

DİJİTAL ÖLÇÜ SİSTEMLERİ

DIGITAL IMPRESSION SYSTEMS

¹*Güler YILDIRIM, ¹İsmail Hakkı UZUN

¹Yrd. Doç. Dr. İnönü Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, MALATYA.

Özet

Bilgisayar destekli sistemlerin gelişmesiyle, protetik restorasyonların yapım aşamalarında değişiklikler olmuştur. Günümüzde geleneksel ölçü yöntemlerine alternatif olarak dijital ölçü teknikleri geliştirilmiştir. Çeşitli dijital ölçü sistemleri bulunmaktadır. Bu derlemede dijital ölçü sistemlerinden, bu sistemlerle ölçüsü alınan dişlerin restore edilme tekniklerinden ve bu restorasyonların prognozundan bahsedilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dental ölçü teknikleri; CAD-CAM.

Abstract

With the development of computer-aided systems have been changes in the construction of prosthetic restorations. Nowadays, digital impression techniques are advertised as an alternative to conventional impressioning. There are a variety of digital impression system. In this review, digital impression systems, restoration techniques which measurements are taken with this system and prognosis of these restorations, are mentioned.

Key words: Dental impression techniques; CAD-CAM.

Ölçü Alma Kavramı

Sabit ve hareketli protez yapımında en önemli aşamalardan biri prepare edilmiş ve edilmemiş dişlerin, dental implantların, dişsiz kretil veya ağız içi bölge ve defektlerin ölçüsünün alınmasıdır. Geleneksel olarak; hastanın ağız içi bilgisinin laboratuvara aktarılabilmesi için hedef alanın negatifi elde edilir, teknisyen de alçı ile pozitif dublikasyonu elde eder. Ölçü alma kavramında birçok yeni teknolojik sistem ortaya çıkmıştır.

Klasik ölçü maddelerinin tabiatının bir sonucu olarak alçı modellerde boyutsal doğruluk elde etmede bazı problemler karşımıza çıkmaktadır. Ölçü maddesinin karıştırılması, ölçü alma tekniği, non-rijid ölçü kaşığı kullanma, ölçünün laboratuvara transferi, laboratuvarında nem kontrolüne ihtiyaç olması, alçı modellerde doğruluk sağlamak için önemlidir.(1) Bilgisayarlı sistemlerin, optiklerin ve lazer teknolojilerinin gelişmesi diş hekimliği uygulamalarında ölçü işlemi açısından kolaylık

sağlamaktadır. Üç boyutlu dijital tarayıcılar, 20 yılı aşkın bir süredir diş hekimliğinde kullanılmaktadır ve dijital ölçü teknolojisi bugün itibariyle de gelişmeye devam etmektedir.

CAD/CAM (the computer-aided design/computer aided manufacture) sistemlerinde hasta ağızından dijital tarayıcı ile dişlerin taranmasıyla sanal ölçüler elde edilmekte ve prefabrik blokların işlenmesiyle bu ölçüye uygun restorasyonlar üretilmektedir.(2) Ayrıca geleneksel ölçü yöntemiyle elde edilen ana modellerin taranmasıyla da dijital model elde edilebilmekte ve restorasyon bu modele göre de oluşturulabilmektedir. Yüksek teknolojik gelişmelere rağmen, geleneksel modeller, stereolitik modeller kadar doğru değildir.(3)

Diş Hekimliğinde Dijital Teknolojinin Kullanımında Artış

Restoratif tedavi alanında bilgisayarlı sistemler ve dijital teknolojinin kullanımında bir dizi gelişme mevcuttur. Tüm güncel dijital ölçü sistemleri genelde CAD/CAM ile üretimi izlemektedir. Bu işleyişte 3 ana aşama mevcuttur. Birinci aşama intraoral şartları bilgisayara aktarmaktır; bu amaçla intraoral kamera yada tarayıcılar kullanılır. İkinci aşamada veriler bilgisayara kaydedilir ve yazılım programı ile istenilen restorasyon

*İletişim Adresi

Dr. Güler YILDIRIM
İnönü Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı,
MALATYA.

E-mail: guler_yldrm@hotmail.com

dizayn edilir. Bu tasarım, bazen restorasyonun tamamını bazen de sadece altyapısını içerir. Son safhada ise CAD programında dizayn edilen restorasyon frezeleme ünitesinde final restorasyona dönüştürülür.(4) Birçok frezeleme teknolojisi bulunmasına rağmen, en çok tercih edilen yöntem hazır bloklardan eksiltme yöntemiyle restorasyon oluşturulmasıdır.

Dijital Ölçü Sistemlerinin Avantajları

3D dijital ölçü tarayıcılarının kullanımı, geleneksel ölçü yöntemlerindeki, kaşık ve materyal seçimi, enfeksiyondan korunma ve laboratuvara ulaştırma için harcanan zamanı elimine etmesi gibi nedenlerle artmaktadır. Ayrıca geleneksel ölçü yöntemlerinde "die"li model elde etme, artikülatöre alma gibi işlemlerden dolayı laboratuvarında da zaman kaybı oluşmaktadır. Dijital sistemlerde de restorasyon laboratuvarında üretilmektedir ancak, model alçıdan değil dijital tarayıcıdan verilerin aktarılmasıyla elde edilmektedir. Dijital tarayıcı ile elde edilen veriler bilgisayarda kayıt altında saklanabilir, ancak konvansiyonel modellerin saklanması zordur, zamanla modellerde çatlak ve kırıklar oluşmaktadır. Dijital modeller için ise ekstra bir alan gerektirmemektedir.(5)

Dijital Sistemler

Diş hekimliğinde kullanılan mevcut dijital sistemler 2 kategoriye ayrılır:

