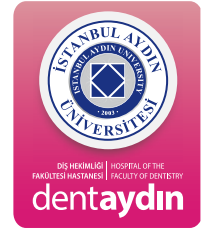




Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>



MAKSİLLOFASİYAL CERRAHİDE CAD/CAM SİSTEMLERİNİN KULLANIMI

DergiPark
AKADEMİK

Onur ADEMHAN¹, Can TÜKEL², Sercan KÜÇÜKKURT³

ABSTRACT

The abbreviation “CAD/CAM” stands for Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing. CAD/CAM technology is among the most contemporary methods used in both medicine and dentistry. These systems are already widely used in the prosthetic dentistry for a long time and have been widely used by oral and maxillofacial surgeons in recent years. Along with the progress of technology, its usage are expanding day by day. In maxillofacial surgery, it is becoming increasingly possible to use CAD/CAM systems from diagnosis to preoperative planning, to surgical guidance to defect reconstruction. It has been reported that the use of CAD/CAM systems not only increases the success of operations but also shorten the operation time and make complex operations simpler. Besides higher costs, one of the biggest disadvantages, are increasingly getting cheaper through rapid technological developments and makes these systems more accessible. In this review, it is aimed to investigate current usage areas of CAD/CAM systems in maxillofacial surgery.

Keywords: Maxillofacial Surgery, Orthognathic Surgery, Dental Implant Surgery, Surgical Guide, CAD / CAM

ÖZET

“Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing” (CAD/CAM), bilgisayar-destekli tasarım ve bilgisayar-destekli üretim anlamına gelen terimlerden oluşmaktadır. CAD/CAM teknolojisi tıp ve diş hekimliği alanında kullanılan en güncel yöntemler arasında yer almaktadırlar. Kullanım alanları oldukça geniş olan bu sistemler, diş hekimleri tarafından protetik tedavi alanında yaygın olarak kullanılmakla beraber, son yıllarda oral ve maksillofasiyal cerrahlar tarafından da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte kullanım alanları da her geçen gün genişlemektedir. Maksillofasiyal cerrahide teşhisten, planlamaya cerrahi rehberden, tedaviye varan birçok alanda hızla bu sistemden yararlanılması giderek artmaktadır. Rapor edilen çalışmalarda CAD/CAM sistemlerinden yararlanılmasının işlem başarısını arttırdığı gibi işlem süresini kısalttığı ve karmaşık operasyonları daha basit işlemlere dönüştürebildiği bildirilmektedir. En büyük dezavantajlarından biri olarak kabul edilen yüksek maliyetleri ise teknolojiye yaşanan gelişmeler sayesinde giderek daha ulaşılabilir seviyelere gelmektedir. Bu derlemede CAD/CAM sistemlerinin maksillofasiyal cerrahi alanında güncel kullanım alanlarının incelenmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Maksillofasiyal Cerrahi, Ortognatik Cerrahi, Dental Implant Cerrahisi, Cerrahi Rehber, CAD/ CAM

¹ Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi ABD

² Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi ABD

³ İstanbul Aydın Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi ABD

GİRİŞ

Bilgisayarların oral ve maksillofasiyal cerrahide kullanımı giderek daha yaygın ve etkin hale gelmektedir. Teşhisten tedavi planlamasına, üç boyutlu (3D) görüntülerin etkin olarak değerlendirilebilmesine kadar birçok aşamada bilgisayar sistemlerinden faydalanabilmek mümkündür. Günümüzde bilgisayar sistemlerinin cerrahi branşlarda, model üzerinde planlama, cerrahi operasyonun provasının yapılması ve elde edilen modellerin eğitim amaçlı kullanılması oldukça popülerdir.^{1,2}

