

Bilgisayar destekli di hekimli i ve güncel CAD/CAM sistemleri**Computer aided dentistry and current CAD/CAM systems**

Gözde Çelik, DDS, PhD, Aslıhan Ü ümez, DDS, PhD, Tu rul Sarı, DDS, PhD

^aBezmialem Vakıf Üniversitesi, Di Hekimli i Fakültesi, Protetik Di Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

Received: 09 May 2012

Accepted: 30 July 2012

ÖZET

CAD/CAM sistemleri (bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim) di hekimli inde 1987 yılından beri kullanılmaktadır. Son 25 yılda teknolojinin de ilerlemesiyle üstün özellikte çe itli klinik ve laboratuvar CAD/CAM sistemleri geli tirilmeye devam etmektedir. Bu makalede günümüzde kullanılan CAD/CAM sistemleri anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Di hekimli i, CAD/CAM sistemler.

ABSTRACT

CAD/CAM systems (computer aided design/computer aided manufacturing) has been used in dentistry since 1987. In the past 25 years, development of various high quality chairside and laboratory CAD/CAM systems has been continued with the progress of technology. This article describes currently used CAD/CAM systems.

Keywords: Dental, CAD/CAM systems.

Di hekimli inde CAD/CAM (bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim) sistemlerinin geli imi 1980'li yıllarda olmu tur. Günümüzde kullandı ımız dental CAD/CAM sistemlerinin geli iminde bulunan dönüm noktalarına 3 ki i öncülük etmi tir.¹

İlk olarak 1970'li yıllarda Duret ve Preston dental CAD/CAM sistemini kullanımı tur.² A ız içinden alınan optik ölçüyle fonksiyonel ekle sahip kronlar üretmi lerdir. Daha sonra CAD/CAM sistemlerinin geli iminde çok büyük etkisi olan Sopa sistemini geli tirmi tir.

Sonrasında 1980'lerde Moermann ve Brandestini'nin çalı malarıyla CEREC sistemi geli tirilmi tir.^{3,4} Klinikte, hasta

ba ında direkt olarak a ız içi kamera ile hazırlanmı kavitenin ölçümünü yapmı , restorasyon tasarımını takiben klinikte bulunan cihazda seramik bloktan inley yontulmu tur. Bu sistemin ortaya çıkması gerçek bir yenilik olmu tur, çünkü tek günde restorasyon yapılması artık mümkün hale gelmi tir.

Üçüncü ki i ProCera sistemini geli tiren Anderson'dur.⁵ Titanyumun hassas dökümünün zor oldu u 1980'li yıllarda, Anderson titanyum kopinglerin spark erozyon ile üretilmesi ve CAD/CAM teknolojisinin de restorasyonların hazırlanmasına dahil edilmesi giri iminde bulunmu tur.⁶ Daha sonra bu sistem, tam seramik restorasyonların üretimi için tüm dünyada kullanılabilen ve birbirine internetle ba lı olan bir üretim merkezi haline almı tur.

Klinikte kullanılabilen CEREC sisteminin ardından aynı teknolojinin dental laboratuvar da kullanımına yönelik çalı malar ba lamı tur.⁷ Özellikle arka di llerde kullanıma uygun yüksek dayanıklılı a sahip seramiklerin

Gözde ÇELİK
Bezmialem Vakıf Üniversitesi
Di Hekimli i Fakültesi
Protetik Di Tedavisi AD
Vatan Caddesi 34093, Fatih,
İstanbul, Türkiye.
Tel: 0 212 5232288/1127
Faks: 0 212 6217578
e-mail: gozdecelik@gmail.com

geli tirilmesi ve bilgisayar yazılım performansının hızla artması, CAD/CAM teknolojisinin dental laboratuvar da kullanılabilirli ini büyük hızla arttırmı tır.

CAD/CAM sistemleri temel olarak 3 yapı içerir. Birincisi, preparasyonun intraoral veya ekstraoral olarak taranarak verinin toplanmasıdır. İkinci yapı CAD, yani restorasyonun bilgisayarda 3 boyutlu olarak planlanması ve tasarımını sa lar. Üçüncü yapı CAM ise, sanal olarak hazırlanmış restorasyonun üretiminin gerçekleştirilmesi tir.

