

DERLEME

Çocuk Diş Sağlık Hizmetlerinde Yapay Zekanın Kullanımı*Özlem Beren SATILMIŞ¹***ÖZ**

Son yıllarda, yapay zeka (YZ) hızlı bir şekilde gelişmekte ve hayatın çoğu alanına entegre olmaktadır. Geleneksel olarak uzmanlarına bırakılmasının en doğru olduğu düşünülen tıp ve diş hekimliğinde de hızla yerini almaktadır. Birçok veriyi hızlı ve doğru bir şekilde analiz etmesi diş hekimlerine tanı ve tedaviye karar verme süreçlerinde avantaj sağlamaktadır. Çocuk diş hekimliğinde de ağız sağlığı ve hijyeninin değerlendirilmesinde kullanılan anketlerde, diş çürüklerinin tespitinde, panoramik fimlerde anatomik oluşumların tespit edilmesinde, kronolojik yaş tespiti gibi birçok alanda yer almaya başlamıştır. Bu makalede çocuk diş hekimliğinde tamamlayıcı bir yardımcı olarak yapay zekanın klinikte ne şekilde kullanıldığını değerlendirmek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çocuk diş hekimliği; Derin öğrenme; Makine öğrenmesi; Yapay zeka

Using Artificial Intelligence in Pediatric Dental Healthcare Services*Özlem Beren SATILMIŞ¹***ABSTRACT**

In recent years, artificial intelligence (AI) has been rapidly developing and integrating into most areas of life. It is rapidly taking its place in medicine and dentistry, traditionally thought to be best left to specialists. Analyzing many data quickly and accurately gives dentists an advantage in diagnosis and treatment decision-making processes. In pediatric dental health services, it has started to take place in many areas such as questionnaires used in the evaluation of oral health and hygiene, detection of dental caries, detection of anatomical landmark in panoramic film and chronological age determination. This study aims to evaluate the use of artificial intelligence as a complementary aid in pediatric dentistry.

Keywords: Artificial intelligence; Deep learning; Machine learning; Pediatric dentistry

¹ Çocuk Diş Hekimi, Ankara Üniversitesi, Çocuk Diş Hekimliği Ana Bilim Dalı, Ankara, Türkiye.

Sorumlu Yazar: Özlem Beren SATILMIŞ

E-posta adresi: obsatilmis@ankara.edu.tr

Gönderi Tarihi: 22.11.2024

ORCID No: 000-0002-5609-1963

Kabul Tarihi: 13.12.2024



GİRİŞ

Sağlık hizmetinin sunumunda sağlık teknolojileri ve yapay zekanın (YZ) kullanımı gün geçtikçe daha fazla ön plana çıkmakta ve uygulamaya geçmektedir. Sağlık hizmetlerinde, hastalıkların teşhis edilmesi, tedavi sonuçlarının tahmin edilmesi ve tedaviye karar vermekte YZ uygulamalarından yararlanılmaktadır (1). YZ, bir bilgisayarı insan gibi düşünmeye başlayacak şekilde eğitime sürecidir (2). Daha geniş anlamda, akıl yürütebilen ve bilişsel işlevleri yerine getirebilen bir makine algoritması olarak tanımlanabilmektedir (3). Bu teknik; tıp, mühendislik, enerji, mekanik, bilgisayar bilimi, psikoloji ve diğer bilim dalları olmak üzere birçok sektöre katkı sağlamaktadır. Yapay zekadaki gelişmeler onu hemen hemen her alanın önemli bir bileşeni haline getirmektedir (4). YZ'nin alt kümesi olan makine öğrenmesi, veriler içindeki temel istatistiksel ilişkileri belirlemek için kullanılarak yeni, gözlemlenmemiş veriler hakkında tahminlerde bulunmaktadır. Makine öğrenmesinin (MÖ) bir alt türü olan derin öğrenme ise görüntüler gibi karmaşık veri türlerini analiz etmek ve bunlardan çıkarımlar yapmak için bir dizi katmanlı matematiksel hesaplama kullanmaktadır (5). Derin