İlk zamanlarda yalnızca teşhis için kullanılan 3D görüntüleme sistemleri, CAD/CAM sistemleri ile bunun ötesine geçmiş ve tedavi planlamasında hatta tedavi aşamasında da kullanılır hale gelmiştir. CAD/CAM sistemleri ile model elde etmek, hastaya özel implantlar oluşturmak, kullanılan implanta özel üst yapı yaratmak ve kusursuza yakın çene yüz protezleri yapabilmek mümkündür. Operasyon bölgesinin birebir kopyasının model olarak oluşturulması, tedavi planlamasının işlem öncesi detaylı yapılabilmesi açısından cerrahlara büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu sistemler sayesinde yapılabilen cerrahi rehberler sayesinde kemik kesileri, greftleme işlemleri ve implant uygulamaları operasyon öncesi plana uygun şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Böylelikle hastaya en uygun tedaviyi yapabilmek, operasyon sırasında meydana gelebilecek muhtemel riskleri en aza indirmek, operasyon öncesi planlamaya en yakın operasyonu yapabilmek ve hastaya yapılacak işlemler hakkında daha net bilgiler verebilmek mümkün olmaktadır.³⁻⁶

CAD/CAM SİSTEMLERİ İLE 3D KATI MODEL ELDE EDİLMESİ

3D katı modeller, oral ve maksillofasiyal cerrahide tanı, tedavi planının oluşturulması ve tedavi planı ile belirlenen hedeflere ne kadar sadık kalındığının belirlenmesi amacıyla kullanılabilir ve hekime doğru planlamada yardımcı olabilecek hata payı çok aza indirilmiş olan görsel araçlardır. Katı modeller anatomik yapıların daha iyi anlaşılması, tedavi öncesi ve sonrası simülasyonları ile sorunun tam olarak tespit edilmesi, kişiye özel implant ve distraktörler gibi materyallerin hatasız üretimi gibi faydalarının yanında, ameliyat süresinin kısaltılması ve başarısının artırılması, hastanın iyileşmesinden hastaneden erken ayrılmasını sağlamak gibi birçok yararlar da sağlamaktadır. Başlangıçta maliyeti artırdığı düşünülse de bunun hatasız cerrahi, mükemmel estetik sonuçlarla birlikte değerlendirildiğinde ihmal edilebilir düzeyde olduğu düşünülmelidir.^{1,5-7}

D'Urso ve ark.⁸ standart görüntüleme ile uygulanan cerrahlara göre, model oluşturarak gerçekleşen cerrahi operasyonların; Operasyon planlamasını geliştirdiği, teşhise karar vermede daha faydalı olduğu, ölçümlerde hassasiyeti artırdığı, hata payını azalttığı, operasyon süresini kısalttığı bunda operasyon masrafını önemli ölçüde azalttığını ve hastalar tarafından da faydalarının kabul gördüğünü bildirmişlerdir.

3D model üretiminde günümüzde en yaygın olarak "Fused deposition modeling" (FDM), "Stereolithography" (SLA) ve "Selective Laser Sintering" (SLS) yöntemleri kullanılmaktadır. 3D görüntülerden 3D model elde etme bir takım işlemlerin sırasıyla yapılmasıyla gerçekleştirilmektedir.^{9,10}

1. Hastaya ait verilerin elde edilmesi (BT, Dental Volümetrik Tomografi, Ultrason)
2. Bu verilerin CAD sistemine aktarılması
3. Özel yazılımlar kullanılarak verilerin dönüştürülmesi
4. Özel yazılımlarla tasarım oluşturma, anatomik oluşumların rekonstrüksiyonu
5. Hazırlanan tasarımın CAM olarak kullanılacak sisteme aktarılması
6. CAM ile tasarımın model olarak üretilmesi.

3D modelleme geliştirmekte olan bir yöntem olmasına rağmen kısa sürede geniş kullanım alanları bulmuştur. Özellikle çene yüz bölgesini içine alan kompleks cerrahi operasyonların önceden planlanması ve öngörülmesine olanak sağlaması hekimlere bu alanda yeni ufuklar açmaktadır. En büyük dezavantajı olan model oluşturma maliyeti, modelin operasyona sağladığı katkılar göz önünde bulundurulduğunda hastaya olumlu anlamda geri dönebilmektedir.^{7,9}

MAKSİLLOFASİYAL CERRAHİDE CAD-CAM KULLANIM ALANLARI^{5,11-17}

- İmplant cerrahisi
- Distraksiyon osteogenezi
- Ortognatik cerrahi
- Maksillofasiyal defektlerin tedavisi
- Çene yüz protezlerinin yapımı
- Maksillofasiyal bölgedeki patolojilerin cerrahisi
- Temporomandibular rekonstrüksiyonu