1. Chair-side/hastabaşı CAD/CAM sistemleri
2. Dijital ölçü sistemleri

Her iki sistemde de intraoral şartlar, tarayıcı ya da kamera yardımıyla veri dosyası şeklinde bilgisayara kaydedilir. CEREC ve E4D sistemleri mevcut iki chair-side CAD/CAM sistemidir. Chair-side CAD/CAM sistemleri, ölçü alınması, restorasyonun dizaynı ve frezelenmesi gibi üç aşamayı tek seansta gerçekleştiren sistemlerdir. Dijital ölçü sistemleri ise; kaydedilen veri dosyasını restorasyon oluşturulması için elektronik olarak aktarabilecek şekilde tasarlanmıştır. Dental laboratuvar önce dosyayı indirir ve bu dosyadan model elde edilir. Model elde edildikten sonra restorasyonun üretilmesinde herhangi bir laboratuvar yöntemi kullanılabilir. Lava COS ve İTero, bu sisteme iki yaygın örnektir.(3)

Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 2 · 2015

1. CAD/CAM Sistemleri:

CAD/CAM sisteminin diş hekimliğinde ilk kullanımını, Fransız Dr. Francois Durent 1973 yılında "Optical impression" isimli teziyle sağlamıştır.(6) 1984 yılında CAD/CAM cihazını geliştirmiş ve bir hastada kullanmıştır. Katılımcıların da izlediği çalışmada 4 saatte 1 üye kron yapmıştır. İsviçre'li diş hekimi Dr. Werner Mörmann ve elektrik mühendisi Marco Brandestini, 1987 yılında Sirona firması tarafından tanıtılan ilk CAD/CAM sistemini üretmişlerdir.(7, 8)

CEREC: CEREC 3, "Chairside Economical Restoration of Esthetic Ceramics" ifadesinin kısaltması olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1A). Bu sistem üç boyutlu (3D) dijital tarayıcı (Şekil 1B) ile frezeleme ünitesini barındırmaktadır. Bu şekilde hastanın tedavisi tek randevuda bitirilirken, geçici restorasyon ihtiyacı da ortadan kalkmaktadır.

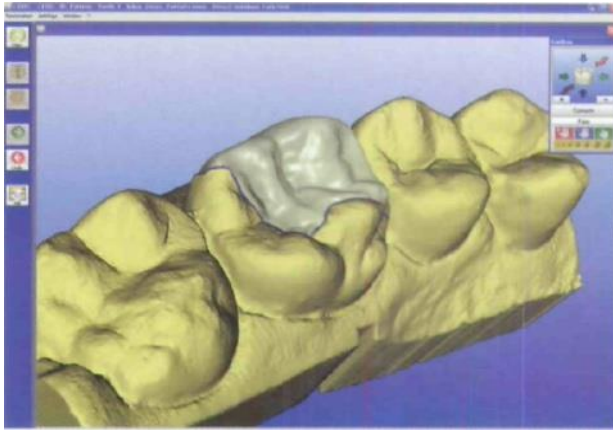
CEREC sistemi, 3D dijitalleştirme, verileri dijital model olarak saklama ve özel CEREC 3D yazılımı ile restorasyonu şekillendirmeyi amaçlamıştır. Karşit ve komşu dişe göre restorasyon tasarımı yapılmaktadır. Tasarıma ait dijital veriler frezeleme makinasına aktarıldıktan sonra hazır seramik/kompozit bloklardan 9 dk. içinde kron elde edilebilmektedir. Bu cihazın son sürümü, CEREC in Lab MCXL'dir. Bu cihaz 25µ hassasiyetle çalışmakta ve 10 üyeye kadar köprü üretebilmektedir. Günlük 40-60 üye restorasyon üretebilmektedir.(9) Son zamanlarda CEREC 3 diş ünitelerine de entegre edilmiştir (Şekil 1C).



Şekil 1. CEREC 3 sistem. **A.** Görüntüleme ünitesi, **B.** Sisteme ait 3D kamera, **C.** Diş ünitesine entegre edilmiş CEREC 3 sistem (<http://www.dentistryforsandiego.com>)

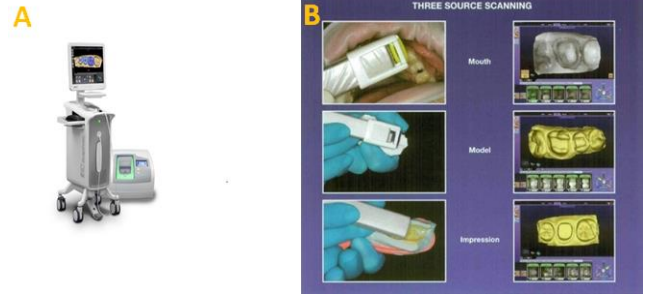
Bu sistemde ölçü alırken preparasyon sınırlarının tam olarak görüntülenebilmesi için dişeti ayrımı ve kanama kontrolünün iyi yapılması gerekmektedir. Görüntüleme işlemlerinde yansıtıcı titanyum dioksit tozları kullanılır.(10) Oklüzal ilişkilerin sağlanması için karşit ve komşu dişlerden de farklı açılardan

görüntüler alınır. Otomatik modda çeyrek arkın dijital ölçüsünün alınması 1 dk'dan daha az sürerken karşıt arkın ölçüsü ise ancak birkaç saniye sürer.(11) Sonra preparasyon dokunmatik ekranda gösterilir. Prepare edilen dişin tüm açıları incelenebilir, preparasyon alanı büyütülebilir. Sanal model üzerinde "die"lı çalışma yapılır ve diş hekimi monitörde die üzerinde bitim sınırlarını belirler. CAD'in önerisine göre ilk restorasyon oluşturulur (Şekil 2) ve diş hekimi bu morfoloji üzerinde vakaya özel gerekli düzeltmeleri yaparak tasarıma son şeklini verir. Restorasyonun son şekli onaylandıktan sonra, prefabrike seramik yada kompozit bloktan frezeleme ünitesinde istenilen restorasyon elde edilir. Restorasyonun rengi, tasarım aşamasında belirlenir. Simantasyon öncesi hafif aproksimal temas uyumlaması gerekebilir.



