

## BÖLÜM 4

### DİJİTAL DİŞ HEKİMLİĞİNDE FOTOGRAMETRİ

Nihan KAYA ACAR<sup>1</sup>

#### GİRİŞ

Dijital diş hekimliği, çağdaş diş hekimliği uygulamalarında giderek daha belirgin bir şekilde yer almakta; intraoral tarayıcılar, 3D yazıcılar ve freze makineleri bu entegrasyonun temel unsurlarını teşkil etmektedir (1, 2). Bir kamera, özel yazılım ve bilgisayar altyapısından oluşan optik dijital ölçüm sistemleri, intraoral tarayıcılar aracılığıyla temsil edilmektedir. Farklı açılardan elde edilen çok sayıdaki görüntü yazılım ortamına aktarılmakta ve bu veriler kullanılarak üç boyutlu bir dijital model yapılandırılmaktadır (3). Dijital yöntemlerin erken dönem uygulamalarındaki doğruluk, konvansiyonel ölçüm teknikleri ile karşılaştırıldığında tartışmalı görünse de, literatürde her iki yöntemin de klinik açıdan yeterli düzeyde güvenilir sonuçlar ortaya koyabildiğini destekleyen güçlü bulgular bulunmaktadır (4-7).

Son dönemde, çoklu görüntülerin farklı perspektiflerden toplanması sayesinde nesnelerin uzamsal koordinatlarını hassas biçimde belirleme olanağı sunan fotogrametri, dikkate değer bir dijital teknoloji olarak ortaya çıkmıştır (8, 9). Fotogrametri yazılımlarında yürütülen görüntü işleme süreci; öncelikle farklı açılardan elde edilen görüntülerdeki homolog noktaların eşleştirilmesiyle seyrek nokta bulutunun oluşturulmasını, sonrasında yoğun bir yüzey modelinin üretilmesini ve nihai aşamada görsel detayların zenginleştirilmesi amacıyla doku kaplamasının uygulanmasını kapsamaktadır (10). Özellikle tam ark implant protezleri ve çoklu implant ölçümlerinde sağladığı yüksek doğruluk sayesinde dikkat çeken fotogrametri, aynı zamanda diş ve yüz estetiğinin değerlendirilmesi, simetri analizleri, oklüzal ilişkilerin ve temasların incelenmesi, maksillofasiyal rekonstrüksiyon ile tedavi planlaması ve görselleştirme gibi çok yönlü kullanım alanlarına sahiptir (11-13). Fotogrametrinin yükselişi, çeşitli kullanım alanları ve güncel intraoral

<sup>1</sup> Dr. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi AD., dtnihankaya@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-6291-9157

kullanılır (53, 57, 58).

- Okluzal temaslar

Geleneksel 2D analiz yöntemleri, oklüzal temasların ayrıntılı incelenmesinde yetersiz kalırken fotogrametri, 2D fotoğraflardan 3D konumsal veriler elde edilmesine olanak tanır. Siyah silikon yöntemiyle birlikte kullanılan bu teknik, oklüzal kayıtların poligonlarla üç boyutlu modellenmesini sağlayarak temas noktalarının konum ve yönlerini daha hassas biçimde ortaya koymaktadır. Ayrıca, mandibula'nın yer değiştirmesi ve periodontal ligamanların oklüzal kuvvet altındaki hareketleri de modele yansıtılarak çene-diş davranışlarının üç boyutlu analizi mümkün hale gelmektedir (59).

- Okluzal analiz

Oklüzal analiz için geliştirilen özel yazılımlar, diş arklarının 3D modelleri üzerinde kesit alma, görselleştirme ve ölçüm yapma imkânı sunar. Kesitler manuel ya da otomatik olarak oluşturulabilir, 2D veya 3D konturlar halinde görüntülenerek sağlam diş, protez ve karşıt dişlerle karşılaştırmalı incelemeler yapılabilir. Bu yazılımlar sayesinde oklüzal ilişkiler hassas biçimde değerlendirilebilmekte ve ölçümlere dayalı güvenilir analizler gerçekleştirilebilmektedir (60, 61).

