

BÖLÜM 5

DİJİTAL DİŞ HEKİMLİĞİNDE CAD/CAM SİSTEMLERİ VE 3B ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Mehmet KARAKUZU¹

GİRİŞ

Dış hekimliğinde gelişen teknoloji, protetik restorasyonlarda kullanılan üretim yöntemlerinin çeşitlenmesine ve dijital çözümlerin hızla yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır (1). Günümüzde hastaların estetik beklentilerini karşılayan, biyouyumlu ve dayanıklı restoratif materyallerin geliştirilmesiyle birlikte, bu materyallerin üretilmesinde kullanılan yöntemler de önemli bir değişim göstermiştir (2).

Bu dönüşümün merkezinde CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) sistemleri yer almaktadır. CAD/CAM teknolojileri, ölçü transferlerinde hata payını azaltması, kısa sürede restorasyon üretimine imkân tanınması ve tek seansta tedavi uygulamalarını mümkün kılmasıyla hem klinik hem de laboratuvar pratiğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler; tarayıcı, bilgisayar destekli tasarım yazılımı ve üretim ünitesinden oluşan üç temel bileşeniyle, dijital iş akışının vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir (3).

Dış hekimliğinde üretim yöntemleri temel olarak eksiltmeli (subtractive manufacturing) ve eklemeli (additive manufacturing) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (4). Eksiltmeli üretimde, CAD/CAM freze cihazları yardımıyla bloklardan materyal uzaklaştırılarak restorasyon elde edilmektedir. Bu yöntem uzun yıllardır güvenilir şekilde kullanılmakla birlikte, materyal kaybı ve karmaşık geometrilerin üretiminde sınırlılıklar taşımaktadır. Buna karşın, eklemeli üretim teknolojileri yani 3B yazıcılar, dijital ortamda tasarlanan yapıların katman katman üretilmesi esasına dayanır. Bu yöntemle materyal israfı en aza indirilmekte ve daha karmaşık yapılar kolaylıkla üretilmektedir (5).

¹ Uzm. Dt., Uzman Dış Hekimi, Muayenehanesi, Protetik Dış Tedavisi, dt.mhmtkrkz@gmail.com, ORCID iD: 0009-0008-8452-3736

ratmıştır. Eksiltmeli üretim yöntemleri uzun yıllardır güvenilir bir standart olarak kullanılmakta ve yüksek yüzey kalitesi ile hassasiyet sağlamaktadır. Ancak materyal kaybı ve kompleks geometrilerin üretiminde sınırlılıklar, bu yöntemin temel dezavantajları arasında yer almaktadır. Buna karşılık, eklemeli üretim yöntemleri materyal verimliliği, esneklik ve karmaşık morfolojilerin üretimindeki üstünlüğü ile öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, yüzey pürüzlülüğü, uzun üretim süresi ve yüksek cihaz maliyetleri gibi sınırlılıkları bulunmaktadır.

Her iki yöntemin avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi, klinik ve laboratuvar uygulamalarında doğru üretim tekniğinin seçilmesini sağlamaktadır. Gelecekte malzeme çeşitliliğinin artması, yazılım ve cihaz teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte hem eklemeli hem de eksiltmeli yöntemlerin daha etkin, hızlı ve ekonomik hale gelmesi beklenmektedir. Sonuç olarak, dijital üretim teknolojileri diş hekimliğinde estetik, fonksiyonel ve biyouyumlu restorasyonların elde edilmesini kolaylaştırarak, klinik başarı ve hasta memnuniyetini artırmaya devam edecektir.

