

# BÖLÜM 10

## PROTETİK DİŞ TEDAVİSİNDE GÜNCEL CAD/CAM MATERYALLERİ

Mirac Berke TOPCU ERSÖZ<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Günümüz teknolojisinin, diş hekimliği uygulamalarına entegre edilmesi ile birlikte klinik ve laboratuvar işlemler için geçen süre kısaltmakta ve hasta memnuniyeti artmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) tekniği ile kron-köprü, inley, onley, veneer, implant destekli restorasyonlar üretilebilmektedir. CAD/CAM uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte bu alanda kullanılan materyal yelpazesi genişlemiştir. Bu teknik ile üretilen protetik restorasyonların uzun dönem başarısında doğru materyal seçiminin önemi büyüktür.(1)

Bu sistemler tarayıcı, taranan verinin işlendiği yazılım ve üretimin yapıldığı kazıyıcı veya yazıcı sistemlerden oluşmaktadır. Dijital işi akışı çerçevesinde diş preparasyonundan tasarıma kadar klinisyen her aşamayı dijitalize ederek değerlendirebilmektedir. Bu süreçte ölçü malzemesi kullanılmaksızın dijital olarak elde edilen ölçü ve interokluzal kayıtlar sayesinde, geleneksel prova aşamalarına gerek duyulmadan tek seansta, aynı gün protetik işlemler sonlandırılabilir.(2, 3)

Uygun endikasyon dahilinde doğru tedavinin sağlanabilmesi için, CAD/CAM materyallerinin klinisyenler tarafından anlaşılması önemlidir. Bu bölümde güncel CAD/CAM materyallerine, özelliklerine ve üretim şekillerine odaklanılarak, klinik uygulanabilirliklerinin artırılması amaçlanmaktadır.

### CAD/CAM SİSTEMLERİ, DİJİTAL MODELLEME VE ÜRETİM

Bu sistemler ofis ve laboratuvar tipi olarak iki ayrılır. Her sistemde genellikle intraoral ya da masaüstü bir tarayıcı, taranan verilerin işlendiği bir yazılım

<sup>1</sup> Uzm. Dt., Protetik Diş Tedavisi Uzmanı, Serbest Diş Hekimi, mberketopcu@gmail.com

programı ve tasarımın çıktısının alındığı bir kazıma sistemi bulunmaktadır. En çok kullanılan sistemler; CEREC, Dentsply Sirona (York, PA, USA), Planmeca, Planmeca Oy (Helsinki, Finland), iTero, Align Technology (Arizona, ABD) TRIOS 3, 3Shape (ST) (Kopenhag, Danimarka), Carestream Dental (Atlanta, GA, ABD), Dental Wings (Montreal, Kanada) ve Zfx (Almanya) şeklinde sıralanabilir.(4-7)

Oral kavite intraoral tarayıcı ile tarandıktan sonra, yazılım üzerinde dijital olarak ölçü elde edilir ve uygun protetik restorasyon için tasarım yapılır. Bu yazılımların tasarım kütüphanesinde bulunan tasarımlar ile restorasyonun modellemesi yapılır ve operatörün gerek görmesi halinde manuel değişiklikler elde edilebilmektedir.

Restorasyonun tasarımı tamamlandıktan sonra, endikasyona uygun materyal seçilerek üretim sürecine geçilir. Üretim farklı şekillerde elde edilebilmektedir. Blok halindeki materyalden kazınarak veya ekleme yapılarak (katmanlı üretim) üretim gerçekleştirilir.

Cad/Cam sistemleri üretim metotlarına göre üç sınıfa ayrılmaktadır:

- Ofis sistemleri: Hekim restore edilecek diş intraoral tarayıcı, restorasyonu üreterek tek seansta bitirir.
- Laboratuvar sistemleri: Konvansiyonel olarak elde edilen ölçüden elde edilen alçı modelin masaüstü üç boyutlu tarayıcıda taranarak üretimi gerçekleştirilir.
- Merkezi üretim: Hekim intraoral olarak ölçüyü elde ederek, veriyi internet üzerinden laboratuvara göndererek restorasyonun üretimini talep eder.

