

Bölüm 13

ORTOPEDİNİN GELECEĞİNİ ŞEKİLLENDİRECEK YÖNTEM: 3 BOYUTLU YAZICILARIN ORTOPEDİ ALANINDA KULLANIMI VE GELECEKTEN BEKLENTİLER

Doğan KESKİN¹

GİRİŞ

Teknolojideki baş döndürücü gelişmeler her alanda olduğu gibi tıp alanında da yenilikleri beraberinde getirmektedir. Ortopedi alanında da teknolojik gelişmelerden faydalanıp yeni materyaller kullanılmakta ve yeni yaklaşımlar ortaya konulmaktadır. Son yıllarda, hastanın fiziksel yapısına daha uygun, planlanan tedaviye özel, fonksiyonel sonuçlar kadar hasta memnuniyetini de ön plana koyan tedavi yöntemlerine eğilim görülmektedir. Bu kapsamda, tıp alanında 3B (3 boyutlu) baskı teknolojisi ile ilgili araştırmalar ve kullanım alanları oldukça artış göstermiştir. Bu teknoloji halihazırda havacılık, mücevher yapımı, eğlence ve otomotiv sektörü, diş hekimliği, savunma sanayi, vb. alanlarında faydalarını kanıtlanmış olup yaygın şekilde kullanılmaktadır (1)

3B baskı, daha önce dijital ortamda oluşturulmuş şablonun, fiziksel olarak çıktısının alındığı işlemidir. Bu model bilgisayar programı üzerinde tamamen soyut olarak üretilebilmektedir. Bu işlem için genellikle AutoCAD 3D, Solidworks, Rhino, Sकेct UP, Blender gibi programlar kullanılır. Diğer bir yöntem ise hastanın Bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans (MR) gibi görüntüleme teknikleriyle elde edilmiş DICOM formatındaki ham verilerin program aracılığı ile manipüle edilebilen 3B modele işlenmesidir (2). Programda oluşturulan modeller STL (standard triangulation language) formatına çevrilir. Ardından üretim tekniği ve kullanılacak malzeme belirlenerek üretim gerçekleştirilir.

Chuck Hall, 3B baskının babası olarak kabul edilir ve bu teknolojinin kritik bir unsuru olan stereo litografiyi 1984 yılında geliştiren ve ilk 3B baskıyı yapan kişidir (*Şekil1*). Stereolitografi yöntemi ardından Fused Deposition Modelling (FDM), Selective Laser Sintering (SLS), 3 Dimensional Printing (3DP), Polyjet Technology gibi farklı baskı teknolojileri geliştirilmiştir (3) 3B baskı teknolojile-

¹ Arş. Gör. Dr. Doğan KESKİN, Sakarya Eğitim Araştırma Hastanesi, dogankeskin@outlook.com

geleneksel yöntemlerle üretilen malzemelerin lojistik, depolama ve sterilizasyon maliyetlerini de ortadan kaldırmaktadır. Bu teknolojik gelişmelerin günümüzde çözümü zorlu ortopedik problemlerde oldukça umut vadeden sonuçlar ortaya konmaktadır. Ortopedi alanında yaygın kullanılmasının öncesinde geniş katılımlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla beraber mevcut çalışmaların vizyonu ve elde edilen ilk sonuçlar bile bir hayli heyecan uyandırmaktadır. Devrim niteliğindeki bu teknoloji sayesinde ortopedi alanında birçok klinik ve cerrahi uygulamanın hızla değişeceği yepyeni ufuklara yelken açtığımız bir gelecek bizleri beklemektedir.