KAYNAKLAR

1. Sen N, Sermet IB, Cinar S. Effect of coloring and sintering on the translucency and biaxial strength of monolithic zirconia. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2018;119(2):308. e1-. e7. doi:10.1016/j.prosdent.2017.08.013
2. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, et al. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *International Journal of prosthodontics*. 2015;28(3). doi:10.11607/ijp.4244
3. Baba NZ, AlRumaih HS, Goodacre BJ, et al. Current techniques in CAD/CAM denture fabrication. *General dentistry*. 2016;64(6):23-8.
4. Osman RB, Alharbi N, Wismeijer D. Build angle: does it influence the accuracy of 3D-printed dental restorations using digital light-processing technology? *International Journal of Prosthodontics*. 2017;30(2). doi:10.11607/ijp.5117
5. Chen H, Yang X, Chen L, et al. Application of FDM three-dimensional printing technology in the digital manufacture of custom edentulous mandible trays. *Scientific reports*. 2016;6(1):19207. doi:10.1038/srep19207
6. Yavuz E, Yılmaz S. Diş hekimliğinde yeni ve hızla ilerleyen üretim teknolojisi: 3 boyutlu yazıcılar. *Akdeniz Tıp Dergisi*. 2021;7(2):197-205. doi:10.34108/eujhs.1572372
7. Özdoğan A, Bayındır F. CAD/CAM sistemlerinde materyal seçimi ve kullanım alanları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2019;29(2):357-61. doi:10.17567/ataunidfd.544640
8. Duret F, Preston J. CAD/CAM imaging in dentistry. *Current opinion in dentistry*. 1991;1(2):150-4.
9. Priest G. Virtual-designed and computer-milled implant abutments. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2005;63(9):22-32. doi:10.1016/j.joms.2005.05.158
10. Moörmann WH. The evolution of the CEREC system. *The Journal of the American Dental Association*. 2006;137:7S-13S.
11. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, et al. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental materials journal*. 2009;28(1):44-56. doi:10.4012/dmj.28.44
12. Rekow D. Computer-aided design and manufacturing in dentistry: a review of the state of the art. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1987;58(4):512-6.
13. Andersson M, Carlsson L, Persson M, et al. Accuracy of machine milling and spark erosion

- with a CAD/CAM system. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1996;76(2):187-93. doi:10.1016/S0022-3913(96)90208-4
14. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British dental journal*. 2008;204(9):505-11. doi:10.1038/sj.bdj.2008.350
 15. Kalaycı BB, Bayındır F. Güncel Dental Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim Sistemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2015;25:129-36. doi:10.17567/ataunidf.323661
 16. Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dental materials*. 2012;28(1):3-12. doi:10.1016/j.dental.2011.10.014
 17. Liu P-R, Essig ME. Panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compendium of continuing education in dentistry* (Jamesburg, NJ: 1995). 2008;29(8):482, 4, 6-8 passim.
 18. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dental Clinics of North America*. 2011;55(3):559-ix. doi:10.1016/j.cden.2011.02.011
 19. Van Zeghbroeck L. CAD/CAM treatment for the elderly—a case report. *Gerodontology*. 2012;29(2):e1176-e9. doi:10.1111/j.1741-2358.2011.00505.x
 20. Dutton E, Ludlow M, Mennito A, et al. The effect different substrates have on the trueness and precision of eight different intraoral scanners. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2020;32(2):204-18. doi:10.1111/jerd.12526
 21. Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J. Dental impression materials and techniques. *Dental Clinics*. 2017;61(4):779-96. doi:10.1016/j.cden.2017.06.005
 22. Bilgin MS, Baytaroglu EN, Erdem A, et al. A review of computer-aided design/computer-aided manufacture techniques for removable denture fabrication. *European journal of dentistry*. 2016;10(02):286-91. doi:10.4103/1305-7456.178304
 23. Dağ OD, Özdemir AK. *Protetik tedavide yeni nesil üretim teknikleri*. Türkiye Klinikleri Prosthodontics-Special Topics. 2020;6(1):1-9.
 24. Kessler A, Hickel R, Reymus M. 3D printing in dentistry—State of the art. *Operative dentistry*. 2020;45(1):30-40. doi:10.2341/18-229-LIT
 25. Samra APB, Morais E, Mazur RF, et al. CAD/CAM in dentistry—a critical review. *Revista Odontologia Ciência*. 2016;31(3):140-4.
 26. Jo LJ. Spark erosion process: An overview. *Journal of Dental Implants*. 2011;1(1):2-6.
 27. Sağlam G, Geduk ŞE. Mekanik ve pat ile parlatma işlemlerinin CAD/CAM hibrit blokların renk stabilitesine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2021;31(1):88-93. doi:10.17567/ataunidf.827104
 28. Kılınç H, Turgut S, Ayaz EA, et al. Güncel nanoseramik ve hibrit CAD/CAM materyalleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2018;28(4):592-8. doi:10.17567/ataunidf.395492
 29. Coldea A, Swain MV, Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dental Materials*. 2013;29(4):419-26. doi:10.1016/j.dental.2013.01.002
 30. Cebeci NÖ, Tokmakcioğlu HH. Protetik diş tedavisinde ekleme yöntemi ile üretim. *Sağlık Akademisi Kastamonu*. 2018;3(1):66-86.
 31. Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, et al. 3D printing in dentistry. *British dental journal*. 2015;219(11):521-9. doi:10.1038/sj.bdj.2015.914
 32. Javaid M, Haleem A. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review. *Journal of oral biology and craniofacial research*. 2019;9(3):179-85. doi:10.1016/j.jobcr.2019.06.004
 33. Dovramadjev T, Pavlova D, Bankova A. Creating a 3D model of dental splint for bruxism. *Industry 40*. 2019;4(4):167-70.
 34. Lipson H, Kurman M. *Fabricated: The new world of 3D printing*: John Wiley & Sons; 2013.
 35. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dental materials*. 2018;34(2):192-200. doi:10.1016/j.dental.2017.10.009