öğrenmeye (DÖ) dayalı YZ algoritmaları klinik uygulamalarda kullanılmaktadır. YZ; araştırma süresini azaltıp zaman tasarrufu sağlayarak kişiselleştirilmiş, öngörücü ve önleyici diş hekimliği uygulamaları sunmaktadır (6). Yakın gelecekte YZ destekli diş cihazlarının ortaya çıkması beklenmektedir (7). Çocuk diş hekimliğinde yapay zekanın, erken çocukluk çağı çürüklerinin tespiti ve sınıflandırılması, ağız hijyen durumu ver plak varlığının tespiti, kronolojik yaş tahmini, diş ve anomalilerinin tespiti, daimi birinci molar dişlerin ektopik sürmesinin tespiti, sürnünerer dişler ve mesiodenslerin tespiti, tedavi planlaması ve gelecekteki hastalık oluşumunu veya ilerlemesini tahmin etmek için kullanılabileceği literatürde gösterilmiştir (8-13). Sunulan makalenin amacı yapay zekanın çocuk diş hekimliğinde kullanım alanlarını güncel olarak değerlendirmektedir.

ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY ZEKANIN KULLANIM ALANLARI

Çocukların Ağız Sağlığı ve Hijyeninin Değerlendirilmesi

Yapay zeka, çocuk ağız sağlığındaki potansiyel risk faktörlerini belirleyebilmektedir. Yapay zekanın etkili veri yönetimi yetenekleri, çocuk diş hekimlerine çocukların kapsamlı tıbbi kayıtlarını düzenlemek için yapılandırılmış ve merkezi bir sistem sağlamaktadır. Bu, çocuğun dental geçmişi hakkında bilgilere hızlı erişim sağlayarak daha kişiselleştirilmiş ve çocuk merkezli bakım planlarına olanak tanımaktadır (6, 14). Wang ve arkadaşları, ebeveynlerin çocuklarının ağız sağlığı durumunu ve tedaviye olan ihtiyacını değerlendirmelerine yardımcı olmak için kısa bir formdan oluşan bir araç seti geliştirmişlerdir (15). Araç seti, katılımcılar için gerekli tedavi ihtiyaçlarını ortaya koymaktadır. Oral hijyen indeksini kullanarak genel ağız sağlığı durumunu tahmin ederek ve aralarındaki yüzdeler dilime göre sıralamalar oluşturmuştur.

Diş Plağının Tespiti

Geleneksel olarak diş plağı genellikle hekimler tarafından ya doğrudan bir sond kullanılarak ya da

bir solüsyon yardımıyla tespit edilmektedir. Ancak bu değerlendirme yöntemleri hekimler arasında değişiklik gösterebileceği için öznel-dir. Dolayısıyla yüksek hassasiyet ve güvenilirlik için muayene eden hekimler arasında kapsamlı kalibrasyona ihtiyaç duyulmakta, bu durum da oldukça zaman alıcı ve maliyetli olabilmektedir. Öte yandan, kullanılan plak boyayıcı ajanlar özgül olmayıp geçici olarak ağız mukozasını ve dudağı boyayabilir, bu da büyük bir estetik sorundur (5, 16). Plak tespiti için floresan spektroskopisinin kullanılması, ağız sağlığının izlenmesinde hızlı ve etkili bir yol olmasına karşın maliyetle ilgili dezavantajları bulunmaktadır (16, 17). Yapılan bir çalışmada plak birikiminin tespiti için 886 diş fotoğrafı üzerinde eğitilen YZ sistemleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar eğitimli bir çocuk diş hekiminin sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve klinik olarak kabul edilebilir performans seviyelerine ulaşılmıştır. Fakat sonuçların elde edilen görüntünün doğruluğuna bağlı olarak değiştiği ve YZ'nin plak tanımlama metodlarının temel mantığı bilinmediği için belirli sınırlamalar söz konusudur (18) İlerleyen yıllarda bu tekniklerin geliştirilmesiyle YZ teknolojisinin yalnızca

hekimler tarafından değil, aynı zamanda ebeveynler tarafından da çocuklarının günlük yaşamdaki ağız hijyenini kontrol etmek için benimsenebileceği ifade edilmektedir (19).