İMLANT CERRAHİSİ

Maksillofasiyal cerrahlar bilgisayarlı dental tomografi gibi 3D görüntüleme sistemlerini kullanarak implantın en uygun yerleşim yerini operasyondan önce planlayabilmektedirler. Uzaysal düzlemde yapılan bu planlamaların cerrahi uygulama sırasında gerçekleştirmek çokta kolay değildir. Bu nedenle planlamaların tam olarak operasyon sahasına aktarılabilmesi için cerrahi rehber şablonların kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur.¹⁷⁻¹⁹ CAD/CAM hem planlama hem de planlamaya uygun şablon oluşturmada etkin olarak kullanılan sistemdir. İmplant cerrahisi için gerekli ölçümler, kemik yapısının değerlendirilmesi, planlama ve buna uygun cerrahi şablonların hazırlanması bilgisayar yazılımlarıyla mümkündür.^{13,16,17,19}

Cerrahi şablonlu bir cerrahi planlanıyorsa sırasıyla;

1. Tarama protezi yapımı (tam dişsiz vakalarda)
2. Protezle birlikte görüntüleme
3. Planlama ve operasyon bölgesinin değerlendirilmesi
4. Cerrahi rehber şablon yapımı aşamaları uygulanmalıdır.^{13,17,19-22}

1. Tarama Protezi

Cerrahi şablon planlanan hastada tam dişsizlik ya da uzun dişsiz sahalar mevcut ise öncelikle tarama protezi hazırlamak gerekmektedir. Hastadan BT alınmadan önce alt ve üst çeneden ölçü alınır. Planlama yapılan sahanın durumuna uygun olarak radyopak dişler kullanılarak rehber protezler hazırlanır. İnce bir kaide şeklindeki tarama protezi çenelere yerleştirilir.^{13,17,19-22}

2. Protez ile Görüntüleme

Hasta protezler ile normal oklüzyon konumunda görüntülenir. Tarama boyunca hastanın hareket etmemesi çok önemlidir. Meydana gelebilecek bir oklüzyon kayması planlamanın hatalı yapılmasına neden olabilir.^{13,17,19-22}

3. Planlama ve Değerlendirme

Tarama işleminden sonra hastanın oklüzyonuna uygun şekilde implant yerleştirilecek alanlar belirlenir. Bu aşamada hangi bölgelere implant yerleştirileceği ve kaç implant kullanılacağı planlanır. Operasyon sahasında bulunan kritik anatomik oluşumlara olan mesafeler değerlendirilir. Alt çene için çoğunlukla mandibular kanalın seyri ile mental foramenin lokalizasyonu izlenir. Üst çenede burun tabanı, sinüs komşuluğu değerlendirilir. 3D görüntülerde 2D panoramik radyografilere göre üstün olarak bukkolingual/palatinal yöndeki mesafeler de değerlendirilebilir. Böylelikle implantın var olan kemikte 3D pozisyonu ayarlanabilir ve kemik ogmentasyonu işlemlerinin gerekip gerekmeyeceği ön görülebilir. Klinik çalışmalarda üst çenede vertikal boyutun yetersiz olduğu molar sahalarda sinüs yükseltilmesi gibi ekstra cerrahi işlemler yapmadan cerrahi rehber şablon kullanılarak implant için yeterli kemik mesafesi, açığı ve giriş noktası saptanarak belirlenip başarılı uygulamalar yapılmıştır. Böylelikle ek maliyet ve zaman kaybının önüne geçilebilir.^{13,17,19-22}

4. Şablon Yapımı

CAD sisteminde hazırlanan planlama CAM sistemine aktararak birebir uyumlu olarak cerrahi rehber şablon üretilmektedir. Üretimde daha çok SLA cihazı kullanılır ve bu cihazla çok kısa sürede üretim yapmak mümkündür. Şablon hazırlanması safhasında ne tür şablon

kullanılacağına karar vermek gerekir. Destek aldığı dokulara göre şablon tipleri diş destekli, mukoza destekli ve kemik destekli olarak üç tipe ayrılır.^{17,19-21}