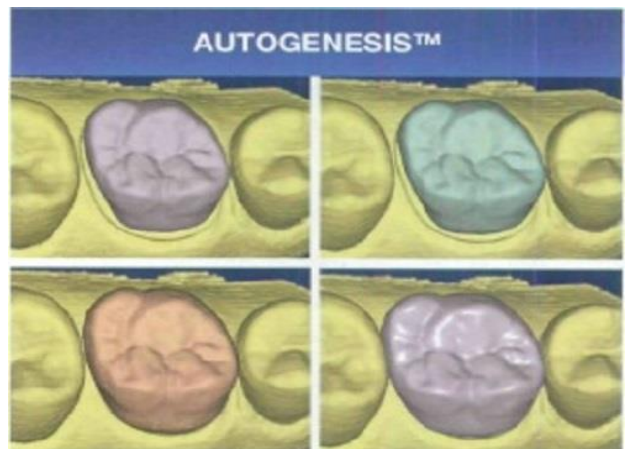
Şekil 2. Onley restorasyonun yazılım arşivinden önerilen görüntüsü

E4D Dentist: 2008 yılının başlarında tanıtılmıştır. Bilgisayar, monitör, lazer tarayıcı, frezeleme ünitesi, sunucu ve iletişim için yönlendiriciden oluşmaktadır (12) (Şekil 3A). Tarayıcısı CEREC 3 sistemdekinden daha kısa vertikal boya sahiptir. Bu nedenle arka bölge taramalarında hastanın ağzını daha az açmasına olanak sağlar. Bu sistemin diğer önemli bir avantajı da görüntüleme için titanyum dioksit gibi yansıtıcı tozlara ihtiyaç duymamasıdır.(12) Diğer CAD/CAM sistemlerinde olduğu gibi restorasyonun yapılacağı dijital modeller oluşturulur. E4D sistemindeki intraoral görüntüleyici ile tarama yapılarak oluşturulan modeller, elastomerik ölçü maddesi ile oluşturulan alçı modellerden daha gerçekçi ve bilgilendirici olmaktadır (Şekil 3B).



Şekil 3. E4D sistemi, **A.** Görüntüleme ünitesi, **B.**Görüntü yakalamak için yansıtıcı toza ihtiyaç duymayan intraoral görüntüleyici dişi, modeli ve elastomerik ölçüyü taramada kullanılabilir. (<http://www.e4d.com/products>)

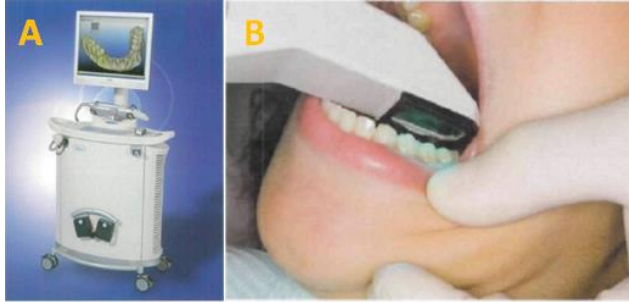
ICEverything (ICE) dentologic yazılım sisteminin özelliği, oklüzal kayıtların yanı sıra, dişlerin ve dişetin preparasyondan önceki görüntüsü ile preparasyondan sonraki görüntülerini alır. ICE modeli elde etmek için 3D modelden başarılı görüntüler alınır. 3D ICE görüntüleri ile marjinler kolayca ve başarılı bir şekilde belirlenir. (13) Sistemin dokunmatik ekranı preparasyonun çeşitli açılardan incelenmesine olanak sağlar. E4D dentist sistem, otomatik algılama özelliğine sahiptir ve preparasyonun bitim sınırlarını belirleyebilir. Diş hekimi belirlenen özellikleri onayladıktan sonra; Autogenesis yazılım programıyla sistem, belleğindeki anatomik özellikleri kullanarak restorasyonu oluşturur (Şekil 4).(9) Lösitle güçlendirilmiş seramik bloklar, lityum disilikat bloklar, nanoseramik ve geçici amaçla kullanılan bloklar E4D Dentist sistemi ile uyumludur.(9)



Şekil 4. Autogenesis özelliğiyle restorasyona son şeklinin verilmesi

İTero: İTero dijital ölçü sistemi 2007 yılında geliştirilmiştir, izleyen 5 yılda ise çalışmalar ve testler devam etmektedir. “Paralel confocal” temeline dayanan sistemin, küçük bir alandan ışın yayan bir tarayıcısı bulunmaktadır.(14,15) Bu ışınlar belirli bir mesafedeki yüzeye çarptıktan sonra tarayıcı çubuğa geri yansır. İTero cihazı 100.000 kırmızı ışın yansıtır.(11) Görüntüleme için titanyum dioksit gibi yansıtıcı tozlara ihtiyaç duyulmaz.(14)

İTero sistemi; bilgisayar, monitör, mouse, klavye, ayak pedalı ve tarayıcı çubuktan oluşan hareketli bir cihazdır (Şekil 5A). Tarayıcısı nispeten büyüktür (Şekil 5B) ve hastanın ağızını genişçe açabilmesi gerekmektedir. Sesli uyarılar rehberliğinde diş hekimi hastanın dişleri ve okluzal kapanışı ile ilgili birçok tarama yapar. Bu tarama devamlı bir tarama değildir; gerekli durumlarda tarayıcı ağızdan uzaklaştırılıp, ağız ortamında yıkama kurutma yapıldıktan sonra taramaya devam edilebilir.(16) Eğer preparasyonun değiştirilmesi gerekiyorsa düzeltmeler yapıldıktan sonra ilgili bölge tekrar taranabilir.(17) Tüm tarama tamamlandıktan sonra diş hekimi ayak pedalına birkaç dakika basılı tutar, böylece dijital model ekranda gösterilir.



