika ve baryum, rezin matriks ise 2,2-Bis (p-metakriloksi (etoksi) 1-2 fenil) -propan, UDMA ve dimetakrilat içermektedir.⁴⁰ Cerasmart'ın endikasyonları; inley, onley, veneer, kron ve implant destekli kron restorasyonlardır.

Cerasmart'ın materyalinin simantasyon işleminde üretici firmanın önerileri doğrultusunda, öncelikle restorasyon yüzeyi 25-50 µm alümina (0,2 MPa) ile kumlanmakta veya kumlama yapılmadan %5'lik hidroflorik asit 60 saniye boyunca uygulanmaktadır. Daha sonra ultrasonik banyoda temizlenmekte ve alkol ile silinmektedir. Daha sonra silan uygulanmakta ve kurutulmaktadır. Diş yüzeyi ise kullanılacak olan simana göre hazırlanmakta ve yapıştırılmaktadır.

Lauvahutanon ve ark., dört rezin içerikli blok (Block HC, Cerasmart, Gradia Block, Lava Ultimate), bir polimer infiltre seramik (Vita Enamic), bir feldspar seramiğin (Vitablocs Mark II) mekanik özelliklerini araştırdıkları çalışmada, tüm araştırılan materyallerin ISO 6872 seramik standardındaki tek kronlar için kabul edilebilir değerlerde ve seramiklerle kıyaslanabilir bükülme dayanımına sahip olduklarını saptamışlardır.⁴¹ Benzer bir çalışmada, Awada ve ark., yeni geliştirilen materyallerin (Lava Ultimate, Enamic, Cerasmart, IPS Empress, Vitablocs Mark II, Paradigm MZ100 Block) mekanik özelliklerini incelemişlerdir.⁵ Çalışma sonucunda, Cerasmart ve Lava Ultimate'in diğer seramik ve polimer içerikli CAD/CAM restoratif materyallerinden daha yüksek bükülme dayanımı gösterdiğini bulmuşlardır.⁵

HİBRİT SERAMİK (SHOFU BLOCK HC)

Shofu Block HC (Shofu, Kyoto, Japonya), yeni nesil hibrit-seramik restoratif materyaldir. İnorganik komponent ağırlığının %61'inden fazlasını oluş-

turmakta ve silika tozu, zirkonyum silikat ve mikro kümeli silika içermektedir.^{9,40} Bu materyalin avantajları; yüksek elastikiyet ve bükülme dayanımı nedeni ile stres absorpsiyonunun yüksek olmasıdır. Materyalin bükülme dayanımı 190 MPa'dan fazladır. Shofu Block HC sisteminde, anterior restorasyonlar için iki tabakalı bloklar mevcuttur, ışık geçirgenliği ve floresans özelliği iyidir, ayrıca kolay ve sürdürülebilir polisajlanma özelliğine sahiptir. Dişe benzer ışık geçirgenliği ve mekanik özelliklerinin iyi olması sebebiyle hem anterior hem de posterior restorasyonlarda, implant destekli restorasyonlar, inley, onley ve veneer restorasyonlarda kullanılmaktadır. Shofu Block'lar simante edilecek dual cure kompozit simanın talimatlarına göre simante edilmektedir.

Stawarczyk ve ark., üç rezin içerikli polimer (Lava Ultimate, Cerasmart, Shofu Block) ve iki deneysel CAD/CAM kompozit, bir hibrit seramik (Enamic), bir lösit (IPS Empress CAD) ve bir lityum disilikat cam seramiğin (IPS e.max CAD) mekanik ve optik özelliklerini incelemişlerdir.⁴⁰ Kompozit materyaller, lösit ve hibrit materyallerden daha yüksek, ancak lityum disilikat seramikten daha düşük bükülme dayanımı göstermişlerdir. CAD/CAM kompozit materyallerinde, cam seramiklere göre çok daha fazla renklenme saptanmıştır.⁴⁰

Koizumi ve ark. ise yeni geliştirilen CAD/CAM kompozit blokları ve seramik bir materyali inceleyerek fırça abrazyon testi önce ve sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerini kıyaslamışlardır.²⁰ Sonuç olarak, Shofu Block HC ve Cerasmart'ın seramik bloklara göre çok daha yüksek yüzey pürüzlülük değerlerine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Quek ve ark.; direkt, indirekt rezin kompozit ve rezin matiks seramiklerin (Shofu, Lava Ultimate, Vita Enamic) değişik sıvılarda renk ve translusensliklerinin değişimini inceledikleri çalışmada, rezin matriks seramiklerin diğer materyallere göre daha az renk değişimi gösterdiğini bildirmişlerdir.⁴²