KAYNAKLAR

1. Vaish A, Vaish R. 3D printing and its applications in orthopedics. *J Clin Orthop Trauma*. 2018;9(Suppl 1):S74-5.
2. Dahake SW, Kuthe AM, Mawale MB, Bagde AD. Applications of medical rapid prototyping assisted customized surgical guides in complex surgeries. *Rapid Prototyp J*. 2016;22:934-46.
3. Olla P. Opening pandora's three-dimensional printed box. *Technology and Society Magazine*, 34 (3), 74-80, 2015.
4. Kürtüncü M , Arslan N , Yaylacı B , Eyüpoğlu N . SAĞLIKTA GELİŞEN TEKNOLOJİ: ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR. *IJ3DPTDI*. 2018; 2(2): 99-110.
5. Aydın L, Küçük S. Üç boyutlu yazıcı-tarayıcı ile hastaya özel medikal ortez tasarımı ve geliştirilmesi. *Journal of Polytechnic*, 20 (1), 1-8, 2017.
6. Rankin M, Giovinco A, Cucher J, Watts G, Hurwitz B, Armstrong G. 3D printing surgical instruments: Are we there yet?. *J Surg Res*, 189 (2), 193-7, 2014.
7. Öktem, Hale & Şirinoğlu, Tuğçe & Akçiçek, Ece & Koçyiğit, A. & Penekli, U. & Sungur, Sezin & Tanrıyakul, Beste & Ulusoy, Başak. (2019). Contribution of 3D modeling to anatomy education: a pilot study. *Anatomy*. 13. 10.2399/ana.19.054. .
8. Sezer H, Şahin H. Üç boyutlu baskı materyalinin eğitimde kullanımı: Qua vadis?. *TED*, 15 (46), 5-13, 2016.
9. Vaishya, Raju & Vijay, Vipul & Vaish, Abhishek & Agarwal, Amit. (2018). 3 Dimensional Printing for complex Orthopaedic and Trauma cases: A blessing. 10.4103/am.am_51_18. .
10. Gwak, Heui-Chul & Kim, Jeon-Gyo & Kim, Jung-Han & Roh, Sang-Myung. (2015). Intraoperative Three-Dimensional Imaging in Calcaneal Fracture Treatment. *Clinics in Orthopedic Surgery*. 7. 483. 10.4055/cios.2015.7.4.483. .
11. Hurson C, Tansey A, O'Donnchadha B, Nicholson P, Rice J, McElwain J. Rapid prototyping in the assessment, classification and preoperative planning of acetabular fractures, *Injury*, 10, 1158-1162, 2007.
12. Çelebi A, Tosun H, Önçağ AÇ. Hasarlı bir kafatasının üç boyutlu yazıcı ile imalatı ve implant tasarımı, *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry*, 1(1), 27-35, 2017.
13. Zhang Y.Z., Lu S., Chen B., Zhao J.M., Liu R., Pei G.X. Application of computer-aided design osteotomy template for treatment of cubitus varus deformity in teenagers: a pilot study. *J Shoulder Elbow Surg*. 2011 Jan 1;20(1):51-56.
14. Auricchio F, Marconi S. 3D printing: clinical applications in orthopaedics and traumatology. *EFORT Open Rev*. 2017;1(5):121-127. Published 2017 Mar 13. doi:10.1302/2058-5241.1.000012.
15. Hasan, Shaho et al. "Migration of a novel 3D-printed cementless versus a cemented total knee arthroplasty: two-year results of a randomized controlled trial using radiostereometric analysis." *The bone & joint journal* vol. 102-B,8 (2020): 1016-1024.