Diş Çürüğünün Tespiti

Yapay zeka, X-ışınlarını ve ağız içi görüntüleri analiz ederek yaygın bir problem olan diş çürüklerinin teşhisine yardımcı olabilmektedir (20). Talpur ve arkadaşları, görüntü analizi yoluyla diş çürüklerini teşhis etmek için derin öğrenme tekniklerini kullandıkları bir çalışma yürütmüşlerdir (21). Basit anketler ve testlerin kullanımıyla makine öğrenmesi tabanlı modeller okul öncesi çocuklarda erken çocukluk çağı çürüklerinin (EÇÇ) varlığını tahmin etmeye yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda genetik ve çevresel faktörleri göz önünde bulunduran yeni bir çürük riski tahmin modeli geliştirilmiştir (22). Ebeveyn anketindeki en önemli maddeler, aktif çürüklerin varlığını tahmin etmek için 'rastgele orman' adı verilen bir MÖ tekniği kullanılarak seçilmiştir (19). Karhade ve arkadaşlarının diş çürüklerini teşhis etmek için kullandıkları yapay zeka temelli bu anketin bulguları EÇÇ'nin iyi bir doğrulukla tanımlanabileceğini ve

sınıflandırılabilirliğini göstermiştir (10). Çocukların yaşı ve ebeveynlerinin ağız sağlığı hakkındaki görüşlerine dayanan makine öğrenmesi modeli, YZ tarafından bildirilen ve demografik verilerden EÇÇ durumunu tahmin edebilen yüksek kaliteli sınıflandırıcılar oluşturabilir. Koopaie ve arkadaşları, EÇÇ hastaları ile çürüksüz hastalar arasındaki tükürük sistatin S seviyelerini ve demografik verileri karşılaştırmak için istatistiksel analiz ve MÖ yaklaşımlarını kullanmıştır (11). Çalışmalarının sonuçları, tükürük sistatin S seviyelerinin kullanılmasıyla erken çocukluk çürüklerini çürüksüz kontrollerden ayırmada makine öğrenmesi yaklaşımlarının etkinliğinin artırılabilirliğini öne sürmüştür. Özellikle COVID-19 pandemisinden sonra birçok kişi çevrimiçi danışmanlıkları tercih etmeye başlamıştır. Bu gibi durumlarda ebeveynlerin ağız sağlığı hakkında daha iyi bilgi ve fikirlere sahip olması ve çocuklarının diş hijyenini değerlendirmek, ağız sağlığı durumunu hekimlere iletmek için somut yollara sahip olması zorunlu hale gelmektedir. Diş hekimi tarafından fiziksel bir değerlendirmenin mümkün olmadığı durumlarda, anket sorularının

listesine sahip olmak çocuğun ağız sağlığını değerlendirmede yardımcı olacaktır (19, 23).