Şekil 5. A. İTero 3D dijital ölçü sistemi, **B.** İTero dijital tarayıcı, diğer sistemlere göre nispeten daha büyüktür. (http://www.itero.com)

Kablosuz mouse kullanılarak, diş hekimi dijital modeli ekranda döndürebilir ve preparasyonun uygunluğuna karar verirse, tarama verileri laboratuvara gönderilir. Bu tarama işleminde sesli uyarılar son derece yardımcı olur. Hastanın bütün verileri ve laboratuvar yönergesi, tarama prosedüründen önce bilgisayara girilmektedir. Dijital veri Cadent'e gönderilir ve burada dijital ölçü sert plastik modele dönüştürülür. Cadent'den gelen model üzerinde, bölgedeki diş laboratuvarında final restorasyon tamamlanır.(18)

Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 2 · 2015

Lava COS: Lava Chairside Oral Scanner (COS), Prof. Doug Hartand ve Dr. Janos Rohaly tarafından geliştirilmiş ve 2006 yılında 3M ESPE firması tarafından piyasaya sürülmüştür. Bu sistem, Active Wave front Sampling (AWS) içeren 3D Motion tekniğini kullanır.(19) Bu teknik optik dizayn ve görüntü üretim algoritması içermektedir. Diğer dijital ölçü tarayıcıları ise triangulasyon ve lazer yaklaşımını kullanmaktadır. Tarayıcılar bunları yaparken oldukça yavaştır. Distorsiyon ve optik illüzyon gibi dezavantajlara sahiptir. Lava COS ise AWS ile görüntüyü video modunda hızlı bir şekilde tarayarak kısa sürede sanal model oluşturur.(20)

Lava COS hareketli bir ünedir (Şekil 6A); bilgisayar, dokunmatik ekran ve tarayıcı çubuk içerir (Şekil 6B). Tarayıcı çubuğun (13,2mm genişliğinde ve 14gr ağırlığında) ucundaki kamera 192 light-emitting diods (LEDs) ve 22 lenstir (Şekil 6C). Klavye ve mouse kullanmaya gerek yoktur.



Şekil 6. A. LAVA COS sistemi, **B.** Tarayıcı çubuk, **C.** Kamera 192 LEDs ve 22 lens sistemi içerir. (http://www.steinwaydental.com/lava-chairside)

Cadent İTero sisteminde yansıtıcı toz kullanmaya gerek yoktur, CEREC ise ağır tozların kullanımını gerektirir. Lava COS ise yalnızca referans noktaların belirlenmesi için bir miktar yansıtıcı toza ihtiyaç duyar.

Diş preparasyonu ve dişeti ayrımından sonra, dişler kurutulur ve hafifçe toz dökülür. Diş hekimi tarama işlemini başlatır, dişler siyah beyaz olarak monitörde izlenir. Tarama oklüzal yüzeyden başlar, sırasıyla bukkal ve lingual yüzeyler taranır. Herhangi bir ani hareket olursa, tarama otomatik olarak duraklar, ancak diş hekimi herhangi bir yüzeyden taramaya devam edebilir. Yazılım, ek olarak yüzeyleri ve diğer yapıları (diş ve dişeti, dil, dudak, yanak) ayırt edebilir. Dişler tarandığında monitörde parlak beyaz olarak izlenir. Yüzeyde herhangi bir kırmızı alan varsa, bu bölgenin daha detaylı taranması gerekir. Ekranda diş hekiminin hangi

uzaklıktan tarama yapacağını belirleyen rehberler de mevcuttur. Prepare edilen dişler ve komşu dişlerin taranmasından sonra tarama durdurulur ve monitördeki sonuç değerlendirilir. Hekim ekranda görüntüyü büyütme ve döndürme şansına sahiptir. Ayrıca 3D görüntü, 2D görüntüye dönüştürülebilir. Diş hekimi fonksiyonel alanda gerekli detayları taradıktan sonra, yaklaşık 2 dakika süresinde tüm arkı tarar. Yazılım, referans noktalarını kullanarak önceki görüntüleri entegre eder. Karşit ark da tarandıktan sonra, hastadan maksimum kapanışta ağızını kapatması istenir, bukkal yüzeylere toz serpilir ve 15 saniye taranır. Böylece maksilla ve mandibula dijital olarak artikülatoire alınmış olur.(13) Son veriler teknisyene gönderilir, stereolitografik model elde edilir ve final restorasyon oluşturulur.

Dijital Kameralar ve Tarayıcılar

Bütün dijital sistemlerin ortak komponenti ağız içi şartlarda görüntü kaydedebilen intraoral kamera veya tarayıcıların olmasıdır. CEREC AC sisteminde, bluecam (LED kamera) ile elde edilen tek kesitler yazılım programında birleştirilerek 3 boyutlu sanal model haline getirilir. Kısa dalga boylu LED mavi ışık ile kırmızı lazer ışığı karşılaştırıldığında LED yüksek çözünmeye sahiptir.(21) Bluecam, manuel ve otomatik modda kullanılabilir. Otomatik mod, kameranın hareket ettirilmesi, titremesi durumunda görüntü elde etmeyi sınırlar; bulanık görüntü oluşumuna neden olur.

E4D intraoral ölçü sistemlerinde kullanılan single-image kamera intraoral görüntü kaydında kırmızı lazer ışığı kullanır.(22) Bu şekilde yumuşak ve sert dokuların görüntüsü kaydedilir. Bu sistemde ince ve şeffaf bölgelerin kaydı yapıldığında E4D Accent likiti kullanılır. Bu kamera hızlı tarama ile manuel ve otomatik görüntü yakalama modunda kullanılabilir. Okluzalden, lingualden, fasyalden kesitsel görüntüler kaydedilir.(13) Yazılım programı tarama görüntülerine geçici olarak geri dönmeyi sağlar, bütün yapıların tarandığına emin olunur. Ayrıca E4D sistemi "NEVO tarayıcı" isimli yeni tarayıcı sistemini geliştirmiştir. Bu sistemde dünyada ilk kez mavi lazer ışığı bir intraoral tarayıcıda kullanılmıştır. Kullanılan ışık 450nm dalga boyuna sahiptir, ve detayları daha iyi kaydedebildiği için daha

uyumlu restorasyonlar yapılabilmesini sağlamaktadır.

