

BÖLÜM 13

DİŞ HEKİMLİĞİNDE YENİ UFUKLAR: MİNİMAL İNVAZİV YAKLAŞIMLAR, YAPAY ZEKÂ VE SANAL GERÇEKLİK

Hafize Gamze DEMİRBAŞ¹

GİRİŞ

Diş hekimliği pratiği ve eğitimi, son yıllarda köklü dönüşümler yaşayan dinamik bir alandır. Bu dönüşümün merkezinde, minimal invaziv diş hekimliği (MID) yaklaşımı ve yapay zekâ (YZ) teknolojileri yer almaktadır (1,2). Geleneksel “drill-and-fill” tekniği, yerini dişin doğal yapısını ve biyolojik bütünlüğünü korumayı esas alan yöntemlere bırakmıştır (3,4). YZ ise özellikle tanı süreçlerinde diş hekimlerine güçlü bir destek sağlamaktadır (1,5,2). Bu gelişmelerin eğitimde etkin biçimde aktarılabilmesi için sanal gerçeklik (VR) ve benzeri simülasyon teknolojilerinin kullanım alanı giderek genişlemektedir (6,7).

Bu bölümde, MID, YZ ve VR teknolojilerinin diş hekimliğinde tanı, tedavi ve eğitim süreçlerine etkileri bilimsel bulgular ışığında tartışılacaktır. Ayrıca önleyici stratejilerin ve doku koruyucu yaklaşımların önemi vurgulanarak, güncel durum, karşılaşılan zorluklar ve geleceğe yönelik perspektifler değerlendirilecektir.

MİNİMAL İNVAZİV DİŞ HEKİMLİĞİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE FELSEFESİ

Minimal invaziv diş hekimliği (MID), G.V. Black tarafından savunulan klasik “koruma için genişletme” (extension for prevention) ilkesinden uzaklaşarak, çürük tedavisinde sağlıklı diş dokusunun gereksiz yere çıkarılmasını önleyen daha koruyucu ve etiyoloji-odaklı bir paradigmaya geçişi temsil etmektedir (8). MID yaklaşımı, çürüğün statik bir kaviteden ziyade, demineralizasyon–reminerali-

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD., hafize.demirbas@adu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-2871-2942

pasiteleriyle öne çıkmaları beklenmektedir. Bununla birlikte meslek etiğine bağlı kalmak ve hasta merkezli bir yaklaşımı benimsemek, teknolojik ilerlemelerin ötesinde insana özgü mesleki erdemlerin temelini oluşturacaktır (1,37,5).

Bu bağlamda, YZ ve VR teknolojileri, diş hekimlerinin yetkinliklerini artıran ve klinik karar süreçlerini destekleyen araçlar olarak konumlanmaktadır. Ancak nihai sorumluluk, klinik yargı ve hasta ile kurulan ilişki, her zaman insan diş hekiminin elindedir. Gelecekteki diş hekimleri, teknik becerilerle sınırlı kalmayıp; aynı zamanda YZ destekli araçları etkin biçimde kullanabilen, yaşam boyu öğrenmeyi benimseyen ve dinamik şartlara hızla yanıt verebilen “master adaptif öğrenenler” olarak mesleki kimliklerini inşa edeceklerdir (50). Bu yaklaşım hem mesleki başarıyı hem de hasta memnuniyetini artıracak ve diş hekimliğinin insan odaklı, etik değerlerle bütünleşmiş yapısını teknolojik yeniliklerle güçlendirecektir.

SONUÇ

Diş hekimliği alanı, yakın dönemde hem teknolojiye dayalı ilerlemeler hem de mesleki anlayıştaki yenilikler sayesinde önemli bir değişim sürecinden geçmektedir. Minimal invaziv diş hekimliği (MID) yaklaşımı, dişin doğal yapısını koruma ve gereksiz müdahalelerden kaçınma ilkesini ön plana çıkarırken, yapay zekâ (YZ) uygulamaları tanısal doğruluğu artırmakta ve klinik süreçlerin verimliliğini güçlendirmektedir. Bununla birlikte, sanal gerçeklik (VR) simülatörleri, öğrencilerin ve yeni mezun diş hekimlerinin teorik bilgileri güvenli bir ortamda pratiğe dönüştürmesini sağlayarak öğrenme süreçlerini hızlandırmakta ve risk almadan tecrübe kazandırmaktadır.