Sistemler üretim metotlarına göre 3 gruba ayrılırlar;

1. Direkt klinikte kullanılan sistemler; intraoral olarak di preparasyonunu tarar ve restorasyon klinikte hazırlanır. Bu grupta kullanılan sistemler CEREC ve E4D Dentist sistemleridir.
2. Laboratuvar da kullanılan sistemler; Alçı modelden veya ölçüden tarama yapılmaktadır. Bu sistemlerin ço un da altyapı üretilir, ve teknisyen restorasyonu karakterize edebilmek için üzerine porselen ekler. CEREC inLab, DCS Preci-fit, Cercon, Everest sistemleri bu gruptadır.
3. Üretim merkezli CAD/CAM sisteminde ise, model laboratuvar da tarandıktan sonra veriler internetten ana üretim merkezine gönderilir. Altyapısı hazırlanan restorasyon, üzerine porselen eklenmesi için laboratuvara geri gönderilir. Tüm altyapıların aynı merkezde yapılmasıyla optimal kalite kontrolünü sa lanır. Procera ve Lava sistemleri bu ekilde çalışmaktadır.⁸

CAD/CAM sistemler laboratuvarlara üretim i lemlerinin hızlanması ve yüksek kalitede otomasyon sa lanması gibi birçok avantaj sa lamaktadır. Alt yapılar ve restorasyonlar CAD yazılımları ile dizayn edildikleri için teknisyenlerin i i kolayla maktadır.⁹ Zirkonya gibi yeni

materyaller CAD/CAM sistemleriyle beraber kullanılabilmekte, üretimde standardizasyon sa landı ı için laboratuvar da kalite kontrolü de yapılmaktadır.¹ Klinikte kullanılan CAD/CAM sistemleriyle tek seansta uygulamalar yapılabilirdi i için hem hasta hem de hekimler için zaman kaybı olmamaktadır.¹⁰ Ölçü i lemlerine ve geçici restorasyon kullanımına gerek kalmaması, geleneksel i lemlere göre çapraz enfeksiyon riskini azaltmaktadır. Dezavantajı, sistemin maliyetinin yüksek olması ve bu maliyeti finanse etmek için çok sayıda restorasyon yapılmasının gerekmesidir.⁸

Geleneksel sistemlerde oldu u gibi, CAD/CAM restorasyonların başarısı ve uzun ömürlü olması iyi preparasyon, detaylı ölçü (bu durumda optik/ dijital tarama), ve tasarımın nasıl yapılacağı nın bilinmesine (geleneksel olarak mum modelaj) ba lıdır.¹¹

Günümüzde CAD/CAM sistemlerin büyük ço unlu unda blokların indirilerek küçültülmesi yani eksiltme yöntemi kullanılır. Piyasada mevcut olan ve eksiltme yöntemini kullanan sistemlerin yanısıra materyal ekleme yöntemi kullanan sistemler de bulunmaktadır.¹²

Klinikte kullanılan CAD/CAM sistemleri

CEREC 3

Tüm CAD/CAM sistemleri içinde Sirona (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Germany), CEREC ürün grubuyla hem klinikte hem de laboratuvar da kullanılan sistemlere sahip tek üreticidir. İlk olarak 1985 yılında kullanılmaya başlandı olup, geliştirilen ilk CAD/CAM sistemidir. 1994 yılında CEREC 2, 2000 yılında CEREC 3 piyasaya sürülmü tür.¹³ CEREC 3D, a ızıcı kameranın a ızda sabit tutulmasıyla ayak pedalı yardımıyla görüntünün yakalanmasını sa larken, CEREC AC ile bu i lemler daha da geliştirilerek kamera a ızda sabit olarak tutuldu unda sistemin

otomatik olarak görüntüyü yakalaması sa lanmı tır.