İTero intraoral tarayıcılar, paralel aynı odaklı beyaz ışık ve kırmızı lazer ışığı kullanarak seri halindeki tek tek görüntülerin 3 boyutlu görüntüsünü oluşturur (12,14,22,23). Tarayıcı, 100.000 lazer ışığını, 300 fokal derinlikte ve 50µ uzaklıkta yakalayabilir.(13, 24) Kaydedilen veriler diş yüzeyinden yansıyan ışıklardan oluşmasına rağmen yansıtıcı ajan kullanılmaz. Kamera dişle temas halinde konumlandırılabilir. Operatör kayıt şeklini, okluzal, fasyal, lingual, mesioproksimal ve distoproksimal açılar olarak yönlendirmektedir, ek olarak komşu dişlerin ve karşit dişlerin taraması gerçekleştirilmektedir. Tarama işlemi bittikten sonra ek bir tarama yapılması istendiğinde, taramaya devam edilemez; bu yüzden yeterli veri elde edilene kadar tarama tekrarlanır. Toplamda 15 ile 30 arasında taranmış görüntüye ihtiyaç vardır. En sonunda yazılım programı bu tarama görüntülerini veri halinde birleştirir.

Birçok tarayıcı seri şeklindeki görüntüyü yazılım programıyla sanal ortamda 3 boyutlu model haline getirir. Lava COS kamerası ise bir video kameradır ve 3D sanal model bilgisayarda video görüntülerinden elde edilir.(25) Sistem saniyede yirmi adet 3D verisini kaydedebilen "aktif dalga boyu örnekleme" modelini kullanır. Üç sensör, klinik tabloyu, değişik açılardan kaydeder ve özel görüntü oluşturma algoritmasıyla model elde edilir. Sanal model 2 ve 3 boyutlu oluşturulur. Tam model oluşturmak için geçiş kayıtlara ihtiyaç yoktur. Dental ark, şerit ya da kesit olarak kaydedilebilir, bilgisayar bu kesitleri 3D model olarak birleştirebilir.(23) Operatörün çalışma alanı, 10x13.5mm'dir ve yüzey kaydı alınırken kamera 5-15mm uzaklıkta kalmalıdır. Tarayıcı, geri sarma özelliği sayesinde tüm tarama verilerinin silinmesi yerine belirli bir bölümü seçerek silme imkânı sunmaktadır. Smart scan fonksiyonu ile de konu dışı veriler otomatik olarak silinebilmektedir.

Kamera Boyutu: Kamera boyutlarının büyük olması birçok hekim açısından çekince oluşturmaktadır. Kameralar, el aletleri ve ışık kaynaklarından büyüktür, bu yüzden kameranın ağza uygun olması ve kayıt yapabilmesi için ne kadar mesafenin gerekli olduğu önemlidir. Kamera başlığının kısa olması intraoral çalışma için avantaj iken; geniş kameralar daha

kullanışlı ve ergonomiktir. Kamera gövdesi, kullanıcının eline dengeli oturmalı ve rotasyonel hareketlere izin verecek şekilde tasarlanmış olmalıdır.(3)

Single-Image Kamera: Cerec Bluecam, E4D intraoral tarayıcı ve İTero tarayıcı "single image" kamera içermektedir. Bu kameralar seri halindeki görüntüleri çakıştırır ve yazılım programı ile üç boyutlu sanal modele dönüştürür. Bütün kameralar tek görüş hattında çalışır. Bunun anlamı kameranın yalnızca doğrudan kendi görüşündeki verileri kaydetmesidir. Genellikle ilk görüntü oklüzal yüzden alınır. Prepare edilmemiş dişlerin konturu nedeniyle servikaldeki veri kameranın direk görüş alanına giremez. Fasial ve lingual kısımlardan rotasyonla bir seri görüntü elde edilir.

Yazılım Programı

Dijital sistemler, bilgisayarlı teknoloji uygulamalarına özgün, geleneksel ölçü tekniklerine alternatif bir tekniktir. Bu sistemler diş hekimliğinin işleyişinde önemli değişimlere neden olmaktadır. Dijital sistem şirketlerinin her biri dijital ölçü, tasarım ve frezeleme süreci için kendilerine özgü yazılım programları geliştirmişlerdir.

Dijital ölçü sistemlerinin yazılım programları basitçe hastanın kimlik bilgilerini kaydeder, böylece model kayıt sürecine rehber olur ve çevrimiçi tanımlayıcı bir form elde edilmiş olur. Kayıtlı dijital dosyaların elektronik veri dosyası halinde laboratuvara aktarılmasında kolaylık sağlanmaktadır. Farklı firmalara ait yazılım programlarının öğrenilmesi kolaydır, çünkü dijital ölçülerin kaydedilmesi süreci, farklı yazılım programları arasında çok az değişiklik göstermektedir ve bu programlara veri girişi de kolaydır.

CAD/CAM sistemlerinin yazılım programları, dijital ölçü sistemlerine göre daha hızlı gelişim göstermiştir. Kayıtlara göre Avrupa ve ABD'de geniş bir dişhekimliği grubu CAD/CAM teknolojisini kullanmaktadır.(26) 2007'den 2012 yılına kadarki beş yıllık süre zarfında toplam 272 farklı CAD/CAM sistemi geliştirilmiş ve bu sistemlerle 425.000'den fazla dental restorasyon yapılmıştır.

Açık ve Kapalı Mimari: Bütün bilgisayarlı sistemler dijital ölçü verilerini üreticinin yazılım programına göre kaydeder. Başlangıçta bu özel veri dosyaları "kapalı yapı" olarak dizayn edilir ve de sadece aynı üreticiye ait programlar tarafından kullanılabilirdi. CEREC AC ve E4D sistemlerinde halen bu kapalı yapı kullanılmaktadır. Bu dijital dosyalar, farklı firmalara ait programlarda işlenememektedir.

Dijital ölçü sistemlerinin çeşitliliğinden ötürü dental laboratuvarlar her üretici firmanın tasarım ve üretim yazılımını bulundurmaları gerektiği için problemler yaşamaktadırlar. Günümüzde üreticiler, bilgisayar sistemlerini "açık yapı" olarak değiştirmektedirler.(15) Çoklu birleşmiş ortaklıklar oluşmakta ve farklı sistemler arasında ortak veri dosyası kullanılabilir. İTero 4.05 sistemi açık yapı yazılım platformunu kullanmaktadır.(27) Bazı laboratuvarlar, laboratuvar tabanlı CAD/CAM sistemlerini örneğin, Dental Wings ya da 3 Shape sistemini, kullanmaktadırlar.