Diş Destekli Şablon: Hastanın ağzında kısmi dişsizlik veya tek diş eksikliği mevcut ise diş destekli cerrahi şablonlar kullanılabilir. İmplant yapılacak sahaya komşu dişler rehber ve destek olarak alınır. Diş destekli cerrahi şablon, hastaya özel üretilen bir frez rehberi olup hareketsiz olarak diğer dişlerin üzerine yerleştirilerek frezin tam planlanan noktaya hedeflenmesini sağlar. Tüm planlama cerrahi öncesinde yapıldığı ve kemik yapısı en ince detayına kadar değerlendirildiği için frez ve implant yerleşimi için ogmentasyon gerektiren vakalar hariç flep kaldırma gereksinimi bile ortadan kalkabilir. Mukoza içinde yapılacak küçük bir panç, implantların doğru ve hassas yerleşimi için yeterli olacaktır. Diş destekli cerrahi şablon hazırlamak için ayrıca tarama protezine ihtiyaç yoktur.^{17,19-21}

Mukoza Destekli Şablon: Hastada tam dişsizlik mevcut ise mukoza destekli cerrahi şablonlar kullanılabilir. Tam dişsizlik nedeniyle tarama protezi kullanılmalıdır. CAD/CAM ile hazırlanan mukoza destekli şablon sabit olarak hastanın kretlerine oturur. Şablonun sabitlenmesinde mini vidaların kullanılması gerekmektedir. Vidalar sabitlenirken implant yerleştirilecek alanlara dikkat edilmeli ve implant giriş yoluyla çakışmamalıdır. Mukoza destekli şablon kullanarak flepsiz cerrahi uygulaması mümkündür.^{17,19-21}

Kemik Destekli Şablon: CAD/CAM ile yapılan kemik destekli cerrahi şablonlar, kemik üzerine tam uyumlu olarak oturur. Mukoza destekli şablonlardan farklı olarak mutlaka flep kaldırılır ve şablon doğrudan kemik yüzeyine oturtulur. Flep kaldırılıp

kemik görüldüğü için cerrahlar özellikle kemik hacmi sınırlı olan vakalarda bu şablonu daha çok tercih ederler. Böylelikle implant uygulanacak saha da görülmüş olur ve gerekli ise kemik ogmentasyonu yapılabilir.^{17,19-21}

İmplant uygulamalarında CAD/CAM kullanımı, hem hasta açısından, hem de cerrah açısından geleneksel yöntemlere göre daha güvenli ve daha konforlu bir operasyon sunmaktadır. Operasyon öncesi planlamadan cerrahi rehber yapımına kadar pek çok safhada avantajları vardır.

Avantajlar^{13,17,19-22}

- Mevcut kemiğin yapısal ve boyutsal açıdan değerlendirilebilmesi
- Operasyon sahasının anatomik komşuluklar açısından değerlendirilebilmesi
- Planlamanın 3D olarak yapılabilmesi
- Planlamaya en uygun implant boyutlarının işlem öncesi belirlenebilmesi
- Hata payının en aza indirilmesi
- Şablon kullanarak flepsiz cerrahi yapılabilmesi
- Flep kaldırılmayan vakalarda daha az invaziv bir cerrahi ve daha erken iyileşme
- Potansiyel olarak en uygun üst yapı hazırlanabilmesi
- Planlamaya uygun operasyon öncesi protez yapımı
- Planlamaya en yakın operasyon sonrası sonuç

Dezavantajlar¹⁹

- Planlama aşamasının uzun sürmesi ve teknik bilgiye ihtiyaç duyulması
- Hastaya ek maliyet getirmesi
- Şablon ve frez yolunun kalınlığından dolayı posterior bölgede kullanım zorluğu

