



T.C.
İstanbul Üniversitesi
Dış Hekimliği Fakültesi
Bitirme Tezi

HİBRİT SERAMİKLER

KEVSER YAŞAR

TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. İBRAHİM BÜLENT ŞERMET

İstanbul-2021

TEŞEKKÜR

Başta danışman hocam Prof.Dr.İbrahim Bülent Şermet olmak üzere eğitimimde katkısı olan tüm hocalarıma ;

Tezimi yazmamda bana destek olan başta Fatma Gökçe Güler olmak üzere tüm arkadaşlarıma ve bütün yaşamım boyunca maddi ve manevi her türlü desteğiyle yanımda olan aileme teşekkür ederim.

İstanbul-2021

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR SAYFASI.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
KISALTMALARIN LİSTESİ.....	V
TABLO, ŞEKİL VE RESİMLERİN LİSTESİ.....	VI
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. SERAMİKLER HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. SERAMİKLERİN TARİHİ.....	2
2.2. DENTAL SERAMİKLERİN YAPISI.....	4
2.3. DIŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILAN SERAMİKLERİN İÇERİĞİ.....	5
2.3.1. Feldspat ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)	5
2.3.2. Kuartz (Silika) (SiO_2).....	6
2.3.3. Kaolin ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$).....	6
2.4. DENTAL SERAMİKLERİN SINIFLANDIRILMASI.....	6
2.4.1. Alt Yapılarına Göre Tam Seramiklerin Sınıflandırılması.....	7
2.4.1.1. Cam Seramikler.....	7
2.4.1.2. Alümina Seramikler	12
2.4.1.3. Zirkonyum Oksit İçeren Seramikler.....	14
2.4.2. Yapım Tekniklerine Göre Seramiklerin Sınıflandırılması.....	15

3. CAD/CAM SİSTEMİ GENEL BİLGİLER.....	16
3.1.CAD/CAM Sisteminin Avantajları.....	18
3.2.CAD/CAM sisteminin Dezavantajları.....	19
4. NANOSERAMİKLER.....	20
5. HİBRİT SERAMİKLER.....	22
6.REÇİNE MATRİKS SERAMİKLERLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	25
SONUÇ.....	27
KAYNAKÇA.....	29

KISALTMALARIN LİSTESİ

CAD : Bilgisayar destekli tasarım (Computer aided Design)

CAM : Bilgisayar destekli üretim (Computer Aided Manufacturing)

CaO : Kalsiyum oksit

Co : Kobalt

Cu : Bakır

Fe : Demir

Ti: Titanyum

Ni: Nikel

Mn : Mangan

MPa : Megapaskal

Y-TZP : Yttrium ile stabilize edilmiş tetragonal zirkonyum polikristali

ZrO₂ : Zirkonyum oksit

Al₂O₃: Alüminyum oksit

TABLO, ŞEKİL VE RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 1. Tam Seramik Sistemleri.....	2
Tablo 1. Alt Yapılarına Göre Tam Seramiklerin Sınıflandırılması.....	7
Resim 2. IPS Empress Seramik Bloklar.....	9
Resim 3. IPS e.max Press Seramik Bloklar.....	12
Resim 4. In Cream Alumina.....	13
Tablo 2. Zirkonyum oksitin sıcaklıkla bağlantılı olarak faz değıştirmesi.....	15
Resim 5. CAD-CAM’de mekanik tarayıcı.....	16
Resim 6. CAD/CAM Tasarım Aşaması.....	17
Resim 7. CAD-CAM’de freze işlemi.....	18
Resim 8. Lava Ultimate Seramik Bloklar.....	21
Resim 9. Hibrit Blokların Elastik Özelliğı.....	23
Resim 10. Vita Enamic Hibrit Seramik Blok.....	24

ÖZET

Porselenler estetik ve fonksiyon açısından doğal diş taklit edebilme özelliğiyle ayrı bir yere sahip olsa da geçmişte kullanılan seramikler çok kırılğan ve dayanıksızlardı. Bu olumsuz özelliklerinden dolayı uzun yıllar boyunca metal alt yapılı seramikler kullanılmıştır. Ancak metal alt yapılı seramiklerin yarattığı estetik problem ve hastaların artan estetik beklentilerinin sonucunda klinisyenler mekanik direnç kadar estetik beklentinin de önemli olduğunu düşünerek yeni tam seramik sistemleri aramaya yönelmişlerdir ve farklı kristal yapıya sahip birçok tam seramik materyali geliştirmişlerdir.

Restorasyon yapımının daha kolay, daha hızlı ve daha doğru hale getirilmesi için yapılan çalışmalar neticesinde 1977 yılında CAD/CAM uygulamaları diş hekimliğine girmiştir. CAD/CAM uygulamasının kullanılması daha yüksek kalitede seramik restorasyonların üretilmesini mümkün kılmıştır.

CAD/CAM teknolojisiyle üretilen seramiklerden biri olan hibrit seramikler rezin kompozitler ve porselenlerin birleştirilmesiyle üretilmişlerdir.

Teknolojinin gelişmesi ile beraber farklı üretim yöntemleri ve pek çok seramik materyalin kullanıma sunulması sonucu diş hekimleri için doğru endikasyonda doğru malzemeyi seçmek çok zor bir hale gelmiştir. Dolayısıyla seramik materyalleri hakkında bilgi sahibi olmak son derece önemlidir.

Bu çalışmamızın amacı da tam seramik sistemler hakkında genel bilgiler vermek, tam seramik sistemlerin yapısı ve içeriğini inceleyip sınıflandırmasını yapmak, CAD/CAM sistemleriyle üretilen hibrit seramikler hakkında bilgi vermektir.

SUMMARY

Although porcelains have a special place in terms of aesthetics and function, with their ability to imitate natural teeth, ceramics used in the past were very fragile and weak. Due to these disadvantages, metal-based ceramics have been used for many years. However, as a result of the aesthetic problem created by metal-based ceramics and the increasing aesthetic expectations of the patients, clinicians, thinking that aesthetic expectation is as important as mechanical resistance, turned to search for new full ceramic systems and developed many full ceramic materials with different crystal structures.

CAD / CAM applications entered dentistry in 1977 as a result of efforts to make the restoration easier, faster, and more accurate. The use of CAD / CAM applications has made it possible to produce higher-quality ceramic restorations.

Hybrid ceramics, one of the ceramics produced with CAD / CAM technology, are produced by combining resin composites and porcelains.

As a result of the recent developments in technology, different production methods, and the introduction of many ceramic materials have made it very difficult for dentists to choose the right material for the right indication. Therefore, it is extremely important to have knowledge about ceramic materials.

The aim of this study is to give general information about all-ceramic systems, to examine and classify the structure and content of all-ceramic systems, to give information about hybrid ceramics produced with CAD / CAM systems.

1.GİRİŞ

Seramikler diş hekimliğinde geçmişten bugüne diş dokusu kayıplarının protetik tedavisinde oldukça yaygın olarak kullanılan önemli materyallerden biridir. Seramik materyalleri doğal diş yapısını taklit edebilmeleri, üstün biyolojik uyumları, düşük termal iletkenliğine sahip olmaları, korozyona dirençli yapıları, düşük plak tutunumları ve renk stabilitesi gibi karakteristik özelliklerinden dolayı tercih edilirler.

Restorasyon yapımının daha kolay, daha hızlı ve daha doğru hale getirilmesi için yapılan çalışmalar neticesinde 1977 yılında CAD/CAM uygulamaları diş hekimliğine girmiştir. CAD/CAM uygulaması kullanılarak daha yüksek kalitede ve hatasız seramik restorasyonlar yapmak mümkündür. Aynı zamanda kullanılan diğer tekniklere göre daha az labaratuvar çalışması ve daha az maliyet gerektirir.

CAD/CAM blokları sayesinde performansı daha yüksek seramik materyaller ortaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak hekimlerin ve hastaların estetik beklentileri, CAD/CAM blok materyalleri üreticilerinin üstün materyal özelliklerine sahip CAD/CAM bloklarının çeşitliliğini arttırmaya yöneltmiştir.

Porselen materyalinin mekanik, optik ve estetik özellikleriyle, kompozit rezinlerin kolay tamir edilebilirliği, karşıt dişte minimum aşındırma yapması ve kolay işlenebilirliği gibi olumlu özellikleri bir araya getirilerek hem seramik hem de kompozit içeren çift fazlı hibrit seramikler üretilmiştir.

Literatürde reçine içerikli seramikler olarak sınıflandırılan bu seramikler kolay işlenebilirlik, üstün kenar uyumu ve kırılma direnci gibi gelişmiş özellikler sunmaktadır. Seramiklerde sık olarak meydana gelen çatlak ilerlemesi sorunu hibrit seramiklerde bulunan polimer ağ yapısı ile azaltılmıştır.

