

# YÜZ PROTEZİ YAPIMINDA BİLGİSAYAR DESTEKLİ TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI

## THE USE OF THE COMPUTER ASSISTED TECHNOLOGIES IN FACIAL PROSTHESES' PRODUCTION

*Gülümser EVLİOĞLU<sup>1</sup>, Evrim GÖRE<sup>2</sup>*

### ÖZET

Doğumsal veya kazanılmış yüz defektleri bulunan hastaların bu defektlerinin cerrahi yolla tamamen kapatılması her zaman mümkün olmamaktadır. Hastaların sosyo-psikolojik durumlarını önemli ölçüde etkileyen bu durumlarda defektlerin protetik olarak kapatılması gerekmektedir. Protezlerin hazırlanmasında kullanılan geleneksel yöntemler hasta, hekim ve teknisyen açısından türlü zorluklar taşımakta ve uzun zaman gerektirmektedir. Hastaya ait ölçümlerin çeşitli üç boyutlu görüntüleme yöntemleri kullanılarak yapılması ve bunların bilgisayara aktarılmasıyla üç boyutlu modellerinin elde edilmesi bu zorlu süreci oldukça kısaltmaktadır. Günümüzde bu amaçla bilgisayarlı tomografi(BT) ve manyetik rezonans (MR) görüntüleme yöntemlerinin yanı sıra lazer yüzey tarayıcılar ve optik modelleme yöntemleri de başarıyla kullanılmaktadır. Elde edilen verilerden üç boyutlu modellerin oluşturulması işleminde hızlı prototipleme (RP) yöntemi kullanılmaktadır. Stereolithografi (SL), RP tekniklerinden biri ve en yaygın olarak kullanılanıdır.

Bu makalede yüz protezlerinin üretilmesinde bilgisayar destekli sistemlerin kullanım alanları incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Üç boyutlu görüntüleme, yüz protezlerinin hazırlanması

### SUMMARY

It is not always possible to surgically replace the tissues of the congenital or required facial defects. In those situations, which affect the patient's sociopsychologic situations, prosthetic treatment is necessary. The conventional prosthesis producing techniques have many handicaps for patients, clinicians and technicians. Acquiring the data of the patient's face using three dimensional scanning techniques provides to shorten this process. The computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), laser surface scanners and optical modeling systems are currently used. Prototyping of the facial prosthesis is made by rapid prototyping (RP) technique. Stereolithography is one of the RP techniques.

This article investigates the computer assisted design of facial prostheses.

**Key Words:** Three dimensional scanning, design of facial prostheses

Yüz bölgesini ilgilendiren defektler doğumsal (hemifasiyal mikrozomi gibi) veya kazanılmış (travma veya tümör rezeksiyonu gibi) defektler

olabilirler. Bireylerin yaşam kalitelerini önemli ölçüde etkileyen bu defektler her ne kadar gelişmiş cerrahi teknikleri sayesinde kapatılmaya çalışılıyorsa

<sup>1</sup> Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Çene-Yüz Protezi B.D.

<sup>2</sup> Dt., İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Çene-Yüz Protezi B.D.

da dokunun uygunluğu, onkolojik defektlerin düzenli takip zorunluluğu ve hastanın yaşı ve medikal durumu gibi faktörler cerrahlar için ciddi handikaplar oluşturabilmektedir (1, 2). Toplum içinde sosyal ve psikolojik problemlere yol açacak bu durumda çoğunlukla defektlerin protetik restorasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır (1-3).