DİSTRAKSİYON OSTEOGENEZİ

CAD/CAM sistemleri, maksillofasiyal cerrahlar için distraksiyon osteogenezi operasyonlarında da birçok kolaylık sunmaktadır. Tedavinin başarılı olabilmesi için öncelikle doğru bir planlama yapılması gerekir. Hastadan elde edilen BT, sefalometrik ve submentoverteks veriler değerlendirilir. Distraksiyon osteogenezinde en önemli noktalardan biri istenilen miktarda ve paralel olarak genişletmeyi sağlamaktır. Bu aşamadan itibaren CAD/CAM sistemi kullanılır. CAD/CAM sistemi sayesinde distraksiyon işlemleri için; 3D olarak planlama, distraksiyon miktarının tam olarak ölçümü, 3D model elde etme, ölçümlere uygun distraktörlerin yapımı, model üzerinde planlama ve pratik yapma, distraktörlerin pozisyonlarının model üzerinde denemesi ve operasyon sonrası durumun önceden belirlenebilmesi hastaya operasyonun ve sonrasında anlatılması mümkündür. Operasyonun model üzerinde planlanması ve uygulama cerrahlar için önemli bir avantajdır. Özellikle distraktörlerin model üzerinde değerlendirilmesi operasyon anında daha hızlı ve pratik uygulamayı sağlar. Gerekli olan distraksiyon miktarı tam olarak belirlenir ve buna uygun son durum görülebilir. Gerekli olan distraktörler özel olarak tasarlanır. SLA cihazı ile hazırlanan plaklarla distraktörler, konvansiyonel cerrahiye kıyasla daha paralel olarak yerleştirilebilir.^{5,23-27}

ORTOGNATİK CERRAHİ

Ortognatik cerrahide kraniofasial kompleksin kapsamlı değerlendirilmesi ve kayıtlarının alınması, geleneksel olarak alçı modeller, fotoğraflar ve radyografiler gibi yöntemlerle sağlanmaktadır. Bununla birlikte konik-ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) gibi 3D görüntüleme yöntemlerinin yaygınlaşması ile bu alanda da CAD/CAM teknolojisini kullanmak mümkün olmaktadır.²⁸ Hastaya ait 3D veriler özel yazılımlarla yeniden yapılandırılır, 3D modeller tasarlanır ve tasarlanan modeller SLA cihazıyla üretilir.¹¹ Elde edilen 3D modeller; Planlama, model üzerinde osteotomi, uygun miniplak ve distraktörlerin seçimi, Ameliyat sonrası durumun değerlendirilmesi, ameliyat sırasında karşılaştırma, hastaya operasyon hakkında bilgi verme gibi birçok amaçla kullanılır.^{18,29,30}

Planlama safhasında özel yazılımlar kullanılarak 3D kemik osteotomileri, kemik segmentlerinin farklı renklerle renklendirilmesi yapılabilir. Operasyon öncesi mini plaklar ve kullanımı gerekli ise distraktörler model üzerinde denenir ve duruma göre özel boyutlu distraktörler yapılabilir. Tedavi sonrası oklüzyonun alacağı şekil 3D olarak oluşturulur. Ortognatik cerrahide CAD/CAM kullanmak operasyonun daha güvenli ve hızlı yapılmasını sağlar. Hastaya, planlamaya en yakın tedavi sunma imkanı verir. Hata payını en aza indirerek komplikasyon riskini de azaltmış olur.^{11,18,29,30}

MAKSİLLOFASİYAL BÖLGEDEKİ DEFEKTLERİN VE FRAKTÜRLERİN TEDAVİSİ

Kemik yapısındaki deformitelerin tedavisinde otojen veya yapay kemikler kullanılır. Biyouyumluluk açısından en ideali otojen

greftlerdir. Ancak bazı vakalarda defektlerin rehabilitasyonu otojen greftlerle mümkün olmayabilir. Bu gibi durumlarda da dışarıdan elde edilen kemikler daha avantajlıdır.^{3,18} Defekt tedavilerinde yapay kemiklerin yanı sıra titanyum onleyler de kullanılır. Titanyum onleylerin biyouyumlulukları yapay kemiklere göre daha üstündür. Titanyum onleyler CAD/CAM sistemleri kullanılarak kolayca tasarlanıp üretilebilirler. Defekt bölgesine birebir uyumlu olarak oluşturulup, üretilirler.^{15,31}