*CAD/CAM teknolojisi avantajları:(8, 9)*

1. Yüksek fiziksel ve mekanik dayanıklılığa sahip yeni materyallerin uygulanabilmesi
2. Tedavi süresini kısaltması ve laboratuvar aşamalarını azaltması
3. Hasta konforunu düşüren geleneksel ölçü materyallerine ihtiyaç duyulmadan dijital ölçü elde edilmesi, geçici restorasyon ihtiyacının ortadan kalkması
4. Çapraz kontaminasyon riskini azaltması
5. Hasta memnuniyetinin artışı
6. Okluzyonun dijital olarak kaydedilmesi.
7. Uygun marjinal adaptasyon elde edilmesi(10)

8. Dijital ölçünün eşzamanlı ekranda görüntülenmesi ile tedavi sürecinin başarılı olarak yürütülmesi
9. Üretilen restorasyonların arşivlenerek yeniden üretilebilme imkanı sağlaması

*CAD/CAM teknolojisi dezavantajları:(8, 9)*

1. Öğrenme süreci gerektirmesi
2. Maliyet yüksekliği
3. Sürekli güncelleme gerektirmesi
4. Subgingival marjinleri görüntülemeadaki zorluk, dişeti retraksiyonu gerektirmesi
5. Monokromatik bloklardaki estetik ve renk seçimi özelliklerinin kısıtlılığı
6. Hasta hareketine bağlı olarak ölçü alımı sırasında yaşanan distorsiyon sonucu restorasyonda uyumsuzluk meydana gelebilmesi

## **CAD/CAM MATERYALLERİ**

Bilgisayar destekli üretim amacıyla birçok farklı materyal kullanılmaktadır. Şu şekilde sınıflandırılabilir:(11, 12)

1. Metaller
2. Kompozit rezinler
3. Seramikler
4. Polimerler

Her materyalin farklı üretim süreci farklıdır ve endikasyona göre tüm sistemin ayarlanması gerekmektedir. CAD/CAM teknolojisi ile protetik tedavi uygulamalarının başarısı, vaka seçimi, intraoral hazırlık, dijital ölçü, planlama, tasarım, üretim ve simantasyon aşamalarına bağlıdır. İstenen sonucun elde edilebilmesi için klinik prosedürlerin optimal yürütülmesi ve kullanılacak materyalin özelliklerinin bilinmesi kritik önem taşımaktadır.

## **METALLER**

Metal alaşımlarının, geleneksel döküm teknikleriyle üretimi zor ve zaman alıcı bir süreçtir. Bilgisayar destekli üretim teknolojisi ile hareketli ve sabit protetik restorasyonlar elde edilmektedir. Frezeleme, direk lazer sinter, lazerle seçmeli eritme teknikleri metal restorasyonlar üretilebilmektedir.(13-15) Kobalt-krom, titanyum, soy metal alaşımları döküm sonrası hataların eliminasyonu amacıyla bu tekniklerle üretilebilmektedir.

Kobalt-krom alaşımlar, kron, sabit bölümlü protezler, implantüstü protezlerde altyapı olarak seramikler ile veneerlenerek uygulanmaktadır. Bu alaşımdan oluşan bloklar, döküm kaynaklı büzölmelerin önüne geçmek ve pasif uyumu sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Freze edilmiş restorasyonlar argon gazlı ortamda sinterlendikten sonra fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından stabil haline gelmektedir.(16, 17)

## **KOMPOZİT REZİNLER**

Kompozit rezinler, inorganik (seramik veya cam seramikler), organik ve kompozit doldurucularla güçlendirilen polimerik matriksten oluşur. Kompozit rezin bloklar, endüstriyel olarak işlenmiş, millenebilen yüksek performanslı, homojen ve güvenilirliği yüksek materyallerdir.(18)

Direkt kompozit rezinler doğrudan intraoral olarak uygulanır ve polimerize edilir. İndirekt kompozit rezin uygulamalarında ise önceden polimerize edilmiş kompozit rezin bloklar üzerinde kazıma yapılarak elde edilen restorasyon, tekrar polimerizasyon işleminden geçirilerek teslim edilir. Böylece direk uygulamalara kıyasla daha az polimerizasyon büzölmesi ve gelişmiş mekanik özellikler elde edilir. Önceden polimerize edilmiş kompozit rezin bloklar, minimum bitirme işlemi gerektirmektedir. İnley, onlay, veneer ve kron restorasyonları için uygundur. Ancak seramiklere kıyasla, düşük kırılma direnci, bükülme direnci ve katılık göstermektedir. Bununla birlikte optik özellikleri de cam seramik ve seramiklere kıyasla yetersiz kalmaktadır.(19-22)

Paradigm MZ100 (3M ESPE, ABD), Structur CAD (Voco GmbH, Almanya), Brilliant Crios (Coltene, İsviçre) gibi ürünler güncel olarak piyasada bulunmaktadır.