36. Jasiuk I, Abueidda DW, Kozuch C, et al. An overview on additive manufacturing of polymers. *The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society* 2018;70(3):275-83. doi:10.1007/s11837-017-2669-4
37. Sürmen HK. Eklemeli İmalat (3b Baskı): Teknolojiler Ve Uygulamalar. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 2019;24(2):373-92. doi:10.17482/uumfd.540924
38. Schweiger J, Edelhoff D, Güth J-F. 3D printing in digital prosthetic dentistry: an overview of recent developments in additive manufacturing. *Journal of clinical medicine*. 2021;10(9):2010. doi:10.3390/jcm10092010
39. Fu J, Yin H, Yu X, et al. Combination of 3D printing technologies and compressed tablets for preparation of riboflavin floating tablet-in-device (TiD) systems. *International journal of pharmacaceutics*. 2018;549(1-2):370-9. doi:10.1016/j.ijpharm.2018.08.036
40. Çelik İ, Karakoç F, Çakır MC, et al. Hizli prototipleme teknolojileri ve uygulama alanlari. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*. 2013(031):53-70.
41. Stansbury JW, Idacavage MJ. 3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities. *Dental materials*. 2016;32(1):54-64. doi:10.1016/j.dental.2015.09.018
42. Wang X, Jiang M, Zhou Z, et al. 3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective. *Composites Part B: Engineering*. 2017;110:442-58. doi:10.1016/j.compositesb.2016.11.034
43. Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors. *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*. 2018;26(3):101-21. doi:10.1922/EJPRD_01709Abduo21
44. Khorsandi D, Fahimipour A, Abasian P, et al. 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Printing techniques, materials, and applications. *Acta biomaterialia*. 2021;122:26-49. doi:10.1016/j.actbio.2020.12.027
45. Quan H, Zhang T, Xu H, et al. Photo-curing 3D printing technique and its challenges. *Bioactive materials*. 2020;5(1):110-5. doi:10.1016/j.bioactmat.2019.12.003
46. He Y, Wu Y, Fu Jz, et al. Developments of 3D printing microfluidics and applications in chemistry and biology: a review. *Electroanalysis*. 2016;28(8):1658-78. doi:10.1002/elan.201600043
47. Wu L, Zhao L, Jian M, et al. EHMP-DLP: Multi-projector DLP with energy homogenization for large-size 3D printing. *Rapid Prototyping Journal*. 2018;24(9):1500-10. doi:10.1108/RPJ-01-2018-0014
48. Arnesano A, Padmanabhan SK, Notarangelo A, et al. Fused deposition modeling shaping of glass infiltrated alumina for dental restoration. *Ceramics International*. 2020;46(2):2206-12. doi:10.1016/j.ceramint.2019.09.092
49. Shirazi SFS, Gharekhani S, Mehrali M, et al. A review on powder-based additive manufacturing for tissue engineering: selective laser sintering and inkjet 3D printing. *Science and technology of advanced materials*. 2015;16(3):033502. doi:10.1088/1468-6996/16/3/033502
50. Hoy MB. 3D printing: making things at the library. *Medical reference services quarterly*. 2013;32(1):93-9. doi:10.1080/02763869.2013.749139
51. Yalçın B, Ergene B. Endüstride yeni eğilim olan 3-D eklemeli imalat yöntemi ve metalurjisi. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*. 2017;9(3):65-88.
52. George E, Liacouras P, Rybicki FJ, et al. Measuring and establishing the accuracy and reproducibility of 3D printed medical models. *Radiographics*. 2017;37(5):1424-50. doi:10.1148/rg.2017160165
53. Ngo TD, Kashani A, Imbalzano G, et al. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*. 2018;143:172-96. doi:10.1016/j.compositesb.2018.02.012
54. Gibson I, Rosen D, Stucker B, et al. *Additive manufacturing technologies*: Springer; 2021.