16. Landi, A., et al. "Spinal neuronavigation and 3D-printed tubular guide for pedicle screw placement: a really new tool to improve safety and accuracy of the surgical technique?" *Journal of Spine* 4.5 (2015).
17. Senkoğlu, Alpaslan & Daldal, İsmail & Cetinkaya, Mehmet. (2020). 3D printing and spine surgery. *Journal of orthopaedic surgery (Hong Kong)*. 28. 1-7. 10.1177/2309499020927081. .
18. Senkoğlu A, Daldal I, Cetinkaya M. 3D printing and spine surgery. *Journal of Orthopaedic Surgery*. May 2020. doi:10.1177/2309499020927081.
19. Faustini C, Neptune R, Crawford R, Stanhope S, Branch D. Selective Laser Sintering of Passive Dynamic Ankle Foot Orthoses. In *Proceedings of the 17th Solid Freeform Fabrication (SFF) Symposium, the University of Texas*. 2006; Austin, 14-16.
20. Lal H, Patralekh MK. 3D printing and its applications in orthopaedic trauma: A technological marvel. *J Clin Orthop Trauma*. 2018;9(3):260-268. doi:10.1016/j.jcot.2018.07.022.
21. Beliën H, Biesmans H, Steenwerckx A, Bijmens E, Dierickx C. Prebending of osteosynthesis plate using 3D printed models to treat symptomatic os acromiale and acromial fracture. *J Exp Orthop*. 2017 Dec 1;4(1):34.
22. Jeong H.S., Park K.J., Kil K.M. Minimally invasive plate osteosynthesis using 3D printing for shaft fractures of clavicles. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2014 Nov 1;134(11):1551-1555.
23. Kim H.N., Liu X.N., Noh K.C. Use of a real-size 3D-printed model as a preoperative and intraoperative tool for minimally invasive plating of comminuted midshaft clavicle fractures. *J Orthop Surg Res*. 2015 Dec;10(1):91.
24. You W, Liu L.J., Chen H.X. Application of 3D printing technology on the treatment of complex proximal humeral fractures (Neer3-part and 4-part) in old people. *J Orthop Traumatol: Surgery & Research*. 2016 Nov 1;102(7):897-903.
25. Shuang F, Hu W, Shao Y, Li H, Zou H. Treatment of intercondylar humeral fractures with 3D-printed osteosynthesis plates. *Medicine*. 2016 Jan;95(3).
26. Yang L, Grottkau B, He Z, Ye C. Three dimensional printing technology and materials for treatment of elbow fractures. *Int Orthop*. 2017 Nov 1;41(11) 2381-7. .
27. de Muinck Keizer, R J O et al. "Three-dimensional virtual planning of corrective osteotomies of distal radius malunions: a systematic review and meta-analysis." *Strategies in trauma and limb reconstruction* vol. 12,2 (2017): 77-89. doi:10.1007/s11751-017-0.
28. Zang C.W., Zhang J.L., Meng Z.Z. 3D printing technology in planning thumb reconstructions with second toe transplant. *Orthop Surg*. 2017 May;9(2):215-220.
29. Taylor E.M., Iorio M.L. Surgeon-based 3D printing for microvascular bone flaps. *J Reconstr Microsurg*. 2017 Jul;33(06):441-445. .
30. ten Berg P.W., Dobbe J.G., Streekstra G.J. Short report letter: three-dimensional printed anatomical models in scaphoid surgery. *J Hand Surg*. 2018 Jan;43(1):101-102.
31. Cai L., Zhang Y., Chen C., Lou Y., Guo X., Wang J. 3D printing-based minimally invasive cannulated screw treatment of unstable pelvic fracture. *J Orthop Surg Res*. 2018 Dec;13(1):71. doi: 10.1186/s13018-018-0778-1.
32. Wu X.B., Wang J.Q., Zhao C.P. Printed three-dimensional anatomic templates for virtual preoperative planning before reconstruction of old pelvic injuries: initial results. *Chin Med J*. 2015 Feb 20;128(4):477.
33. Nikura T, Sugimoto M, Lee Y, Sakai Y, Nishida K, Kuroda R, Kurosaka M. Tactile surgical navigation system for complex acetabular fracture surgery. *Orthopedics*, 37 (4), 237-242, 2014.
34. Lin H., Huang W., Chen X. Digital design of internal fixation for distal femoral fractures via 3D printing and standard parts database. *Zhonghua Yixue Zazhi*. 2016 Feb;96(5):344-348.
35. Rankin I., Rehman H., Frame M. 3D-Printed patient-specific ACL femoral tunnel guide from MRI. *Open Orthop J*. 2018;12:59.
36. Vaishya R., Vijay V., Vaish A., Agarwal A.K. Three-dimensional printing for complex orthopedic cases and trauma: a blessing. *Apollo Medicine*. 2018 Apr 1;15(2):51.
37. Wu J.Q., Ma S.H., Liu S., Qin C.H., Jin D., Yu B. Safe zone of posterior screw insertion for talar neck fractures on 3-dimensional reconstruction model. *Orthop Surg*. 2017 Feb;9(1):28-33.