2. SERAMİKLER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Seramik materyali 100 yılı aşkın süredir estetik diş hekimliğinin vazgeçilmez unsurudur.(1)

Günümüzde estetik pek çok alanda olduğu gibi diş hekimliğinde de son derece önemli bir hale gelmiştir. Estetik beklentideki artış ve dijital diş hekimliğinde yaşanan gelişmelerle birlikte, metal alt yapılı seramik sistemlere alternatif olarak üstün estetik ve mekanik özellikli, biyolojik olarak uyumlu, dayanıklı, üretim teknik ve metodolojileri, kullanım alanları açısından sürekli gelişim gösteren birçok tam seramik sistem diş hekimliğinin kullanımına sunulmuştur. (1,2)



Resim 1. Tam Seramik Sistemleri

2.1. Seramiklerin Tarihi

Seramik, orjinini topraktan yapılma anlamına gelen Yunanca 'keramos' sözcüğünden alan, insan tarafından yapısı değiştirilerek oluşturulmuş ilk inorganik cam fazlı kristalin yapısında materyaldir.(3)

Diş hekimliğinde ilk porselen kullanımı 18.yüzyılda Parisli bir eczacı olan Alexis Duchateau tarafından kullanılmıştır. Bu yüzyılda eksik dişlerin tedavisinde insan-hayvan dişleri, fildişi, mineral ya da porselen dişler kullanılmıştır. 1774'te Duchateau, Nicholas Dubois de Chemant'ın yardımıyla yeni, yüksek teknoloji bir porselen üreticiyle birlikte çalışarak ilk başarılı porselen protez setini geliştirmiştir. (4,11)

Porselen dişlerin gelişimi estetik ve ağız hijyeni açısından devrim niteliğindedir, fakat dişlerin kaide materyaline tutunmasında başarı sağlayamamışlardır. 1808'de İtalyan diş hekimi Giussepangelo Fonzi, kişiye özel hazırlanan ve porselen dişlerin arka yüzeylerine platin pinler yerleştirilerek metal kaide plağına lehimlenebilmelerini sağlayan bir yöntem geliştirmiştir. Bunların estetik ve mekanik özellikleri protetik diş hekimliğinde büyük avantaj sağlamıştır. (5,7)

1838'de Elias Wildman, normal diş tonlarına çok yakın ve saydam bir seramik geliştirmiştir. 19. yüzyılın sonunda sabit restorasyonların keşfedilmesi ile seramiğin diş hekimliğindeki gerçek önemi anlaşılmıştır.

Porselenin sabit protezlerde kullanımının öncüsü, 1886 yılında platin yaprak üstüne feldspatik porseleni işlemesi ile Dr. Charles Land olmuştur. Land, inley ve kuronları geliştirdikten sonra 1889 yılında jaket kuron patentini almıştır. Land, ilk başarılı feldspatik seramik inley ve kuronları diş hekimliğine tanıtmıştır.(6,8,9)

Porselen, oldukça estetik olmasına rağmen yüksek feldspatik cam içeriğinden dolayı aşırı derecede kırılkan ve zayıftır. (6,10)

Dayanıklılığı artırma düşüncesi 1903 yılında Charles Land tarafından "jaket kronlar" olarak adlandırılan, platin folyo üzerine fırınlanan yüksek ısı porselenleri kullanılarak tam seramik restorasyonların üretimini gerçekleştirmiştir. Bu restorasyonların, düşük bükülme direnci ve kırılkanlığından dolayı kullanımları sınırlı kalmıştır. (7)

Bu yüzden diş hekimliğinde kullanılan seramikler popülaritesini 19.yy ortalarına kadar geçici bir süreliğine kaybetmiştir. 1950'lere gelindiğinde porselenin yapısına lösit eklenmesi ile seramiğin genleşme katsayısı yükseltilerek altın alaşımları ile daha güçlü bağlantı sağlanmıştır.(7,11)

1958 yılında Vines ve arkadaşları çok ince porselen tozunu düşük basınçta vakum altında pişirerek, porselenin translusensi ve estetik özelliklerini geliştirmişlerdir.(12)

1960 yıllarının başında Weinstein, altın alaşımlarla porselenin yapısını değiştirerek vakum altında pişirmiştir. Porselenin K₂O (potasyum oksit) içeriği artırılarak genleşme katsayısı yükseltilmiştir ve bu durum porselenin metale bağlantı kuvvetini arttırmıştır.(13)

1965 yılında Mc Lean ve Hughes %40-50 oranında alümina kristallerinin alt yapıya eklenmesiyle güçlendirilmiş jaket kuron yapımını geliştirmişlerdir. Cam yapının içindeki alümina kristalleri seramiğin mekanik olarak daha güçlü olmasını ve çatlakların ilerlemesini durdurmasını sağlamıştır. Ancak seramik içeriğindeki alümina kristalinin artışı ışık geçirgenliğini azaltarak estetik açıdan bir dezavantaj oluşturmuştur. (14,15)

1980 yıllarında dijital bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesi diş hekimliğinde önemli yeniliklere yol açtı. Dental CAD-CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım- Bilgisayar Destekli Üretim) sistemi ortaya çıktı ve diş hekimliğinde büyük gelişmeler oldu. Bu sistemin amacı diş hekimliğinde kullanılan seramikleri verimli ve kolay bir şekilde tasarlamak ve işlemektir. (16,17)

İlk dental CAD-CAM prototipi 1983'te, Garanciere konferansında sunulmuştur. (18)

2.2. Dental Seramiklerin Yapısı

Seramikler inorganik ve metalik olmayan yapılardır. Porselenler ise sinterleme ile elde edilen içerisinde lösit kristalleri bulunan camsı bir matriks olup tümüyle cam faza geçmemiş seramik türüdür. Diş hekimliğinde kullanılan seramik tam olarak füzyona uğramamış sinterizasyon ile oluşturulan cam türevidir. Sinterizasyon porselen içerisindeki partiküllerin eriyerek birleşmesi olayıdır. Diş hekimliğinde kullanılan seramikler metal oksitleri ile karıştırılarak kullanıldığından bunlara okside seramikler denir. Bunlar cam matriks içinde kristalize partiküllerin oluşturduğu kitlelerdir. (19,20,21)

Büyük oranda silikat yapılı olan seramikler, bir ya da daha fazla metalin metal olmayan bir elementle, çoğunlukla da oksijenle yaptıkları bileşiklerdir. Büyük olan oksijen atomları bir matriks gibi görev yapar ve küçük metal atomları boşlukları doldurur. Seramik kristalindeki atomik bağlar hem iyonik hemde kovalent karakterdedir. (22,23)

Bu güçlü bağlar seramiklere stabilite, sertlik, ısıya ve kimyasal maddelere direnç gibi olumlu özellikler sağlar. Bunun yanı sıra bu bağlar seramiğin kırılma gibi istenmeyen özelliklere de sahip olmasına neden olmaktadır. (24,25)

2.3. Diş Hekimliğinde Kullanılan Seramiklerin İçeriği

Geleneksel dental seramiğin içeriği genel olarak feldspar, kuartz ve kaolinden oluşmaktadır.

2.3.1. Feldspar ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$):

Porselene doğal translüsentliği veren ana yapıyı teşkil eden feldspar, porselenin içeriğinde minimum %60 oranında bulunur. Bu maddenin bağlayıcı bir özelliği vardır. Fırınlama sırasında eriyip kuartz ve kaoline matriksi oluşturur. Esas olarak potasyum silikat, sodyum silikat ve kalsiyum silikattan oluşur. Feldspar, doğal olarak oluşan bir maddedir, bu nedenle potasyum (K_2O) ve sodyum (Na_2O) arasındaki oran değişebilmektedir. Diş hekimliğinde potas içeriği fazla olan seramikler tercih edilmektedir. (26,27)

Feldspar 1250-1500 °C civarında eriyerek serbest kristalin fazında cama dönüşür ve kuartz ve kaolin yapılarını bir arada tutmaya yardımcı olur. Feldsparın soda formu ergime sıcaklığını düşürürken, potas formu camın viskozitesini artırarak fırınlama sırasında oluşan toplanma ve piroplastik akmayı azaltır. Bu özellik kenarların yuvarlaklaşmasını, diş formunun ve yüzey detaylarının kaybolmasını önler. Ergimiş feldspar camsı ve yüksek viskoziteli parlak bir madde haline gelmekte ve seramiğe belirli bir şeffaflık kazandırmaktadır. (25,28)

2.3.2. Kuartz (Silika) (SiO₂):

Porselenin içeriğinde %10-30 oranında bulunmaktadır.(29)

Ergime derecesi çok yüksek (1700 °C) olan kuartz yapı içinde doldurucu görevi yapar. (28)

Termal genleşme katsayısını kontrol ederek, pişirme sonucu meydana gelebilecek büzülmeleri önler ve porselenin dayanıklılığının artmasını sağlar.(29)

2.3.3. Kaolin (Al₂O₃.2SiO₂.2H₂O):

Opak olması sebebiyle porselenin içeriğinde çok az miktarda (%1-5) kullanılır. Yapışkan bir yapıya sahip olup diğer materyalleri bir arada tutarak porselenin modelajında yardımcı olur. Ayrıca ısıya karşı oldukça dayanıklıdır. (29,22)

Dental seramiğin içeriğine bu üç yapıya ek olarak renklendirici oksitler, opaklaştırıcılar, cam modifiye ediciler (metal oksitler), akışkanlar ve opaklaştırıcılar gibi çeşitli ajanlar da eklenebilmektedir.

Seramikte yer alan metal oksitler yapıya; sertlik, hidrolitik stabilite, düşük ergime ısısı, devitrifikasyona ve piroplastik akıcılığa karşı direnç gibi özellikleri vermektedir. Bu amaçla genellikle kalsiyum oksit (CaO), sodyum oksit (Na₂O) ve potasyum oksit (K₂O) kullanılmaktadır.(30)

Farklı ton ve translüensliği sağlamak için seramiğe Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Ni gibi yüksek ısıya dayanıklı metal oksit pigmentler ve opaklaştırıcı ajanlar eklenir.