## **SERAMİKLER**

CAD/CAM uygulamalarında kullanılan dental seramik yelpazesi oldukça geniştir. Yapısına, elde edilme şekline ve kimyasal kompozisyonuna göre birçok farklı dental seramik bulunmaktadır. Gracis ve ark.(23) 2015 yılında yapmış oldukları en güncel dental seramik sınıflaması ise Tablo 1'de özetlenmiştir.

**Tablo 1. Güncel dental seramikler**

Cam matriks seramikler	Feldspatikler	
	Sentetikler	Lityum disilikat ve türevleri Lösit esaslı Floroapatit esaslı
	Cam infiltre seramikler	Alümina Alümina ve Magnezyum Alümina ve Zirkonya
Polikristalin Seramikler	Alümina	
	Stabilize Zirkonya	
	Zirkonya ile güçlendirilmiş alümina	
	Alümina ile güçlendirilmiş zirkonya	
Rezın Matriks Seramikler	Rezın nanoseramikler	
	Rezın polimer ađ içerisindeki cam seramikler	
	Rezın polimer ađ içerisindeki zirkonya-silika seramikler	

CAD/CAM teknolojileri ile üretilen seramik restorasyonlar posterior ve anterior estetik bölgede kullanılabilir. Biyouyumlulukları, düşük plak afiniteleri ve renk stabiliteyi sayesinde sıklıkla tercih edilen materyallerdir.

### **Cam Matriks Seramikler**

Silika bazlı seramikler, içerdiği camsı matriks sayesinde mine ve dentinin optik özelliklerini taklit edebildikleri için estetik bölgede tercih edilen materyallerdir. Metalik içeriği olmayan inorganik seramiklerdir. Bununla birlikte düşük kırılma direncine sahiptirler. Geleneksel feldspatik porselenler, optik özellikleri bakımından en iyi olmasına rağmen en zayıf mekanik özelliği sergilemektedir. (7) Bu yüzden, feldspatik seramikleri güçlendirmek amacıyla matriks içine lösit ve lityum disilikat eklenmiştir.

Silikat seramikler mikromekanik retansiyonun ve adheziv bağlantının artırılması amacıyla uygulama öncesinde hidroflorik asit ile pürüzlendirilirler. (24)

### **Feldspatik Seramikler**

Feldspatik seramik bloklar CAD/CAM uygulamalarında kullanılan en eski materyallerden biridir. Bu bloklarla inley, onlay, laminate veneer, parsiyel kron, tam kron restorasyonlar üretilebilmektedir. Yüksek sağkalım oranlarına

rağmen, başarısızlık restorasyon kırılmasına bağlı gözlenmektedir.(25-27) Bu tip restorasyonlardan optimal sonucun elde edilmesi ve uzun dönem başarı için doğru endikasyon ve materyalin özelliklerinin anlaşılması gerekmektedir. Cerec (Dentsply Sirona, ABD), Vitabloc (Mark II, VITA Zahnfabrik) bloklar piyasa bulunan güncel feldspatik bloklardır.(28, 29) İhtiyaca göre farklı ebatlar ve farklı renk seçenekleri sunmaktadır.

### ***Lityum Disilikat ve Türevi Seramikler***

Kimyasal kompozisyonunda, kristallin fazda lityum disilikat ve lityum orto fosfat içermektedir. Bu sayede materyalin optik özellikleri değişmeden kırılma dayanımı artmıştır. Birçok kaynağa göre lityum disilikat içerikli seramikler silikat seramikler içinde en dayanıklı materyal grubudur. Bununla birlikte farklı çalışmalara göre renk stabiliteleri yüksektir.(30, 31)

Mevcut bloklar farklı ışık geçirgenlik seviyelerine sahiptir. Yüksek translusensi özelliğindeki bloklar estetik özellikleri, inley, onley gibi restorasyonların üretiminde, düşük translusensiye sahip bloklar ise tek kron restorasyonlarda endikedir. Ayrıca bu bloklar üç üyeli sabit bölümlü protez yapımında anterior bölgede uygulanabilmektedir.

IPS E.Max CAD (Ivoclar Vivadent), VITA Suprinity PC (VITA Zahnfabrik), Celtra Duo (Dentsply Sirona) ve Obsidian (Glidewell Laboratories) güncel materyallerdir.(32-35)

### ***Lösit Bazlı Seramikler***

Estetiğin ön planda olduğu anterior tam kron, laminate veneer vakalarında ve fazla kuvvet almayan bölgelerde endikasyonu olan seramiklerdir.(36, 37) Mekanik özellikleri bakımından diğer cam seramiklere kıyasla yetersiz kalmaktadırlar. Bu sebeple de posterior bölgede kullanımları önerilmemektedir.(36) Restorasyonların direnci başarılı adeziv simantasyona bağlıdır.

IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent) en iyi bilinen bloklardandır.(38)

### ***Cam İnfiltre Seramikler***

Silikat seramiklere kıyasla daha yüksek mekanik özellik sergilemektedir. Ancak düşük translusensi göstermeleri sebebiyle estetik olarak silikatlar kadar iyi sonuçlar elde edilmemektedir.

Vita In-Ceram Spinell, In-Ceram Alumina ve In-Ceram Zirkonya (Vita Zahnfabrik, Germany) iç içe geçmiş en az iki fazdan oluşan cam infiltre sera-

miklerdir. Bu tip bloklar seramik tozunun kalıp içerisine kuru olarak preslenerek gözenekli mikro yapıya ulaşana kadar sıkıştırılır. Sonrasında materyal sinterlenerek cam infiltre edilir. Kazıma yapıldıktan sonra kompozit ile veneerlenir.

In-Ceram Spinell bu grup içinde en translusent özellik gösterendir ve anterior restorasyonlarda önerilmektedir. Gingival retraksiyon gerektirmemesi, restorasyon uyumunun iyi olması, termal iletkenliğinin az olması avantajları arasında sayılabilir.(39)

In-Ceram Alumina, poroz alümina altyapı materyaline sodyum lantan oksit cam infiltre edilerek elde edilmiştir. Anterior ve posterior tek kronlarda önerilmektedir. Asitle pürüzlendirme alüminyum trioksit üzerinde etkili değildir ve cam iyonomer simanlar gibi konvansiyonel ajanlar simantasyon için önerilmektedir.(40, 41)

In-Ceram Zirkonya, cam infiltre zirkonyanın alümina ile güçlendirilmiş şeklidir ve bu grup içinde en yüksek dayanıklılığa sahip olan materyaldir. Ancak zirkonyum fazla opak görüntüsü sebebiyle kullanımı posterior bölgede tek kron ve bir pontik içeren sabit bölümlü protezler ile sınırlıdır.(42-44)

## **Polikristalin Seramikler**

### ***Alümina***

Alüminyum oksit bloklar, koping olarak anterior ve posterior bölgede ve üç üyeli anterior sabit bölümlü protezlerde altyapı materyali olarak kullanılabilir. 17-20 GPa sertliğe, 300 GPa elastisite modülüne sahiptir. Kırılma dayanıklılığı fazladır.(45, 46)

### ***Stabilize Zirkonya***

Zirkonya yüksek aşınma direnci, sertlik, ısıl değişimlere dayanıklılık ve korozyona direnç gibi fiziksel mekanik özelliklerinden dolayı endüstride kullanılmaktadır. Biyolojik olarak uyumlu bir materyal olduğundan çeşitli tıbbi uygulamalarda kullanılmaktadır. Protetik diş hekimliğinde ise kron-köprü protezlerde altyapı materyali veya monoblok olarak, implant abutmentlerinde kullanılmaktadır. Elastisite modülü 200 MPa, bükülme direnci 900-1200 MPa'dır.(47, 48)

Zirkonyum dioksit-ZrO<sub>2</sub> yüksek yoğunlukta, beyaz, polikristalin metal oksit seramik bloklardır. Zirkonya oda sıcaklığında monoklinik fazda bulun-

maktadır, 1170°C'ye ısıtılınca tetragonal forma dönüşür, 2370°C'yi aştığında kübik form oluşur. Monoklinik fazdan tetragonal faza geçerken zirkonya içinde hacim artışı meydana gelerek, materyalin içinde oluşan çatlakları onararak kırılma dayanımı arttırır. Bu faz dönüşümleri esnasında oluşan değişiklikleri önlemek amacıyla saf zirkonyuma, itriyum, magnezyum, kalsiyum ve seryum gibi oksitler eklenerek tamamen ve kısmen stabilize edilmektedir. Bu fenomen ise 'transformasyon sertleşmesi' olarak bilinmektedir.(49) Protetik olarak uygulanan zirkonlar tetragonal formdadır ve en yaygın olan itriyum ile stabilize edilmiş (Y-TZP) formdadır.

İlk jenerasyon zirkonyumlarda translusensi kısıtlı olduğundan felspatik porselen ile veneerlenerek kullanım gerektirmekteydi. Ancak porselen kırığı bu tasarımlarda önemli bir sorundur. Restorasyonun tam kontur monolitik olarak planlandığı vakalarda kırığa bağlı başarısızlık daha az görülmektedir. Güncel olarak farklı renklerden oluşan zirkonya bloklardan, estetik monolitik restorasyonlar üretilebilmektedir.