CEREC AC ile preperasyonun dijital ölçüsü, intraoral tarayıcı kamerayla direkt olarak hasta a zından alınır. Görüntünün alınabilmesi için özel bir toz sprey yardımı ile di yüzeyine uygulanmalıdır. Alınan görüntü dosyaları direkt kameranın ba lı oldu u bilgisayara transfer edilir. CEREC, uygun tasarımı kesilmi di üzerine kom u di lere uygun ekilde yerle tirir. Biogeneric özelli iyle hastanın mevcut di lerine benzer morfolojide restorasyon önerme özelli i bulunmaktadır. Bu ekilde her bireye özel, kendi di lerine benzer restorasyon yapılabilir. Bu a amadan sonra hekim istedi i de i iklikleri yapar; kar it di le olan kontakt noktalarını kontrol edebilir, sanal olarak a ındırma, ekleme, kontür de i ikli i yapabilir, kom u di lerle kontakt noktalarının sıklı ını artırıp azaltabilir. Yazılıma ba lı olarak daha birçok de i ikli in yapılması mümkündür. Son çıkan ve kullanımı daha kolay olan 4.0 yazılımıyla, bir hastada yapılacak tüm restorasyonlar aynı anda tasarlanabilmektedir (Resim 1). Tasarım bittikten sonra, uygun renk ve boyutta seçilen blok MC XL freze cihazıyla freze edilerek, tek seansta restorasyon bitirilir. CEREC sistemiyle kullanılabilen bloklar feldspatik ve lösitle güçlendirilmi cam seramikler oldu u gibi, lityum disilikat gibi yüksek dirence sahip seramikler, nano seramikler ve geçici amaçla kullanılan blokları da içermektedir.

Yücel ve arkadaş larının yaptıkları çalı mada farklı tam seramik sistemlerin marjinal uyumları de erlendirilmi tir. Çalı mada Cerec 3 ve IPS Empress 2 sistemlerinde marjinal açıklık bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamı tır.¹⁴



Resim 1. CEREC AC yeni yazılım 4.0.

Klinikte kullanılan CAD/CAM sistemlerinin avantajı dijital ölçünün alınmasını takiben tasarımın ve üretimin hastanın yanında gerçekleştirilebilmesi, i lemin bu nedenle hızlı olmasıdır. Ayrıca hastaların klinikte son teknoloji cihazlarının bulundu unu görmeleri, klinikte hekimin prestijini arttırmakta ve olumlu yönde hastaları etkilemektedir. Maliyetinin yüksek olması bir dezavantaj sayılabilir.

E4D DENTIST

2005 yılında piyasaya sürülen E4D Dentist sistemi, yansıtıcı toz olmadan

intra-oral lazer tarayıcı (IntraOral Digitizer) ile di preparasyonu tarayabilmektedir (Resim 2). Hekim birçok açıdan görüntü alarak veri noktalarını artırır, böylece yazılım do ru morfolofiyi bilgisayarda olu turabilir.



Resim 2. E4D Dentist sistemi.

ICEverything View ile 3 boyutlu görüntülerde, yumu ak ve sert dokunun ayırt edilmesi, kronların çevresi ve a ız içi ortamın netli i görülmektedir. Aynı anda 16 üyeye kadar restorasyon tasarımı yapılabilen DentaLogic yazılımına sahip olan cihazın “autogenesis” özelli iyle anatomik yapılar uyumlu ki isel tasarım yapılmaktadır.

CEREC 3 sistemi gibi E4D Dentist sisteminin de benzer avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Üretici firmanın online ücretsiz yazılım güncellemesi yapması bu sisteme ilave avantaj sa lamaktadır. Fakat

kullanılabilecek malzeme çe itlili inin CEREC 3 kadar fazla olmaması sistemin dezavantajı olarak göze çarpmaktadır. Lösitle güçlendirilmi seramik bloklar, lityum disilikat bloklar, nanoseramik ve geçici amaçla kullanılan bloklar E4D Dentist sistemi ile uyumludur.

Laboratuvarda kullanılan CAD/CAM sistemleri

CEREC INLAB

2004 yılında laboratuvar kullanımı için üretilmi tir. Lazer tarayıcı (inEos Blue) ile çalı ma modelin dijital görüntüsü alınır. Sistemin inEos Blue kısmı; tarayıcı, bilgisayar ve inLab 3D tarayıcı-tasarım yazılımını içermektedir. InEos Blue kısmının dı nda frezeleme ve sinterleme cihazı da sistemde bulunmaktadır (Resim 3). Tasarım yazılımında bulunan patentli “biogeneric” özelli i ile hastanın mevcut di lerine benzer morfolojide restorasyon yapılabilir. Bu ekilde yazılımda mevcut standart di ekilleri de il, bireysel olarak her hastaya uygun morfolojide restorasyon yapılabilir.



Resim 3. CEREC inLab sistemi.