## **SONUÇ**

Genel olarak bakıldığında, fotogrametri dijital diş hekimliğinde ölçü alma süreçlerini daha doğru, hızlı ve hasta konforunu artıran bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. İmplant destekli protezlerde sağladığı yüksek doğruluk, dijital iş akışlarıyla entegrasyonu ve klinik verimliliği önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, öğrenme eğrisi, maliyet ve standardizasyon gibi sınırlılıklar yöntemin yaygınlaşmasında belirleyici olmaya devam etmektedir. Mevcut bulgular umut verici olsa da uzun dönemli klinik çalışmalarla etkinliğinin daha güçlü şekilde kanıtlanması gerekmektedir. Fotogrametri, dijital diş hekimliğinde özellikle implant rehabilitasyonlarında gelecek vadeden bir teknolojidir.

## **KAYNAKLAR**

1. Gawali N, Shah PP, Gowdar IM, Bhavsar KA, Giri D, Laddha R. The evolution of digital dentistry: a comprehensive review. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*. 2024;16(Suppl 3):S1920-S2.
2. Panahi O, Zeinaldin M. Digital Dentistry: Revolutionizing Dental Care. *J Dent App*. 2024;10(1):1121.
3. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral scanner technologies: a review to make a successful impression. *Journal of healthcare engineering*. 2017;2017(1):8427595.
4. Afrashtehfar KI, Alnaqeb NA, Assery MK. Accuracy of intraoral scanners versus traditional impressions: A rapid umbrella review. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*.

- 2022;22(3):101719.
5. Jahangiri M, Sh S. Beyond Scanning: Photogrammetry, the Novel Digital Molding Technology. *Journal of Dentomaxillofacial Radiology, Pathology and Surgery*. 2025;14(1):1-7.
  6. 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.
  7. Amornvit P, Rokaya D, Sanohkan S. Comparison of accuracy of current ten intraoral scanners. *BioMed research international*. 2021;2021(1):2673040.
  8. Kraus K. *Photogrammetry: geometry from images and laser scans*: Walter de Gruyter; 2011.
  9. Rivara F, Lumetti S, Calciolari E, Toffoli A, Forlani G, Manfredi E. Photogrammetric method to measure the discrepancy between clinical and software-designed positions of implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2016;115(6):703-11.
  10. Zotti F, Rosolin L, Bersani M, Poscolere A, Pappalardo D, Zerman N. Digital dental models: is photogrammetry an alternative to dental extraoral and intraoral scanners? *Dentistry Journal*. 2022;10(2):24.
  11. Hussein MO. Photogrammetry technology in implant dentistry: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2023;130(3):318-26.
  12. Jain D, Soni M, Bhartiya D, Nagle N. Photogrammetry in Prosthodontics-A Review. *International Journal of Multidisciplinary Research*. 2023;5(4):1-9.
  13. Revilla-León M, Kois JC. Implant Scanning Workflows for Fabricating Implant-Supported Protheses Recorded by Using Intraoral Scanners With or Without Photogrammetry Technologies. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2025;37(6):1384-91.
  14. Chadwick R. Close range photogrammetry—a clinical dental research tool. *Journal of dentistry*. 1992;20(4):235-9.
  15. Goellner M, Schmitt J, Karl M, Wichmann M, Holst S. Photogrammetric measurement of initial tooth displacement under tensile force. *Medical engineering & physics*. 2010;32(8):883-8.
  16. Deli R, Di Gioia E, Galantucci LM, Percoco G. Accurate facial morphologic measurements using a 3-camera photogrammetric method. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2011;22(1):54-9.
  17. Lie A, Jemt T. Photogrammetric measurements of implant positions. Description of a technique to determine the fit between implants and superstructures. *Clinical Oral Implants Research*. 1994;5(1):30-6.
  18. Benic GI, Elmasry M, Hämmerle CH. Novel digital imaging techniques to assess the outcome in oral rehabilitation with dental implants: a narrative review. *Clinical oral implants research*. 2015;26:86-96.
  19. Jemt T, Book K, Lie A, Börjesson T. Mucosal topography around implants in edentulous upper jaws. Photogrammetric three-dimensional measurements of the effect of replacement of a removable prothesis with a fixed prosthesis. *Clinical Oral Implants Research*. 1994;5(4):220-8.
  20. Alsharbaty MHM, Alikhasi M, Zarrati S, Shamshiri AR. A clinical comparative study of 3-dimensional accuracy between digital and conventional implant impression techniques. *Journal of Prosthodontics*. 2019;28(4):e902-e8.
  21. Jemt T, Bäck T, Petersson A. Photogrammetry--an alternative to conventional impressions in implant dentistry? A clinical pilot study. *International Journal of Prosthodontics*. 1999;12(4).
  22. Örtorp A, Jemt T, Bäck T. Photogrammetry and conventional impressions for recording implant positions: a comparative laboratory study. *Clinical implant dentistry and related research*. 2005;7(1):43-50.
  23. Bergin JM, Rubenstein JE, Mancl L, Brudvik JS, Raigrodski AJ. An in vitro comparison of photogrammetric and conventional complete-arch implant impression techniques. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2013;110(4):243-51.
  24. Bratos M, Bergin JM, Rubenstein JE, Sorensen JA. Effect of simulated intraoral variables on the accuracy of a photogrammetric imaging technique for complete-arch implant protheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2018;120(2):232-41.
  25. Forlani G, Rivara F. Photogrammetric determination of discrepancies between actual and planned position of dental implants. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and*