Dijital Sistemle Ölçü Alınması

Restoratif diş hekimliğinde kabul edilen ilke, final restorasyonun, hasta ağızında iyi bir kenar ve iç uyuma sahip olmasıdır. Bu amaçla ölçünün doğruluğu ve son restorasyonun bu ölçüye doğru ve iyi adapte olması gerekmektedir. Dijital ölçü sistemleri ve CAD/CAM sistemlerindeki temel ilke de bahsedilen amaca uygun olarak, veri dosyalarının tam ve eksiksiz şekilde kaydedilmesine dayanır. Dijital ölçüler, geleneksel ölçü maddeleri gibi nem kontaminasyonuna hassastır. Kan, tükürük ve oral sıvılar diş yüzeyini, basamakları ve diğer kesim sınırlarını kameradan gizler ve doğru kayıt almayı engeller. Yetersiz/andırıktı diş kesimi ve yumuşak doku retraksiyonunun tam yapılmaması, restorasyon sınırlarının net görünmesine engel olur ve hatalı kayıtlara yol açar.

Dijital ölçü sistemlerinde yapılan yumuşak doku yönetimi, geleneksel ölçü teknikleri için yapılandan biraz farklılık gösterir. Geleneksel ölçü tekniklerinde, yumuşak dokuların genellikle hem yana hem de apikale itilmesi gerekir. Lateral retraksiyon, ölçü maddesinin kitle halinde gingival sulkusa akmasına böylelikle de servikal marjinin ölçüsünün doğru alınmasına izin verir. Dijital

ölçüde ise yumuşak dokunun yeterli miktardaki lateral retraksiyonu, marjinlerin görünmesini sağlar. Marjinal diş preparasyonu yumuşak doku arasındaki 150µm (28) aralık doğru ölçü kaydı için yeterlidir. Bu nedenle dijital ölçü cihazlarında diod lazer kullanılır. Böylece, retraksiyon esnasında kanama engellenir ve görüş için kuru alan sağlanmış olur.

Dijital ölçü sistemleriyle ilgili ortak endişelerden birisi, subgingival alanların kaydıyla ilgilidir. Diğer bir konu ise dijital ölçü işleminin geleneksel ölçü yöntemine göre daha fazla zaman almasıdır. Bunun nedeni görüntünün kamera tarafından kaydedilmesi için belli bir zamanın gerekmesidir. Deneyimlere göre dijital ölçü işlemi yaklaşık 5 ile 7 dk sürmektedir. Örneğin Lava COS sisteminin single scan tarayıcısı ile maksimum tarama süresi 7 dk, her bir çeyrek ark için 2-3 dk'dır. CEREC AC bluecam ise 45 sn'de çeyrek arkın taramasını gerçekleştirebilmektedir. Bu süreler tüm dijital sistemler için geçerli değildir. İTero sistemi ile dijital ölçü alma 3-5 dk sürmektedir.(14) Givan ve ark(29) iTero dijital ölçü ve konvansiyonel ölçü ile yapılmış restorasyonlar için ölçü alma ve restorasyonu uyumlama süresinin uzun zaman aldığını ancak her iki grupta da kenar uyumunda önemli bir fark olmadığını göstermiştir. Flügge ve ark.(28) İtero ile intraoral taramanın, model taramadan daha net sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir. Hastayla ilgili faktörler tarama prosedürünü etkilemektedir. Mandibulanın taranması maksillanın taranmasından daha net sonuçlar vermektedir.(28)

Karşit arkın dijital modelinin oluşturulmasında en çok kullanılan yöntem, bukkal ısırma kaydıdır. Alt çene sentrik okluzyondayken maksiler ve mandibular dişler bukkalden taranarak kaydedilir (Şekil 7). Dentisyonun bu statik pozisyonundaki kaydıyla, yazılım programı dijital modellerin okluzal ilişkisini uyumlar. Kullanılan diğer bir yöntem ise ilave silikon ölçü materyali ile statik ısırma kaydının alınmasıdır. Bu ısırma kaydının yüzeyi, karşit dentisyonun yüzeyi yerine taranır ve yazılım programı preparasyon yapılmış modele ısırma kayıt modeli oluşturur. Bu model, okluzal yüzeyin anatomik formunun ve karşit dişlerle ilişkisinin belirlenmesinde kullanılır. Mandibulanın fonksiyonel hareketlerini dijital ortamda kaydedebilen yazılım programına sahip bir bilgisayarlı sistem henüz yoktur. Lateral rehber noktaların kritik olduğu vakalarda Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 2 · 2015

face-bow ve konvansiyonel ısırma kaydı alınarak, yarı ayarlanabilir veya ayarlanabilir artikülörler kullanılabilir. Bilgisayar ortamında hazırlanan sanal karşit model, son restorasyonun okluzal uyumu açısından son derecede önemlidir. Poticny ve Fasbinder (30), Lava C.O.S sisteminde çeyrek ark ve tüm arkın taranmasıyla elde edilen iki sanal modelde vertikal boyutun farklı olmadığını tespit etmişlerdir.



Şekil 7. Bukkalden tarama kaydı yapılarak modellerin "dijital artikülör"e alınması

Dijital Ölçü İle Yapılan Restorasyonların Prognozu

Sabit restorasyonların prognozunu belirleyen en önemli özelliklerden birisi restorasyonun internal ve marjinal uyum özellikleridir.(31) Marjinal uyumsuzluklar, plak birikimi, periodontal problemler, sekonder çürük oluşumu ve yapıştırıcı simanın çözünmesi ve/veya renk değiştirmesi gibi olumsuz faktörlere neden olmaktadır.(32) CAD/CAM restorasyonların kenar ve iç uyumları, konvansiyonel yöntemle yapılanlarla karşılaştırıldığında bilgisayar destekli sistemlerin önemli ölçüde farklı üretim süreçleri içerdiği görülmektedir. Restorasyonun kenar uyumu konusunda CAD/CAM teknolojilerine yön veren güncel yaklaşım, Amerikan Diş Hekimleri Derneği'nin (ADA) "diş restorasyonlarının destek dişe 50µ siman aralığı hassasiyetinde uyum göstermesi" kuralıdır.(33) Birçok yazara (19, 34, 35) göre kabul edilebilir marjinal kenar aralığı en fazla 100-150µ'dur.