Tasarım bittikten sonra inLab MCXL frezeleme cihazıyla restorasyon hazırlanır. Bu cihaz ± 25 mikron hassasiyetle çalı maktaki ve 10 üyeye kadar köprü frezeleyebilmektedir. Günde 40-60 üye restorasyon yapılabilir. Sinterleme fırını olan inFire HTC Speed ile 5 üye köprü 90 dakikada sinterlenebilmektedir.

CEREC inLab sisteminin di er bir özelli i de zirkonya köprü altyapılarıyla

beraber üzerine kullanılacak porseleni de freze ederek, daha sonra bu iki parçanın birbiriyle birle tirilmesine olanak vermesidir. Bu ekilde elle yapılan porselen y ımı yerine, altyapıyla tam uyumlu ve oklüzal morfolojisi cihazın CAD kısmıyla önceden belirlenmi olan üst yapı hazırlanır. Özellikle lityum disilikat porselenin zirkonya üzerinde kullanılması uzun dönem ba arı açısından ümit verici görünmektedir.¹⁵ Çünkü yakla ık 900 MPa esneme direncine sahip zirkonya üzerine konvansiyonel olarak y ılan porselen direnci 80-120 MPa aralı ndayken, lityum disilikat seramiklerin direnci 360 MPa'dır. Zirkonya restorasyonlarda sıklıkla görülen porselen atması (chipping) olarak tanımlanan klinik ba arısızlı ın ana nedenlerinden biri olan bu esneme direnci farkı biraz daha azalmaktadır. Altyapı ve üstyapının CAD/CAM sistemiyle hazırlandı ı restorasyonlarla ilgili in vivo ve in vitro çalı malara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu restorasyonların dı nda implant abutmentları zirkonyadan hazırlanabilir (Resim 4).



Resim 4. CEREC inLab sistemiyle hazırlanmış zirkonya abutmentlar.

CEREC inLab sistemi için Sirona, Vident, Ivoclar Vivadent ve 3M Espe firmalarının üretti i çe itli blok çe itleri mevcuttur.

Guess ve arkadaş larının 2009 yılında yayınladıkları çalı mada tam seramik parsiyel kronların 3 yıllık klinik takibi yapılmı tır. Çalı mada preslenebilen porselenden (IPS e.max Press) ve Cerec 3 ve Cerec Inlab sistemiyle hazırlanmış parsiyel kronlar de erlendirilmi tir. Her iki restorasyonun da geni madde kaybı olan posterior di llerde güvenilir tedavi yöntemleri oldu u belirtilmi tir.¹⁶

DCS PRECI-FIT

DCS Preci-fit sistem, 1990 yılında kullanılmaya ba lanılmı tır. Cam seramik, metal, güçlendirilmi seramikleri freze etmesinin yanısıra, restorasyon altyapılarını tam sinterlenmi bloklardan (DC-Zirkon) ve titanyumdan da (DC-Titan) hazırlayabilen az sayıda CAD/CAM sisteminden bir tanesidir.⁸ Sistem, Preciscan lazer tarayıcı ve Precimill frezeleme makinesini içermektedir. DCS Dentform yazılımı köprülerde gövde ekilerini ve konnektör boyutlarını otomatik olarak önermektedir.

DCS Preci-fit sistemle hazırlanmış alümina ve zirkonya destekli 3,4,5 üyeli köprülerin marjinal uyumunun incelendi i çalı mada, marjinal aralık 60.5-74 µm olarak bulunmu , çalı ma sonucunda sistemin, klinik olarak kabul edilen 100 µm'lik aralı ın altında de er sa ladı ı belirtilmi tir.¹⁷

Att ve arkadaş ları 3 farklı üretim sistemiyle hazırlanmış zirkonya destekli köprülerin marjinal uyumunu kar ıla tırmı lardır. Çalı ma sonuçlarına göre marjinal uyum, üretim sistemlerine göre de i kenlik gösterse de, test edilen üç sisteme ait marjinal aralık de erleri birbirlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmamı , de erler klinik olarak kabul edilebilir sınırlar dahilinde bulunmu tur.¹⁸

CERCON

Dentsply firmasına ait olan, 2002 yılında piyasaya sürüldü ünde sadece CAM sistemi olarak çalı an sistem, 2005 yılında sisteme 3 boyutlu optik tarayıcı (Circon eye) ve Circon Art CAD tasarım

yazılımı eklendikten sonra tam bir CAD/CAM sistemi olmu tur. Her bir üye 20 saniyeden kısa sürede, 10 mikron hassasiyetle taranabilmektedir. Kron kenarlarını otomatik olarak belirlenir. Cercon brain expert ile frezeleme, Cercon heat plus ile sinterleme yapılmaktadır (Resim 5). Tek üyeden 9 üyeye kadar yarı sinterlenmiş zirkonya blokları freze edebilir. 16 üyeye kadar köprü sinterlemesi yapılabilmektedir.