Spatial Information Sciences. 2014;2:131-8.

26. Revilla-León M, Att W, Özcan M, Rubenstein J. Comparison of conventional, photogrammetry, and intraoral scanning accuracy of complete-arch implant impression procedures evaluated with a coordinate measuring machine. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2021;125(3):470-8.
27. Peñarrocha-Oltra D, Agustín-Panadero R, Bagán L, Giménez B, Peñarrocha M. Impression of multiple implants using photogrammetry: description of technique and case presentation. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*. 2014;19(4):e366.
28. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Drone M, Barmak AB, Kojs JC, Pérez-Barquero JA. Accuracy of complete arch implant scans recorded by using intraoral and extraoral photogrammetry systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2025.
29. Peñarrocha-Oltra D, Agustín-Panadero R, Pradies G, Gomar-Vercher S, Peñarrocha-Diogo M. Maxillary full-arch immediately loaded implant-supported fixed prosthesis designed and produced by photogrammetry and digital printing: a clinical report. *Journal of Prosthodontics on Complex Restorations*. 2016:241-9.
30. Sánchez-Monescillo A, Hernanz-Martín J, González-Serrano C, González-Serrano J, Duarte Jr S. All-on-four rehabilitation using photogrammetric impression technique. *Quintessence Int*. 2019;50(4):288-93.
31. Hicklin SP, Sailer I, Todorovic A, Mojon P, Worni A, Strasding M. Immediately versus early placed bone-level-tapered implants supporting all-ceramic crowns on titanium base abutments: 1-year radiographic and pink esthetic outcomes of a multicenter pilot RCT. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2024;36(8):1109-21.
32. Wolf PR, Dewitt BA. Elements of photogrammetry: with applications in GIS. (No Title). 2000.
33. Rao BL. Intra Oral Photogrammetry (IPG)-A Review. *International Journal of Science, Architecture, Technology, and Environment*. 2025;2(5):140-54.
34. Clozza E. Intraoral scanning and dental photogrammetry for full-arch implant-supported prosthesis: A technique. *Clinical Advances in Periodontics*. 2024;14(4):244-9.
35. Alsmael MA. Photogrammetry for Implant Impressions: A Short Review. *Central Asian Journal of Medical and Natural Science*. 2025;6(4):1810-7.
36. Ma B, Yue X, Sun Y, Peng L, Geng W. Accuracy of photogrammetry, intraoral scanning, and conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation: an in vitro comparative study. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):636.
37. Lee S, Jin G, Park J-H, Jung H-I, Kim J-E. Evaluation metric of smile classification by peri-oral tissue segmentation for the automation of digital smile design. *Journal of Dentistry*. 2024;145:104871.
38. Fu XJ, Liu M, Liu BL, Tonetti MS, Shi JY, Lai HC. Accuracy of intraoral scan with prefabricated aids and stereophotogrammetry compared with open tray impressions for complete-arch implant-supported prosthesis: a clinical study. *Clinical Oral Implants Research*. 2024;35(8):830-40.
39. Kahmen O, Rofallski R, Luhmann T. Impact of stereo camera calibration to object accuracy in multimedia photogrammetry. *Remote Sensing*. 2020;12(12):2057.
40. Do PNB, Nguyen QC, editors. A review of stereo-photogrammetry method for 3-D reconstruction in computer vision. 2019 19th international symposium on communications and information technologies (ISCIT); 2019: IEEE.
41. Silvester CM, Hillson S. A critical assessment of the potential for structure-from-motion photogrammetry to produce high fidelity 3D dental models. *American Journal of Physical Anthropology*. 2020;173(2):381-92.
42. Triggs B, McLauchlan PF, Hartley RI, Fitzgibbon AW, editors. Bundle adjustment—a modern synthesis. *International workshop on vision algorithms*; 1999: Springer.
43. Alidoost F, Arefi H. Comparison of UAS-based photogrammetry software for 3D point cloud generation: a survey over a historical site. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2017;4:55-61.
44. Pozzi A, Laureti A, Tawil I, Chow J, Azevedo L, Fehmer V, et al. Intra Oral Photogrammetry: Trueness Evaluation of Novel Technology for Implant Complete-Arch Digital Impression In