Tasarım için hastanın 3D görüntüleri tekrar şekillendirilir. Defekt bölgesinin sınırları belirlenir. Simetrik taraf referans alınarak onley defekt üzerinde tasarlanır ve daha sonra tasarım CAM sisteminde üretilir. Oluşturulan onley operasyon bölgesine fiksasyon teknikleri kullanılarak sabitlenir. Tasarım ve üretimde CAD/CAM kullanmak geleneksel yöntemlere göre; operasyonun daha az komplikasyonla kısa zamanda yapılması, ölçü aşamasındaki zorlukların ortadan kalkması, estetik açıdan üstün olması, andırat sahalarının varlığında bile iyi sonuçlar verebilmesi gibi çeşitli avantajlar sağlar. Diğer yönden üretimde kullanılan materyallerin ek maliyet getirmesi bir olumsuzluk olarak değerlendirilebilir.^{3,32,33} Diğer yönden CAD/CAM sistemleri ekstraoral defektlerin yanı sıra intraoral defektlerin tedavisinde de kullanılabilirler. Son zamanlarda intraoral otojen blok greft alınması sırasında CAD/CAM yöntemiyle üretilen cerrahi rehberlerin kullanıldığı teknikler rapor edilmektedir.³⁴ Ayrıca intraoral greftleme sırasında kullanılan titanyum meshlere alternatif olarak membrane görevi görebilecek materyallerin CAD/CAM sistemleriyle kişiye özel üretimini bildiren çalışmalarda mevcuttur.³¹

MAKSİLLOFASİYAL BÖLGEDEKİ PATOLOJİLERİN TEDAVİSİ

Kompleks maksillofasiyal tümör rezeksiyon ameliyatlarında renklendirilmiş SLA modelleri kullanılarak patolojik alanın rezeke edilmesinden sonra bu bölgeye konulacak otojen kemik greftinin büyüklüğü ve konumu belirlenebilir. Rezeke edilecek patolojik alanın model üzerinde öngörülmesiyle cerrahi yaklaşımın planlanması da kolaylaşmaktadır. Maksillofasiyal implant ve rekonstrüksiyon yüzeyleri cerrahi işlemde önce hazırlanarak daha iyi bir kontur oluşturulmasına olanak sağlar. CAD/CAM ile yapılan planlamalar ve kullanılan katı modeller anatomik yapıların daha iyi anlaşılmasına, cerrahi öncesi operasyon simülasyonuna, lezyonların operasyon sırasında gerçeğe yakın olarak lokalize edilmesine, ayrıca model üzerinde rekonstrüksiyon plaklarının preoperatif olarak adapte edilmesine dolayısıyla operasyon süresinin kısalmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca medikal 3D katı model, yapılacak işlemleri ve doğacak problemleri hastaya kolayca anlatılabilmesine imkan vermektedir. Böylelikle hastalar operasyonları psikolojik açıdan daha iyi tolere edebilmektedir.^{1,4,32,35,36}

TEMPOROMANDİBULAR EKLEM REKONSTRÜKSİYONU

Temporomandibular eklem (TME), 3D modeller kullanılarak TME bozukluklarının tedavisinde cerrahlara yararlar sağlamaktadır. TME operasyonları öncesinde 3D model üzerinde anatomik yapıların mevcut durumu görülerek operasyon planlaması yapılabildiği gibi ayrıca pek çok dejenerasyon vakasında SLA modeller kullanılarak vakaya özel parsiyel veya total eklem protezleri yapılabilir. TME ankilozu veya fossa-eminens yapılarının gelişmediği sendromlu vakalarda 3D

modeller üzerinde fossa-eminens protezi hazırlanmaktadır. Bu sayede operasyonda kullanılacak olan protez yapı önceden bire bir boyutlarda kişiye özel oluşturulmaktadır. Eklem protezleri daha uyumlu, hızlı ve etkin şekilde uygulanabilmektedir. Dolayısıyla cerrahi müdahaleler daha az komplikasyonla, daha kısa sürede ve daha yüksek başarı ile uygulanabilmektedir.³⁷⁻³⁹

SONUÇ

CAD/CAM sistemleri ile yapılan 3D modellerin sunduğu kuvvetli planlama yeteneği sayesinde cerrahlar geleneksel yöntemler kullanarak tedavisini gerçekleştiremeyecekleri vakaları bu yöntem dahilinde tedavi etme şansı yakalayabileceklerdir. Günümüzde 3D modellemede teknoloji hızla gelişmektedir ve kullanım alanları genişlemektedir. Bu konuda yapılan araştırmalar halen devam etmektedir. Özellikle son yıllarda maliyetleri giderek düşen ve daha ulaşılabilir hale gelen 3D yazıcıların kullanımı sayesinde cerrahi uygulamalarda birçok avantaja sahip CAD/CAM uygulamalarının ulaşılabilirliği de giderek artacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Steinbacher DM. Three-Dimensional Analysis and Surgical Planning in Craniomaxillofacial Surgery. J Oral Maxillofac Surg. 2015;73:S40-56.
- [2] Hassfeld S, Muhling J. Computer assisted oral and maxillofacial surgery--a review and an assessment of technology. Int J Oral Maxillofac Surg. 2001;30:2-13.
- [3] Gotz C, Warnke PH, Kolk A. Current and future options of regeneration methods and reconstructive surgery of the facial skeleton. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2015;120:315-23.