Dijital ölçünün en az konvansiyonel ölçü kadar doğru olduğu yayımlanmış birçok

çalışmada karşımıza çıkmaktadır.(36-38) Ender ve Mehl (38) Lava COS, CEREC Bluecam ile elde edilen dijital ölçülerin doğruluk oranlarının geleneksel ölçü ile benzer olduğunu göstermiştir. Sorensen ve ark(39) Lava kronlar ile metal destekli porselen kronların kenar uyumu açısından farklı olmadığını bulmuştur. Fasbinder ve ark(40) randomize klinik çalışmalarında, polivinilsiloksan ölçü maddesi ve dijital ölçü sistemiyle ölçüsü alınıp, Lava COS sistemiyle yapılan zirkonyum altyapılı kronların ağızdaki uyumlama sürelerinin farklı olmadığını tespit etmişlerdir. İTero sistemiyle dijital ölçüsü alınarak yapılan onbinlerce restorasyondan sadece 1 yada 2 'sine çok az uyumlama gerekmiştir.(41)

Diş hekimliği alanında birçok dijital ölçü ve üretim sistemi olmakla beraber bunlar içerisinde en fazla ilgiyi CEREC sistem çekmiştir. Literatürde CEREC sistemle ilgili birçok araştırmaya ulaşmak mümkün iken diğer sistemlerle ilgili göreceli olarak daha az bilgi mevcuttur. Yapılan çalışmalar, CAD/CAM yöntemiyle yapılan restorasyonların marjinal uyum açısından başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Denissen ve ark(42), CEREC ve laboratuvar üretimi onleylelerin marjinal uyumlarının benzer olduğunu ve CEREC onleylelerdeki marjinal aralanmanın 85µ olduğunu göstermiştir. Nakamura ve ark(43) da CEREC kronların kenar açıklığının 53-67µ arasında olduğunu göstermiştir. Ellingsen ve Fasbinder (44), CEREC kronlarda marjinal boşluğun 47,5µ olduğunu rapor etmişlerdir. Yücel ve ark (45) ise CEREC 3 kronların marjinal boşluk değerini 33µ olarak bulmuştur. Marjinal uyum ve internal adaptasyon açısından karşılaştırıldığında dijital ölçünün, geleneksel polivinilsiloksan ölçüden daha iyi olduğu görülmüştür. Givan ve ark.(46) iTero dijital ölçü sistemi kullanılarak yapılan kronlarda 165µ, geleneksel ölçü maddesiyle oluşturulan restorasyonlarda ise 150 µm marjinal aralık tespit edilmiştir. Ancak, bu iki ölçü alma yöntemi arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır.

Literatürde CEREC restorasyonların klinik performansları da değerlendirilmiştir. On beşten fazla klinik çalışmada yapılan toplam 2862 restorasyondaki başarısızlık oranı sadece %2,6 iken sağkalım oranı %97,4 olarak gerçekleşmiştir.(47) Otto ve De Nisco(48) yaptıkları prospektif çalışmada, 200 CEREC restorasyonun on yıl sonraki sağkalım

oranını %90,4 olarak açıklamışlardır. Posselt ve Kerschbaum(49), 794 hastaya yapılan 2328 CEREC inley ve onley restorasyonun Kaplan-Meier analizine göre 5 yıl sonraki sağkalım oranını %97,4, 9 yıl sonrakini ise %95,5 olarak hesaplamıştır. Reiss (50) ise, CEREC restorasyonların Kaplan-Meier analizine göre sağkalım oranlarını beş yıl için %95, yedi yıl için %91,6, on yıl için %90, on altı yıl için %84,9 olarak açıklamıştır.

Van Der Meer ve ark. CEREC bluecam, İTero ve Lava COS sistemleriyle ölçüsü alınan implantların netliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre Lava COS sistemi yüksek netlik tarama protokolüne sahiptir.(51)

Tartışma

Bilgisayarlı dental sistemler; restoratif diş hekimliğine yenilikçi materyaller ve teknikler sunmaktadır. Dijital ölçüden beklenen başarı hala en uygun yumuşak doku retraksiyonu, nem kontrolü ve izolasyon gibi geleneksel becerilere bağlıdır. Gerek geleneksel yöntemle gerekse de dijital ölçü teknikleriyle elde edilsin, doğru ve net ölçüler, iyi kenar uyumuna sahip, daha uzun ömürlü dental restorasyonların yapılmasına imkân tanımaktadır.

Kaynaklar

1. Cho GC, Chee WW. Distortion of disposable plastic stock trays when used with putty vinyl polysiloxane impression materials. J Prosthet Dent 2004;92(4):354-8.
2. 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(9):1289-96.
3. Fasbinder D. Using digital technology to enhance restorative dentistry. Compend Contin Educ Dent 2012;33(9):666-8, 670, 672 passim.
4. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. British Dental Journal 2008;204(9):505-511.
5. Christensen GJ. Will digital impressions eliminate the current problems with conventional impressions? J Am Dent Assoc 2008;139(6):761-3.
6. Duret F, Preston JD. CAD/CAM imaging in dentistry. Curr Opin Dent 1991;1(2):150-4.
7. Mormann WH, Brandestini M. Cerec-System: computerized inlays, onlays and shell veneers. Zahnartzl Mitt 1987;77(21):2400-5.
8. Mormann WH BM, Lutz F, Barbakow F. Chair side computeraided direct ceramic inlays. Quintessence Int 1989;20:329-339.
9. Celik G. UA, Sarı T. Bilgisayar destekli diş hekimliği ve güncel CAD/CAM sistemleri. Cumhuriyet Dent J 2013;16(1):11-21.
10. Potichny DJ, Klim J. CAD/CAM in-office technology: innovations after 25 years for predictable, esthetic outcomes. J Am Dent Assoc 2010;141 Suppl 2:5S-9S.