Bu defektlerin tedavisi için kullanılan geleneksel yöntemlerin hem hasta, hem hekim, hem de teknisyen açısından pek çok handikabı bulunmaktadır ve tedavinin başarısında teknisyenin el becerisi çok fazla öne çıkmaktadır. Özellikle aurikular protezlerde simetrik kulakla uyumlu bir protezin yapılması oldukça güçtür (1, 4-7). Geleneksel yöntemlerle fasiyal protez hazırlanması işleminin dezavantajları arasında genel olarak:

(1) hastanın tedavi süresince kliniğe sık gelip gitme zorunluluğu,

(2) randevu seanslarının uzun sürmesi,

(3) ölçü alınması işlemlerinin hem hasta hem de hekim açısından oldukça zahmetli olması,

(4) protezin başarısının ağırlıklı olarak protezin mum modelajını yapan kimsenin el yeteneğine ve tecrübesine bağlı olması ve

(5) gerek klinik, gerekse laboratuvar işlemlerinin uzun sürmesi nedeniyle toplam tedavi süresinin oldukça uzun olması sayılabilir (8).

Yüz protezlerinde en önemli tedavi aşamalarından biri olan defekt ölçüsünün alınması işlemi için pek çok farklı materyal kullanılmaktadır. Günümüzde bu amaçla en sık olarak kullanılan materyaller silikonlar ve irreversibl hidrokolloidlerdir (1, 3, 9). Kullanılan malzemeye ve hastanın ölçü alma sırasındaki pozisyonuna bağlı olarak dokular üzerinde farklı miktarlarda basınç oluşur (2). Yumuşak dokular iskeletsel yapılar tarafından zayıf şekilde desteklendiklerinden ölçü materyali tarafından sıkıştırılırlar. Ayrıca perioral, perinasal ve periorbital yapılarda reflekssel hareketler ölçüyü bozabilir. Orbital protezler için ölçü alınırken sağlam gözün kapalı tutulmasının gerekliliği de simetriğini hazırlarken zorluk çıkarmaktadır (10). Tüm bu zorluklar göz önüne alındığında yüz protezleri için yeni ölçü ve modelleme alternatiflerinin arayışına gidilmiştir.

Günümüzde bilgisayara bağlı tasarım sistemlerinin son derece gelişmiş olması, bu gelişimlerden tıbbi alanlarda da yararlanılabilmesini sağlamıştır. İlk olarak 1980'li yılların ortalarında

Mankovich (11) kraniyal implantların üretiminde üç boyutlu modellemeyi gündeme getirmiştir (1). Hastaya ait verilerden bilgisayar yardımı ile modellerin elde edilmesi işlemi son yıllarda özellikle plastik ve rekonstrüktif cerrahi işlemlerinde başarıyla kullanılmaktadır (11-22). Elde edilen stereolithografik modeller sayesinde ameliyat öncesi planlama yapılabilen ve implantların hazırlanmasında kolaylık sağlanmaktadır (20).

Bilgisayar destekli üç boyutlu görüntüleme ve üretim yöntemlerinin birçok farklı alandaki başarısı, yüz protezlerinin hazırlanmasında da bu yöntemlerin kullanılması konusunda teşvik edici olmuştur. Yöntem temel olarak yüzün üç boyutlu görüntüsünün kaydedilmesi, bu kayıtların bilgisayar ortamına aktarılması ve uygun bilgisayar programları ile hazırlanan sanal modelin fiziksel modele dönüştürülmesi aşamalarından oluşmaktadır (2, 4-8, 23).

### Verilerin Elde Edilmesi

Bir yüz protezinin tasarımı için bilgisayara aktarılacak iki tip veri bulunmaktadır;

1- Defekt bölgesi

2- Hazırlanacak proteze örnek model olacak simetrik sağlıklı organ bölgesi (2)

Özellikle aurikular protezlerde simetrik sağlam kulağın ölçüsünün kaydedilmesi geleneksel elle yapılan modelaj yöntemi ile kıyaslandığında oldukça başarılı sonuçlar vermektedir.