- [4] Levine JP, Patel A, Saadeh PB, Hirsch DL. Computer-aided design and manufacturing in craniomaxillofacial surgery: the new state of the art. *J Craniofac Surg.* 2012;23:288-93.
- [5] Robiony M, Salvo I, Costa F, Zerman N, Bandera C, Filippi S, et al. Accuracy of virtual reality and stereolithographic models in maxillo-facial surgical planning. *J Craniofac Surg.* 2008;19:482-9.
- [6] Troulis MJ, Everett P, Seldin EB, Kikinis R, Kaban LB. Development of a three-dimensional treatment planning system based on computed tomographic data. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2002;31:349-57.
- [7] Bell RB. Computer planning and intraoperative navigation in craniomaxillofacial surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2010;22:135-56.
- [8] D'Urso PS, Barker TM, Earwaker WJ, Bruce LJ, Atkinson RL, Lanigan MW, et al. Stereolithographic biomodelling in craniomaxillofacial surgery: a prospective trial. *J Craniofac Surg.* 1999;27:30-7.
- [9] Sinn DP, Cillo JE, Jr., Miles BA. Stereolithography for craniofacial surgery. *J Craniofac Surg.* 2006;17:869-75.
- [10] Marro A, Bandukwala T, Mak W. Three-Dimensional Printing and Medical Imaging: A Review of the Methods and Applications. *Curr Probl Diagn Radiol.* 2016;45:2-9.
- [11] Vale F, Scherzberg J, Cavaleiro J, Sanz D, Caramelo F, Malo L, et al. 3D virtual planning in orthognathic surgery and CAD/CAM surgical splints generation in one patient with craniofacial microsomia: a case report. *Dental Press J Orthod.* 2016;21:89-100.
- [12] Noh K, Pae A, Lee JW, Kwon YD. Fabricating a tooth- and implant-supported maxillary obturator for a patient after maxillectomy with computer-guided surgery and CAD/CAM technology: A clinical report. *J Prosthet Dent.* 2016;115:637-42.
- [13] Widmann G, Fischer B, Berggren JP, Dennhardt A, Schullian P, Reto B, et al. Cone Beam Computed Tomography vs Multislice Computed Tomography in Computer-Aided Design/Computer-Assisted Manufacture Guided Implant Surgery Based on Three-Dimensional Optical Scanning and Stereolithographic Guides: Does Image Modality Matter? *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016;31:527-33.
- [14] Cassetta M, Giansanti M, Di Mambro A, Calasso S, Barbato E. Minimally invasive corticotomy in orthodontics using a three-dimensional printed CAD/CAM surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016;45:1059-64.
- [15] Tarsitano A, Battaglia S, Ciocca L, Scotti R, Cipriani R, Marchetti C. Surgical reconstruction of maxillary defects using a computer-assisted design/computer-assisted manufacturing-produced titanium mesh supporting a free flap. *J Craniofac Surg.* 2016;44:1320-6.
- [16] Pettersson A, Kero T, Soderberg R, Nasstrom K. Accuracy of virtually planned and CAD/CAM-guided implant surgery on plastic models. *J Prosthet Dent.* 2014;112:1472-8.
- [17] Tahmaseb A, De Clerck R, Wismeijer D. Computer-guided implant placement: 3D planning software, fixed intraoral reference points, and CAD/CAM technology. A case report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24:541-6.
- [18] Scolozzi P. Computer-aided design and computer-aided modeling (CAD/CAM) generated surgical splints, cutting guides and custom-made implants: Which indications in orthognathic surgery? *Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale.* 2015;116:343-9.
- [19] Kattadiyil MT, Parciak E, Puri S, Scherer MD. CAD/CAM guided surgery in implant dentistry: a brief review. *Alpha Omegan.* 2014;107:26-31.

