



## DİŞ HEKİMLİĞİNDE UYGULANAN CAD/CAM SİSTEMLERİ

### DENTAL COMPUTER AIDED DESIGN-COMPUTER AIDED MANUFACTURING (CAD/ CAM) SYSTEMS

Arş. Grv. Dt. Osman Fatih KARAALIOĞLU\*

Prof. Dr. Zeynep YEŞİL DUYMUŞ\*

#### ÖZET

*Seramikler, estetik açıdan doğal dişlerin yerini alabilen en iyi materyal olmasına karşın kırılabilirlikleri dental restorasyonların yapımında kullanımlarını kısıtlamaktadır. Ancak, bilgisayar destekli tasarım ve üretimin dental uygulamalara girişi ve zirkonyumun oda ısısında tetragonal fazda stabilize edilebilmesiyle arka grup dişlerde de arzulanan estetik görünüm, marjinal uyum ve yeterli mekanik özellikte restorasyonlar yapmak mümkün olmuştur.*

*Bu derlemede, diş hekimliğinde uygulanan CAD/CAM sistemleri hakkında bilgi verilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** *Diş hekimliği, CAD/CAM sistemler*

#### ABSTRACT

*Ceramics are best able to mimic the appearance of natural teeth; however brittleness of the material is limited the use of ceramics in the fabrication of dental restorations. Yet the availability of computer aided design and manufacture processing in dentistry and the molecular stability of zirconium at room temperature in tetragonal stage are the possible of manufacturing restorations in the posterior region teeth with deserted esthetics, marginal integrity and sufficient mechanical properties.*

*In this literature review information about current dental CAD/ CAM systems was given.*

**Key Words:** *Dental, CAD/ CAM systems*

#### GİRİŞ

Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim yani CAD/CAM (computer aided design-computer aided manufacturing), teknolojinin birçok alanında daha önceleri sıklıkla kullanılan bir üretim şekli olmasına karşın, optik okuyucular ile intraoral dokuların bilgisayarda 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.<sup>1</sup>

Sistemin temeli; çok hassas bir freze makinesinin, bilgisayar yazılımı ile çalıştırılarak seramik, kompozit veya metal bloklardan kuronlar, köprüler ve sabit protez alt yapıları üretmesi esasına dayanır.<sup>2</sup>

1984 den günümüze Cerec, Duret, Celay, Procera, Cercon, Cicero ve Lava sistemler gibi birçok CAD/CAM sistemi geliştirilmiş ve dental CAD/CAM sistemlerin son 20 yılda kullanımları gittikçe artmış, günümüzde CAD/CAM sistemleri oldukça popüler hale gelmiş, bu sistemlerle birlikte alümina ve zirkonyum polikristallerinin kullanımına başlanmıştır.<sup>3</sup> Bilgisayar teknolojisi, seramik alt yapıların hazırlanmasında diş hekimliğine önemli bir zenginlik katmıştır.<sup>4</sup>

\*Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı



### **Dental CAD/CAM Sistemlerin Avantajları:**

CAD/CAM uygulamaları beraberinde birçok avantajı da getirmiştir. Geleneksel ölçü alma yöntemlerini ortadan kaldırmış ve bekleme süresini kısaltmıştır.<sup>5,6</sup> Daha iyi restoratif materyallerin daha kısa süre içinde elde edilmeleri sağlanmıştır. Hata potansiyelini oldukça azaltmış ve indirekt restorasyonlardan kaynaklanabilecek muhtemel çapraz kontaminasyonlarında önüne geçmiştir.<sup>1</sup> Diş hekimliğinde CAD/CAM sisteminin kullanılmasıyla seramik materyallerin kondensasyonu, eritme, kaynaştırma işlemleri nispeten azalmıştır.<sup>2</sup>

CAD/CAM sistemlerinin avantajlarından birisi de tek seansta uygulamalar yapılabilmesi için hem hastalar hem de hekimler için zaman kaybının olmamasıdır. Bu sayede çeşitli klinik problemlere yol açabilecek ölçü almanın yanı sıra, geçici kuron hazırlama gibi zorunluluklar da ortadan kalkar, ayrıca bu faktörlerin elimine edilmesi küçük de olsa ekonomik kazançta sebep olur. CAD yazılımları sayesinde CAD/CAM sistemlerden hastalar kadar kazançlı çıkan başka bir grup ise laboratuvar teknisyenleridir. Alt yapılar ve restorasyonlar CAD yazılımları ile dizayn edildikleri için teknisyenlerin işleri kolaylaşmaktadır.<sup>7</sup>

### **Dental CAD/CAM Sistemlerin**

#### **Dezavantajları:**

CAD/CAM restorasyonların kullanımını kısıtlayan faktörlerin başında ise üretim maliyeti gelmektedir. Birçok yeni sistem geliştirilmesine rağmen CAD/CAM sistemlerden yararlanmak hala ekonomik değildir. Monokromatik blokların kullanılması ise ideal estetik beklentilerin her zaman karşılanamamasına neden olmaktadır. Ancak farklı renklerde blokların yavaş yavaş geliştirilmesi ile bu sorunda aşılacak üzeredir. Derin subgingival marjnlere sahip dişlerin bilgisayar ortamına aktarılması da sorun olabilmekte, bu nedenle geleneksel sabit protez yapımında olduğu gibi iyi bir dişeti retraksiyonu yapmak zorunlu hale gelmektedir.<sup>8</sup>