### **Rezin Matriks Seramikler**

Rezin matriks seramikler, organik matriks içinde yüksek oranda seramik parçacıklar bulunduran materyallerdir. Rezin matriks seramikler, geleneksel seramikler göre dentinin elastisite modülüne daha yakın olmaları ile lityum disilikat ve zirkonyaya göre daha kolay millenebilmektedir. Ayrıca bu materyallerin kompozit rezinler ile tamir edilebilmesi en büyük avantajlarındanıdır. Rezin matriks seramikler CAD/CAM ile kullanılmak üzere üretilmektedirler.

### **Rezin Nanoseramikler**

Yüksek oranda nanoseramik partikül içermektedir. Silika, zirkonya veya bu nanopartiküllerin bileşimi ile doldurucu parçalar arasındaki boşluk azaltılır. Üretan dimetakrilattan (UDMA) oluşan matriksin ısı ile polimerizasyonu sağlanmaktadır ve tekrar fırınlama ihtiyacı duyulmamaktadır. İnley, onley ve veneerleme endikasyonu vardır, tam kron önerilmemektedir.(50) Lava Ultimate (3M ESPE) en iyi bilinen ticari markalardan biridir.(51)

### **Rezin Polimer Ağ İçerisindeki Cam Seramikler**

İçeriğinde feldspatik seramik ve polimer ağ yapısı bulundurur. Hibrit seramikler olarak da adlandırılmaktadır. Bu materyallerin kompozit ve seramiklerin en iyi özelliklerini birleştirerek yüksek dayanım ve estetik özellik sunmayı amaçlamaktadır. İmplantüstü posterior kronlarda, tek kronlarda, inley, onley



ve veneer restorasyonlarda endikedirler.(52, 53) Vita Enamic (Vita-Zahnfabrik), Cerasmart (GC) hibrit seramiklerdir.(54, 55) Hibrit materyaller dentine yakın elastisite modülüne sahiptir bu sayede yüksek stres absorpsiyonu sağlarlar. Fırınlama ve sinterleme ihtiyacı yoktur. Aşınmaya dayanıklıdır ve intraoral olarak tamir edilebilirler.

### ***Rezin Polimer Ağ İçerisindeki Zirkonya-Silika Seramikler***

Silika tozu, zirkonyum silikat, UDMA, TEGDMA, pigmentler gibi seramik ağırlık yüzdesindeki varyasyonların yanı sıra farklı organik matrislerle uyarlanmış, inorganik içeriği ağırlıkça %60'tan fazla olan materyallerdir. Shofu Block HC (Shofu) bu materyallere örnektir.(23, 56)

## **POLİMERLER**

Polimerler, özgül ağırlığı düşük, yüksek mekanik özellikler sergileyen düşük maliyetli materyallerdir. Protetik diş hekimliğinde polimerler, başta protez kaidesi olmak üzere, tamir ve astarlamada, yapay dişlerin üretiminde, geçici kuron olarak, implant üstü protez yapımında kullanılabilirler.

### **Polimetilmetakrilat**

Polimetilmetakrilat (PMMA), düşük yoğunluklu, aşınma direnci yüksek, kabul edilebilir mekanik özellikleri olan bir polimerdir. Estetik, uygun maliyetli, kolay işlenebilen, biyouyumlu, termal iletkenlik gösteren, kolay temizlenebilme ve tamir edilebilme gibi avantajlara sahiptir. Bu polimerin çabuk renklenmeleri, düşük bükülme dayanımına sahip olması ve yeterli mekanik dayanıklılığa sahip olmaması gibi dezavantajları da vardır. Geleneksel üretim yöntemlerinden farklı olarak, üretilen PMMA bloklardan CAD-CAM teknolojisi ile kron-köprü, tam protez, geçici protez üretimi yapılabilmektedir. (57-59) CAD-CAM PMMA bloklar, geleneksel yöntemlerle üretilen PMMA ile karşılaştırıldığında daha üstün özellikler sergilemektedir.(57, 58) IvoBase CAD (Ivoclar), Temp Basic (Zirkonzahn) güncel CAD/CAM bloklardır.(60, 61)