Bu verilerin bilgisayara aktarılması için hastaya herhangi bir ölçü maddesinin temas etmediği yöntemler kullanılmaktadır. Medikal görüntüleme sistemleri, optik veri elde etme ve lazer yüzey tarayıcılar bu amaçla kullanılan yöntemlerdendir (2). Medikal görüntüleme sistemleri bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MR) sistemleri olarak iki çeşittir. Her iki sistemin de bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Cerrahide sıklıkla kullanılan BT yöntemi ile model elde edilmesi işlemi protez yapımı amacıyla kullanıldığında tatmin edici sonuçlar verse de (24) etik olarak hastanın yaklaşık olarak 30-40 mGy radyasyon dozuna maruz kalması ve getirdiği ek maliyet yüzünden yaygın kullanım alanı bulmamıştır (2, 4, 19, 25).

Kemik ve yumuşak dokulara ait verilerin kaydedilmesinde noninvaziv bir yöntem olan MR görüntüleme yöntemi BT'ye alternatif oluşturmaktadır. Bu yöntemle görüntü elde edilmesinin en



büyük avantajı BT'deki radyasyon probleminin olmamasıdır. Ancak klostrifik hastalarda, kalp pili gibi ferromanyetik implant taşıyanlarda ve aşırı kilolu bireylerde kullanılamamaktadır. Hastanın uzun süre hareketsiz durmasının gerekmesi de bir dezavantaj oluşturmaktadır (2, 4). Mevcut görüntüleme sistemleriyle internal ve eksternal dokulara ait geniş veriler elde edilebilir, ancak bunun için gelişmiş bilgisayar teknolojilerine ihtiyaç duyulması maliyetin artmasına sebep olmaktadır (2).

Kayıtların alınmasında kullanılan bir diğer yöntem lazer yüzey tarayıcılarla görüntü alınmasıdır. Bu yöntem, nesnelerin dış yüzlerinden üç boyutlu topografik kayıtların alınması ve bunların bilgisayara aktarılması esasına dayanır. Sadece dış yüzeylerden kayıt alınması nedeniyle verinin bilgisayar modellerine aktarılması, BT ve MR kayıtlarına göre daha kolaydır (2, 26). Bunun dışında yöntemin;

(1) oldukça düşük radyasyon dozu üretimi,

(2) kayıt süresinin 0,6-7 saniye gibi kısa bir süre olması ve dolayısıyla hastanın uzun süre hareketsiz kalması zorunluluğunun bulunmaması,

(3) gerektiğinde tekrarlanan ölçümlerin kolaylıkla yapılması gibi avantajları da bulunmaktadır (2).

Yöntemin en büyük dezavantajı saçtan yansıyan ışığın görüntüyü bozması olasılığıdır. Ancak saçın üzerine pudra sürülmesi bu zorluğun aşılmasına yardımcı olmaktadır (2, 4). Derin andırkatları olan yüz dokularının kaydında problem oluşabiliyor olması yöntemin önemli dezavantajlarından biridir. Kulakta konkal duvar, burunda burun delikleri gibi bazı bölgelerde kayıt sırasında eksik veri elde edilebilmesi söz konusudur ve kayıtlar cilt renginden de etkilenebilir (2).

Optik modelleme noninvaziv teknikler arasında yer alan bir diğer alternatiftir. Beyaz ışık ve farklı sayılarda dijital kameraların kullanıldığı bu sistemde kaydedilecek yüzeyin büyük parlaklık farklılıklarına sahip olmaması gerekir. Projektörün içinde yer alan paralel çizgiler yüzün üzerinde gölgeler oluşturur ve bu görüntü kameralara kaydedilerek bilgisayara aktarılır (10, 27). Yöntemde kamera sistemine eklenen aynalar ve kamera sayısının artırılması gibi kayıt süresini azaltacak ve ölçümün doğruluğunu arttıracak modifikasyonlar da geliştirilmektedir (10, 27). Ölçümler yapılırken hastanın sabit durması önemlidir. Sistemin en büyük dezavantajlarından biri yine saçın ışığı yansıtma özelliğidir. Önceki

yöntemde anlatılan çözümle bu problemin önüne geçilebilir. Yöntemin bir diğer handikabı gözlerin kaydedilmesinde göz küresinin ışığı yansıtıcı özellikte olmasıdır. Hastanın gözlerinde kamaşma ve sulanmaya da neden olabileceği için ölçüm sırasında gözlerin kapalı tutulması önerilmektedir (27). Burun kanatlarında oluşabilecek gölgelenmeler görüntüleme sayısının artırılmasıyla engellenmiş olur (27).