### **Dental CAD/CAM Sistemlerin Başarısı İçin Gereken Faktörler:**

CAD/CAM sistemlerle elde edilen restorasyonların başarısında hekim ve laboratuvar çalışanlarının beceri ve tecrübesi kadar CAD/CAM sistemleri de önemli bir faktördür. İntraoral kameranın ve milling ünitesinin netliği, yazılım programının ve dizayn algoritmalarının sınırlamaları CAD/CAM sistemleri ile

elde edilen restorasyonların klinik başarısında önemli rol oynar.<sup>9</sup> Kullanılan CAD/CAM sisteminin yazılımı, yeniden yapılan final sinterlemesi sırasında oluşacak büzülme miktarını hesaplayabilmeli ve iyi bir marjinal oturumu sağlayabilmelidir.<sup>5</sup>

Teknolojik gelişmelerle beraber herhangi bir boyutta ya da herhangi bir şekilde restorasyonlar elde etmek mümkün olmaktadır. Ancak bu teknolojik gelişmeler hekime bağlı başarısızlık nedenlerini azaltmış olsa da tam olarak elimine etmemiştir. Bu nedenle nihai restorasyonun klinik başarısı için simantasyon ve diğer bitirme işlemleri dikkatli bir şekilde uygulanmalıdır.<sup>9</sup>

CAD/CAM sistemlerde kullanılan materyaller hızlı bir şekilde frezelebilmeli, frezeleme ünitesinin hasarına karşı koyabilmeli ve hızlı bir şekilde bitirilebilmelidir (cılanması, renklendirilmesi ve glazelenmesi). Laboratuvar temelli sistemler alt yapı materyali olarak seramikler kadar titanyum, soy metaller ve hatta soy olmayan metalleri de işleyebilmelidir. Daha sonra bu altyapılar geleneksel yöntemler ile (el ile porselen tozları kullanarak) kaplanabilmelidir.<sup>10</sup>

### **CAD/CAM Sistemlerde Kullanılan Materyaller**

Isı altında sıkıştırılabilir seramikler gibi, CAD/CAM seramikleri de prefabrike ingotlar halinde hazır bulunmaktadır. Bu ingotlar frezeleme işlemi veya bilgisayar kontrolünde çalışan cihazlar ile kesime tabi tutulurlar. Presinterize seramiklerde ingotlar pöröz olup, hızlı bir frezeleme işlemine imkan tanımaktadırlar. Pöröz yapının elimine edilebilmesi için tekrar bir sinterleme işlemine tabi tutulmaları gerekir. Tam olarak sinterlenmiş seramiklerde ise non-pöröz ingotlar mevcut olup frezeleme işlemi zor yapılıdır, buna karşın tekrar sinterleme işlemine tabi tutulmalarına gerek yoktur.<sup>3</sup>

Cam infiltre CAD/CAM ingotları ise slip-cast seramikleri ile benzer kompozisyondadır ve frezeleme işlemi sonrasında pöröz yapının giderilmesi amacıyla yeniden cam infiltrasyonu yapılması gereklidir.<sup>3</sup> Kitlenin ana yapısı olan alümina veya alümina/zirkonya karışımının kristalleri arasındaki boşluklara cam infiltre edilerek yapının devamlılığı sağlanmaktadır. CEREC inLab sistemde kullanılırlar.<sup>11</sup>



### **Zirkonya Seramikleri:**

Zirkonya, zirkonyumun dioksit kristalidir.  $ZrO_2$  farklı metalik oksitlerle karıştırılarak ( $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Y_2O_3$ ) yüksek moleküler stabilite elde edilir.<sup>12,13</sup> Sinterlenmesi daha zor olsa da  $Y_2O_3$  ile stabilize edilen  $ZrO_2$  diğer kombinasyonlardan daha iyi mekanik özellikler sunar.<sup>12</sup> Yitrium stabilize zirkonyum yani tetragonal zirkonyum polikristalleri (TZP) en çok kullanılan kombinasyondur.<sup>12,13</sup> Polikristalin zirkonyum seramikleri geleneksel dental seramiklerin aksine cam içermezler. Ancak In-Ceram sistemde ki cam infiltre alümina seramikleri istisnadır. Zirkonyumun uzun dönem klinik kullanımı sırasında ortaya çıkabilecek mikroçatlakların önüne geçmek için sıcak izostatik basınç altında tam sinterlenmiş ingotlar şeklinde hazırlanırlar. Ancak CAD/CAM sistemlerin bazılarında yeşil faz (green body) denilen ve soğuk izostatik basınç ile hazırlanan ingotlar frezeleme işlemine tabi tutulurlar ve daha sonra tekrar sert ve dayanıklı yapı oluşması için ısı ve basınç altında sinterlenirler.<sup>14</sup>