HİBRİT SERAMİK (AMBARINO HIGH CLASS)

Ambarino High Class'ın (Creamed, Marburg, Almanya), ağırlığının %70,1'i inorganik silika dolu-

rucularından oluşmakta, kompozit matriks olarak da bisGMA, UDMA, butandioldimetakrilat içermektedir.⁴³ Silika doldurucular 0,20-10,0 µm boyutlarında olup, ortalama 0,8 µm'dir. Avantajları; doğal dişe benzer aşınma direnci ile karşıt dişi de korumaktadır, çiğneme kuvvetlerini absorbe ettiğinden buruksizm için idealdir, çatlak görülmemektedir ve 480 MPa'a kadar basma dayanımına sahiptir. Bu materyal, CAD/CAM teknolojisi ile birlikte inley, onley, veneer, tam kron, parsiyel kron ve en fazla üç üyeli köprülerde kullanılabilir.⁴³

Ambarino High Class materyalinin simantasyon işleminde üretici firmanın önerileri doğrultusunda, restorasyon 50 µ'luk Al₂O₃ ile kumlanır veya frezle pürüzlendirilmektedir. Daha sonra restorasyon temizlenmekte (ultrasonik banyo vb.), adeziv sürülmekte 1 dk kurumması için bekletilmekte, diş yüzeyi ise adeziv simanın talimatlarına uygun şekilde hazırlanmaktadır. Daha sonra restorasyon simante edilmektedir.

Flury ve ark., değişik rezin seramik materyallerinin (Paradigm MZ100, Lava Ultimate, Enamic, Ambarino High-Class) yüzey pürüzlülüğünü, mikromekanik özelliklerini inceledikleri çalışmada, kompozit rezin materyallerin (Paradigm MZ100, Lava Ultimate, Ambarino High-Glass) yüksek parlatılabilirlik göstermesine karşın, diğer materyallere göre, (Vitablocs Mark II, Enamic) diş fırçalama ve su ile muameleye daha az dayanıklı olduğunu saptamışlardır.⁴⁴

Yüzey işlemlerinin, kompozit içerikli polimer materyaller ile kompozit arasındaki makaslama kuvvetine etkisinin incelendiği başka bir çalışmada, en yüksek değerlerin kontrol grubunda, Ambarino High-Class ve Everest C-Temp materyalinde bulunduğu, simantasyon öncesinde mutlaka yüzey işlemlerinin uygulanması gerektiği bildirilmiştir.⁴³

POLİMER İNFİLTRE REZİN SERAMİK (ENAMIC)

Üretici firma tarafından PICN olarak tanıtılan Enamic (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya), rezin esaslı kompozitlerin dentine benzer elastik modülü ile seramiklerin estetiğini birleştirmektedir. Mikroyapısal analizler PICN'lerin, birbirine

bağlı ağlardan (baskın bir seramik ve bir polimer) oluşan hibrit bir materyal olduğunu bildirmektedir.^{1,45} Seramik ağ yapısı, feldspatik orijinli bir lüsit esaslı faz ve bir güçlendirme bileşeni olarak işlev görebilen küçük bir kristal hâlinde zirkonyadan oluşmaktadır.¹ Bu materyalin üretiminde, ilk olarak önceden sinterlenmiş poröz feldspar seramik üretilmektedir. Daha sonra bu poröz seramik ağa kapiller hareket ile rezin infiltre edilmektedir. Resin infiltre edilmeden önce seramik ağ bir bağlayıcı ajan ile şartlandırılmaktadır. Böylece, polimer ağı, interpenetre ağ sistemini oluşturmak için seramik ağ ile kimyasal olarak çapraz bağ oluşturmaktadır. Kimyasal olarak şartlandırılmış poröz inorganik ağ, kapiller hareket ile çapraz bağlı polimerlerle (UDMA, TEGDMA) infiltre edilmektedir. Isı ile polimerizasyon uygulanarak, polimer infiltre seramik ağ oluşumunu sağlayan polimer ağı oluşturmaktadır.⁴⁶ Feldspatik seramik ağ; ağırlığının %86'sını, hacminin %75'ini ve polimer ağ ağırlığının %14'ünü, hacminin %25'ini oluşturmaktadır.⁹ Bu çift ağ yapısı sayesinde çatlak ilerlemesi durdurulmaktadır. Seramik ağın içeriği; SiO₂ (%58-63), Al₂O₃ (%20-23), Na₂O (%6-11), K₂O (%4-6), B₂O₃ (%0,5-2), CaO (<%1), Zr₂O (<%1) oluşmaktadır.⁹ Polimer ağ ise UDMA ve TEGDMA içermektedir.^{9,21} PICN mekanik özelliklerinin ortalama değerleri, rezin esaslı kompozitler ve porselenler için bildirilen değerler arasında değişmektedir.¹