2.4. Dental Seramiklerin Sınıflandırılması:

Seramik malzemeler için bir sınıflandırma sistemi diş hekimliğinde seramiklerin doğru yerde kullanımı için gereklidir.(1)

Tam seramik sistemler yapım tekniğine, ışık geçirgenliğine ve alt yapıda kullanılan maddeye göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir.(29)

- Alt yapılarına (core) göre,
- Yapım tekniklerine göre olmak üzere iki farklı şekilde sınıflayabiliriz.

2.4.1. Alt Yapılarına Göre Tam Seramiklerin Sınıflandırılması

Alt yapı materyaline göre porselenler; cam seramikler, alumina esaslı seramikler, zirkonya esaslı seramikler olarak ayrılmaktadır.(29)



Tablo 1. Alt Yapılarına Göre Tam Seramiklerin Sınıflandırılması

2.4.1.1. Cam Seramikler

Cam seramik materyal, hem kristal hem de cam materyalin özelliklerini taşımaktadır. Yarı kristal yapı materyale; sıkışma ve gerilmeye karşı yüksek direnç, yüksek elastisite modülü ve aşınmaya karşı direnç gibi pozitif özellikler kazandırmıştır.

Cam, kontrollü kristalizasyon yöntemiyle bir kristal faz oluşturarak kuvvetlendirilir. Soğuma süresini ne kadar uzatırsak kristal sayısı ve büyüklükleri o kadar artar.

Cam seramik materyallerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri yapısındaki kristal tipine bağlıdır.

Metal ve seramik alt yapıli sistemlerde üst yapı olarak kullanılabilirler.

Dökülebilir, preslenebilir ya da infiltrasyon yöntemiyle üretilebilirler. Günümüzde CAD/CAM sistemiyle de üretilmeleri mümkündür.

- **Feldspatik Seramikler**

Önemli miktarda feldspar, kuartz ve kaolinden oluşan, dental seramiklerin geleneksel tipidir. İçeriğindeki %55-65 oranındaki kuartz veya silika (SiO_2), restorasyonun translusentliğinden sorumlu olan matris bileşenidir. Seramiğı güçlendirmek için % 20–25 oranında alümina (Al_2O_3) takviye bileşeni olarak eklenebilir. Kaolin, opak özelliklere sahip olduğundan sınırlı miktarda (% 1-3) ve dental seramiklerin bileşiminde seramik parçacıklarını birbirine bağlaması için kullanılır. (49)

Feldspatik seramiklere IPS Empress Esthetic, IPS Empress CAD, IPS Classic, Ivoclar Vivadent; Vitadur, Vita VMK 68, Vitablocs, Vident örnek olarak verilebilir.(49)

- **Lösit ($\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}$) İle Güçlendirilmiş Cam Seramikler**

Cam seramik yapının lösit kristalleri ile güçlendirilmesi ilk olarak Wohlwend tarafından Zürih Üniversitesinde geliştirilmiş ve 1991 yılında piyasaya sunulmuştur [IPS Empress Ceramic (Ivoclar Vivadent)]. (31)

IPS Empress seramikler ısı ile preslenerek veya CAD/CAM teknolojisiyle elde edilebilmektedir.(31,32)



Resim 2. IPS Empress Seramik Bloklar

Cam matriks, kontrollü kristalizasyon yöntemiyle bir kristal faz oluşturarak kuvvetlendirilir. Lössit kristallerinin artışı sonucu yapı içindeki çatlakların ilerlemesi durmuş olur ve ani şekilde gelen baskı kuvvetlerine karşı direnç mekanizması oluşur. Yapıda ufak boyutta, sık dağılımlı, kontrol altında tutulmuş bir ağla yerleştirilmiş ve organize edilmiş lösit kristalleri varsa seramiğin dayanıklılığı önemli ölçüde artar.

Lössit kristallerinin genleşme katsayısı içinde bulunduğu cam matriksten daha fazladır. Seramik ısıtılıp soğutulurken lösit kristalleri büzülerek cam matriksi kendine doğru çeker, böylece yapı içinde bir iç basınç oluşur. Bu iç basınç seramikteki esas direnci oluşturur ve Griffith çatlaklarının ilerlemesini durdurur, yapı oldukça güçlenir.

Lösitle güçlendirilmiş cam seramik restorasyonlar yüksek translusenslikleri nedeniyle oldukça estetik restorasyonlardır. Ancak renklenmiş dişlerde, metal post-kor uygulanmış dişlerde ve metal abutment kullanılan implant üstü restorasyonlarda uygulanmaları alttaki dişin ya da materyalin rengini örtüleyemeyeceği için endike değildir.(31)

Bu restorasyonların bükülme kuvvetlerine karşı dayanıklılığı 120-160 Mpa'dır ve yapısal zayıflığı bakımından endikasyonları anterior bölgede tek üye kuronla sınırlanmaktadır.(33,31,32)

IPS Empres yüksek estetik özelliklerinin ve aşınma dirençlerinin doğal dişlere yakın olmasından dolayı avantajlıdır. Fakat mekanik mukavemeti posterior ve anterior bölgedeki uzun köprüler için yeterli değildir.(34)

Lösitle güçlendirilmiş seramikleri materyalin direnci artsın diye adeziv yapıştırırız.

• Lityum Disilikat ($\text{SiO}_2\text{-Li}_2\text{O}$) İle Güçlendirilmiş Cam Seramikler

Bu sistemde cam matriks lityum disilikat ile güçlendirilmiştir. Camlı matriks içinde %65 lityum disilikat kristali bulunur.(35,32)

Cam seramik ingot 920° C'de ısıtılır; vakum ve basınç altında preslenir.(33,39)

Lityum disilikat cam seramikler kayıp mum , ısıyla presleme ve bloklardan frezeleme yöntemiyle elde edilmektedir.(35,31,32,38,39)

Isı ile presleme tekniğinin kullanımının lityum disilikat fazda homojen yapı oluşumunu sağladığı, kontrol edilemeyen mikro çatlakları engellediği, kısa sürede ve kolay restorasyon hazırlanmasına olanak verdiği görülmüştür.(36,34)

1998 yılında ilk kez tanıtılan lityum disilikat içerikli cam seramik IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent) materyalinin, kristal partiküllerinin yoğun ve homojen birbirine bağlanmış yapısı sayesinde bükülme direnci 300-400 Mpa'ya kadar yükseltilmiştir, kırık direnci ise 2,8-3,5 Mpa 1/2 arasındadır. (32,36,39)

IPS Empress 2'nin alt yapısı lityum disilikatla güçlendirilmiştir ve dayanıklılığı artırılmıştır. Bu sistemin üst yapı seramiğinde ise seramiğin ışık geçirgenliğini arttırıp doğal dişe yakın görünüm veren fluoroapatit vardır.(29,34)

Bu materyal lösit ile güçlendirilmiş IPS Empress materyalinden daha dayanıklıdır ve yüksek translüsentliğinden kaynaklanan mükemmel estetiğe sahiptir.(36,34,39)

IPS Empress II sistemi anterior ve posterior tek kuronlarda, anterior ve posterior üç üyeli köprü yapımında kullanılabilir. Posteriorıda üç üyeli köprülerde kullanılması 2. premoların en distaldeki destek diş olması şartıyla mümkündür.(36,38,39)

Çiğneme kuvveti en fazla premolar ve molarlara gelir. Bu sistem daha çok estetik bölgeye hitap ettiği için azlarda kullanmamak gerekir.

Materyalin kor kısmındaki kimyasal yapı IPS Empress ve IPS Empress II'nin farklılığını oluşturmaktadır. Bu kor yapıdaki farklılık IPS Empress II'nin kırılmaya karşı olan direncini IPS Empress'e göre üç kat arttırmıştır. Ayrıca IPS Empress II'de cam daha az olduğu için kırılmaya karşı direnci fazla, mikro çatlak oluşma riski ise en azdır.(36)

IPS Empress 2 cam seramiklerin mekanik dayanımını arttırmıştır.(37)

IPS e.max Press

Ivoclar Vivadent firması, IPS Empress sisteminden sonra, 2005 yılında güçlendirilmiş preslenebilir cam seramik materyali olan IPS e.max Press sistemini piyasaya sürmüştür. Sistemin içeriğinin Empress II sistemi gibi lityum disilikattan oluşmasına karşın, kullanılan farklı fırınlama tekniği sayesinde fiziksel özellikleri ve estetiği artırılmıştır. (31,37,36)

IPS e.max Press, IPS Empress 2'den daha küçük kristallere sahiptir ve yaklaşık 400 Mpa bükülme direnci ile cam seramikler arasında en yüksek direnci gösterirler.(37,36)

IPS e.max Press sisteminde farklı translusensi değeri sergileyen 3 farklı ingot seçeneği bulunmaktadır. Bunların düşük translusensi özelliği gösteren ingotlar (IPS e.maxPress LT), ince veneerlerde kullanılabilmektedir. Orta opasiteli ingotlar (IPS e.maxPress MO), vital ya da hafif renklenmiş preparasyonlar için ideal alt yapıların hazırlanmasına olanak sağlarlar. Yüksek opasiteli ingotlar (IPS e.max Press HO) ise, opasitelerine bağlı olarak devital, yoğun renklenmiş preparasyonların ya da metal alt yapıların maskelenmesinde kullanılabilirler.



Resim 3. IPS e.max Press Seramik Bloklar

IPS e.max Press sistemi, ince veneerler, parsiyel kuronlar, anterior ve posterior kuronlar, 3 üyeli anterior köprüler, destek diş olarak ikinci premolara kadar uzanan 3 üyeli köprüler, anterior ve posterior bölgelerde implant üstü tek kuronlar, ikinci premolara kadar uzanan implant üstü 3 üyeli köprüler ve teleskop kuronlarda kullanılabilir.