Dental uygulamalar için farklı tipteki zirkonyum seramikleri:<sup>13</sup>

a) 3Y-TZP: %3 mol yitria ( $Y_2O_3$ ) ile beraber zirkonyum oda ısısında stabilize edilmektedir. Genellikle frezeleme için kullanılan 3Y-TZP CAM ünitesinden sonra üreticilerin önerilerine göre 1350°C ile 1550°C arasında değişen son bir sinterleme işlemine tabi tutulur.

b) Alümina ile güçlendirilmiş cam infiltre zirkonya (ZTA): Alümina matriksi ile kombine kullanılması sonucu elde edilir. Sinterlenmesi tamamlanmış 3Y-TZP'den daha pöröz bir yapı içerir ve bu da In-Ceram Zirconia' nın 3Y-TZP'den neden daha düşük mekanik özellikler sunduğunu açıklar.

c) Mg-PSZ: Magnezyum ile stabilize edilen zirkonyum (Mg-PSZ) seramikleri büyük partikül oranları nedeniyle aşınmaya meyillidir ve pöröz yapılarından dolayı yüksek mekanik özellikler sergileyemezler. Mg-PSZ seramiklerin tam sinterlenmiş blokları CAM ünitesinde kullanılır. Denzir-M bu tip seramiklere örnektir.

Zirkonyum oksit kristalleri ( $ZrO_2$ ): monoklinik, kübik ve tetragonal olmak üzere 3 farklı şekilde organize olabilir.<sup>12-14</sup>

Oda ısısından 1170 °C ye kadar monoklinik faz, 1170°C ile 2370°C arasında tetragonal faz, 2370°C den kaynama noktasına kadar ki sıcaklıklarda ise kübik faz bulunur. Soğutma ile tetragonal fazdan monoklinik

faza geçerken hacimde %4,5 lik bir artış olur ve bu da katastrofik başarısızlığa neden olur. Bu değişim geri dönüşümlüdür ve 950°C den aşağıdaki soğutmalarda başlar.<sup>13</sup> Ancak zirkonyumun yapısına çeşitli oksitler ilave ederek ( $MgO$ ,  $CaO$ ,  $CeO_2$ ,  $Y_2O_3$ ) tetragonal fazı oda ısısında elde etmek mümkündür.<sup>13,14</sup> Bu minör unsurlar eklenerek oda ısısında stabilize fazları elde etmeyi mümkün kılar. %8 veya 12 oranında bileşen eklenerek tam stabilize kübik fazı (kübik zirkonyum) elde etmek mümkündür. Daha küçük miktarlarda (%3-5) eklemeler ile kısmi stabilize zirkonyum elde edilir.<sup>14</sup>

Diş hekimliğinde kullanılan zirkonyum seramikleri faz transformasyon etkisinden kaynaklanan yüksek dirençli özellikleri ile karakterizedir.<sup>14</sup> Basınç altında zirkonyum partikülleri tetragonalden monoklinik faza geçmektedirler.<sup>10,12-14</sup> Tetragonal zirkonyumu oda ısısında elde etmek mümkünken basınç altında monoklinik faza geçmekte ve basınç alan bölgelerin hacminde %3 artma görülmektedir. Bu boyutsal değişiklik sırasında çatlak hattından enerji emilimi olur.<sup>12,14</sup> Çatlak enerjisi tetragonalden monoklinik faza geçişi sağlar.<sup>12</sup> Çatlak hattının yapının bünyesinde ilerlemesini engeller. Ayrıca hacimde ki değişiklik de çatlak hattı üzerine basınç yaparak yine çatlak hattının ilerlemesini durdurur.<sup>10</sup>

Zirkonyum alt yapı, diş preparasyonuna bağlı olarak kalan keskin köşeler, internal uyumlamalarla gerçekleştirilen aşındırmalara bağlı hasarlar ve çiğnemeyle oluşan basınçlar ve ağızda ki termal değişiklikler karşısında direnç göstermektedir. Transformasyon sertliği zirkonyumun yüksek bükülme direnci ve sertliği olmasına neden olur. Bir diğer iyi özelliği ise biouyumlu olmasıdır.<sup>10</sup>

Parsiyel stabilize zirkonyum seramikleri, dental materyaller arasında mekanik özellikleri en iyi olan seramikler olup bu sayede yüksek basınç alan arka grup dişlerin restorasyonunda kullanılmaları mümkündür. Üstün mekanik özellikleri sayesinde alt yapıların kalınlıklarını azaltmak mümkün olmuştur. Mekanik direnç ve estetiğin arandığı bölgelerde tam seramik restorasyonların kullanımına izin vermiştir.<sup>10,13</sup> Yüksek kırılma direnci ve sertliğinden dolayı zirkonyum, ağız herhangi bir yerinde kullanılabilen genel bir seramik restoratif materyali haline gelmektedir.<sup>10</sup>



### **CAD/CAM Sistemler Kullanılarak Alt Yapı Tasarımı ve Üretimi**

Tüm CAD/CAM sistemleri; bilgisayarlı yüzey taraması (Computer surface digitization-CSD) ve ağız ortamından bilginin elde edilip kaydedilmesi (diş preparasyonu, mevcut dişin geometrisinin belirlenmesi), alt yapının tasarımı (CAD), alt yapının üretimi (CAM) olmak üzere 3 fonksiyonel unsur içerirler.<sup>4,15</sup>