Enamic'in avantajları; düşük kırılma göstermesi, çatlak/kırık olmadan ince bölgelerde şekillendirebilme (millenebilme) olanağı, geleneksel seramiklere kıyasla daha yüksek elastikiyet modülü olması, restorasyonların elmas frezlerle millenebilmesi, daha az millenme süresine sahip olmasıdır. Enamic, kron, inley, onley ve veneer restorasyonlarında kullanılmaktadır, köprülerde ve parafonksiyonel durumlarda kontrendikedir.²¹

Vita Enamic materyalinin simantasyon işleminde üretici firmanın önerileri doğrultusunda adeziv simantasyon ışıkla ya da dual cure olan kompozitlerle yapılmaktadır. Kronların simantasyonunda tercihen akışkan dual cure kompozitler (restorasyon kalınlığına bağlı olarak) kullanılmaktadır. Dual cure kompozitler, ince kalınlıktaki restorasyonlarda sertleşme sonrasında renk değişimine

uğradığından, ışıkla polimerize kompozitler tercih edilmektedir. Restorasyon öncelikle ultrasonik banyoda temizlenmekte ve iç yüzeyi alkol ile silindikten sonra, 60 saniye %5'lik hidroflorik asit uygulanmaktadır. Daha sonra 60 saniye boyunca yıkanmakta ve 20 saniye kurutulmaktadır. Asitlenmiş yüzeye silan uygulanmaktadır. Daha sonra adeziv siman uygulanmakta, restorasyon yerleştirildikten sonra ışıkla polimerize edilmekte ve fazla siman temizlenmektedir.

Swain ve ark., seramik rezin kompozit dental restoratif materyallerin (Cerasmart, Ultimate, Enamic) mekanik özellikleri ile ilgili yapmış oldukları bir çalışmada, bu materyallerin mevcut porselen ve cam seramiklere göre daha az elastik modülü ve sertliğe, ancak daha yüksek kırılma tokluğuna sahip olduğunu vurgulamışlar ve dental restorasyonlarda kullanımını için uygun olduklarını belirtmişlerdir.⁷

Lawson ve ark., üç rezin kompozit (Cerasmart, Lava Ultimate, Paradigm MZ100), bir lityum sili-kat/zirkonya (Celtra Duo) ve bir lityum disilikatın (e.max CAD) mekanik özelliklerini araştırdıkları çalışmada, rezin kompozit ve rezin infiltre seramik materyallerinin fazla yük taşıyan bölgelerde uygun aşındırma dayanımına sahip olduğunu, ancak en az lityum disilikat kadar materyal kalınlığına ihtiyaç duyduğunu vurgulamışlardır.¹² Benzer sonuçlar, polimer infiltre seramik için Zhawi ve ark. tarafından da belirtilmiştir.¹⁴

Zirkonya implant destekli hibrit seramik kronların (Vita Enamic) yükleme kapasitelerinin değerlendirildiği bir çalışmada, hibrit seramik kronların yükleme kapasitesinin feldspar seramik kronlardan çok daha yüksek olduğu bildirilmiştir.⁴⁷

Schwenter ve ark., polimer infiltre seramik ile üç rezin kompozit siman arasındaki bağlantı mekanizmasını inceledikleri çalışmada, hidroflorik asit uygulanmasının makaslama dayanımını belirgin bir şekilde artırdığını ve bu artışa mikromekanik tutuculuğun sebep olabileceğini vurgulamışlardır.²⁵ Çalışmada, asitlenen yüzeylere silan uygulanmasının ise makaslama bağlantı dayanım değerlerini çok daha fazla artırdığı ve bu artışın sili-kat ve silan arasındaki kimyasal bağdan kaynaklanabileceği bildirilmiştir.²⁵