### **Polietereterketon**

Polietereterketon (PEEK), poliarileterketon ailesinden yüksek performanslı polimerdir. Biyouyumlu, nontoksik bir materyaldir, plak afinitesi düşüktür. Elastisite modülü (3-4 GPa) kortikal kemiğe çok yakındır. Yüksek sıcaklık direnci, kimyasal stabilite göstermesi, cilalanabilirlik, yüksek aşınma diren-

ci, kompozitler ve simanlarla olan yüksek bağlantı dayanımı gibi iyi mekanik özelliklere sahiptir. Beyaz, radyolüsent ve rijittir. PEEK prostodontide, hareketli bölümlü protezlerde iskelet, kron ve köprülerde altyapı materyali olarak, endokron, implant gövdesi, geçici abutment, iyileşme başlığı, implant destekli protezlerde altyapı materyali olarak uygulanmaktadır.(62-65) PEEK daha çok CAD/CAM ile üretilmektedir. CAD/CAM teknolojisinin gelişimi ile birlikte bu yöntem popülerleşmektedir. PEEK bloklar daha kolay kazınabilmektedir. Bu sayede metal ve seramik bloklara göre daha avantajlı hale gelmektedir. Ayrıca CAD/CAM ile hassas üretim mümkündür.(66-68)

## SONUÇ

CAD/CAM teknolojisi diş hekimliği pratiğini önemli ölçüde geliştirmektedir. Bu restorasyonlar hızlı ve güvenilir sonuç vermektedir. Materyal seçimi restorasyonun tipine, lokasyonuna, hastanın sosyoekonomik durumuna, beklentilerine ve hekimin seçimine bağlıdır. Bu yüzden klinisyenin güncel materyallerin mekanik ve fiziksel özellikleri hakkında bilgi sahibi olması uygulamaların uzun dönem başarısı ve hasta memnuniyeti için oldukça önemlidir.

## KAYNAKLAR

1. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dental Clinics*. 2011;55(3),559-70.
2. Zandparsa R. Digital imaging and fabrication. *Dental Clinics*. 2014;58(1),135-58.
3. Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater*. 2012;28(1),3-12.
4. Renne W, Ludlow M, Fryml J, et al., Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2017;118(1),36-42.
5. Mutwalli H, Braian M, Mahmood D, et al., Trueness and precision of three-dimensional digitizing intraoral devices. *International Journal of Dentistry*. 2018;2018.
6. Ender A, Zimmermann M, Mehl A. Accuracy of complete-and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *Int J Comput Dent*. 2019;22(1),11-9.
7. Blatz MB, Conejo J. The current state of chairside digital dentistry and materials. *Dental Clinics*. 2019;63(2),175-97.
8. Goswami R, Priya A. CAD/CAM in restorative dentistry: a review. *British Biomedical Bulletin*. 2013.
9. Prajapati A, Prajapati A, Mody DR, et al., Dentistry goes digital: a Cad-Cam way-a review article. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*. 2014;13(8),53-9.
10. Abdullah AO, Pollington S, Liu Y. Comparison between direct chairside and digitally fabricated temporary crowns. *Dent Mater J*. 2018;37(6),957-63.
11. Lambert H, Durand J-C, Jacquot B, et al., Dental biomaterials for chairside CAD/CAM: State of the art. *The journal of advanced prosthodontics*. 2017;9(6),486-95.
12. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*. 2008;204(9),505-11.