Restorasyonu yapılacak diş modelleri bilgisayara 3 boyutlu olarak aktarılır.<sup>16</sup> Ancak farklı CAD/CAM sistemlerine göre ağız ortamında ki durumun bilgisayar ortamına aktarılması farklılık göstermektedir. CEREC sistemde intraoral 3-boyutlu tarama yapabilen cihaz mevcutken, diğer CAD/CAM sistemlerde tarama genellikle modellerden yapılır. Birçok optik tarayıcı harekete çok hassas olduğu için intraoral tarama yapmayı güçleştirir. Hastanın herhangi bir hareketi ile bilgiler bilgisayar ortamına yanlış aktarılabilir ve yapılacak restorasyon dişe oturmaz.<sup>15</sup>

Cercon sistem geleneksel mum modelasyon tekniği ile üretilirken, DCS-Precident ve Lava gibi sistemlerde farklı tiplerde ki CAD teknolojisinden yararlanır. Ancak zirkonyum, CAM teknikleri kullanılmadan işlenebilmesi çok zor olan tek materyaldir. Bu nedenle alt yapılar elde edilirken ister geleneksel mum modelasyon tekniği kullanılsın ister bilgisayar ortamında dizayn yapılsın, bilgisayar destekli frezeleme makinesi ile kullanılması daha dirençli ve daha iyi marjinal uyuma sahip restorasyonların elde edilmesini sağlar.<sup>10</sup>

Mekanik özellikler alt yapıların inceliğinden ve konnektörlerin boyutlarından etkilenir. Ancak hem konnektör boyutları hem de alt yapının kalınlığı zirkonyum alt yapılarda aynen geleneksel metal destekli restorasyonlarda olduğu gibi dizayn edilebilir.<sup>10</sup>

Alt yapının dizaynı tamamlanınca bilgiler, frezeleme ünitesine transfer edilir ve alt yapının üretimine başlanır. Alt yapının dizaynı CAD ünitesinden CAM ünitesine verildiği gibi, Cercon sistemde ki gibi mum modelasyondan elde edilen örnek, tarayıcılarla okunarak CAM ünitesine verilebilir. CAM ünitesinde Cercon ve Lava sistemlerde tam sinterlenmemiş Y-TZP kullanılırken, DCS-Precident sistemde tam sinterlenmiş Y-TZP kullanılır.<sup>11,17</sup> Bilgisayar, tasarımı yapılan kuron formunu, seramik blokları, çeşitli eksenlerde hareket edebilen kesici uçlar sayesinde şekillendirerek oluşturur.<sup>16</sup>

Tam sinterlenmemiş Y-TZP restorasyonlar, final sinterlemede %20-25 oranında büzülme uğrayacağından, restorasyonlar bu oranda büyük üretilir. Tam sinterlenmemiş bloklardan üretim, daha hızlı olmakta ve üretim sırasında mikroçatlakların oluşma oranı daha düşük olmaktadır. Ancak tam sinterlenmiş bloklardan elde edilen restorasyonlar ise ikinci bir büzülme içermediği için daha iyi marjinal uyum göstermektedir.<sup>11,17</sup>

Bununla beraber unutulmaması gereken bir husus da frezeden çıkan dirençli seramiklerin üzerine tabakalama seramiği uygulama gerekliliğidir. CAM ünitesinde elde edilen alt yapılara üstyapı porseleni eklenerek anatomik ve estetik beklentiler geliştirilir. Tüm bu aşamalardan sonra üretilen restorasyonların, dirençli ve uyumlu olacağı belirtilmektedir.<sup>16</sup>

### **CAD/CAM SİSTEMLER**

#### **DCS Precident Sistem (Digitizing Computer System -DCS- Precident)**

DCS Precident sistem, hem bilgisayar destekli tasarım (CAD) hem de bilgisayar destekli üretimden (CAM) yararlanır.<sup>18</sup> DCS Precident sistem, ilk olarak 1990 yılında kullanılmaya başlanmış olup restorasyon altyapıları tam sinterize Y-TZP bloklardan (DC-Zirkon) şekillendirilmektedir.<sup>13</sup> PreciScan adı verilen tam otomatik lazer tarayıcı bir optik sensör ile dişe temas etmeden destek dişin kendisine, komşu dişlere ve çevre dokulara ait koordinat bilgilerini elde etmek için ölçümler yapmaktadır. Otomatik ölçümde, cihaz her iki çenenin de modelini elde edebilmekte ve 14 prepare edilmiş dişi tarayıp 30 üyeye kadar alt yapıyı simültane olarak Precimill frezeleme ünitesinde yapabilmektedir.<sup>1,10,18</sup> DCS Dentform yazılımı ile konnektör sahalarının büyüklüğünü ve gövde formlarını tasarlayabilmektedir.<sup>1,10</sup> Molar bölgedeki konnektör bağlantıların kesitleri minimum 4 mm, diğer bölgedekiler ise minimum 3 mm olmalıdır.<sup>18</sup> DCS sistemde kullanılan materyaller porselen, cam seramik, In-Ceram, zirkonyum, metaller ve fiberle güçlendirilmiş kompozitler olabilir.<sup>1,10</sup> Üst yapılar ise alt yapıyla uyumlu termal genişlemeye sahip veneer porseleni (Vita D ceramics) ile yapılır.<sup>18</sup>