Sonuç olarak lityum disilikatla güçlendirilmiş cam seramikler üstün estetik özelliklerinden dolayı tercih edilmesine karşın mekanik özelliklerinin yetersizliğine bağlı olarak posterior bölgede kullanıma pek uygun değildir. Endikasyon alanının genişlemesi için mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

2.4.1.2. Alümina Seramikler

Aluminayla güçlendirilmiş seramikler %40-50 oranında alumina kristali içerir.(35)

Mc Lean ve Hughes feldspatik porselen ve aluminayı karıştırarak mekanik ve fiziksel özellikleri daha güçlü olan bu sistemi geliştirmişlerdir. Cam yapının içindeki alümina kristalleri seramiğin mekanik olarak daha güçlü olmasını ve çatlakların ilerlemesini durdurmasını sağlamıştır. Ancak seramik içeriğindeki alümina kristalinin artışı ışık geçirgenliğini azaltarak estetik açıdan bir dezavantaj oluşturmuştur. (14,15)

In Cream Alumina

İlk cam infiltre seramik materyali olarak In-Ceram Alumina 1989'da slip-casting yöntemi ile üretilmiştir. Poröz yapıdaki alumina alt yapının üzerine dayanıklılığı arttırmak ve kırık oluşumunu azaltmak için laktan camı infiltre edilir. Bu cam yapı girinti çıkıntıları çok iyi bir şekilde kapatır. Bu camsı yapı sinterlenmiş Al_2O_3 kristalleri arasındaki boşlukları doldurularak dayanıklılığı çok arttırırsa da, opaklığı nedeniyle doğal diş görünümü sağlayamadığı için üst yapı porselenine ihtiyaç duyulur.(29)

In-Ceram Alumina seramik materyalinin bükülme direnci 236-600 Mpa, kırılma direnci ise 3,1-4,61 Mpa arasındadır.(29)

In-Cream Alumina alt yapıli seramik sistemlerinde anterior ve posterior bölgede üç üyeli köprü ve tek kuron restorasyonlarının uygulanması endikedir.(29)



Resim 4. In Cream Alumina

In Cream Spinell

1994 yılında In-Cream Spinell sistemi (VITA Zahnfabrik, Vita, D-Bad Sackingen) In-Cream Alumina sisteminin opak alt yapısını azaltmayı amaçlayarak üretilmiştir.

Caminkine yakın bir kristalin faz kırılma indeksine bağlı olarak, In-Ceram alüminaya göre iki katın üstünde translüsensi özelliğine sahiptir.(29)

Cam infiltre edilmiş magnezyum ve alüminyum oksit karışımı ($MgAl_2O_4$) içeren In-Ceram Spinell'in üretim aşamaları In-Ceram Alumina ile benzerdir. Alüminanın yüksek opasitesini azaltmayı amaçlayarak üretilen bu sistemde her ne kadar ışık geçirgenliği artmış olsa da bükülme direnci In Cream Aluminadan daha düşüktür (350 Mpa). Bu durumdan dolayı estetik beklentinin yüksek olduğu ön bölge tek kuron restorasyonlarında kullanımıyla sınırlı kalmıştır.(29)

In Cream Zirconia

In Cream Zirconia, In Cream Alumina sistemini geliştirmek için %35 oranında kısmen stabilize edilmiş zirkonya ile cam infiltrasyonu yapılmış alumina alt yapıdan oluşur. Alt yapı üretiminde slip casting tekniği veya hazır bloklarla CAD/CAM teknolojisi kullanılır. In-Ceram zirkonya seramik materyalinin bükölme direnci 421-800 MPa, kopma mukavemeti ise 68 Mpa'dır. Zirkonyum oksit eklenmesiyle altyapı daha dayanıklı hale gelse de artan opaklıktan dolayı posterior bölgedeki tek kuron veya köprü protezinin altyapısında kullanıma uygundur. Anterior bölgede kullanımı estetik sorunlara yol açar. (29)

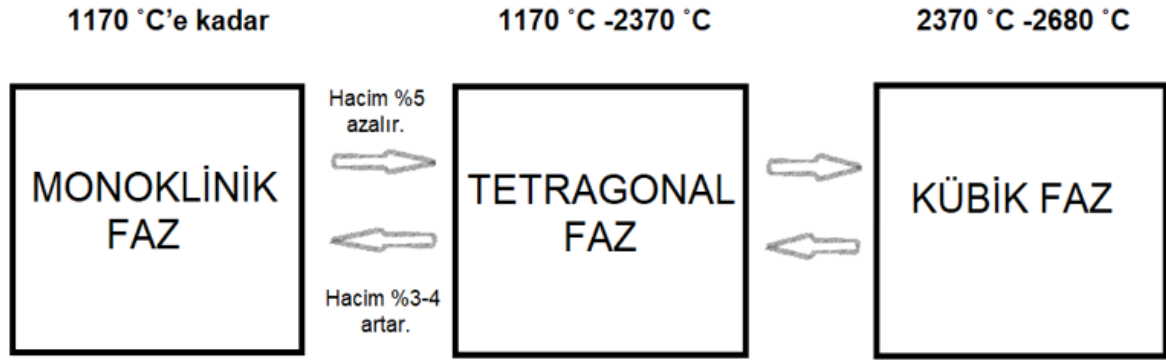
Alt yapı seramikleri fırınlamalar sonucunda büzölme gösterirler ancak zirconia alt yapıdaki büzölme gözardı edilecek kadar az seviyededir. Bundan dolayı restorasyon ve preparasyon kenarları arasındaki morfolojik uyum iyidir. (29)

Zirkonya alt yapılı restorasyonlar yüksek kırılma dirençleri sebebiyle konvansiyonel olarak simante edilebilirler ve retansiyon için herhangi bir adeziv yüzeye ihtiyaç duymazlar.

In Cream Zirconia, In Cream Alüminadan daha yüksek eğilme mukavemetine sahiptir.(52)

2.4.1.3. Zirkonyum Oksit İçeren Seramikler

Zirkonyanın üç farklı kristal yapısı vardır. Bunlar monoklinik, tetragonal ve kübik fazlardır. Monoklinik faz 1170 °C'ye kadar stabildir ve bu dereceden sonra tetragonal faza dönüşür. Tetragonal faz 2370 °C'ye kadar stabildir ve bu sıcaklığın üstünde kübik faza dönüşür. Ergime noktası 2680 °C'dir ve bu dereceye kadar ise kübik fazda bulunmaktadır. ZrO₂ fırınlama ısısında tetragonal fazda, oda sıcaklığında ise monoklinik fazdadır. Fırınlamanın ardından soğuma sırasında t→m faz dönüşümü gerçekleşir. Bu sırada % 3-5'lik hacim artışı meydana gelir. Her ne kadar bu dönüşüm ile ortaya çıkan kompresif stresler sonucu dayanıklılık artsa da, t→m faz dönüşümü kontrol altına alınmalıdır, aksi halde hacim artışı ileri derecede kırıklara neden olabilir. Bu yüzden zirkonyanın oda sıcaklığında tetragonal fazda tutulması gerekir. Tetragonal tanecikler yüksek sıcaklıklarda stabildir. Saf zirkonyadaki yttrium oksit oda sıcaklığında zirkonyayı tetragonal fazda stabilize eder.(50)



Tablo 2. Zirkonyum oksitin sıcaklıkla bağlantılı olarak faz değıştirmesi

Zirkonyanın elastik modülü yaklaşık 200 MPa, bükölme direnci ortalama 900-1200 MPa, kırılma dayanımı ise 9-10 MPa olarak bulunmuştur. Bu da nerdeyse alümina esaslı seramiklerin iki katı ve lityum disilikat esaslı seramiklerin (Empress II) üç katıdır.(50)

Yttriumla Kısmen Stabilize Zirkonya (Y-TZP)

Günümüzde yüksek dayanıklılık, biyouyumluluk, iyi kimyasal stabilite ve doğal görünüm özellikleri sayesinde ideal dental materyal olarak kabul edilmektedir.

2.4.2. Yapım Tekniklerine göre Seramiklerin Sınıflandırılması

- Geleneksel toz-sıvı karışımı ile hazırlanan seramikler
- Dökülebilir seramikler
- Isı ve basınç altında hazırlanan seramikler
- İnfiltre (Slip-casting yöntemi ile hazırlanan seramikler
- Frezeleme ile hazırlanan seramikler