### Verilerin Bilgisayar Ortamında İşlenmesi

Çeşitli yöntemlerle elde edilen veriler bir 'Bilgisayar Destekli Tasarım' (CAD) yazılım programı kullanılarak düzenlenir. Bu programda lojik programlama, makine tasarım ve biyomatematik teknikleri kullanılır (28). Mikro düzeyde oral epitelyum hücrelerinin dinamik etkileşimlerinin modellenmesi yapılabilmekte, makro düzeyde ise kraniyofasiyal modeller elde edilerek cerrahi planlama ve protez üretimi gibi alanlarda kullanılmaktadır (28). Farklı özelliklerde pek çok CAD yazılım programı bulunmaktadır. Bilgisayara girilmiş olan ve 'nokta bulutu' olarak adlandırılan xyz formatında koordinatlar üçgen veya çokgenlere bölünerek yüzey profili elde edilir ve kesit alma ve üç boyutlu eğri üretimi teknikleri ile kör noktalardan kaynaklanan eksik yüzeylerin düzeltilmesi işlemi gerçekleştirilir (2).

Simetrik organın ayna görüntüsü elde edilerek üretime uygun formatta kaydedilmiş bir model oluşturulur (27). Bu model üzerinde fazlalıkların kesilmesi dosyanın büyüklüğünü azaltarak işlemleri kolaylaştırır.

### Protezin Üretimi

Elde edilen CAD verilerinden bilgisayar destekli modelleme (CAM) işleminin gerçekleştirilmesi için kullanılan en gelişmiş yöntem hızlı prototipleme (RP) yöntemidir. Bilgisayarlı sayısal kontrollü (CNC) işleme makineleri ile frezeleme işlemindeki kısıtlılıklardan dolayı bu tekniğin alternatifi olarak RP tercih edilmektedir. Çok ince detayları bile işleyebiliyor olması RP sistemine CNC'ye göre üstünlük sağlamaktadır (15). Bu yöntemin freze makinesine göre en önemli avantajı sadece yüzey konturlarının değil, modelin iç yapısının da ayrıntılı bir şekilde işlenmesine izin vermesidir (4, 29). Modelin elde edilmesindeki temel prensip katı bir kalıba şekil vermek değil; ince dilimler halinde materyal birikintileri oluşturmaktır (4). BT ve MR görüntüleme yöntemleri ile elde edilmiş veriler dilimlendirilmiş şekilde kayıt yapılması için oldukça uygundur.

Günümüzde en sık kullanılan RP tekniği stereolithografi (SL) yöntemidir (2, 4, 8, 27, 29-31) (Şekil 1). Bu yöntemde eldeki üç boyutlu verilerden elde edilecek akrilik reçine modellerin polimerizasyonu için argon/iyon lazer kullanılır. SL anatomik ayrıntılardaki üstünlüğü ve gerektiğinde sterilize edilip ameliyatta kullanılabilir modeller üretmesi nedeniyle kullanım alanı bulmuştur, ancak en önemli dezavantajı sistem için gerekli ekipmanın piyasada yaygın olarak bulunamaması ve pahalı bir sistem oluşudur (31).



Şekil 1. Viper Si2T SLA@system, stereolithografi makinesi, 3D systems Inc.

Bu yöntemle iki çeşit model elde edilebilir:

(1) hazırlanacak protezin negatifi olan ve içine mum dökülerek protezin kopyasının elde edilebileceği model,

(2) hazırlanacak protezle aynı boyut ve şekilde olan model (8).