#### **Procera All-Ceram Sistem**

Andersson ve Oden, Nobel Biocare ve Sandvik Hard Materials işbirliği ile 1993'de Procera AllCeram



sistemini geliştirmişlerdir.<sup>19,20</sup> Procera dental restorasyonlarda kullanılan yoğun sinterlenmiş alüminyum oksit (%99,5) yapıları için geliştirilmiş bir CAD/CAM metodudur. Procera sistemi ile CAD/CAM teknolojisi kullanılarak alüminyum oksit (Procera AllCeram), zirkonyum oksit (Procera AllZirkon) ve titanyum (Procera AllTitan) alt yapılı restorasyonlar elde etmek mümkündür.<sup>10,21,22</sup> Procera sistemine ait bilgisayar destekli dizayn ünitesi laboratuarlarda mevcutken, bilgisayar destekli üretim ünitesi (CAM) sadece İsveç ve A.B.D olmak üzere iki merkezde bulunur. Bu nedenle laboratuarda modeller tarayıcı (Procera Scanner) ile tarandıktan sonra, taranan görüntü e-mail yoluyla Nobel Biocare Procera Sandvik'e yollanır.<sup>21-23</sup> 3-5 dakika süren tarama işlemi sırasında her bir preparasyon için yaklaşık 50.000 veri noktası belirlenir. Elde edilen veriler doğrultusunda bilgisayar ekranında özel geliştirilmiş CAD yazılım programı kullanılarak koping 3 boyutlu olarak tasarlanır. Final sinterizasyon sırasında oluşacak %15-20'lik büzülme karşılamak amacıyla büyütülmüş güdük hazırlanarak, buna uygun alüminyum oksit veya zirkonyum oksit altyapı elde edilmektedir.<sup>21,22</sup> Şekillendirilen alt yapı çok yüksek sıcaklıklarda (>1550° C) sinterlenmekte,<sup>21-23</sup> daha sonra uygun bir termal genleşmeye sahip alüminyum seramik ile kaplanmaktadır.<sup>19</sup>

Procera all-ceram sisteminde alümina kullanılarak 0.25 mm kalınlığında alt yapılar elde etmek mümkündür. Alt yapılar opak oldukları için doğal dişin renginin yansımaya izin vermezler. Alüminadan elde edilen alt yapılar rezin simanlar için iyi retansiyon alanları sunduğu için içlerini ayrıca asitlemeye gerek yoktur.<sup>23</sup>

### **Cercon Sistem**

Cercon aslında bir CAD/CAM sistem olmayıp sadece CAM ünitesine sahiptir. Cercon sistemde prepare edilen dişe ait day üzerinde altyapının mum örneği hazırlanarak Cercon cihazının ana parçasına (Cercon brain) yerleştirilir. Bu örnek, cihazın lazer sistemi ile taranır ve elde edilen verilerin frezeleme ünitesine aktarılmasıyla cihazın sağ tarafına konulan yarı sinterize zirkonyum bloklardan altyapı elde edilir. Bu işlem sırasında final sinterlemeden kaynaklanabilecek %20 oranında ki büzülme miktarı hesaplanır ve altyapılar daha büyük olarak hazırlanır. Frezeleme işlemi bir kuron için yaklaşık 35 dakika, 4 üyeli sabit

protez için ise 80 dakika sürer. 1350 °C de yaklaşık 6 saat Cercon fırınında final sinterlenmesine tabi tutulurlar. Sinterlenmesi tamamlanmış alt yapının üzerine veneer seramiği (Cercon Ceram S) ile restorasyonun son şekli verilir.<sup>24</sup>

### **Lava Sistem**

Lava sistemde yüksek dayanıklı zirkonyum alt yapıları elde etmek için %3 mol yitriumla kısmi olarak stabilize edilen zirkonyum polikristal içerik kullanılır. Bu presinterize ZrO<sub>2</sub> seramik bloklar dışında Lava sistem; optik tarayıcı (Lava Scan), bilgisayar destekli freze makinesi (CAM) (Lava Form), sinterizasyon için bir fırın (Lava Therm) ve CAD/CAM yazılımından oluşmaktadır.<sup>25</sup>

İşlem, ölçüden elde edilen model yüzeyinin optik tarayıcı ile yüzeye temas etmeden taranması ile başlamaktadır. Bu tarama işlemi kuron preparasyonları için yaklaşık 5 dakika, 3 üyeli bir köprü içinse yaklaşık 12 dakikadır. Okluzal ilişkiler ve güdükler, tarayıcı ile üç boyutlu olarak bilgisayara aktarılır ve altyapı, sistem parametrelerine göre elde edilir. Bu sistem tamamen CAD destekli olması, teknisyenin mum modelasyon yapmasını gerekli kılan diğer sistemlere göre avantajıdır.<sup>5</sup> Son sinterizasyon sırasında büzülme göstereceği için, milling işlemi ile büyütülmüş altyapı hazırlanmaktadır. Bu büzülme miktarı %20 ile 25 arasında değişmektedir. Milling işlemi kuron için 35 dakika, 3 üyeli köprü için 75 dakika sürmektedir. Bu işlem sinterizasyon ve kaplama aşamaları takip etmekte, 8 saat süren ısıtma ve soğutma işleminden sonra sinterlenmiş alt yapılar veneer seramiği (Lava Ceram) ile kaplanmaktadır.<sup>25</sup>