11. Galhano GA, Pellizzer EP, Mazaro JV. Optical impression systems for CAD-CAM restorations. *J Craniofac Surg* 2012;23(6):e575-9.
12. Culp L SL. The Expanding Role of CAD/CAM in Restorative Dentistry. *Canadian Journal of Restorative Dentistry and Prosthodontics* 2009;2-2:51-56.
13. Birnbaum NS, Aaronson HB. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. *Compend Contin Educ Dent* 2008;29(8):494, 496, 498-505.
14. Garg AK. Cadent iTero's digital system for dental impressions: the end of trays and putty? *Dent Implantol Update* 2008;19(1):1-4.
15. Brochu M. Focus on Dental Digital Scanners: The Science Behind. *Canadian Journal of Restorative Dentistry and Prosthodontics* 2009;2-2.
16. Garvey P. The dental assistant's role in integrating digital impression technology in the dental practice. *Dent Assist* 2007;76(6):12, 14.
17. Jacobson B. Taking the headache out of impressions. *Dent Today* 2007;26(9):74, 76.
18. N.J. C. Cadent debuts "next generation" iTero digital impression system. *Ortho tribun US edition*. 2007;1(12):14.
19. Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 2010;38(7):553-9.
20. j. D. The future of impressions. *Dental Economics [serial online]* 2008;Available 296261.
21. Mehl A, Ender A, Mormann W, Attin T. Accuracy testing of a new intraoral 3D camera. *Int J Comput Dent* 2009;12(1):11-28.
22. Kachalia PR, Geissberger MJ. Dentistry a la carte: in-office CAD/CAM technology. *J Calif Dent Assoc* 2010;38(5):323-30.
23. Fasbinder DJ. Digital dentistry: innovation for restorative treatment. *Compend Contin Educ Dent* 2010;31 Spec No 4:2-11; quiz 12.
24. Henkel GL. A comparison of fixed prostheses generated from conventional vs digitally scanned dental impressions. *Compend Contin Educ Dent* 2007;28(8):422-4, 426-8, 430-1.
25. HcMaster D CB, Spitz SD. Digital workflow. *Dental Economics [serial online]* 2008;98(8):30-36.
26. C. R. A worldwide leader in digital dentistry. *Inside Dentistry* 2012;8(7):68.
27. Jones P. The iTero optical scanner for use with invisalign: A descriptive review. *ADA CERP* 2012.
28. Flugge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144(3):471-8.
29. Givan DA, Burgess JO ONS, Aponte AA. Prospective evaluation of ceramic crowns by digital and conventional impressions [abstract]. *J Dent Res* 2011;90(spec iss A):Abstract 380.
30. Poticny DJ FD. Accuracy of digital model articulation for chairside CAD/CAM restorations [abstract]. *J Dent Res* 2012;91(spec iss A):Abstract 705.
31. Ersu B YB, Canay Ş. Sabit Restorasyonlarda CAD/CAM Uygulamaları. *Hacettepe Dent J* 2008;32(2):58-72.
32. Reich S, Wichmann M, Nkenke E, Proeschel P. Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *European Journal of Oral Sciences* 2005;113(2):174-179.
33. Estafan D. DF, Agosta C. Scanning electron microscope evaluation of CEREC II and CEREC III inlays. *Gen Dent* 2003;51:450-454.
34. Fransson B, Oilo G, Gjeitanger R. The fit of metal-ceramic crowns, a clinical study. *Dent Mater* 1985;1(5):197-9.
35. Sulaiman F, Chai J, Jameson LM, Wozniak WT. A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress, and Procera crowns. *Int J Prosthodont* 1997;10(5):478-84.
36. Scotti R, Cardelli P, Baldissara P, Monaco C. Clinical fitting of CAD/CAM zirconia single crowns generated from digital intraoral impressions based on active wavefront sampling. *J Dent* 2011.
37. Ogledzki M WK, Doherty E, Kugel G. Accuracy of 3MBrontes stereolithography models compared to plaster models [abstract]. *J Dent Res* 2011;90(spec iss A):Abstract 1060.
38. Ender A, Mehl A. Full arch scans: conventional versus digital impressions--an in-vitro study. *Int J Comput Dent* 2011;14(1):11-21.
39. Sorensen JA SP, Mizuro K. Marginal fidelity of crowns made with optikai versus conventional impressions [abstract]. *J Dent Res* 2009;88(spec iss A):Abstract 1599.
40. Fasbinder DJ NG, Dennison JB. Evaluation of zirconia crowns made from conventional and digital impressions [abstract]. *J Dent Res*. 2012;91(spec iss A):Abstract 644.
41. j. A. İTero creates an impression. *Aust Dent Practise* 2012.
42. 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(5):506-13.
43. Nakamura T, Dei N, Kojima T, Wakabayashi K. Marginal and internal fit of Cerec 3 CAD/CAM all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 2003;16(3):244-8.
44. Ellingsen LA FD. In vitro evaluation of CAD/CAM ceramic crowns [abstract]. *J Dent Res*. 2001;81(spec iss A):Abstract 2640.
45. Yucel MT, Aykent F, Avunduk MC. In vitro evaluation of the marginal fit of different all-ceramic crowns. *Journal of Dental Sciences* 2013;8(3):225-230.
46. Givan DA BJ, O'Neal SJ, Aponte AA. Prospective Evaluation of Ceramic Crowns by Digital and Conventional Impressions. *J Dent Res* 2011.
47. Martin N, Jedynakiewicz NM. Clinical performance of CEREC ceramic inlays: a systematic review. *Dent Mater* 1999;15(1):54-61.
48. Otto T, De Nisco S. Computer-aided direct ceramic restorations: a 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *Int J Prosthodont* 2002;15(2):122-8.
49. Posselt A, Kerschbaum T. Longevity of 2328 chairside Cerec inlays and onlays. *Int J Comput Dent* 2003;6(3):231-48.
50. 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.
51. van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren YJ. Application of Intra-Oral Dental Scanners in the Digital Workflow of Implantology. *Plos One* 2012;7(8).