- Vitro. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 2025;27(3):e70049.
45. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC oral health*. 2017;17(1):149.
  46. Joensahakij N, Serichetaphongse P, Chengprapakorn W. The accuracy of conventional versus digital (intraoral scanner or photogrammetry) impression techniques in full-arch implant-supported prostheses: a systematic review. *Evidence-Based Dentistry*. 2024;25(4):216-7.
  47. Molinero-Mourelle P, Lam W, Cascos-Sánchez R, Azevedo L, Gómez-Polo M. Photogrammetric and intraoral digital impression technique for the rehabilitation of multiple unfavorably positioned dental implants: a clinical report. *Journal of Oral Implantology*. 2019;45(5):398-402.
  48. Abuduwaili K, Huang R, Song J, Liu Y, Chen Z, Huang B, et al. Comparison of photogrammetric imaging, intraoral scanning and conventional impression accuracy of full-arch dental implant rehabilitation: an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):753.
  49. Vukovic A, Jakupovic S, Zukic S, Secic S, Bajsman A. computer aided Photogrammetry for evaluation of facial and Dental symmetry. *Acta Informatica Medica*. 2010;18(2):88.
  50. Lubis HF, Lubis MM, Bahirrah S, editors. *The Distribution of Facial Profile Photogrammetry of High School Students in Medan*. International Dental Conference of Sumatera Utara 2017 (IDCSU 2017); 2018: Atlantis Press.
  51. Matsuo M, Mine Y, Kawahara K, Murayama T. Accuracy evaluation of a three-dimensional model generated from patient-specific monocular video data for maxillofacial prosthetic rehabilitation: a pilot study. *Journal of Prosthodontics*. 2020;29(8):712-7.
  52. Unkovskiy A, Spintzyk S, Beuer F, Huettig F, Röhrler A, Kraemer-Fernandez P. Accuracy of capturing nasal, orbital, and auricular defects with extra-and intraoral optical scanners and smartphone: an in vitro study. *Journal of dentistry*. 2022;117:103916.
  53. Knyaz V, Zheltov SY, editors. *Photogrammetric techniques for dentistry analysis, planning and visualisation*. Proceedings ISPRS Congress Beijing; 2008.
  54. Korol D, Kindiy D, Kindiy P, Odzhubeiska O, Toncheva K. Photogrammetry in dentistry: a literature review. *The Medical and Ecological Problems*. 2022;26(1-2):32-6.
  55. Fu X, Peng C, Li Z, Liu S, Tan M, Song J. The application of multi-baseline digital close-range photogrammetry in three-dimensional imaging and measurement of dental casts. *PloS one*. 2017;12(6):e0178858.
  56. Fernández-Riveiro P, Smyth-Chamosa E, Suárez-Quintanilla D, Suárez-Cunqueiro M. Angular photogrammetric analysis of the soft tissue facial profile. *The European Journal of Orthodontics*. 2003;25(4):393-9.
  57. Knyaz V. Method for hidden surfaces attitude analysis based on photogrammetric.
  58. Knyaz V, Zheltov SY. Photogrammetric technique for teeth occlusion analysis in dentistry. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2006;36(5):5.
  59. Shigeta Y, Hirabayashi R, Ikawa T, Kihara T, Ando E, Hirai S, et al. Application of photogrammetry for analysis of occlusal contacts. *Journal of Prosthodontic Research*. 2013;57(2):122-8.
  60. Knyaz V, Gaboutchian A. Photogrammetry-based automated measurements for tooth shape and occlusion analysis. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2016;41:849-55.
  61. Kim J-E, Park J-H, Moon H-S, Shim J-S. Complete assessment of occlusal dynamics and establishment of a digital workflow by using target tracking with a three-dimensional facial scanner. *Journal of prosthodontic research*. 2019;63(1):120-4.