2010 yılında yayınlanan bir çalı mada Cercon köprülerin 28.1 aylık klinik takibi yapılmı , bu süre içinde restorasyonlarda kırık gözlenmemi tir.¹⁹



Resim 5. Cercon brainexpert.

EVEREST

Kavo firması tarafından üretilmektedir. Sistem; tarayıcı (Everest Scan), a ındırma ünitesi (Everest Engine), sinterleme fırını (Everest Therm) ve bu üniteler arası koordinasyonu sa layan ve tasarımın yapıldı ı bilgisayardan olu ur. Tarayıcı ile alçı model dönen tablaya yerle tirlir ve CCD (charge coupled device) kamerayla taranır. Taranan modelin 3 boyutlu dijital hali bilgisayarda olu turulur. Tek üye kron

restorasyonun tasarlanması 5 dakikada tamamlanabilir. Tasarımı takiben frezelemeye geçilir. A ındırma ünitesinin 5 ekseninde frezeleme özelli i bulunmaktadır. Everest sistemiyle inley, onley, anterior ve posterior kron, köprü yapılabilmektedir.

Everest ve CEREC 3 sistemleriyle üretilmi farklı bevel açılarında kopinglerin kenar bütünlü ünün kar ıla tırıldı ı çalı mada, koping kenarlarında chipping miktarı özellikle aç ı 60° oldu unda belirgin olarak farklı bulunmu tur.²⁰

ZENO TEC SYSTEM

Wieland firmasının 2005 yılında piyasaya çıkarttı ı sistem, 3 boyutlu lazer tarayıcı, sinterleme fırını, freze makinesi ve vakumu içermektedir. Zirkonya blokların yanısıra, titanyum ve Cr-Co köprü altyapıları da yapılabilmektedir. Sistemin küçük-orta ve orta-büyük ölçekli laboratuvarlara göre çe itli tarayıcı ve freze cihazları mevcuttur.

Stawarczyk ve ark. Zeno Tec sistem ve ye il fazda bulunan ZenoTec Zr bloklarını kullandıkları çalı mada, veneer üst yapı porselen yı ma ve presleme yöntemleriyle hazırlanmı ve yük kar ılama kapasiteleri de erlendirilmis tir. Çalı ma sonucunda preslenen veneer yapılmı kronların di er gruba göre benzer veya daha iyi sonuç gösterdi i ortaya çıkmı tir.²¹

Üretim merkezli CAD/CAM sistemleri

PROCERA

Nobel Biocare tarafından 1994 yılında piyasaya sürülmü , üretici firmaya göre bugüne kadar 11 milyon restorasyon üretilmi tir. Alumina ile yüksek hassasiyette kron altyapıları, veneer ve abutment'lar yapılabildi i gibi, zirkonyadan abutment, kron-köprü altyapısı da yapılabilmektedir. Öncelikle modelin 20.000 ölçüm noktası veren taraması yapılır. Laboratuvara kurulan kompakt bir tarama cihazıyla alçı modelin taraması bittikten sonra elde edilen veriler internet yardımıyla New Jersey/ABD veya

svaç'te bulunan üretim merkezine gönderilir.¹ Üretim merkezinde serami in büzülmesini kompanze edebilecek büyüklükte geni letilmi day'lar hazırlanır. Geni letilmi day üzerinde hazırlanmış ve sinterlenmiş altyapılar üzerine, porselen uygulaması yapılması ve bitim için altyapılar tekrar teknisyene gönderilir.⁵

Procera restorasyonları için önerilen preparasyon ekli derin champher veya iç açısı yuvarlatılmış shoulder basamaktır.