Güngör ve Nemli, CAD/CAM monolitik seramik ve veneerlenmiş zirkonya seramik molar kronlara 12×10^5 mekanik siklus ve 5.000 ısısal siklus uyguladıkları çalışmada, kırılma dayanımını incelemişlerdir.⁴⁸ Çalışma sonucunda, Vita Enamic grubundaki örneklerin ısısal ve mekanik yaşlandırma sonucunda kırıldığını saptamışlar ve bu sebeple posterior bölgede kullanımının sınırlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada; Lava Ultimate, GC Cerasmart ve CAD-on teknikle üretilen itriyum stabilize zirkonya üzerine simante edilen Lava Ultimate kronlarda kırılma görülmemiş, Lava Ultimate ve GC Cerasmart'ın, veneerlenmiş zirkonya restorasyonlar ile karşılaştırılabilir kırılma direnci gösterdiği, en yüksek kırılma direncini itriyum stabilize zirkonya kronlarda ve lityum disilikat kronlarda olduğu bildirilmiştir.⁴⁸

Özarslan ve ark., üç farklı yüzey polisaj ve bitirme prosedürlerinin polimer infiltre seramiğin yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimine olan etkisini incelemişlerdir.⁴⁹ Çalışma sonucunda, laboratuvarında kullanılan teknik yerine klinikte uygulanan teknik sonrası glaze uygulamasının yüzey pürüzlülüğü ve renk açısından daha iyi klinik performans gösterdiğini bildirmişlerdir.

SONUÇ

Son yıllarda geliştirilen, kompozit ve seramik materyallerinin birleştirilmesiyle ortaya çıkan bu materyaller, rezin kompozitin yüksek bükülme

dayanımı ve düşük aşındırma özelliği ile seramiğin dayanıklılık ve renk stabilitesi özelliklerini bir araya getirmiştir. Yeni geliştirilen bu materyaller ile ilgili uzun süreli klinik izlem çalışmaları bulunmamaktadır. Bu amaçla, materyallerin ağız içi restorasyonlarda kullanımını ve başarısını için, in vitro ve in vivo çalışmaların yanı sıra uzun süreli klinik izlem çalışmalarına da ihtiyaç duyulmaktadır.

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: Hatice Sevmez, Merve Bankoğlu Güngör, Handan Yılmaz; **Tasarım:** Hatice Sevmez, Merve Bankoğlu Güngör, Handan Yılmaz; **Denetleme/Danışmanlık:** Hatice Sevmez, Merve Bankoğlu Güngör, Handan Yılmaz; **Kaynak Taraması:** Hatice Sevmez, Merve Bankoğlu Güngör, Handan Yılmaz; **Makalenin Yazımı:** Hatice Sevmez, Merve Bankoğlu Güngör, Handan Yılmaz; **Eleştirel İnceleme:** Hatice Sevmez, Merve Bankoğlu Güngör, Handan Yılmaz.

KAYNAKLAR

- 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]
- Baroudi K, Ibraheem SN. Assessment of chair-side computer-aided design and computer-aided manufacturing restorations: a review of the literature. J Int Oral Health. 2015;7(4):96-104.
- Mainjot AK, Dupont NM, Oudkerk JC, Dewael TY, Sadoun MJ. From artisanal to CAD-CAM blocks: state of the art of indirect composites. J Dent Res. 2016;95(5):487-95. [Crossref] [PubMed]
- Nguyen JF, Ruse D, Phan AC, Sadoun MJ. High-temperature-pressure polymerized resin-infiltrated ceramic networks. J Dent Res. 2014;93(1):62-7. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. J Prosthet Dent. 2015;114(4):587-93. [Crossref] [PubMed]
- Beier US, Kapferer I, Dumfahrt H. Clinical long-term evaluation and failure characteristics of 1,335 all-ceramic restorations. Int J Prosthodont. 2012;25(1):70-8.
- Swain MV, Coldea A, Bilkhair A, Guess PC. Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. Dent Mater. 2016;32(1):34-42. [Crossref] [PubMed]
- Li J, Zhang XH, Cui BC, Lin YH, Deng XL, Li M, et al. Mechanical performance of polymer-infiltrated zirconia ceramics. J Dent. 2017;58:60-6. [Crossref] [PubMed]
- 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):227-35. [Crossref] [PubMed]
- He LH, Swain M. A novel polymer infiltrated ceramic dental material. Dent Mater. 2011;27(6):527-34. [Crossref] [PubMed]
- Tassin M, Bonte E, Loison-Robert LS, Nassif A, Berbar T, Le Goff S, et al. Effects of high-temperature-pressure polymerized resin-infiltrated ceramic networks on oral stem cells. PLoS One. 2016;11(5):e0155450. [Crossref] [PubMed] [PMC]