13. Tuna SH, Pekmez NÖ, Kürkçüoğlu I. Corrosion resistance assessment of Co-Cr alloy frameworks fabricated by CAD/CAM milling, laser sintering, and casting methods. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2015;114(5),725-34.
14. Lin W-S, Harris BT, Zandinejad A, et al., Use of digital data acquisition and CAD/CAM technology for the fabrication of a fixed complete dental prosthesis on dental implants. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2014;111(1),1-5.
15. Akova T, Ucar Y, Tukay A, et al., Comparison of the bond strength of laser-sintered and cast base metal dental alloys to porcelain. *Dent Mater*. 2008;24(10),1400-4.
16. Mehl C, Harder S, Byrne A, et al., Prosthodontics in digital times: a case report. *Quintessence Int*. 2013;4429-36.
17. Zimmermann M, Mehl A, Reich S. New CAD/CAM Materials and Blocks for Chairside Procedures Neue CAD/CAM-Werkstoffe und-Blöcke für das Chairside-Verfahren. *Int J Comput Dent*. 2013;16173-81.
18. Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. *The Journal of the American Dental Association*. 2006;13714S-21S.
19. Conrad HJ, Seong W-J, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007;98(5),389-404.
20. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dent Mater*. 2011;27(1),29-38.
21. Nguyen J-F, Migonney V, Ruse ND, et al., Resin composite blocks via high-pressure high-temperature polymerization. *Dent Mater*. 2012;28(5),529-34.
22. Gueth J-F, Zuch T, Zwinge S, et al., Optical properties of manually and CAD/CAM-fabricated polymers. *Dent Mater J*. 2013;32(6),865-71.
23. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, et al., A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont*. 2015;28(3).
24. Klosa K, Boesch I, Kern M. Long-term bond of glass ceramic and resin cement: evaluation of titanium tetrafluoride as an alternative etching agent for lithium disilicate ceramics. *J Adhes Dent*. 2013;15(4),377-83.
25. Otto T, Mörmann W. Clinical performance of chairside CAD/CAM feldspathic ceramic posterior shoulder crowns and endocrowns up to 12 years. *Int J Comput Dent*. 2015;18(2),147-61.
26. Wiedhahn K, Kerschbaum T, Fasbinder D. Clinical long-term results with 617 Cerec veneers: a nine-year report. *Int J Comput Dent*. 2005;8(3),233-46.
27. Reiss B. Clinical results of Cerec inlays in a dental practice over a period of 18 years. *Int J Comput Dent*. 2006;9(1),11-22.
28. Dentsply Sirona. *Feldspat Seramikler 2022*. (01.09.2022 tarihinde <https://www.dentsply-sirona.com/tr-tr/kesfet/cerec/cad-cam-malzemeler.html#feldspat-seramikler> adresinden ulaşılmıştır).
29. Vita. *VITABLOCS® Mark II 2022*. (01.09.2022 tarihinde <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VITABLOCS-Mark-II-25030,27568.html> adresinden ulaşılmıştır).
30. Reich S, Endres L, Weber C, et al., Three-unit CAD/CAM-generated lithium disilicate FDPs after a mean observation time of 46 months. *Clinical oral investigations*. 2014;18(9),2171-8.
31. Eldwakhly E, Ahmed DRM, Soliman M, et al., Color and translucency stability of novel restorative CAD/CAM materials. *Dental and medical problems*. 2019;56(4),349-56.
32. Ivoclar. *IPS e.max 2022*. (01.09.2022 tarihinde [https://www.ivoclar.com/tr\\_tr/products/a-products/ips-e.max-cad](https://www.ivoclar.com/tr_tr/products/a-products/ips-e.max-cad) adresinden ulaşılmıştır).
33. Vita. *Vita Suprinity® PC 2022*. (01.09.2022 tarihinde <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/Technician-Solutions/CAD/CAM-fabrication/Single-tooth-restoration/VITA-SUPRINITY-PC-44049,27568.html> adresinden ulaşılmıştır).

34. Dentsply Sirona *Celtra Duo Developed to make a difference* 2022. (01.09.2022 tarihinde <https://www.dentsplysirona.com/en-us/categories/restorative/celtra-duo> adresinden ulaşılmıştır).
35. Glidewell. *Obsidian® Lithium Silicate Ceramic* 2021. (01.09.2022 tarihinde <https://glidewell-dental.com/education/inclusive-dental-implant-magazine/volume-7-issue-2/obsidian-lithium-ceramic> adresinden ulaşılmıştır).
36. Fasbinder DJ. Restorative material options for CAD/CAM restorations. *Compendium*. 2002;23(10),911-22.
37. Mayinger F, Lümckemann N, Musik M, et al., Comparison of mechanical properties of different reinforced glass-ceramics. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020.
38. Ivoclar. *IPS Empress CAD* 2022. (01.09.2022 tarihinde [https://www.ivoclar.com/tr\\_tr/products/digital-processes/ips-empress-cad](https://www.ivoclar.com/tr_tr/products/digital-processes/ips-empress-cad) adresinden ulaşılmıştır).
39. VITA. *VITA All-Ceramic, VITA In-Ceram* 2022. (30.08.2022 tarihinde [http://www.cerec.co.il/downloads/vita\\_in\\_ceram.pdf](http://www.cerec.co.il/downloads/vita_in_ceram.pdf) adresinden ulaşılmıştır).
40. Ho GW, Matinlinna JP. Insights on ceramics as dental materials. Part II: chemical surface treatments. *Silicon*. 2011;3(3),117-23.
41. Segal BS. Retrospective assessment of 546 all-ceramic anterior and posterior crowns in a general practice. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2001;85(6),544-50.
42. Chong K-H, Chai J, Takahashi Y, et al., Flexural strength of In-Ceram alumina and In-Ceram zirconia core materials. *Int J Prosthodont*. 2002;15(2).
43. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, et al., Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;88(1),10-5.
44. Apholt W, Bindl A, Lüthy H, et al., Flexural strength of Cerec 2 machined and jointed In-Ceram-Alumina and InCeram-Zirconia bars. *Dent Mater*. 2001;17(3),260-7.
45. Scherrer SS, Quinn GD, Quinn JB. Fractographic failure analysis of a Procera® AllCeram crown using stereo and scanning electron microscopy. *Dent Mater*. 2008;24(8),1107-13.
46. Kim B, Zhang Y, Pines M, et al., Fracture of porcelain-veneered structures in fatigue. *Journal of dental research*. 2007;86(2),142-6.
47. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, et al., Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dent Mater*. 2004;20(5),441-8.
48. Dérand P, Derand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont*. 2000;13(2).
49. Vagkopoulou T, Koutayas SO, Koidis P, et al., Zirconia in dentistry: Part 1. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. *European journal of esthetic dentistry*. 2009;4(2).
50. Bajraktarova-Valjakova E, Korunoska-Stevkovska V, Kapusevska B, et al., Contemporary dental ceramic materials, a review: chemical composition, physical and mechanical properties, indications for use. *Open access Macedonian journal of medical sciences*. 2018;6(9),1742.
51. *3M™ Lava™ Ultimate CAD/CAM Restoratif* 2022. (30.08.2022 tarihinde [https://www.3m.com.tr/3M/tr\\_TR/p/d/v000095766/](https://www.3m.com.tr/3M/tr_TR/p/d/v000095766/) adresinden ulaşılmıştır).
52. Stawarczyk B, Liebermann A, Eichberger M, et al., Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2016;551-11.
53. Albero A, Pascual A, Camps I, et al., Comparative characterization of a novel cad-cam polymer-infiltrated-ceramic-network. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2015;7(4),e495.
54. *VITA ENAMIC®* 2022. (30.08.2022 tarihinde <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VI-TA-ENAMIC-24970.html> adresinden ulaşılmıştır).