İkinci yöntemde elde edilmiş olan modelden silikon materyali ile ölçü alınır ve bu kalıptan mum model elde edilir (4, 8, 27, 29-31). Modelden ölçü alınmasının amacı hasta üzerinde denenecek mum model için bir negatif kalıp elde edilmesidir. Herhangi bir yöntemle elde edilmiş olan mum modelin hastanın yüzünde denenmesini takiben

gerekli düzeltmeler yapılır ve protezin rengi seçilerek bitirilir (8).

### SONUÇ

Bilgisayara bağlı teknolojilerin sürekli olarak geliştiren olması, endüstriyel alanlarda olduğu kadar medikal alanda da bu teknolojilerin insanların yararına kullanılmasına olanak tanımaktadır. Bu teknolojiler arasında yer alan bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknikleri yüz protezlerinin üretim aşamasında sağladığı pek çok kolaylık sayesinde bu alanda kendine gittikçe daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Geleneksel yöntemlere göre pek çok avantajı bulunan bu yöntemin hem hastalar, hem teknisyenler, hem de hekimler için zaman ve işgücü kaybını önleyecek alternatif bir yöntem olduğu düşünülmektedir.

### KAYNAKLAR

1. Beumer J, Curtis TA, Marunick MT. Maxillofacial rehabilitation. Prosthodontic and surgery considerations. St Louis: Ishiyaku EuroAmerica, 1996: 467-75
2. Cheah C, Chua C, Tan K, Teo C. Integration of laser surface digitizing with CAD/CAM techniques for developing facial prostheses. Part 1: Design and fabrication of prosthesis replicas. *Int J Prosthodont*, 2003; 16: 435-41
3. Mathews MF, Smith RM, Sutton AJ, Hudson R. The ocular impression: A review of the literature and presentation of an alternate technique. *J Prosthodont*, 2000; 9: 210-6
4. Coward TJ, Watson RW, Wilkinson IC. Fabrication of a wax ear by rapid-process modelig using stereolithography. *Int J Prosthodont*, 1999; 112: 20-7
5. Ciocca L, Scotti R. CAD-CAM generated ear cast by means of a laser scanner and RP machine. *J Prosthet Dent*, 2004; 92: 591-5
6. AlMardini M, Ercoli C, Graser GN. A technique to produce a mirror image wax pattern of an ear using rapid prototyping technology. *J Prosthet Dent*, 2005; 94: 195-8.
7. Jiao T, Zhang F, Huang X, Wang C. Design and fabrication of auricular prostheses by