38. Wu M., Guan J., Xiao Y. Application of three-dimensional printing technology for closed reduction and percutaneous cannulated screws fixation of displaced intraarticular calcaneus fractures. *Chin J Reparative Reconstr Surg.* 2017 Nov 1;31(11):1316.
39. Sha Y., Wang H., Ding J. A novel patient-specific navigational template for anatomical reconstruction of the lateral ankle ligaments. *Int Orthop.* 2016 Jan 1;40(1):59–64.
40. Park J.H., Lee Y., Shon O.J., Shon H.C., Kim J.W. Surgical tips of intramedullary nailing in severely bowed femurs in atypical femur fractures: simulation with 3D printed model. *Injury.* 2016 Jun 1;47(6):1318–1324. .
41. Gerrard C. Three dimensional printing: A clinician’s experience. *The Bulletin of the Royal College of Surgeons of England,* 96 (7), 230-231, 2014.
42. Ma, Hongshi & Feng, Chun & Chang, Jiang & Wu, Chengtie. (2018). 3D-printed Bioceramic Scaffolds: from Bone Tissue Engineering to Tumor Therapy. *Acta Biomaterialia.* 79. 10.1016/j.actbio.2018.08.026. .
43. Park JH, Jung HW, Jang WY. The usefulness of a three-dimensional printed segmental scapula prosthesis for recovering shoulder function in a patient with scapula chondrosarcoma: A case report. *Medicine (Baltimore).* 2021;100(8):e24817.
44. Scott, Daniel & Parekh, Selene. (2018). Outcomes following 3D Printed Total Talus Arthroplasty. *Foot & Ankle Orthopaedics.* 3. 2473011418S0041. 10.1177/2473011418S00419. .
45. Imanishi J, Choong PF. Three-dimensional printed calcaneal prosthesis following total calcaneotomy. *Int J Surg Case Rep.* 2015;10:83-87. doi:10.1016/j.ijscr.2015.02.037.
46. Whittaker JP, Dharmarajan R, Toms a D. 2008. The management of bone loss in revision total knee replacement. *J. Bone Joint Surg. Br.* 90:981–987.
47. Kosteki K. PEEK usage climbs for devices. *Med Des.* 2011. Available from: <http://medicaldesign.com/materials/peek-usage-climbs-devices>. Accessed on September 4, 2016.
48. Li CS, Vannabouathong C, Sprague S, Bhandari M. The use of carbonfiber- reinforced (CFR) PEEK material in orthopedic implants: a systematic review. *Clin Med Insights Arthritis Musculoskelet Disord.* 2015;8:33–45.
49. Vidal L, Kamplaitner C, Brennan MÁ, Hoornaert A, Layrolle P. Reconstruction of Large Skeletal Defects: Current Clinical Therapeutic Strategies and Future Directions Using 3D Printing. *Front Bioeng Biotechnol.* 2020;8:61. Published 2020 Feb 12.
50. Kersten RF, van Gaalen SM, de Gast A, Öner FC. Polyetheretherketone (PEEK) cages in cervical applications: a systematic review. *Spine J.* 2015;15(6):1446–1460.
51. Hoang D, Perrault D, Stevanovic M, Ghiassi A. Surgical applications of three-dimensional printing: a review of the current literature & how to get started. *Ann Transl Med.* 2016;4(23):456. doi:10.21037/atm.2016.12.18.
52. Lioufas A, Quayle R, Leong C, McMenamin G. Three dimensionanl printed models of cleft palate pathology for surgical education. *Plast Reconstr Surg Glob Open,* 4 (9), 1-6, 2016.