MID’in doku koruyucu felsefesi, YZ’nin karar destek yetenekleri ve VR simülasyonlarının eğitsel potansiyeli, bu üç unsurun entegrasyonu sayesinde diş hekimliğinde daha bilinçli, verimli ve hasta odaklı bir uygulamayı mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda, teknolojik yenilikler yalnızca birer araç olarak değil; aynı zamanda mesleki uygulamaları daha güvenli, etkili ve bütüncül hâle getiren tamamlayıcı unsurlar olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Cesur Aydın K. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisinde Yapay Zekâ Uygulamaları Neler Yapabiliyor? *Türkiye Klinikleri Oral and Maxillofacial Radiology-Special Topics*. 2023;9(1): 9-15.
2. Schwendicke F, Golla T, Dreher M, et al. Convolutional neural networks for dental image diagnostics: A scoping review. *Journal of Dentistry*. 2019;91: 103226. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.103226>
3. Desai H, Stewart CA, Finer Y. Minimally invasive therapies for the management of dental caries—A literature review. *Dentistry Journal*. 2021;9(12): 147. <https://doi.org/10.3390/dj9120147>
4. Frencken JE, Peters MC, Manton DJ, et al. Minimal intervention dentistry for managing dental caries – a review. *International Dental Journal*. 2012;62(2): 3–14. <https://doi.org/10.1111/>

idj.12007

5. Semerci ZM, Yardımcı S. Empowering Modern Dentistry: The Impact of Artificial Intelligence on Patient Care and Clinical Decision Making. *Diagnostics*.2024;14(12):1260. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14121260>
6. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. *Future Healthcare Journal*. 2019;6(3):181–185. <https://doi.org/10.7861/fhj.2019-0036>
7. Farag A, Hashem D. Impact of the haptic virtual reality simulator on dental students' psychomotor skills in preclinical operative dentistry. *Clinics and Practice*. 2022;12(1):17–26. <https://doi.org/10.3390/clinpract12010003>
8. Alam BF, Najmi MA, Qasim SB, et al. A bibliometric analysis of minimally invasive dentistry: A review of the literature from 1994 to 2021. *Research and Education*. 2021:1–2. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.09.023>
9. Featherstone JD. The science and practice of caries prevention. *Journal of the American Dental Association*. 2000;131(7):887–899. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0307>
10. Baccolini V, et al. The Role of Casein Phosphopeptide-Amorphous Calcium Phosphate (CPP-A-CP) in White Spot Lesion Remineralization—A Systematic Review. *Journal of Functional Biomaterials*. 2025;16(8):272. <https://doi.org/10.3390/jfb16080272>
11. Pushpalatha C, Gayathri VS, Sowmya SV, et al. Nanohydroxyapatite in dentistry: A comprehensive review. *The Saudi Dental Journal*. 2023;35(6):741-752. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.05.018>
12. Sleem MM, Eid ESG, Abdelghany AM, et al. Evaluation of the remineralization potential of different bioactive glass varnishes on white spot lesions: an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):1284. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-06665-0>
13. Tyagi G, Jain S, Deshwal S, et al. Comparative study of dentin remineralization with Nano-amorphous calcium phosphate-modified bioactive restoratives. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*. 2025;15(4):684-690. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2025.04.009>
14. Alkilzy M, Tarabaih A, Santamaria RM, et al. Self-assembling peptide P11-4 and fluoride for regenerating enamel. *Journal of Dental Research*. 2018;97(2):148-154. <https://doi.org/10.1177/0022034517730531>
15. Naim J, Sen S. The Remineralizing and Desensitizing Potential of Hydroxyapatite in Dentistry: A Narrative Review of Recent Clinical Evidence. *Journal of Functional Biomaterials*. 2025;16(9):325. <https://www.mdpi.com/2079-4983/16/9/325#>
16. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, et al. Minimal intervention dentistry—a review. FDI Commission Project 1e97. *International Dental Journal*. 2000;50(1):1–2. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595x.2000.tb00540.x>
17. Arrow P, McPhee R, Atkinson D, et al. Minimally invasive dentistry based on atraumatic restorative treatment to manage early childhood caries in rural and remote aboriginal communities: Protocol for a randomized controlled trial. *JMIR Research Protocols*. 2018;7(7): e10322. <https://doi.org/10.2196/10322>
18. Kielbassa AM, Muller J, Gernhardt CR. Closing the gap between oral hygiene and minimally invasive dentistry: A review on the resin infiltration technique of incipient (proximal) enamel lesions. *Quintessence International*. 2009;40(8):663–681.
19. Silva EJNL, Martins JNR, Resende BF. Ten years of minimally invasive access cavities in endodontics: A bibliometric analysis. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2021;46(e42):1–15. <https://doi.org/10.5395/rde.2021.46.e42>
20. Alsolamy M, Nadeem F, Azhari AA, et al. Automated detection and labeling of posterior teeth in dental bitewing X-rays using deep learning. *Computers in Biology and Medicine*. 2024; 183:109262. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2024.109262>
21. Ari T, Sağlam H, Öksüzöğlu H, et al. Automatic feature segmentation in dental periapical radiographs. *Diagnostics*. 2022;12(12):3081. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12123081>
22. Bonfanti-Gris M, Herrera A, Salido Rodríguez-Manzanique MP, et al. Deep learning for tooth detection and segmentation in panoramic radiographs: a systematic review and meta-analysis.