Altyapılar, klasik vita skalasına göre farklı yedi renkte elde edilebilmektedir. Bu durum, gövdenin lingual ve gingival yüzeylerinin veneer porseleni ile kaplanma ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır.<sup>11</sup>

### **CEREC Sistem: (CEramicREConstruction – CEREC- system )**

Cerrec sistem ilk olarak 1988 yılında kullanılmaya başlanmış olup aynı zamanda ilk geliştirilen CAD/CAM sistemidir. 1994'te Cerrec 2 sistem geliştirilmiş ve daha sonra 2000 yılında Cerrec 3 sistem kullanıma sunulmuştur. Cerrec 1'den Cerrec 3 sisteme geçildikçe daha ayrıntılı ve daha uyumlu restorasyonlar elde edilmiştir.<sup>26,27</sup>



Cerec sistemin temelinde, üç boyutlu optik ölçü alan intraoral kamera vardır.<sup>28</sup> Tarama işleminin ardından, alt yapılar tasarlanır. Tasarlanan altyapılar, sisteme adapte frezeleme ünitesinde elde edilir.<sup>5</sup> Frezeleme ünitesinde, Vita Mark II, Dicor MGC ve ProCad porselenleri kullanılmaktadır. Vita Mark II porseleninde cam matris yapı içinde majör kristal olarak sanidine (KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) bulunur. Dicor MGC ise mika-bazlı makine ile şekillendirilebilen cam seramik olup içeriğinin %70'i kristalin fazdan oluşmaktadır.<sup>29,30</sup> ProCad makine ile şekillendirilebilen lösit içerikli seramik materyalidir.<sup>30</sup>

Cerec inLab sistemde ise Cerec 3'e ilave olarak CAD/CAM ile kuronlar ve hatta çok üyeli köprüler için yüksek dirençli tam seramik restorasyonlar üretilir. Cerec inLab sistemde kullanılan materyaller In-Ceram Alümina, IPS e-max CAD/CAM seramik ve yitriumla kısmi olarak stabilize edilen zirkonyum materyalleridir.<sup>31</sup> Ayrıca inley yapımı için rezin bazlı kompozitlerde kullanılabilir.<sup>32</sup>

İlk Cerec sistemlerinin dezavantajları restorasyonların zayıf marjinal uyumları<sup>33</sup> ve okluzal yüzeyin şekillendirilmesinde görülen başarısızlık idi.<sup>34</sup> Cerec 2 sistemi ile beraber bu problemler aşılmış sonuçta, CEREC sistem ile yüksek bir başarı oranıyla restorasyonlar elde etmek mümkün olmuştur. Renk stabilite ve aşınma oranları da klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisindedir.<sup>9,32</sup> Diş yüzeyi iyi bir şekilde cilanmış ve glazelenmiş CEREC ürünleri karşı diş minesinde doğal dişin yapacağı aşınmaya eşdeğer bir aşınma oranı gerçekleştirir.<sup>10</sup> Ayrıca Cercon, Lava, Procera gibi sistemlerde laboratuvar ortamında restorasyonlar elde edilirken, hasta başı uygulamaları için kullanılan tek CAD/CAM sistemi CEREC'dir. Tek seansta restorasyonların elde edilmesi ile de postoperatif hassasiyet olmayacaktır.<sup>32</sup> Adeziv materyaller ve yapıştırma simanlarındaki gelişmeler ilk CEREC sistemlerde görülen postoperatif hassasiyetin önlenmesinde etkili olmuştur.<sup>27</sup>

Cerec Sistemlerin Üretim İşlemleri:<sup>34</sup>

1-Diş preparasyonu tipik olarak tam seramik restorasyonların hazırlandığı gibi hazırlanır.

2-Opak bir toz ile prepare edilen diş kaplanır.

3-Optik tarayıcı ile prepare edilen dişin bilgisayar monitörüne görüntü yansıtılır. Görüntü yakalanınca bilgisayara kaydedilir.

4-Bilgisayar ekranında marjinler ve konturlar belirlenir.

5-Uygun boyutta seçilen seramik blok şekillendirme ünitesine yerleştirilir. Bir kuronun hazırlanma süresi yaklaşık 20 dakikadır.

6-Elde edilen restorasyonun ağızda kontrolü yapılır ve kompozit esaslı yapıştırma simanı ile simante edilir.