12. Lawson NC, Bansal R, Burgess JO. Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restorative materials. *Dent Mater.* 2016;32(11):e275-e83. [Crossref] [PubMed]
13. Nguyen JF, Mignonney V, Ruse ND, Sadoun M. Resin composite blocks via high-pressure high-temperature polymerization. *Dent Mater.* 2012;28(5):529-34. [Crossref] [PubMed]
14. El Zhawi H, Kaizer MR, Chughtai A, Moraes RR, Zhang Y. Polymer infiltrated ceramic network structures for resistance to fatigue fracture and wear. *Dent Mater.* 2016;32(11):1352-61. [Crossref] [PubMed] [PMC]
15. Nguyen JF, Mignonney V, Ruse ND, Sadoun M. Properties of experimental urethane dimethacrylate-based dental resin composite blocks obtained via thermo-polymerization under high pressure. *Dent Mater.* 2013;29(5):535-41. [Crossref] [PubMed]
16. Petrini M, Ferrante M, Su B. Fabrication and characterization of biomimetic ceramic/polymer composite materials for dental restoration. *Dent Mater.* 2013;29(4):375-81. [Crossref] [PubMed]
17. Jongsma L, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Clinical success and survival of indirect resin composite crowns: results of a 3-year prospective study. *Dent Mater.* 2012;28(9):952-60. [Crossref] [PubMed]
18. Üstün Ö, Büyükhatoipoğlu İK, Seçilmiş A. Shear bond strength of repair systems to new CAD/CAM restorative materials. *J Prosthodont.* 2016 Nov 23. Doi: 10.1111/jopr.12564. [Epub ahead of print]. [Crossref] [PubMed]
19. Fasbinder DJ, Neiva GF. Surface evaluation of polishing techniques for new resilient CAD/CAM restorative materials. *J Esthet Restor Dent.* 2016;28(1):56-66. [Crossref] [PubMed]
20. Koizumi H, Saiki O, Nogawa H, Hiraba H, Okazaki T, Matsumura H. Surface roughness and gloss of current CAD/CAM resin composites before and after toothbrush abrasion. *Dent Mater J.* 2015;34(6):881-7. [Crossref] [PubMed]
21. Shetty R, Shenoy K, Dandekeri S, Suhaim KS, Ragher M, Francis J. Resin-matrix ceramics--an overview. *Int J Recent Sci Res.* 2015;6(11):7414-7.
22. Wang W, Liao S, Zhu Y, Liu M, Zhao Q, Fu Y. Recent applications of nanomaterials in prosthodontics. *J Nanomater.* 2015;2015(3):1-11. [Crossref]
23. Albero A, Pascual A, Camps I, Grau-Benitez M. Comparative characterization of a novel cad-cam polymer-infiltrated-ceramic-network. *J Clin Exp Dent.* 2015;7(4):e495-500. [Crossref] [PubMed] [PMC]
24. Chavali R, Nejat AH, Lawson NC. Machinability of CAD-CAM materials. *J Prosthet Dent.* 2017;118(2):194-9. [Crossref] [PubMed]
25. Schwenter J, Schmidli F, Weiger R, Fischer J. Adhesive bonding to polymer infiltrated ceramic. *Dent Mater J.* 2016;35(5):796-802. [Crossref] [PubMed]
26. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 1999;81(2):135-41. [Crossref]
27. Dos Santos VH, Griza S, de Moraes RR, Faria-E-Silva AL. Bond strength of self-adhesive resin cements to composite submitted to different surface pretreatments. *Restor Dent Endod.* 2014;39(1):12-6. [Crossref] [PubMed] [PMC]
28. Denry I, Kelly JR. Emerging ceramic-based materials for dentistry. *J Dent Res.* 2014;93(12):1235-42. [Crossref] [PubMed] [PMC]
29. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res.* 2014;93(12):1232-4. [Crossref] [PubMed] [PMC]
30. Johnson AC, Versluis A, Tantbirojn D, Ahuja S. Fracture strength of CAD/CAM composite and composite-ceramic occlusal veneers. *J Prosthodont Res.* 2014;58(2):107-14. [Crossref] [PubMed]