- [20] Verduyssen M, Fortin T, Widmann G, Jacobs R, Quirynen M. Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications. *Periodontol* 2000. 2014;66:214-27.
- [21] D'Souza KM, Aras MA. Types of implant surgical guides in dentistry: a review. *J Oral Implantol*. 2012;38:643-52.
- [22] Casap N, Tarazi E, Wexler A, Sonnenfeld U, Lustmann J. Intraoperative computerized navigation for flapless implant surgery and immediate loading in the edentulous mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005;20:92-8.
- [23] Chen Y, Niu F, Yu B, Liu J, Wang M, Gui L. Three-dimensional preoperative design of distraction osteogenesis for hemifacial microsomia. *J Craniofac Surg*. 2014;25:184-8.
- [24] Sun H, Li B, Zhao Z, Zhang L, Shen SG, Wang X. Error analysis of a CAD/CAM method for unidirectional mandibular distraction osteogenesis in the treatment of hemifacial microsomia. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2013;51:892-7.
- [25] Mattick CR. Osteogenic distraction within the craniofacial complex. *Dent Update*. 2000;27:426-31.
- [26] Van Strijen PJ, Perdik FB, Becking AG, Breuning KH. Distraction osteogenesis for mandibular advancement. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2000;29:81-5.
- [27] Herford AS, Stringer DE, Tandon R. Mandibular surgery: technologic and technical improvements. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2014;26:487-521.
- [28] Agrawal JM, Agrawal MS, Nanjannawar LG, Parushetti AD. CBCT in orthodontics: the wave of future. *J Contemp Dent Pract*. 2013;14:153-7.
- [29] Aboul-Hosn Centenero S, Hernandez-Alfaro F. 3D planning in orthognathic surgery: CAD/CAM surgical splints and prediction of the soft and hard tissues results - our experience in 16 cases. *J Craniofac Surg*. 2012;40:162-8.
- [30] Mavili ME, Canter HI, Saglam-Aydinatay B, Kamaci S, Kocadereli I. Use of three-dimensional medical modeling methods for precise planning of orthognathic surgery. *J Craniofac Surg*. 2007;18:740-7.
- [31] Sumida T, Otawa N, Kamata YU, Kamakura S, Mtsushita T, Kitagaki H, et al. Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Clinical application and the comparison with conventional titanium mesh. *J Craniofac Surg*. 2015;43:2183-8.
- [32] Vera C, Barrero C, Shockley W, Rothenberger S, Minsley G, Drago C. Prosthetic reconstruction of a patient with an acquired nasal defect using extraoral implants and a CAD/CAM copy-milled bar. *J Prosthodont*. 2014;23:582-7.
- [33] Frodel JL, Jr. Computer-designed implants for fronto-orbital defect reconstruction. *Facial Plast Surg*. 2008;24:22-34.
- [34] De Stavola L, Fincato A, Albiero AM. A computer-guided bone block harvesting procedure: a proof-of-principle case report and technical notes. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2015;30:1409-13.
- [35] Yu Y, Zhang WB, Liu XJ, Guo CB, Yu GY, Peng X. Three-Dimensional Accuracy of Virtual Planning and Surgical Navigation for Mandibular Reconstruction With Free Fibula Flap. *J Oral Maxillofac Surg*. 2016;74:1503 e1- e10.
- [36] Nkenke E, Agaimy A, Vairaktaris E, Lell M, von Wilmowsky C, Eitner S. Case History Report: Immediate Rehabilitation with a Prefabricated Fibula Flap Following Removal of a Locally Aggressive Maxillary Tumor. *Int J Prosthodont*. 2016;29:53-8.
- [37] Haq J, Patel N, Weimer K, Matthews NS. Single stage treatment of ankylosis of the

temporomandibular joint using patient-specific total joint replacement and virtual surgical planning. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2014;52:350-5.

- [38] Wang G, Li J, Khadka A, Hsu Y, Li W, Hu J. CAD/CAM and rapid prototyped titanium for reconstruction of ramus defect and condylar fracture caused by mandibular reduction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012;113:356-61.
- [39] Zhang S, Liu X, Xu Y, Yang C, Undt G, Chen M, et al. Application of rapid prototyping for temporomandibular joint reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69:432-8.