Fissür Örtülmesinin Kategorizasyonu

Evrışimsel Sinir Ağları (ESA), tanısal görüntüleri sınıflandırmak ve patolojik bulguların sınıflandırmasını nesnelleştirmek için kullanılan bir yapay sinir ağıdır ve bu ağların her bir problemi tanımlamak için özel olarak eğitilmesi gerekmektedir. Çocuk diş hekimliğinde fissür örtülmesi uygulamaları sıklıkla koruyucu amaçlı olarak orta ve yüksek çürük riskli çocuklarda tercih edilmektedir. Kompozit ve kompomer dolgulara kıyasla genellikle beyaz renkli oldukları için kolayca tanımlanabilmektedirler. Schlickerrieder ve arkadaşları bu dolguları makine tarafından okunabilen ağız içi fotoğraflardan tanımlamak için derin öğrenmeye dayalı bir ESA geliştirmiştir ve yüksek bir tanı doğruluğu sağlamıştır (24). Bu durum çocuk diş hekimliğinde zaman tasarrufu sağlayarak hem çocuk hem veli hem de hekime avantajlar sağlamaktadır. Ancak, klinik uygulamalarda kullanmadan önce doğru tespit için tekrarlanan eğitim ve restorasyon prosedürlerini gerektiren sınırlamalar mevcuttur (19).

Dişlerin ve Belirli Anomalilerin Tespiti

Daha önce bahsedilen, derin öğrenmenin en popüler mimarilerinden biri olan ve nesne tanımlamak için kullanılan ESA derin öğrenme yöntemleri, gömülü molar dişleri veya eksik diş germelerini tespit etmek, değerlendirmek ve saymak için kullanılmaktadır (25-27). Kaya ve arkadaşları, kullandıkları ESA tabanlı bir nesne tanımlama modeli olan YOLOv4 ile hem süt hem de daimi dişleri tanıyıp sayabilmişlerdir (9). YOLO, gerçek zamanlı nesne tanıma yeteneğinin yanı sıra ortalama olarak çok çeşitli nesne sınıfları üzerinde ortalamanın üzerinde sonuçlar elde etmesi nedeniyle diğer ESA algoritmalarından daha da ön plana çıkmaktadır.

Üst birinci molar dişlerin ektojik erüpsiyonun tespiti için de ESA, diş hekimlerinin daha kesin, tutarlı ve kapsamlı bir şekilde teşhis koymasına yardımcı olmaktadır Yapılan çalışmalarda yapay zeka kullanılarak ektojik sürmenin tespitinin çocuk diş hekimlerinin yorumlarının doğruluğunu artırabileceği belirtilmiştir (28, 29). YZ, derin öğrenme modellerini kullanarak özellikle karışık dişlenme döneminde gözden kaçabilecek, hekimin teşhisinde yetersiz kalabileceği mesiodensleri ya da

diğer sürnümerer dişleri teşhis etmekte de başarılı bir şekilde kullanılmıştır (7, 30-34). Yapılan bir çalışmada, dişin en sert dokusu olan minenin yapısal zayıflığı nedeniyle görülen Büyük Azı-Keser Hipomineralizasyonu (BAKH)'nun veya belirli diş patolojilerinin uzun vadede yapay zekayla teşhis edilebileceği ifade edilmiştir (35). ESA tabanlı derin öğrenme yöntemi, diş hekimlerinin teşhis çalışmalarında desteklenmesi için umut vaat eden bir teknolojidir; yine de kullanılabilmesi için klinik uygulamalar için daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç vardır (19).

Kronolojik Yaş Tahmini

Klinik tedavi seçimini yapmak ve özellikle adli diş hekimliği için metrik yaş değerlendirmesi önemlidir. Diş yaşı genellikle klinik ya da panoramik yöntemler yardımıyla tespit edilmektedir. Klinik yöntem uygulaması kolay olsa ve hızlı sonuçlar verse de, nesnel sonuçlar vermeyebilmektedir. Diş tomurcuklarının mineralizasyonunu değerlendiren panoramik değerlendirme yöntemleri ise daha hassastır (36). Yapay zeka destekli uygulamalar da kronolojik yaş tespitinde son yıllarda kullanılmıştır ve geleneksel

tahmine kıyasla yaşı tahmin etmede daha verimli olduğu bulgulanmıştır (36-39)