- a) Analog sistemler
- b) Dijital sistemler

3. CAD/CAM SİSTEMİ GENEL BİLGİLER:

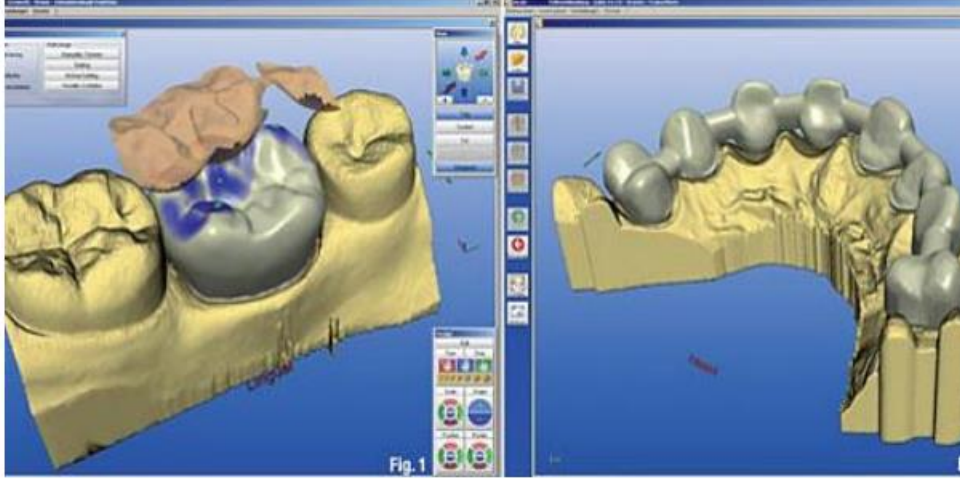
Son yıllarda teknolojiye meydana gelen ilerlemelere bağlı şekilde diş hekimliğinde de yeni materyaller ve üstün teknoloji içeren sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknolojik ürünlerden biri de bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim sistemidir. CAD-CAM (Bilgisayar destekli tasarım- Bilgisayar destekli üretim) teknolojisi, yüksek dayanıklılık ve kalitede yeni seramik materyallerinin, standart üretim teknikleri ile oluşturulmasını sağlamaktadır. (40,41)

CAD/CAM sistemleri üç fonksiyonel bölümden oluşur. Verilerin toplanmasını sağlayan tarayıcı kısımla diş yüzeyinin üç boyutlu dijital modeli elde edilir. CAD (Computer Aided Design-Bilgisayar Destekli Tasarım) aşaması ile veriler bilgisayar sistemleri kullanılarak geliştirilir ve tasarımı yapılır. Bu şekilde üç boyutlu model çizimi sanal ortamda gerçekleştirilmiş olur. CAM (Computer Aided Manufacturing-Bilgisayar Destekli Üretim) aşamasında ise ölçülen ve planlanan veriler kullanılarak bilgisayar desteğiyle üretim yapılır. (40)



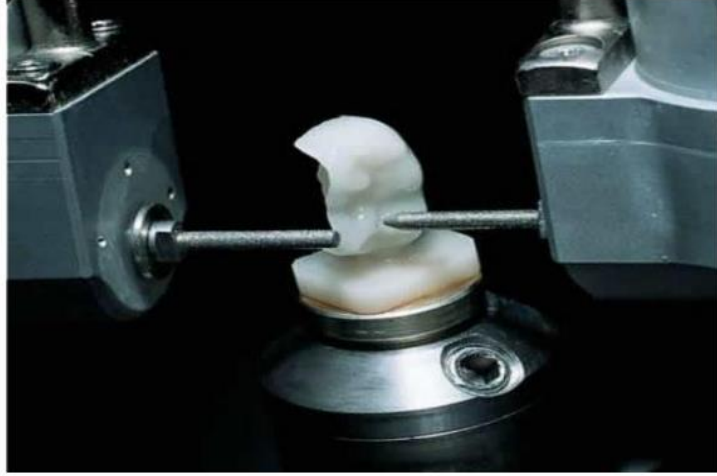
Resim 5. CAD-CAM’de mekanik tarayıcı

Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim yani CAD/CAM ile optik okuyucular ile intraoral dokuların bilgisayar ortamında görüntülenebilmesi ABD’den Bruce Altschuler tarafından 1977’de sağlanmıştır. CAD/CAM uygulamalarının restoratif diş hekimliğine girişi ise ancak 1980’lerde başlamış, 1984’de Fransa’dan Francois Duret, Duret sistemini geliştirmiş ve bir üyeli restorasyonları elde etmiştir. Üretim maliyeti ve uygulanabilirliği ile ilk dental CAD/CAM uygulamasını Cerec sistem ile İsviçre’den Werner Mörmann ile Marco Brandestini 1988’de gerçekleştirmişlerdir. (42)



Resim 6. CAD/CAM Tasarım Aşaması

Piyasada hazır olarak bulunan, prefabrike seramik blokların bilgisayar destekli freze yardımıyla aşındırılması esasına dayanmaktadır. Sistemin temelini, verilerin bilgisayar ortamında toplanması, elde edilen verilerle uygun tasarımların oluşturulması ve tasarımlar doğrultusunda da seramik blokların frezeleme ünitesinde üretimin tamamlanması oluşturmaktadır. Bu sistemde optik bir kamera, bilgisayar ve suyla çalışan frezeleme ünitesi bulunmaktadır. Cad-cam sisteminde restorasyonlarda kullanılacak olan bloklar homojen olarak elde edildiği için, diğer sistemlerde görülen mikroporözite, homojenite ve yüksek ısıdaki fırınlama işlemleri sonrası oluşan büzülme sorunları elimine edilir. Ayrıca laboratuvar işlemlerinin kısılması da zaman ve para tasarrufu sağlamaktadır. Hata oranının minimuma inmesi de hekim ve hastalara büyük avantajlar sağlamaktadır. Günümüzde cad-cam sistemleri inley, onley, bölümlü kuron, tam kuron ve köprü sistemleri, laminate veneer hareketli bölümlü protezlerin altyapı iskeletleri, implant cerrahisinde kullanılacak olan stentlerin tasarlanıp üretilmesi gibi geniş bir endikasyon alanını kapsamaktadır. Cad-cam teknolojisi ayrıca implant destekli protezlerde dayanak, kuron-köprü ve hibrid protez altyapı tasarımı ve üretiminde de uygulanmaktadır. Günümüzde bir çok Cad-cam sistemi diş hekimliği pratiğindeki kullanım yerlerini almıştır. (40,43,44)



Resim 7. CAD-CAM’de freze işlemi

1984 den günümüze Cerec, Duret, Celay, Procera, Cercon, Cicero ve Lava sistemler gibi pek çok CAD/CAM sistemi geliştirilmiş ve dental CAD/CAM sistemlerin son 20 yılda kullanımları gittikçe artmış, günümüzde CAD/CAM sistemleri oldukça popüler hale gelmiştir.

3.1. CAD/CAM Sisteminin Avantajları

- Geleneksel ölçü alma yöntemlerini ortadan kaldırarak hem hasta hem de hekimin klinikte geçirdiği zamanın azalması
- Tek seansta yapılabilen uygulamalar sayesinde hasta ve hekim konforunun artması, geçici kuron yapımına ihtiyacın ortadan kalkması
- Kaşık seçimi ve uyumlaması, dezenfeksiyon ve ölçülerin laboratuvara gönderilmesi gibi zaman alıcı aşamaların ortadan kaldırılması
- Diş teknik laboratuvarları için maliyette büyük ölçüde azalma
- İndirekt restorasyonlardan kaynaklanan çapraz enfeksiyon riskini ortadan kaldırması

- Daha az malzeme tüketimi
- Artan verimlilik
- Geleneksel yöntemle kıyasla daha kolay üretim
- Daha hassas restorasyonlar üretebilme imkanı

3.2. CAD/CAM Sisteminin Dezavantajları

- Üretim maliyeti
- Subgingival kesimlerde veya düzensiz basamaklarda hem tarama hemde tasarım aşamasında sorun yaşanabilmektedir. Kan, tükürük, subgingival bitim sınırları tarama aşamasını etkilemektedir.
- İzolasyon sağlama sorunu (Aşırı gün ışığı elimine edilmeli ve reflektör kapatılmalıdır. Sistemin kendi ışığı yeterlidir.)
- Teknik destek yetersizliği
- Endikasyon kısıtlılığı (Ağız içi tarayıcının endikasyonları geleneksel ölçü kadar sınırsız değildir.)
- Bağlantı (Elektrik ve internet gerekliliği)

Diş hekimliğinde yerleşik olarak kullanılan ilk CAD/CAM sistemi Mormann and Brandestini tarafından geliştirilen CEREC (Sirona Dental Systems) olmuştur. CAD-CAM sisteminde çeşitli üreticiler tarafından hazırlanmış sistemler (CerAdapt, Cercon base, DC-kristall, ProCad, Zircagon, Cerec, Procera All-Ceram, Vita Mark II, Dicor, Procera zirconia, IPS e.max ZirCAD, DC-zirkon, Lava YZ cubes Cerec InLab, Denzir) kullanılmaktadır. (41)

Estetik diş hekimliğinde en yaygın kullanım alanına sahip materyaller seramik ve kompozitlerdir. Her iki materyalinde avantajlarını içeren, doğal dişin fiziksel ve yapısal özelliklerini taklit eden nanoseramikler ve hibrit seramikler geliştirilmiştir. Bu malzemelerin mekanik özelliklerinin doğal diş dokusu ile benzer değerler gösterdiği ve üst yapı materyalinin tabakalar halinde atma ve kırılma riskinin daha düşük olduğu bulunmuştur. Tesviye ve polisaj işlemleri daha kolaydır. Fırınlama gerektirmez. Özellikle tek seansta, klinikte restorasyonun üretilmesine dayanan uygulamalar için uygundur. (46)

4. NANOSERAMİKLER

Diş hekimliğinde nanoteknoloji ilk olarak 1997 senesinde materyallerin fiziksel özelliklerini geliştirmek amacı ile kullanılmaya başlanmıştır ve bu teknolojiyle yeni restoratif materyaller geliştirilmiştir. Seramik ve kompozit karışımı olan bu blokların %80'i polimer yapıdadır geri kalan %20'si nanoseramik partiküllerden oluşur. Nanoseramik materyallerin elastiklik modülü 10- 20 GPa'dır ve dentine yakın değerler göstermektedir. Bu materyallerin cam seramiklere oranla stresi daha fazla absorbe ettiği belirtilmiştir. (51)

Kırılma direnci 204 MPa olup, bu değer; feldspatik, lösit ve kompozit içerikli bloklardan yüksek, lityum disilikatla güçlendirilmiş bloklara ise yakındır. Ayrıca karşıt dişte meydana getirdikleri aşınma miktarının, cam seramiklere kıyasla çok daha az olduğu bildirilmiştir. (51)

Sonuç olarak nanoseramiklerin aşınma direnci, baskı dayanımı ve kırılma direnci kabul edilebilir düzeydedir. İçindeki polimer sayesinde iyi cilalanabilir materyaller olduğu için plak tutulumu azdır. İnley, onley, kuron protezi, laminate veneer yapımında kullanımı endikedir. (51)

Lava™ Ultimate

Lava Ultimate (3M ESPE, Seefeld, Almanya) reçine nanoseramik adıyla 2012 yılında piyasaya sürülmüştür. Kompozit ve seramik materyallerin fiziksel ve estetik özelliklerini içeren reçine nanoseramik materyaller olarak tanıtılmıştır. İçeriğinde silika nanomerler ve zirkonya nanomerler bulunmaktadır. Blokların üretim aşamasında silan bağlantısının kullanılmasıyla reçine matris ve nanomer yapı arasında kimyasal bağlantı oluşturulmaktadır. Bu kimyasal bağlantı sonucu oluşan nanopartikül demetleri 0,6- 10 µm boyutundadır.