- BMC Oral Health*. 2025;25(1):1280. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-06349-9>
23. Miki Y, Muramatsu C, Hayashi T, et al. Tooth labeling in cone-beam CT using deep convolutional neural network for forensic identification. In: *Medical Imaging 2017: Computer-Aided Diagnosis (Vol. 10134)*. 11-16 Şubat 2017, Orlando, Florida, USA: SPIE; 2017. p. 874-879. <http://dx.doi.org/10.1117/12.2254332>
 24. Lee JH, Kim DH, Jeong SN, et al. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of Dentistry*. 2018; 77:106-111. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.07.015>
 25. Casalegno F, Newton T, Daher R, et al. Caries detection with near-infrared transillumination using deep learning. *Journal of Dental Research*. 2019;98(11):1227-1233. <https://doi.org/10.1177/0022034519871884>
 26. Hung M, Voss MW, Rosales MN, et al. Application of machine learning for diagnostic prediction of root caries. *Gerodontology*. 2019;36(4):395-404. <https://doi.org/10.1111/ger.12432>
 27. Musri N, Christie B, Ichwan SJA, et al. Deep learning convolutional neural network algorithms for the early detection and diagnosis of dental caries on periapical radiographs: A systematic review. *Imaging Science in Dentistry*. 2021;51(3):237. <https://doi.org/10.5624/isd.20210074>
 28. Lee S, Oh SI, Jo J, et al. Deep learning for early dental caries detection in bitewing radiographs. *Scientific Reports*. 2021;11(1):16807. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96368-7>
 29. Tan R, Zhu X, Chen S, et al. Caries lesions diagnosis with deep convolutional neural network in intraoral QLF images by handheld device. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):754. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04517-x>
 30. Bahammam, S. A. Prediction of dental caries in children through machine learning. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2025;49(5):158-167. <https://www.jocpd.com/articles/10.22514/jocpd.2025.110>
 31. Murata M, Arijji Y, Ohashi Y, et al. Deep-learning classification using convolutional neural network for evaluation of maxillary sinusitis on panoramic radiography. *Oral Radiology*. 2019;35(3):301-307. <https://doi.org/10.1007/s11282-018-0363-7>
 32. Lee SJ, Chung D, Asano A, et al. Diagnosis of tooth prognosis using artificial intelligence. *Diagnostics*. 2022;12(6):1422. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12061422>
 33. Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Vishwanathaiah S. Scope and performance of artificial intelligence technology in orthodontic diagnosis, treatment planning, and clinical decision-making - A systematic review. *Journal of Dental Sciences*. 2021;16(1):482-492. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.05.022>
 34. Hung K, Montalvao C, Tanaka R, et al. The use and performance of artificial intelligence applications in dental and maxillofacial radiology: A systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2020;49(1):20190107. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190107>
 35. Challen R, Denny J, Pitt M, et al. Artificial intelligence, bias and clinical safety. *BMJ Quality & Safety*. 2019;28(3):231-237. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2018-008370>
 36. Schoenherr JR, Abbas R, Michael K, et al. Designing AI using a human-centered approach: Explainability and accuracy toward trustworthiness. *IEEE Transactions on Technology and Society*. 2023;4(1):9-23. <https://doi.org/10.1109/TTS.2023.3257627>
 37. Kim J, Cai ZR, Chen ML, et al. Assessing Biases in Medical Decisions via Clinician and AI Chatbot Responses to Patient Vignettes. *JAMA Network Open*. 2023;6(10): e2338050-e2338050. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.38050>
 38. Gurusamy K, Aggarwal R, Palanivelu L, et al. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2009;(1):CD006575. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd006575.pub2>
 39. Towers AC. Deconstructed Learning in Pre-Clinical Dental Education Using Virtual Reality Simulation [Doktora tezi]. White Rose eTheses Online; 2023.
 40. Wang D, Zhao X, Shi Y, et al. Six degree-of-freedom haptic simulation of probing dental caries within a narrow oral cavity. *IEEE Transactions on Haptics*. 2016;9(2):279-291. <https://doi.org/10.1109/toh.2016.2531660>