#### **CELAY Sistem:**

Celay sistemi kopyalama-frezeleme (copy-milling) tekniğine dayanan bir sistemdir. Özel bir kompozit materyalinden hazırlanan ön model direkt olarak diş üzerinde veya ana modelde hazırlanır.<sup>35</sup> 80 mikrometre hassasiyetle taranan bu ön modele göre seramik bloklar şekillendirilir.<sup>36</sup> Bilgisayar yardımı ile taranan modelin dublikatı, frezeleme makinesine bağlanan porselen blokların, uygun frezlerle şekillendirilmesi ile elde edilir.<sup>35</sup> Hazırlanan alt yapının dayanıklılığını artırmak için pöröz yapıda ki seramiğe lantan oksit cam infiltrasyonu yapılır ve fırınlanır. Bu işlemde önce alt yapıyı kırılmalara karşı korumak gerekir.<sup>36,37</sup>

Cerec sistemde kullanılan Vita Mark II Celay sistemde de kullanılabilir. Alternatif olarak InCeram Alumina veya InCeram Spinell de Celay sistemde kullanılabilir.<sup>36</sup>

Celay sistemle elde edilen In-ceram restorasyonlar geleneksel In-ceram restorasyonlara göre %10 daha fazla bükülme direncine sahiptir.<sup>37</sup>

#### **CICERO Sistem: (Computer integrated ceramic reconstruction)**

Bilgisayarda tamamlanan seramik yapılandırılması anlamına gelen Cicero sistem ilk olarak Denissen ve arkadaşları tarafından tarif edilmiştir.<sup>38</sup> DCS ve CEREC gibi sistemlerde kullanılan tek renkli monolitik seramik blokların yeterli dayanıklılığı sağlayabilmesine karşın, yeterli estetik beklentileri sağlayamayabileceği endişesi Cicero sistemin doğuşuna neden olmuştur. Bu sistemde yüksek dayanıklı kor yapılar oluşturulurken aynı zamanda dentin porseleni ve kesici kenar porseleni gibi tabakalar tek tek eklenerek doğal estetik beklentilerin karşılanması amaçlanmıştır.<sup>39</sup>

Cicero sistemde seramik restorasyonların maksimum statik ve dinamik okluzal kontaklarda elde edilmesi amacıyla optik okuma, seramik sinterizasyonu ve bilgisayar destekli frezeleme ünitesi kullanılır.<sup>39,40</sup>



Cicero sistem okluzal yüzeylerin 3 boyutlu modellemesi ile ideal okluzyon için uygun kuron tasarımını gerçekleştirebilir. Bilgisayar ortamında dijital modelleme ile kuronlar önce statik okluzyonda daha sonra ise dinamik okluzyonda oluşturulurlar. Cicero sistemin CAD yazılımı sayesinde ideal artikülasyon diğer sistemlere göre daha uygun bir şekilde elde edilir.<sup>40</sup> Cicero CAD/CAM sistemi ile kuron ve inleyler farklı seramik tabakaları ile ( yüksek dirençli alümina kor, dentin porseleni, insizal porselen ) üretilir.<sup>39</sup> Sistem şu şekilde çalışır:

Posterior bir dişin üretimi sırasında ilk önce taraması yapılacak olan modeller elde edilir ve preparasyonun bitim sınırlarının daha kolay belirlenebilmesi amacıyla modellerin dişli kısımları beyaza, diğer kısımlar ise siyaha boyanır.<sup>4,39</sup> Cihazın hızla hareket eden lazer tarayıcısıyla model taranır ve preparasyonun, çevre dokuların ve karşı dişin 3 boyutlu geometrik görüntüleri elde edilir.<sup>39</sup> Programda bilgi bankasından elde edilecek restorasyon için en uygun kuron belirlenir ve seçilen kuron, ekrandaki kavse yerleştirilerek ayarlamalar yapılır. Önce mesial ve distal temas noktaları daha sonra bukkal ve lingual sınırlar düzenlenir. Böylece seramiğin bir fırça ya da spatül yardımıyla formunun verilmesi gibi yeni kuronun konturları bilgisayar yardımıyla ve komşu dişlerle mesial ve distal kontakları  $\pm 0.02$  mm lik hassasiyetle ayarlanır. Sentrik okluzyon ayarları ve artikülasyon ayarları da yapıldıktan sonra tabakaların oluşturulmasına geçilir.<sup>39</sup>

Bilgisayar ve teknolojideki ilerlemeler sayesinde son yıllarda artık CAD/CAM yardımıyla üretilen restorasyonlarda hep aynı kalite standardı yakalanabilmekte ve hastaya uygun başarılı restorasyonlar hazırlanabilmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. Liu PR. A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compend Contin Educ Dent* 2005;26(7):507-12.
2. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part 2: core and veneer materials. *J Prosthet Dent* 2002; 88(1):10-5.
3. Griggs JA. Recent advances in materials for all-ceramic restorations. *Dent Clin North Am.*2007;51(3):713-27.
4. Denissen H, Dozic A, van der Zel J, van Waas M. Marginal fit and short-term clinical performance of porcelain-veneered CICERO, CEREC, and Procera onlays. *J Prosthet Dent* 2000;84:506-13.
5. Palin W, Burke FJ. Trends in indirect dentistry:8.Cad/Cam Technology. *Dent Update* 2005;32(10):566-72.
6. Duret D, Preston JD. CAD/CAM imaging in dentistry. *Curr Opinion Dent* 1991;1(2):150-4.
7. Feuerstein P. Can technology help dentists deliver better patient care? *J Am Dent Assoc* 2004;135:11-6.
8. Christensen GJ. Computerized restorative dentistry: State of the art. *J Am Dent Assoc* 2001;132:1301-3.
9. Martin N, Jedynekiewicz NM. Clinical Performance Of Cerec ceramic inlays: A Systematic Review. *Dent Mat* 1999;15(1): 54-61.
10. Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. *J Am Dent Assoc* 2006;137:14-21.
11. Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2004;92(6):557-62.
12. Manicone PF, Iommetti PR, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: Basic properties and clinical applications. *J Dent* 2007;35:819-26.
13. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mat* 2008;24:299-307.
14. Tinschert J, Natt G, Mohrbotter N, Spiekermann H, Schulze KA. Lifetime of Alumina- and Zirconia Ceramics Used for Crown and Bridge Restorations. *J Biomed Mater Res* 2007;80: 317-21.
15. Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: Current systems and future possibilities. *J Am Dent Assoc* 2006;137:1289-96.
16. Chen HY, Hickel R, Setcos JC, Kunzelmann KH. Effects of surface finish and fatigue testing on the fracture strength of CAD-CAM and pressed-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 1999; 82(4): 468-75.