Reçine matris içerisinde %80 oranda gömülü olarak bulunan bu seramik nanopartikül yapının materyale yüksek kırılma ve aşınma dayanıklılığı sağladığı ifade edilmektedir. Karşıt dişte cam seramiklerle karşılaştırıldığında daha az aşındırma yapması, glazür işlemine gerek olmaması, cila işlemlerinin kolaylıkla yapılabilmesi ve yüzey pürüzsüzlüğünü uzun süre koruması üretici firma tarafından bu materyalin en önemli avantajları olarak sunulmaktadır. Ayrıca, ışıkla polimerize olan kompozitler kullanılarak tamir veya ilave işlemleri de kolaylıkla yapılabilmektedir. (46,48)

Lava Ultimate CAD/CAM blokların bükülme direncinin 200 MPa olduğu bildirilmiştir. Yüksek ve düşük translüsensiye sahip dörder renk olmak üzere toplam sekiz renk olarak kullanıma sunulmuştur. Lava Ultimate blokların inley, onley, laminate veneer, kuron ve implant destekli kuron protezleri yapımında kullanımı endikedir. (46,48)

Kuron endikasyonu ile satışa sunulmasına rağmen reçine nano seramiklerin özellikle posterior bölgede degrade olması sorunu firmanın bu tür restorasyonlarda kuron endikasyonunu kaldırmasına neden olmuştur. Elde edilen restorasyonların asitle pürüzlendirme yapılmadan adeziv olarak simante edilmesi önerilmektedir. (46,48)



Resim 8. Lava Ultimate Seramik Bloklar

Cerasmart

Cerasmart esnek nanoseramik olarak literatürde yer almaktadır. Kuvvet absorpsiyonu ve esneklik özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Esnek nanoseramik, matriks yapısı sayesinde gelen kuvvetleri homojen ve eşit olarak dağıtır. Seramik ve kompozit materyalinin pozitif özelliklerini birleştirmek amacıyla üretilmiştir. Yüksek esneklik özelliği marjinal adaptasyonun iyi olmasına ve simantasyon sonrası yüksek mukavemet gösterebilmesine olanak sağlar.(46)

İnley, onley, veneer restorasyonlar, kron restorasyonları, implant üstü restorasyonların yapımında kullanılabilir. Yüksek esneklik ve kırılma dayanımı, yüksek radyoopasite, yüksek aşınma direnci, üst yapı materyalinin tabakalar halinde atma riskinin düşük olması, sinterleme ve fırınlama işlemlerine gerek olmaması, intraoral tamir yapılabilmesi sistemin avantajlarıdır.(46)

5. HİBRİT SERAMİKLER

Son yıllarda CAD/CAM ile üretim teknolojisinin diş hekimliğinde rutin hale gelmesiyle yeni malzeme arayışı hızlanmıştır. Porselen restorasyonların, üstün estetik görünüş, aşınma direnci, biyouyumluluk ve renk stabilitesi gibi pek çok avantajı mevcuttur bunun yanında fazla diş dokusu kaybı, karşıt dişte meydana getirdiği diş aşınması ve kırılma gibi olumsuz özellikleri vardır. Özellikle marjin bölgeleri gibi ince kenarların şekillendirilmesinin gerektiği durumlarda ince kırık ve çatlaklar üretim sırasında oluşabilmektedir. Ayrıca overlay, inley, endokron gibi restorasyonlarda dentin dokusuyla porselenin bükülme dayanıklılığı arasındaki fark zamanla dentin dokusunda kırılmalara neden olabilmektedir. Ayrıca porselen restorasyonların ağız ortamında kırılmaları durumunda özellikle büyük çaplı kırıklarda ağız içi tamir başarısı sınırlıdır. Kompozitlerin ise polimerizasyon büzülmesi, zayıf aşınma direnci ve düşük mekanik özellikler gibi dezavantajları bulunur. Sonuç olarak, porselen materyalinin estetik özelliklerinin yanında, kompozit reçinelerin avantajlarını da kullanabilmek için çeşitli kimyasal yapılarda porselen ve kompozitin hibridite edildiği materyaller klinik kullanıma sunulmuştur. (46,47,48)

Tüm bu bilgiler ışığında son yıllarda piyasaya sunulan reçine içerikli seramikler hem seramik hem de kompozit içeren çift fazlı yapısı sayesinde seramik ve kompozitlerin olumlu özelliklerini birleştirmektedir. Bu nedenle literatürde reçine içerikli seramikler olarak sınıflandırılan bu seramikler kolay işlenebilirlik, üstün kenar uyumu ve kırılma direnci gibi gelişmiş özellikler sunmaktadır.

Reçine içerikli seramikler tek üye implant destekli restorasyonlar, diş destekli restorasyonlarda (kron, onley, inley, veneer) kullanılabilir. (46,47,48)

Hibrit blokların, cam seramik ve nanoseramik bloklara göre dayanıklılıkları daha düşüktür. Bu nedenle yüksek dayanıklılık gerektiren köprü veya implant destekli kuron restorasyonları, parafonksiyonel alışkanlıkların bulunduğu durumlar veya restorasyon için ideal mesafenin sağlanamadığı durumlarda kullanılmaları önerilmez. (46,47,48)



Resim 9. Hibrit Blokların Elastik Özelliği

Vita Enamic (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany);

Vita Zahnfabrik, 2013 yılında ilk hibrid seramik CAD/CAM materyali olan Vita Enamic (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) blokları tanıtmıştır.

Vita Enamic hibrit yapısı pöröz bir seramik altyapı üzerine infiltre edilen monomer yapının ışıqla sertleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Vita Enamic, dentine benzer elastisite modülüne sahiptir. Ağırlıkça %86 seramik yapıdan, %14 polimer yapıdan oluşur. Bu iki ağ yapı birbirinin içine penetre olmuştur. Bu sayede rezin kompozitlerin olumlu özelliklerinin seramik ile birleştirilmesi amaçlanmaktadır.(46,47,49)

Vita Enamic yapısal olarak azalmış kırılma ve sertlikle birlikte artmış esneklik ve daha kolay işlenebilme özelliklerine sahiptir. Flexural dayanımı yaklaşık 160 Mpa olurken, elastik modülü ise yaklaşık 38 GPa'dır ve bu özellikleri mine ve dentine benzerdir. Kırılma dayanımı tam seramiklere göre daha yüksektir. Çatlak oluştuğu zaman, ağ yapısının içerisine girmiş polimerler tarafından durdurulur. CAD/CAM sistemleri ile hazırlanma prosedürü daha kolaydır. Vita Enamic sadece tek diş restorasyonlarında kullanılabilir. Hibrit seramik blokların; inley, onley, bölümlü kuron ve tam kuron protezlerinin yapımında kullanımı endikedir.(46,47,48)

Simantasyon aşamasında; diş fosforik asit ile, restorasyon hidroflorik asit ile (60 sn) asitlenir. Adeziv simanlar ile simantasyon uygulanması önerilmektedir. (46,47,48)

Yapılan bir çalışmada hibrit seramiklerin 0,5 mm gibi çok ince kalınlıklarda dahi çiğneme kuvvetlerine dirençli materyaller olduğu görülmüştür. Bu özellikleri sayesinde hibrit seramikler kullanılarak non-invaziv / minimal invaziv restorasyonlar yapmak mümkündür. Böylece diş dokusu korunur ve diş hazırlığının önerilmediği erozyonlu dişlerde bu malzemenin kullanılması endikedir.



Resim 10. Vita Enamic Hibrit Seramik Blok

Nanoseramik ve Hibrit Seramiklerin Farkı:

Reçine nano seramik ve polimer infiltre seramiklerin en büyük farkı kimyasal yapılarıdır. Her ikisi de iki farklı fazı içermesine rağmen reçine nano seramiklerde bir seramik ağ yapısından bahsedilemez, reçine bir matriks içerisinde dayanıklılığı arttıracak ve ikinci fazı sağlayan doldurucular mevcuttur. Polimer infiltre seramiklerde ise seramik ve pörözlü bir ağ yapısı içine polimer infiltrasyonu ile 2 fazın birleşmesi sağlanmaktadır. Hibrit seramikler arasında oluşan bu kimyasal farklılıklar hem sınıflandırmada hem de klinik kullanım alanlarında farklılıklara neden olmuştur. (46,48)

REÇİNE MATRİKSE İLAVE ZİRKONYA-SİLİKA SERAMİKLER

Organik içeriği UDMA, TEGDMA, zirkonyum silikat ve silika tozundan oluşur.