31. Mihalı S, Bortun C, Bratu E. Nano-ceramic particle reinforced composite-lava ultimate CAD/CAM restorative. *Rev Chim.* 2013;64(4):435-7.
32. Schepke U, Meijer HJ, Vermeulen KM, Raghoobar GM, Cune MS. Clinical bonding of resin nano ceramic restorations to zirconia abutments: a case series within a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2016;18(5):984-92. [Crossref] [PubMed]
33. Koller M, Armetzl GV, Holly L, Armetzl G. Lava ultimate resin nano ceramic for CAD/CAM: customization case study. *Int J Comput Dent.* 2012;15(2):159-64.
34. Argyrou R, Thompson GA, Cho SH, Berzins DW. Edge chipping resistance and flexural strength of polymer infiltrated ceramic network and resin nanoceramic restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2016;116(3):397-403. [Crossref] [PubMed]
35. Peumans M, Valjakova EB, De Munck J, Mischevska CB, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness of luting composites to different CAD/CAM materials. *J Adhes Dent.* 2016;18(4):289-302.
36. Frankenberger R, Hartmann V, Krech M, Krämer N, Reich S, Braun A, et al. Adhesive luting of new CAD/CAM materials. *Int J Comput Dent.* 2015;18(1):9-20.
37. 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):259-66. [Crossref] [PubMed] [PMC]
38. Bankoğlu Güngör M, Turhan Bal B, Yılmaz H, Aydin C, Karakoca Nemli S. Fracture strength of CAD/CAM fabricated lithium disilicate and resin nano ceramic restorations used for endodontically treated teeth. *Dent Mater J.* 2017;36(2):135-41. [Crossref] [PubMed]
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):534-40. [Crossref] [PubMed]
40. Stawarczyk B, Liebermann A, Eichberger M, Güth JF. Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016;55:1-11. [Crossref] [PubMed]
41. 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]
42. Quek SHQ, Yap AUJ, Rosa V, Tan KBC, Teoh KH. Effect of staining beverages on color and translucency of CAD/CAM composites. *J Esthet Restor Dent.* 2018 Jan 17. Doi: 10.1111/jerd.12359. [Epub ahead of print]. [Crossref] [PubMed]
43. Wiegand A, Stucki L, Hoffmann R, Attin T, Stawarczyk B. Repairability of CAD/CAM high-density PMMA-and composite-based polymers. *Clin Oral Investig.* 2015;19(8):2007-13. [Crossref] [PubMed]
44. Flury S, Diebold E, Peutzfeldt A, Lussi A. Effect of artificial toothbrushing and water storage on the surface roughness and micromechanical properties of tooth-colored CAD-CAM materials. *J Prosthet Dent.* 2017;117(6):767-74. [Crossref] [PubMed]
45. Acar Ö. The effect of different surface treatments on repair of CAD/CAM hybrid ceramic with resin composite. *Acta Odontol Turc.* 2016;33(3):121-5. [Crossref]
46. Coldea A, Swain MV, Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent Mater.* 2013;29(4):419-26. [Crossref] [PubMed]
47. Rohr N, Coldea A, Zitzmann NU, Fischer J. Loading capacity of zirconia implant supported hybrid ceramic crowns. *Dent Mater.* 2015;31(12):e279-88. [Crossref] [PubMed]
48. Bankoğlu Güngör M, Karakoca Nemli S. Fracture resistance of CAD-CAM monolithic ceramic and veneered zirconia molar crowns after aging in a mastication simulator. *J Prosthet Dent.* 2017;119(3):473-80. [Crossref] [PubMed]
49. Özarslan MM, Büyükkaplan UŞ, Barutçigil Ç, Arslan M, Türker N, Barutçigil K. Effects of different surface finishing procedures on the change in surface roughness and color of a polymer infiltrated ceramic network material. *J Adv Prosthodont.* 2016;8(1):16-20. [Crossref] [PubMed] [PMC]