Panoramik Filmlerde Anatomik Oluşumların Tespiti

Yapay zeka, dental radyoloji görüntülerinin analizini geliştirmek için kullanılmıştır. Literatürde panoramik filmlerden patolojik radyolüsent lezyonların değerlendirilmesi, osteoporoz tanısı, maksiller sinüzit, yetişkinlerde anatomik oluşumların tespitinin derin öğrenmeyle yapıldığı çalışmalar bulunmaktadır (40-43). Çocuk diş hekimliğinde panoramik filmler sıklıkla kullanılan görüntüleme yöntemlerindedir. Panoramik radyografilerde üst üste gelen sert ve yumuşak anatomik oluşumlar (örneğin dil, hava yolu, burun boşluğu florası, damak tabanı) zor bir tanıya neden olabilmektedir (44). Dişleri ve bitişik anatomik yapıları kapsamlı bir şekilde gösterme, hızlı ve kullanışlı bir teknik olma, intraoral tekniklere göre daha kolay uygulama ve düşük radyasyon dozuyla görüntü elde etme avantajları göz önüne alındığında, panoramik radyografilerde yapay zeka destekli pediatrik anatomik oluşumların tespiti çocuklarda ilk muayenede tercih edilebilir. Yapılan bir çalışmada çocuk hastalara ait yaklaşık bin

panoramik radyografide 9 önemli anatomik oluşumun otomatik tespitini sağlayacak YOLO-v5 modelleri geliştirilmiştir ve bu modellerin doğru tespit başarısı literatürle karşılaştırıldığında oldukça yüksek bulunmuştur (43). Yapay zeka uygulamaları, düşük hata payıyla daha iyi tanı ve tedavi planları yapmaya rehberlik edebilir. Bu alanda diş hekimlerine pratiklik getireceği düşünülmektedir (45).

Çocuk Hastalarda Davranış Yönlendirmesi

Çocuk diş hekimleri, diş hekimliği eğitimleri sırasında edindikleri bilgi ve becerileri kullanarak çocuklarda diş hastalıklarını tanıma ve tedavi etmede önemli bir rol oynarlar. Güvenli ve etkili tedavi ile iyi ağız sağlığını sürdürmek için bu süreç hakkında bir anlayış geliştirirken korkuyu ve kaygıyı hafifleterek çocuğun davranışını değiştirmek ana amaçlar arasındadır (45). Son yıllarda, çocuk diş hekimliğinde sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri, dental işlemler sırasında dikkat dağıtma ve etkileşim için güçlü araçlar olarak ortaya çıkmıştır. Bu ilerlemeler, çocukların diş hekimi ziyaretlerine karşı yaşamları boyunca olumlu bir tutum geliştirmelerine yardımcı olarak olumlu ve rahat bir ortam

yaratmaya çalışmaktadır (46). Bunun yanında yapay zekanın çocukların kaygı ve endişelerini gidermedeki rolü, insan profesyonellerin sağladığı güvenceyi yalnızca kısmen yansıtabilir. Birebir iletişim eksikliği, çocuk davranışlarına sınırlı uyum, dokunuş ve rahatlığın eksikliği, çocukların yapay zeka araçlarına öngörülemeyen tepkileri, sözsüz ipuçlarının yanlış yorumlanması ve bazı etik ve güvenlik endişeleri yapay zekanın çocuk diş hekimliğinde kullanılmasının sınırlamalarını oluşturmaktadır (47).

SONUÇ

Dijital dönüşümle birlikte sağlık sisteminde kısa sürede sağlık hizmetlerine erişim kolaylaşmıştır ve beraberinde getirdiği yapay zekâ uygulamaları sağlık sektörüne çok hızlı ayak uydurmuştur. Bu sayede tanı ve tedavilerde daha fazla doğruluk payıyla, daha hızlı sonuçlar elde edilebilmektedir. Yapay zeka sistemleri, diş hekimliği uygulamalarında oldukça büyük avantajlar sağlamaktadır. Çocuk diş hekimliği, hedef hasta kitlesi gereği iletişime daha çok ihtiyacın olduğu, davranış yönlendirme tekniklerinin sıklıkla kullanıldığı bir alandır. Yapılan çalışmalarda yapay zekanın diş hekimliğinde potansiyel