Shofu Block HC

CAD/CAM sistemiyle üretilen Shofu Block HC doğal ışık geçirgenliğine sahip, estetik, kırılmaya karşı dirençli ve uzun ömürlü materyallerdir.

İnorganik matriks ağırlıkça %60'tan fazlasını oluşturur. Organik içeriği UDMA, TEGDMA, zirkonyum silikat ve silika tozundan oluşur. Porlu seramik dolgu malzemeleri içeren Shofu Block HC(Japonya) seramik materyallere örnektir. Doğal ışık geçirgenliğine sahiptir ve kırılmaya karşı dayanıklıdır. Bu seramikle 18 yapılan restorasyonların ömrü uzundur, estetik görünüm sağlar. CAD/CAM sistemiyle üretilirler.

İnley, onley ve implant destekli restorasyonlarda kullanılabilirler.

Paradigm MZ-100 Blocks

Üretim aşamasında polimerizasyonunu tamamladığı için mekanik özellikleri gelişmiştir. İçerisinde ultra ince zirkonya silika seramik partikülleri vardır. Diğer reçine matriks seramiklerin avantajlarına sahiptir. Uyumlamaları kolaydır ve daha az diş preparasyonu ile restorasyon tamamlanabilir. Karşıt diş aşındırmaları az ve oklüzal kuvvetleri absorbe edebilme özelliklerinden dolayı brüksizmi olan hastalarda kullanılabilir.

6. Reçine Matriks Seramiklerle İlgili Yapılan Çalışmalar

CAD/CAM sistemleriyle kullanılabilen hibrit materyaller ile yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu malzemelerin, mekanik özellikler, marjinal uyum, optik parametreler ve biyouyumluluk açısından kabul edilebilir sonuçlar verdiği görülmüştür. CAD/CAM sistemleriyle elde edilen restorasyonların başarısında hekim ve laboratuvar çalışanlarının beceri ve tecrübesinin yanında kullanılacak olan materyalin mekanik özelliklerini bilmek de önemli rol oynar.

Yapılan bir çalışmada Lava Ultimate, Cerasmart, Vita Enamic, IPS Empress CAD ve IPS e.max CAD materyallerinin mekanik ve optik özellikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş; Lava Ultimate ve Cerasmart bloklarının bükülme dayanımı, lityum disilikat içerikli seramikten düşük, lösitle güçlendirilmiş cam seramik ve Vita Enamic materyallerinden ise yüksek olarak bulunmuştur.

Weibull modülü değerlendirmelerinde ise kırılma dayanıklılığı en yüksek materyalin IPS e.max CAD, en az olanın ise Vita Enamic olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, mevcut çalışmaya göre cam seramiklere ait kırılma dayanıklılık dezavantajı, bu yeni jenerasyon malzemelerde elimine edilmiş gibi görünmektedir. Aynı çalışmada cam seramik ve Vita Enamic blokları karşıt dişte nanoseramik materyallerinden daha fazla aşınma meydana getirmiş ve tüm bu materyaller içinde en az renklenmeye uğrayan materyaller, cam seramikler olmuştur.

Estetiğin elde edilmesinde kullanılacak olan teknik kadar malzemenin de önemli olduğu bilinen bir gerçektir. Bu bağlamda farklı malzemelerin (Vita Enamic, Lava Ultimate, IPS e.max CAD, Paradigm C ve Paradigm MZ100) optik özelliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada; seramik-polimer hibrit materyallerin, polisaj işlemleri sonundaki gloss değerinin kompozitlerden fazla, saf seramiklerden az olduğu tespit edilmiştir. En az dış renklenme seramiklerde görülmüştür. O halde estetik gereksinimin yüksek olduğu restorasyonlarda, seramik materyalinin kullanımı ile daha iyi sonuçlara ulaşılabileceği söylenebilir.

Restorasyonların final rengini kullanılan seramiğin rengi ve translüsensi değeri etkileyebilmektedir. Estetik CAD/CAM malzemelerinin translüsensi (T) değerlerinin incelendiği bir çalışmada; her bir materyal, farklı kalınlıkta hazırlanmış ve farklı yüzey işlemleri ile pürüzlendirilerek T değerleri ölçülmüştür. En düşük T değerine, Vita Enamic malzemesinde ulaşılmıştır. Bunun nedeninin, %20-23 Al₂O₃ içeriği olabileceği belirtilmiştir. Reçine-seramik materyallerin polisaj sonrası T değeri oldukça iyi iken, pürüzlendirme sonrası, bu değerin, anlamlı derecede düştüğü bildirilmiştir. Öyleyse uzun süreli kullanımda, reçine matrisli seramik restorasyonların optik özelliklerinin olumsuz etkileneceği düşünülebilir.

Yapılan başka bir çalışmada farklı kalınlıklardaki CAD/CAM zirkonya, hibrit seramik (Vita Enamic) ve reçine nano-seramik (Lava Ultimate) onleylerin kırılma dayanıklılıkları karşılaştırılmıştır. 0.5 mm'lik grupta Vita Enamic diğerlerinden daha yüksek değerlerde kırılırken, zirkonya onleyler en düşük sonuçları sergilemiştir. 1 mm'lik gruplarda materyaller arasında kırılma direnci açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. 1.5 mm'lik onleylerde en yüksek kırılma değeri zirkonyada olurken, en düşük kırılma değeri Lava Ultimate örneklerinde elde edilmiştir. Zirkonya onleylerin kırılma direnci kalınlık ile orantılı olarak artmıştır. Bu çalışma sonucunda yeni materyaller olan reçine nano-seramikler ve hibrit seramiklerin 0,5 mm gibi çok ince kalınlıklarda dahi çigneme kuvvetlerine dirençli materyaller olduğu söylenebilir.

SONUÇ

Bu çalışmamızda tam seramik sistemler, CAD/CAM sistemleri ve CAD/CAM sistemleri ile üretilen hibrit seramikler hakkında bilgi verilmiştir.

Tam seramik sistemlerde sistemlerin iyi tanınması, avantaj ve dezavantajlarının iyi bilinmesi doğru sistemin seçilmesinde çok önemlidir. Tam seramik sistemlerde doğru endikasyonla en uygun seramik sistemlerinin seçimi ve uygun diş hazırlığı ile fonksiyonel, estetik ve biyolojik gereksinimleri karşılayan, klinik sonuçları başarılı sabit protetik tedaviler yapılmakta ve geliştirilmektedir.

Dental CAD/CAM alanında gelişmelerle birlikte kompozit reçine ve seramik materyalinin olumlu özellikleri bir araya getirilerek reçine esaslı seramikler üretilmiştir. Yapılan çalışmalarda, seramik ve polimer çift ağ yapısına sahip bu materyallerin daha az kırılğan olduğu, daha kolay işlenebildiği ve daha iyi kenar uyumuna sahip olduğu öne sürülmüştür.

Reçine içerikli seramikler tek üye implant destekli restorasyonlar ve diş destekli restorasyonlarda (kron, onley, inley, veneer) kullanılabilir. Hibrit blokların, cam seramik ve nanoseramik bloklara göre dayanıklılıkları daha düşüktür. Bu nedenle yüksek dayanıklılık gerektiren köprü veya implant destekli kron restorasyonları, parafonksiyonel alışkanlıkların bulunduğu durumlar veya restorasyon için ideal mesafenin sağlanamadığı durumlarda kullanılmamalıdır.

Reçine içerikli seramikler içerisinde yer alan en güncel materyal Vita Enamic(VITA,Almanya)'tir. Üretici firma tarafında hibrit seramik olarak nitelendirilerek CAD/CAM sistemleriyle kullanılmak üzere 2013 yılında geliştirilmiştir.

CAD/CAM sistemleriyle kullanılabilen hibrit materyaller ile yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu malzemelerin, mekanik özellikler, marjinal uyum, optik parametreler ve biyouyumluluk açısından kabul edilebilir sonuçlar verdiği görülmüştür. CAD/CAM sistemleriyle elde edilen restorasyonların başarısında hekim ve laboratuvar çalışanlarının beceri ve tecrübesinin yanında kullanılacak olan materyalin mekanik özelliklerini bilmek de önemli rol oynar.

Yapılan bir çalışmada hibrit seramiklerin 0,5 mm gibi çok ince kalınlıklarda dahi çiğneme kuvvetlerine dirençli materyaller olduğu görülmüştür. Bu özellikleri sayesinde hibrit seramikler kullanılarak minimal invaziv restorasyonlar yapmak mümkündür. Böylece diş hazırlığının önerilmediği hastalarda bu malzeme kullanılarak diş dokusu korunur.

Farklı malzemelerin (Vita Enamic, Lava Ultimate, IPS e.max CAD, Paradigm C ve Paradigm MZ100) optik özelliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada; seramik-polimer hibrit materyallerin, polisaj işlemleri sonundaki gloss değerinin kompozitlerden fazla, saf seramiklerden az olduğu tespit edilmiştir. En az dış renklenme seramiklerde görülmüştür. O halde estetik gereksinimin yüksek olduğu restorasyonlarda, seramik materyalinin kullanımı ile daha iyi sonuçlara ulaşılabileceği söylenebilir.