Naert ve arkadaşlarının 300 Procera kron üzerinde yaptıkları çalışmada 66 ay sonrasında kümülatif başarı oranı %95.6, sağ kalım oranı ise %98.4 bulunmuştur.²²

Procera kronları 5 ve 10.5 yıl takip eden diğer bir çalışmada ise 5 yıllık başarı oranı % 97.7, 10 yılda ise % 92.2 olarak belirtilmiştir.²³

Procera AllCeram sisteminde CAD/CAM teknolojisi kullanılarak yoğun olarak sinterlenmiş, saf ve yüksek dayanıklılıkta alüminyum oksit (%99.5) altyapılar üretilmektedir.²⁴ Ayrıca zirkonyumoksit altyapılı restorasyonlar (Procera AllZirkon), titanyum altyapılı restorasyonlar (Procera AllTitan), titanyum veya alüminyum oksit abutmentler, implant üstü tam seramik kronlar ve implant üstü titanyum köprü altyapılarının üretimi mümkündür.²⁵

LAVA

2002 yılında 3M ESPE tarafından piyasaya sürülmüştür. Sistemde Lava Scan ST optik tarayıcı, Lava CNC 240 veya 500 frezeleme makineleri ve Lava Furnace 200 sinterleme fırını bulunmaktadır (Resim 6). Kron-köprü altyapıları üretim merkezlerinde hazırlanabilir. Bilgilerin dijital hale getirilmesi için optik tarama sistemi kullanılmaktadır. Lava sistemi otomatik olarak kron kenarlarını ve gövdenin oturacağı yeri belirler. Yapılacak altyapı sinterleme büzülmesini kompanze edebilmek için %20-25 büyük tasarlanır. Pre-sintered yani yarı sinterlenmiş zirkonya bloklar kullanılır. Tasarım sonrasında restorasyon uygun boyuttaki

bloklardan freze edilir. Her blokta barkod numarası bulunur ve uygun blokun barkodu okunduktan sonra frezelemeye başlanır. Tek üye altyapı 15 dakika, 3 üye köprünün frezelenmesi yaklaşık 45-50 dakika sürmektedir. Sinterleme öncesi 7 farklı seçenekte renklendirme yapılabilir. Bu işlem frezeleme sonrasında restorasyonun renklendirici solüsyona batırılmasıyla yapılır. Böylece alt yapının üst yapı porseleni ile daha iyi uyum göstermesi ve estetiğin artması sağlanır. Sinterlenen altyapılar, zirkonyanın ısıl genleşme katsayısı ile uyumlu olan Lava Ceram materyali ile bitirilir.²⁶ Bu porselenin dışında uyumlu porselen tozlarıyla da üst yapı hazırlanabilmektedir. Optik ve mekanik özelliklerinden dolayı hem anterior hem de posterior da kullanılabilir.



Resim 6. LAVA sistemi.

Baldissara ve arkadaşları farklı CAD/CAM sistemleriyle hazırlanmış zirkonya alt yapıların effaflığını incelemiştir. En fazla effaflık Lava sistemle hazırlanmış alt yapılarda bulunmuştur.²⁷

Lava sistemiyle hazırlanmış zirkonya köprülerin marjinal uyumu, iki farklı

frezeleme süresiyle (75 dak., 56 dak.) de erlendirilmi , sürenin de i mesinin marjinal uyuma etkisi olmadı ı (61±25 µm, 59±21 µm) belirtilmi tir.²⁸