uygulamalarını gösteren çok sayıda çalışmaya rağmen, diş hekimlerinin yerini tamamen alamadığı görülmektedir. Çünkü bu sistemler insan bilgisine, yeterliliğine ve karar verme kapasitesine tamamen sahip değildir. Ancak elde edilen sonuçlar, yapay zekanın klinikte değerli bir araç olarak kullanılabileceğini desteklemekte ve tamamlayıcı, yararlı bir uygulama olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Çetin B. Sağlık Hizmetleri ve Yapay Zeka. Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Bilimleri Akademik Araştırmalar Dergisi. 2023;7(17):53-67.
2. Kong S-C, Cheung WM-Y, Zhang G. Evaluating artificial intelligence literacy courses for fostering conceptual learning, literacy and empowerment in university students: Refocusing to conceptual building. Computers in Human Behavior Reports. 2022;7:100223.
3. Hutson M. AI Glossary: Artificial intelligence, in so many words. Science. 2017;357(6346):19.
4. Bonny T, AlNassan W, Obaideen K, Al Mallahi MN, Mohammad Y, El-Damanhoury HM. Contemporary Role and Applications of Artificial Intelligence in Dentistry. F1000Res. 2023;12:1179.
5. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. J Dent Res. 2020;99(7):769-74.
6. Alessa N. Application of Artificial Intelligence in Pediatric Dentistry: A Literature Review. J Pharm Bioallied Sci. 2024;16(Suppl 3):S1938-S40.
7. Mine Y, Iwamoto Y, Okazaki S, Nakamura K, Takeda S, Peng TY, et al. Detecting the presence of supernumerary teeth during the early mixed dentition stage using deep learning algorithms: A pilot study. Int J Paediatr Dent. 2022;32(5):678-85.
8. Bunyarit SS, Nambiar P, Naidu MK, Ying RPY, Asif MK. Dental age estimation of Malay children and adolescents: Chaillet and Demirjian's data improved using artificial multilayer perceptron neural network. Pediatric Dent. 2021;31(2):176-85.
9. Kaya E, Gunec HG, Aydin KC, Urkmez ES, Duranay R, Ates HF. A deep learning approach to permanent tooth germ detection on pediatric panoramic radiographs. Imaging Sci Dent. 2022;52(3):275-81.
10. Karhade DS, Roach J, Shrestha P, Simancas-Pallares MA, Ginnis J, Burk ZJS, et al. An Automated Machine Learning Classifier for Early Childhood Caries. Pediatr Dent. 2021;43(3):191-7.
11. Koope M, Salamati M, Montazeri R, Davoudi M, Kolahdooz S. Salivary cystatin S levels in children with early childhood caries in comparison with caries-free children; statistical analysis and machine learning. BMC Oral Health. 2021;21(1):650.
12. Park YH, Kim SH, Choi YY. Prediction Models of Early Childhood Caries Based on Machine Learning Algorithms. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(16).
13. Rokhsad R, Zhang P, Mohammad-Rahimi H, Pitchika V, Entezari N, Schwendicke F. Accuracy and consistency of chatbots versus clinicians for answering pediatric dentistry questions: A pilot study. Journal of Dentistry. 2024;144:104938.
14. Mahajan K, Kunte SS, Patil KV, Shah PP, Shah RV, Jajoo SS. Artificial Intelligence in Pediatric Dentistry – A Systematic Review. Journal of Dental Research and Review. 2023;10(1).