- CAD/CAM system. *Int J Prosthodont*, 2004; 17: 460-3
8. Cheah C, Chua C, Tan K. Integration of Laser surface digitizing with CAD/CAM techniques for developing facial prostheses. Part 2: Development of molding techniques for casting prosthetic parts. *Int J Prosthodont*, 2003; 16 :543-8
  9. Reitemeier B, Notni G, Heinze M, Schone C, Schmidt A, Fichtner D. Optical modeling of extraoral defects. *J Prosthet Dent*, 2004; 91: 80-4
  10. Runte C, Dirksen D, Deleré H, Runte B, Meyer U, Bally G, Bollmann F. Optical data acquisition for computer-assisted design of facial prostheses. *Int J Prosthodont*, 2002; 15: 129-32
  11. Mankovich NJ, Curtis DA, Kagawa T, Beumer J. Comparison of computer-based fabrication of alloplastic cranial implants with conventional techniques. *J Prosthet Dent*, 1986; 55: 606-9
  12. Joffe J, Harris M, Kahugu F, Nicoll S, Linney A, Richards R. A prospective study of computer-aided design and manufacture of titanium plate for cranioplasty and its clinical outcome. *Br J Neurosurg*, 1999; 13: 576-80
  13. Burghart CR, Neukirch K, Hassfeld S, Rembold U, Woern H. Computer aided planning device for preoperative bending of osteosynthesis plates. *Stud Health Technol Inform*, 2000; 70: 46-52
  14. Eppley BL. Craniofacial reconstruction with computer-generated HTR patient-matched implants: use in primary bony tumor excision. *J Craniofac Surg*, 2002; 13: 650-7
  15. Heissler E, Fischer FS, Bolouri S, Lehmann T, Mathar W, Gebhardt A, Lanksch W, Bier J. Custom-made cast titanium implants produced with CAD/CAM for the reconstruction of cranium defects. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 1998; 27: 334-8
  16. Rohner D, Hutmacher DW, See P, Tan KC, Yeow V, Tan SY, Lee ST, Hammer B. Individually CAD-CAM technique designed, bioresorbable 3-dimensional polycaprolactone framework for experimental reconstruction of craniofacial defects in the pig. *Mund Kiefer Gesichtschir*, 2000; 6: 162-7
  17. Mommaerts MY, Jans G, Vander Sloten J, Staels PF, Van der Perre G, Gobin R. On the assets of CAD planning for craniosynostosis surgery. *J Craniofac Surg*, 2001; 12: 547-54
  18. Cheung LK, Wong MC, Wong LL. Refinement of facial reconstructive surgery by stereo-model planning. *Ann R Australas Coll Dent Surg*, 2002; 16: 129-32
  19. Mankovich NJ, Samson D, Pratt W, Lew D, Beumer J 3rd. Surgical planning using three-dimensional imaging and computer modeling. *Otolaryngol Clin North Am*, 1994; 27: 875-89
  20. Muller A, Krishnan KG, Uhl E, Mast G. The application of rapid prototyping techniques in cranial reconstruction and preoperative planning in neurosurgery. *J Craniofac Surg*, 2003; 14: 899-914
  21. Winder J, Richard B. Medical Rapid Prototyping Technologies: State of the Art and Current Limitations for Application in Oral and Maxillofacial Surgery. *J Oral Maxillofac Surg*, 2005; 63: 1006-15
  22. Hughes CW, Bibb R, Taylor J, Revington P. The custom-made titanium orbital floor prosthesis in reconstruction for orbital floor fractures. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2003; 41: 50-3
  23. Harris J, Rimell J. Can rapid prototyping ever become a routine feature in general dental practice? *Dent Update*, 2002; 29: 482-6
  24. Penkner K, Santler G, Mayer W, Pierer G, Lorenzoni M. Fabricating auricular prostheses using three-dimensional soft tissue models. *J Prosthet Dent*, 1999; 82: 482-4
  25. Bibb R, Brown R. The application of computer aided product development techniques in medical modelling topic: rehabilitation and prostheses. *Biomed Sci Instrum*, 2000; 36: 319-24
  26. Jiao T, Ye M, Zhang FQ, Wang CT. The basic research on fabricating an ear model by means of rapid prototyping (FDM) Shanghai Kou Qiang Yi Xue, 2002; 11: 319-21
  27. Bibb R, Freeman P, Sugar A, Evans P, Bocca A. An investigation of three dimensional

- scanning of human body surfaces and its use in the design and manufacture of prostheses. Proc Inst Mech Eng, 2000: 214: 589-94
28. Hammond P, Hutton T, Maheswaran S, Modgil S. Computational models of oral and craniofacial development, growth, and repair. Adv Dent Res, 2003: 17: 61-4
29. Sykes LM, Parrott AM, Owen CP, Snaddon DR. Applications of rapid prototyping technology in maxillofacial prosthetics. Int J Prosthodont, 2004: 17: 454-9
30. Williams RJ, Bibb R, Rafik T. A technique for fabricating patterns for removable partial denture frameworks using digitized casts and electronic surveying. J Prosthet Dent, 2004: 91: 85-8
31. Powers DB, Edgin WA, Tabatchnick L. Stereolithography: a historical review and indications for use in the management of trauma. J Craniomaxillofac Trauma, 1998: 4: 16-23

**Yazışma Adresi:**

**Dr. Gülümser EVLİOĞLU**  
İ.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi  
Çene-Yüz Protezi B.D.  
34390 Çapa, İstanbul  
(0212)414 2020-30323  
e-posta:gevli@istanbul.edu.tr