41. Hadjichristou C, Kokoti M, Bakopoulou A. Haptics in fixed prosthodontics and their role in dental education: A literature review. *Journal of Dental Education*. 2024;88(8):1020–1028. <https://doi.org/10.1002/jdd.13533>
42. Moussa R, Alghazaly A, Althagafi N, et al. Effectiveness of Virtual Reality and Interactive Simulators on Dental Education Outcomes: Systematic Review. *European Journal of Dentistry*. 2022;16(3): e42. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731837>
43. Norman G, Dore K, Grierson L. The minimal relationship between simulation fidelity and transfer of learning. *Medical Education*. 2012;46(7):636–647. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2012.04243.x>
44. Schoenherr JR, Hamstra SJ. Beyond fidelity: Deconstructing the seductive simplicity of fidelity in simulator-based education in the health care professions. *Simulation in Healthcare*. 2017;12(2):117–123. <https://doi.org/10.1097/sih.0000000000000226>
45. Massoth C, Röder H, Ohlenburg H, et al. High-fidelity is not superior to low-fidelity simulation but leads to overconfidence in medical students. *BMC Medical Education*. 2019;19(1):1–8. <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1464-7>
46. Salari N, Ghasemnezhad F, Almasi-Hashiani A, et al. The Impact of Different Teaching Methods on Clinical Reasoning and Clinical. *Journal of Dental Education*. 2025; 0:1–15. <https://doi.org/10.1002/jdd.13930>
47. Koufidis C, Manninen K, Nieminen J, et al. Grounding judgement in context: A conceptual learning model of clinical reasoning. *Medical Education*. 2020;54(11):1019–1028. <https://doi.org/10.1111/medu.14222>
48. Gardner AK, Abdelfattah K, Wiersch J, et al. Embracing errors in simulation-based training: The effect of error training on retention and transfer of central venous catheter skills. *Journal of Surgical Education*. 2015;72(6): e158–e162. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2015.08.002>
49. Uribe SE, Maldupa I, Schwendicke F. Integrating Generative AI in Dental Education: A Scoping Review of Current Practices and Recommendations. *European Journal of Dental Education*. 2025:1–15. <https://doi.org/10.1111/eje.13074>
50. Cutrer WB, Miller B, Pusic MV, et al. Fostering the development of master adaptive learners: a conceptual model to guide skill acquisition in medical education. *Academic Medicine*. 2017;92(1):70–75. <https://doi.org/10.1097/acm.0000000000001323>