Lava Ultimate, Cerasmart, Vita Enamic, IPS Empress CAD ve IPS e.max CAD materyallerinin mekanik ve optik özelliklerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği başka bir çalışmada ise kırılma katsayısı en yüksek materyalin IPS e.max CAD, en az olanın ise Vita Enamic olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, mevcut çalışmaya göre cam seramiklere ait kırılma katsayısı dezavantajı, bu yeni jenerasyon malzemelerde elimine edilmiş gibi görünmektedir. Aynı çalışmada cam seramik ve Vita Enamic blokları karşıt dişte nanoseramik materyallerinden daha fazla aşınma meydana getirmiş ve tüm bu materyaller içinde en az renklenmeye uğrayan materyaller, cam seramikler olmuştur.

KAYNAKÇALAR:

1. Gracis, S., Thompson, V. P., Ferencz, J. L., Silva, N. R., & Bonfante, E. A. (2015). A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *International Journal of prosthodontics*, 28(3).
2. Sen, N., Sermet, I. B., & Cinar, S. Effect of coloring and sintering on the translucency and biaxial strength of monolithic zirconia.
3. Aidsman, I. K. (1977). Glossary of prosthodontic terms. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 38(1), 66-109.
4. Zhang, Y., & Kelly, J. R. (2017). Dental ceramics for restoration and metal veneering. *Dental Clinics*, 61(4), 797-819.
5. Anusavice K.J. (2003). Dental ceramics. In 'Phillips' Science of dental materials. Saunders, Missouri, USA, 655-719.
6. McLean J.W. (1979). The science and art of dental ceramics. Vol:1 Quintessence Pub. Co. Inc. Chicago.
7. McLean JW. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent* 2001;85(1):61-6.
8. Jones DW. (1985). Development of dental ceramics. *Dent. Clin. North Am.* 29: 621-643
9. Stephen, F. R., Martin, F., & Junhei, F. (2006). Contemporary fixed prosthodontics. *St. Louis, Mo: Mosby Elsevier*.
10. Binns, D. (1983). The chemical and physical properties of dental porcelains. In *Dental ceramics: proceedings of the First International Symposium on Ceramics* (pp. 41-56). Quintessence Publishing Co..
11. Kelly, J. R., Nishimura, I., & Campbell, S. D. (1996). Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *The Journal of prosthetic dentistry*, 75(1), 18-32.
12. Giordano R, McLaren EA. Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *Compend Contin Educ Dent* 2010;31(9):682-4.

13. Wildgoose DG, Johnson A, Winstanley RB. Glass/ceramic/refractory techniques, their development and introduction into dentistry: A historical literature review. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 136-43
14. Anusavice KJ. Recent developements in restorative dental ceramics. *J. Am. Dent. Assoc.* 1993;124:72-84.
15. McLean JW. The Strengthening of Dental Porcelain. *The Science of Dental Ceramics*, Chicago, Quintessence 1979;55-63.
16. Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S., & Tamaki, Y. (2009). A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental materials journal*, 28(1), 44-56.
17. Otto, T., & De Nisco, S. (2002). Computer-aided direct ceramic restorations: A 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *International Journal of Prosthodontics*, 15(2).
18. Duret, F., Blouin, J. L., & Duret, B. (1988). CAD-CAM in dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 117(6), 715-720.
19. Rosenblum, M. A., & Schulman, A. (1997). A review of all-ceramic restorations. *The Journal of the American Dental Association*, 128(3), 297-307.
20. Yavuz yılmaz H, Turhan B, Bavbek B, Kurt E. (2005). Tam seramik sistemleri II. *G Ü Dişhek Fak Derg*, 22: 49-60
21. O'Brien, W. J. (Ed.). (2002). *Dental materials and their selection*.
22. Akın E., *Diş Hekimliğinde Porselen*. İstanbul Üniversitesi Dişhemliği Fakütesi Yayınları, İstanbul, 1999
23. Pröbster, L., & Diehl, J. (1992). Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence International*, 23(1).
24. Anusavice, K.J., C. Shen, and H.R. Rawls, *Phillips' science of dental materials*. 2012: Elsevier Health Sciences
25. Coşkun A., Farklı Metal Desteksiz Porselen Sistemlerinin Kenar Uyumu ve Mikrosızıntıya Etkisi ile Eğilme Dayanıklılıklarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniv. Diş Hek. Fak. , Sivas, 2002.
26. Goodacre, C. J., Campagni, W. V., & Aquilino, S. A. (2001). Tooth preparations for complete crowns: an art form based on scientific principles. *The Journal of prosthetic dentistry*, 85(4), 363-376.

27. Jameson, M., & Spiller, M. S. Dental Ceramics.
28. Zaimoğlu, A., Can, G., Ersoy, E., & Aksu, L. (1993). Diş hekimliğinde maddeler bilgisi. *AÜ Basımevi, Ankara*, 515.
29. İŞİSAĞ, Ö., ŞAHİN, O., & KÖROĞLU, A. Diş Hekimliğinde Tam Seramik Sistemler. *Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*, (1), 19-25.
30. Pehlivanlar, F. (2018). Tekrarlanan Fırınlamaların Porselen Renk Değişikliği Üzerine Olan Etkisi.
31. ŞENER, İ. D., & TÜRKER, Ş. B. (2009). KİMYASAL YAPILARINA GÖRE TAM SERAMİK RESTORASYONLAR. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2009(1), 61-67.
32. KIRMALI, Ö. (2014). Dental ceramics used in dentistry. *Cumhuriyet Dental Journal*, 17(3), 316-324.
33. BAYRAMOĞLU, D. E., & ÖZKAN, Y. (2012). Cam seramik restorasyonlar ve zirkonya alt yapıli seramik restorasyonların karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2012(Supplement 6).
34. Höland, W., Schweiger, M., Frank, M., & Rheinberger, V. (2000). A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress® 2 and the IPS Empress® glass-ceramics. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 53(4), 297-303.
35. Atala, M. H., & Gul, E. (2015). How to strengthen dental ceramics. *Int J Dent Sci Res*, 3(1), 24-27.
36. DUYMUŞ, Z. Y., & ÖZDOĞAN, A. LİTYUM DİSİLİKAT İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ CAM SERAMİKLER. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26(1).
37. Wolfart, S., Eschbach, S., Scherrer, S., & Kern, M. (2009). Clinical outcome of three-unit lithium-disilicate glass–ceramic fixed dental prostheses: up to 8 years results. *Dental materials*, 25(9), e63-e71.
38. Cal, E., Celik, E. U., & Turkun, M. (2012). Microleakage of IPS empress 2 inlay restorations luted with self-adhesive resin cements. *Operative dentistry*, 37(4), 417-424.

39. El-Meliegy, E., & Van Noort, R. (2011). *Glasses and glass ceramics for medical applications*. Springer science & business media.
40. ÖZDOĞAN, A., & BAYINDIR, F. (2019). CAD/CAM SİSTEMLERİNDE MATERYAL SEÇİMİ VE KULLANIM ALANLARI. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 29(2), 357-361
41. Nağış, I. Ç., & Ergün, G. (2008). Zirkonya seramiklerin diş hekimliğindeki yeri ve geleceği. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 25(3), 51-60.
42. Leinfelder, K. F., Isenberg, B. P., & Essig, M. E. (1989). A new method for generating ceramic restorations: a CAD-CAM system. *The Journal of the American Dental Association*, 118(6), 703-707
43. Beuer, F., Schweiger, J., & Edelhoff, D. (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British dental journal*, 204(9), 505-511.
44. Kaleli N. Ural Ç. : Diş Hekimliğinde Kullanılan Güncel Porselenler ve Farklı Sınıflamaları: Türkiye Klinikleri J Prosthodont-Special Topics. 2017;3(3):151-63
45. Bankoğlu Güngör, M. E. R. V. E., Doğan, A., Turhan Bal, B. İ. L. G. E., & Karakoca Nemli, S. (2018). Evaluation of marginal and internal adaptations of posterior all-ceramic crowns fabricated with chair-side CAD/CAM system: an in vitro study. *Acta Odontol Turc*, 35(1), 1-8.
46. KILINIÇ, H., TURGUT, S., AYAZ, E. A., & BAĞIŞ, B. GÜNCEL NANOSERAMİK VE HİBRİT CAD/CAM MATERYALLERİ. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 28(4), 592-598.
47. Acar, Ö. (2016). Farklı yüzey hazırlıklarının CAD/CAM hibrit seramiğin kompozit rezin ile tamirine etkisi. *Acta Odontologica Turcica*, 33(3), 121-5.
48. Awada, A., & Nathanson, D. (2015). Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 114(4), 587-593.
49. Bajraktarova-Valjakova, E., Korunoska-Stevkovska, V., Kapusevska, B., Gigovski, N., Bajraktarova-Misevska, C., & Grozdanov, A. (2018). Contemporary dental ceramic materials, a review: chemical composition, physical and mechanical properties, indications for use. *Open access Macedonian journal of medical sciences*, 6(9), 1742.

50. Kırmalı, Ö., & Özdemir, A. K. (2012). Zirkonya esaslı seramikler.
51. ŞEN, N., & Tuncelli, B. (2017). CAD/CAM Restorasyonlarının Üretimi İçin Kullanılan Materyaller. *Türkiye Klinikleri. Dishekimligi Bilimleri Dergisi*, 23(2).
52. Chong, K. H., Chai, J., Takahashi, Y., & Wozniak, W. (2002). Flexural strength of In-Ceram alumina and In-Ceram zirconia core materials. *International Journal of Prosthodontics*, 15(2).