15. Wang Y, Hays RD, Marcus M, Maida CA, Shen J, Xiong D, et al. Developing Children's Oral Health Assessment Toolkits Using Machine Learning Algorithm. JDR Clin Trans Res. 2020;5(3):233-43.
16. Joseph B, Prasanth CS, Jayanthi JL, Presanthila J, Subhash N. Detection and quantification of dental plaque based on laser-induced autofluorescence intensity ratio values. J Biomed Opt. 2015;20(4):048001.
17. Yan YJ, Wang BW, Yang CM, Wu CY, Ou-Yang M. Autofluorescence Detection Method for Dental Plaque Bacteria Detection and Classification: Example of Porphyromonas gingivalis, Aggregatibacter actinomycetemcomitans, and Streptococcus mutans. Dent J (Basel). 2021;9(7).
18. You W, Hao A, Li S, Wang Y, Xia B. Deep learning-based dental plaque detection on primary teeth: a comparison with clinical assessments. BMC Oral Health. 2020;20(1):141.
19. Vishwanathaiah S, Fageeh HN, Khanagar SB, Maganur PC. Artificial Intelligence Its Uses and Application in Pediatric Dentistry: A Review. Biomedicine. 2023;11(3).
20. Gonzalez C, Badr Z, Güngör HC, Han S, Hamdan MD. Identifying Primary Proximal Caries Lesions in Pediatric Patients From Bitewing Radiographs Using Artificial Intelligence. Pediatr Dent. 2024;46(5):332-6.
21. Talpur S, Azim F, Rashid M, Syed SA, Talpur BA, Khan SJ. Uses of Different Machine Learning Algorithms for Diagnosis of Dental Caries. J Healthc Eng. 2022;2022:5032435.
22. Pang L, Wang K, Tao Y, Zhi Q, Zhang J, Lin H. A New Model for Caries Risk Prediction in Teenagers Using a Machine Learning Algorithm Based on Environmental and Genetic Factors. Front Genet. 2021;12:636867.
23. Ramos-Gomez F, Marcus M, Maida CA, Wang Y, Kinsler JJ, Xiong D, et al. Using a Machine Learning Algorithm to Predict the Likelihood of Presence of Dental Caries among Children Aged 2 to 7. Dent J (Basel). 2021;9(12).
24. Schlickerrieder A, Meyer O, Schonewolf J, Engels P, Hickel R, Gruhn V, et al. Automated Detection and Categorization of Fissure Sealants from Intraoral Digital Photographs Using Artificial Intelligence. Diagnostics (Basel). 2021;11(9).
25. Kılıç MC, Bayrakdar IS, Çelik Ö, Bilgir E, Orhan K, Aydın OB, et al. Artificial intelligence system for automatic deciduous tooth detection and numbering in panoramic radiographs. Dentomaxillofac Radiol. 2021;50(6):20200172.
26. Caliskan S, Tuloglu N, Celik O, Ozdemir C, Kizilaslan S, Bayrak S. A pilot study of a deep learning approach to submerged primary tooth classification and detection. Int J Comput Dent. 2021;24(1):1-9.
27. Maganur PC, Vishwanathaiah S, Mashyaky M, Abumelha AS, Robaian A, Almohareb T, et al. Development of Artificial Intelligence Models for Tooth Numbering and Detection: A Systematic Review. Int Dent J. 2024;74(5):917-29.
28. Zhu H, Yu H, Zhang F, Cao Z, Wu F, Zhu F. Automatic segmentation and detection of ectopic eruption of first permanent molars on panoramic radiographs based on nnU-Net. Int J Paediatr Dent. 2022;32(6):785-92.
29. Liu J, Liu Y, Li S, Ying S, Zheng L, Zhao Z. Artificial intelligence-aided detection of ectopic eruption of maxillary first molars based on panoramic radiographs. J Dent. 2022;125:104239.