55. CERASMART® Universal Force Absorbing Hybrid CAD/CAM Block 2022. (30.08.2022 tarihinde [https://www.gcamerica.com/products/digital/CERASMART\\_Universal/](https://www.gcamerica.com/products/digital/CERASMART_Universal/) adresinden ulaşılmıştır).
56. SHOFU Block HC 2022. (30.08.2022 tarihinde <https://www.shofu.de/en/produkt/shofu-block-hc-uk/> adresinden ulaşılmıştır).
57. Perea-Lowery L, Minja IK, Lassila L, et al., Assessment of CAD-CAM polymers for digitally fabricated complete dentures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2021;125(1),175-81.
58. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, et al., A comparison of the surface properties of CAD/CAM and conventional polymethylmethacrylate (PMMA). *Journal of Prosthodontics*. 2019;28(4),452-7.
59. Zafar MS. Prosthodontic applications of polymethyl methacrylate (PMMA): An update. *Polymers*. 2020;12(10),2299.
60. IvoBase CAD 2022. (29.08.2022 tarihinde [https://www.ivoclar.com/en\\_us/shop/p/ivoclar-digital/ivobasecad985mm/p/b502138](https://www.ivoclar.com/en_us/shop/p/ivoclar-digital/ivobasecad985mm/p/b502138) adresinden ulaşılmıştır).
61. Temp Basic Zirkonzahn 2022. (29.08.2022 tarihinde <https://zirkonzahn.com/ca/products/millable-materials/temp-basic> adresinden ulaşılmıştır).
62. Najeeb S, Zafar MS, Khurshid Z, et al., Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics. *Journal of prosthodontic research*. 2016;60(1),12-9.
63. Zoidis P, Papathanasiou I, Polyzois G. The use of a modified poly-ether-ether-ketone (PEEK) as an alternative framework material for removable dental prostheses. A clinical report. *Journal of Prosthodontics*. 2016;25(7),580-4.
64. Beretta M, Poli PP, Pieriboni S, et al., Peri-implant soft tissue conditioning by means of customized healing abutment: a randomized controlled clinical trial. *Materials*. 2019;12(18),3041.
65. Papathanasiou I, Kamposiora P, Papavasiliou G, et al., The use of PEEK in digital prosthodontics: A narrative review. *BMC Oral Health*. 2020;20(1),1-11.
66. Wimmer T, Huffmann AMS, Eichberger M, et al., Two-body wear rate of PEEK, CAD/CAM resin composite and PMMA: Effect of specimen geometries, antagonist materials and test set-up configuration. *Dent Mater*. 2016;32(6),e127-e36.
67. Muhsin SA, Hatton PV, Johnson A, et al., Determination of Polyetheretherketone (PEEK) mechanical properties as a denture material. *The Saudi dental journal*. 2019;31(3),382-91.
68. Mangano F, Mangano C, Margiani B, et al., Combining intraoral and face scans for the design and fabrication of computer-assisted design/computer-assisted manufacturing (CAD/CAM) polyether-ether-ketone (PEEK) implant-supported bars for maxillary overdentures. *Scanning*. 2019;2019.