17. Raigrodski AJ. Contemporary All-Ceramic Fixed Partial Dentures: A Review. *Dent Clin N Am* 2004; 48: 531-44.
18. Von Steyern PV, Carlson P, Nilner K. All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-Zirkon technique. A 2-year clinical study. *J Oral Rehabil* 2005;32:180-7.
19. Anderson M, Razzoog ME, Oden A, Hegenbarth EA, Lang BR. Procera: a new way to achieve an all-ceramic crown. *Quintessence Int* 1998;29(5):285-96.
20. Oden A, Andersson M, Magnusson D. Five year clinical evaluation of Procera AllCeram crown. *J Prosthet Dent* 1998;80:450-6.
21. Boening W, Wolf H. Clinical fit of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent* 2000;13:221-6.
22. May K, Russell M, Razzoog E. Precision of fit: Procera AllCeram crown. *J Prosthet Dent* 1998;80:394-404.
23. Hager B, Odeon A, Andersson B, Andersson L. Procera AllCeram laminates: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2001;85:231-2.
24. Kenneth JA. Phillips' science of dental materials. Saunders – an imprint of elsevier-11.basim.2003. 21 bölüm, sayfa 692-5.
25. Piwowarczyk A, Ottl P, Lauer HC, Kuretzky T A clinical report and overview of scientific studies and clinical procedures conducted on the 3M ESPE Lava All-Ceramic System. *J Prosthodont* 2005;14(1):39-45.
26. Mörmann WH. The evolution of the Cerec system *J Am Dent Assoc* 2006;137(9):7-13.
27. Fasbinder DJ. Clinical performance of chairside CAD/CAM restorations. *J Am Dent Assoc* 2006;137(9):22-31.
28. Mörmann WH, Brandestini M, Lutz F, Barbakow F, Gotsch T. CAD/CAM ceramic inlays and onlays: a case report after 3 years in place. *J Am Dent Assoc* 1990;120(5):517-20.
29. Mörmann WH, Bindl A. The New Creativity In Ceramic Restoration: Dental CAD/CIM. *Quintessence Int* 1996;27(12): 821-8.
30. Mörmann WH, Schug J. Grinding precision and accuracy of fit of CEREC 2 CAD/CIM inlays. *J Am Dent Assoc* 1997;128(1): 47-53.
31. Anusavice KJ. Recent developments in restorative dental ceramics. *J Am Dent Assoc* 1993;124(2):72-74,76-78, 80-84
32. Fasbinder DJ, Dennison J, Heys DR, Lampe K. The clinical performance of CAD/CAM-generated composite inlays. *J Am Dent Assoc* 2005;136:1714-23.
33. Giordano R. Materials for Chairside CAD/CAM produced restorations. *J Am Dent Assoc* 2006;137(9):14-21.
34. Rosentiel SF, Land MF, Fujimoto J. Contemporary fixed prosthodontics. The C. V. Mosby Company, 2001: 643-72.
35. Eidenbenz S, Lehner CR, Scharer P. Copy milling ceramic inlays from resin analogs: a practicable approach with the Celay system. *Int J Prosthodont* 1994;7(2):134-42.
36. Chai J, Takahashi Y, Sulaiman F, Chong K, Lautenschlager E. Probability of fracture of all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 2000;13(5):420-4.
37. Koutayas SO, Kern M. All-ceramic Post and cores:the state of the art. *Quintessence Int* 1999;30(6):383-92.
38. Denissen HW, van der Zel JM, van Waas MA. Measurement of margins of partial-coverage tooth preparations for CAD/CAM. *Int J Prosthodont* 1999;12(5):395-400.
39. Van Der Zel JM, Vlaar ST, De Ruitter WJ, Davidson C. The Cicero system for cad/cam fabrication of full-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2001;85(3):261-7.
40. Olthoff LW, Van Der Zel JM, De Ruitter WJ, Vlaar ST, Bosman F. Computer modeling of occlusal surfaces of posterior teeth with the CICERO CAD/CAM system. *J Prosthet Dent* 2000;84:154-62.

**Yazışma Adresi:**

**Prof. Dr. Zeynep YEŞİL DUYSUŞ**

Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı

25240- ERZURUM

zyesil@hotmail.com