30. Ahn Y, Hwang JJ, Jung YH, Jeong T, Shin J. Automated Mesiodens Classification System Using Deep Learning on Panoramic Radiographs of Children. *Diagnostics* (Basel). 2021;11(8).
31. Kuwada C, Arijji Y, Fukuda M, Kise Y, Fujita H, Katsumata A, et al. Deep learning systems for detecting and classifying the presence of impacted supernumerary teeth in the maxillary incisor region on panoramic radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2020;130(4):464-9.
32. Ha E-G, Jeon KJ, Kim YH, Kim J-Y, Han S-S. Automatic detection of mesiodens on panoramic radiographs using artificial intelligence. *Scientific Reports*. 2021;11(1):23061.
33. Kim J, Hwang JJ, Jeong T, Cho BH, Shin J. Deep learning-based identification of mesiodens using automatic maxillary anterior region estimation in panoramic radiography of children. *Dentomaxillofac Radiol*. 2022;51(7):20210528.
34. Mladenovic R, Kalevski K, Davidovic B, Jankovic S, Todorovic VS, Vasovic M. The Role of Artificial Intelligence in the Accurate Diagnosis and Treatment Planning of Non-Syndromic Supernumerary Teeth: A Case Report in a Six-Year-Old Boy. *Children* (Basel). 2023;10(5).
35. Alevizakos V, Bekes K, Steffen R, von See C. Artificial intelligence system for training diagnosis and differentiation with molar incisor hypomineralization (MIH) and similar pathologies. *Clin Oral Investig*. 2022;26(12):6917-23.
36. Zaborowicz K, Biedziak B, Olszewska A, Zaborowicz M. Tooth and Bone Parameters in the Assessment of the Chronological Age of Children and Adolescents Using Neural Modelling Methods. *Sensors* (Basel). 2021;21(18).
37. Bunyarit SS, Jayaraman J, Naidu MK, Yuen Ying RP, Nambiar P, Asif MK. Dental age estimation of Malaysian Chinese children and adolescents: Chaillet and Demirjian's method revisited using artificial multilayer perceptron neural network. *Australian Journal of Forensic Sciences*. 2020;52(6):681-98.
38. Zaborowicz M, Zaborowicz K, Biedziak B, Garbowski T. Deep Learning Neural Modelling as a Precise Method in the Assessment of the Chronological Age of Children and Adolescents Using Tooth and Bone Parameters. *Sensors* (Basel). 2022;22(2).
39. Lee Y-H, Won JH, Auh QS, Noh Y-K. Age group prediction with panoramic radiomorphometric parameters using machine learning algorithms. *Scientific Reports*. 2022;12(1):11703.
40. Lee JS, Adhikari S, Liu L, Jeong HG, Kim H, Yoon SJ. Osteoporosis detection in panoramic radiographs using a deep convolutional neural network-based computer-assisted diagnosis system: a preliminary study. *Dentomaxillofac Radiol*. 2019;48(1):20170344.
41. Murata M, Arijji Y, Ohashi Y, Kawai T, Fukuda M, Funakoshi T, et al. Deep-learning classification using convolutional neural network for evaluation of maxillary sinusitis on panoramic radiography. *Oral Radiol*. 2019;35(3):301-7.
42. Corbella S, Srinivas S, Cabitza F. Applications of deep learning in dentistry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2021;132(2):225-38.
43. Bag I, Bilgir E, Bayrakdar IS, Baydar O, Atak FM, Celik O, et al. An artificial intelligence study: automatic description of anatomic landmarks on panoramic radiographs in the pediatric population. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):764.
44. Perschbacher S. Interpretation of panoramic radiographs. *Australian Dental Journal*. 2012;57(s1):40-5.
45. Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, Vishwanathaiah S, Patil S, Baeshen HA, et al. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry - A systematic review. *J Dent Sci*. 2021;16(1):508-22.
46. Cunningham A, McPolin O, Fallis R, Coyle C, Best P, McKenna G. A systematic review of the use of virtual reality or dental smartphone applications as interventions for management of paediatric dental anxiety. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):244.
47. Acharya S, Godhi BS, Saxena V, Assiry AA, Alessa NA, Dawasaz AA, et al. Role of artificial intelligence in behavior management of pediatric dental patients-a mini review. *J Clin Pediatr Dent*. 2024;48(3):24-30.