SONUÇ

CAD/CAM sistemlerinin üretim i lemleri ve kapasitesi geli meye devam etmektedir. Blokların a ndırılarak restorasyon elde edilmesi yöntemine kar ılık, materyalin ekleme yoluyla restorasyon olu turma yöntemi de bu kapsamda ilerlemeye devam etmektedir. Ekleme veya a ndırılarak eksiltme ekinde yöntem ne olursa olsun, CAD/CAM sistemleri teknolojinin geli mesine paralel olarak, sa ladı ı avantajlar nedeniyle gelecekte çok daha yaygın olarak kullanımı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009;28(1):44-56.
- Duret F, Preston JD. CAD/CAM imaging in dentistry. *Curr Opin Dent* 1991;1:150-154.
- Mormann WH., Brandestini M., Lutz F. The Cerec system: computer-assisted preparation of direct ceramic inlays in one setting. *Quintessenz* 1987;38(3):457-470.
- Mormann WH, Brandestini M, Lutz F, Barbakow F. Chair side computer-aided direct ceramic inlays. *Quintessence Int* 1989;20:329-339.
- Andersson M., Ogden A. A new all-ceramic crown: a densely sintered, high purity alumina coping with porcelain. *Acta Odontol Scand* 1993;51:59-64.
- Andersson M, Carlsson L, Persson M, Bergmann B. Accuracy of machine milling and spark erosion with a CAD/CAM system. *J Prosthet Dent* 1996;76:187-193.
- ahin E, Akta G, Özcan N, Aydın DH, Akça K. Restoratif di hekimli inde CAD/CAM laboratuvar uygulamaları: Sirona inLab sistemi. *Hacettepe Di Hek Fak Derg* 2009;33(4):41-46.
- Liu PR, Essig ME. A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compend Contin Educ Dent* 2008;29(8):482-493.
- Feuerstein P. Can technology help dentists deliver better patient care? *J Am Dent Assoc* 2004;135:11-16.
- Karaalio lu OF, Duymu ZY. Di hekimli inde uygulanan CAD/CAM sistemleri. *Atatürk Üniv Di Hek Fak Derg* 2008;18(1):25-32.
- McLaren E. CAD/CAM dental technology. *Compend Contin Educ Dent* 2011;32(4):73-6, 78-80, 82.
- Silva NR, Witek L, Coelho PG, Thompson VP, Rekow ED, Smay J. Additive CAD/CAM process for dental prostheses. *J Prosthodont.* 2011 Feb;20(2):93-96.
- Mörmann WH, Brandestini M. The fundamental inventive principles of CEREC CAD/CAM. In: Mörmann WH. State of the art of CAD/CAM restorations. 20 years of CEREC. Berlin: Quintessence, 2006:1-7.
- Yucel MT, Aykent F, Avunduk MC. In vitro evaluation of the marginal fit of different all-ceramic crowns. *J Dent Sci* 2012, doi:10.1016/j.jds.2012.05.009.
- Rekow ED, Silva NRFA, Coelho PG, Zhang Y, Guess P, Thompson VP. Performance of dental ceramics: challenges for improvements. *J Dent Res* 2011;90(8):937-952.
- Guess PC, Strub JR, Steinhart N, Wolkewitz M, Stappert CFJ. All-ceramic partial coverage restorations-Midterm results of a 5-year prospective clinical splitmouth study. *J Dent* 2009;37(8):627-637.
- Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Spiekermann H, Anusavice KJ.

- Marginal fit of alumina- and zirconia-based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. *Oper Dent* 2001;26(4):367-374.
18. Att W, Komine F, Gerds T, Strub JR. Marginal adaptation of three different zirconium dioxide three-unit fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent* 2009;101(4):239-247.
 19. Tsumita M, Kokubo Y, Ohkubo C, Sakurai S, Fukushima S. Clinical evaluation of posterior all-ceramic FPDs (Cecon): a prospective clinical pilot study. *J Prosthodont Res* 2010;54(2):102-105.
 20. Giannetopoulos S, van Noort R, Tsitrou E. Evaluation of the marginal integrity of ceramic copings with different marginal angles using two different CAD/CAM systems. *J Dent* 2010;38(12):980-986.
 21. Stawarczyk B, Özcan M, Roos M, Trottmann A, Sailer I, Hammerle CHF. Load-bearing capacity and failure types of anterior zirconia crowns veneered with overpressing and layering techniques. *Dent Mat* 2011;27(10):1045-1053.
 22. Naert I, Van der Donck A, Beckers L. Precision of fit and clinical evaluation of all-ceramic full restorations followed between 0.5 and 5 years. *J Oral Rehab* 2005;32(1):51-57.
 23. Odman P, Andersson B. Procera AllCeram crowns followed for 5 to 10.5 years: a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 2001;14(6):504-509.
 24. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2007;98(5):389-404.
 25. Ural Ç. Di hekimli i prati inde tamamı seramik ve Cad/Cam uygulamaları. 2011;86(1):27-38.
 26. 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.
 27. Baldissara P, Llukacej A, Ciocca L, Valandro FL, Scotti R. Translucency of zirconia copings made with different CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent* 2010;104(1):6-12.
 28. Hertlein G, Kraemer M, Sprengart T, Watzek K. Milling time vs. marginal fit of CAD/CAM manufactured zirconia restorations (abstract) *J Dent Res* 2003;82(Spec Iss):194. Abstract 1455.