

Yapay Zekâ ile Modern Diş Hekimliği: Çocuk Diş Hekimliğinde Yeni Ufuklar

Artificial Intelligence in Modern Dentistry: New Horizons in Pediatric Dentistry

Zeynep Esma ÖZALAN^a , Makbule Buse DÜNDAR SARI^b , Merve KURUN AKSOY^a 

^aSağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti AD, Ankara, Türkiye

^aHealth Sciences University, Gulhane Faculty of Dentistry, Department of Pedodontics, Ankara, Türkiye

^bÇanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti AD, Çanakkale, Türkiye

^bCanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Dentistry, Department of Pedodontics, Canakkale, Türkiye

ÖZ

Son yıllarda hızla gelişim gösteren ve farklı sektörlerde ilgi odağı haline gelen yapay zekâ her alanda olduğu gibi sağlık alanında da oldukça popülerdir. Bu uygulamalar insan uzmanlığını, maliyet ve tıbbi hatayı azaltmayı; zaman tasarrufu sağlamayı; verimliliği ve doğruluğu arttırmayı amaçlamaktadır. Sağlık hizmetlerinde yapay zekânın temel ilgi alanı klinik teşhis işlemlerini gerçekleştirebilecek ve tedavi önerilerinde bulunabilecek yapay zekâ programlarının oluşturulmasıdır. Yapay zekâ uygulamalarının diş hekimliği alanındaki gelişimi dikkat çekicidir. Ancak diş hekimliği alanında kullanılan yapay zekâ uygulamaları tıptaki uygulamalardan sonra başlamıştır ve henüz başlangıç aşamasında sayılmaktadır. Günümüzde diş hekimliği alanlarının her biri teknoloji ile bağlantılıdır. Bu da yapay zekâ uygulamalarının diş hekimliğinde geliştirilme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Diş hekimliğindeki yapay zekâ çalışmalarının temel sorunu veri organizasyonunda, işlenmesinde ve düzenlenmesinde yaşanan sıkıntılardır. Veri setlerinin yapay zekâ modellerine hazır hale getirilmesiyle birçok çalışma yapılmış ve yapılan çalışmalar yüksek doğrulukla sonuçlanmıştır. Çocuk diş hekimliği alanında yapay zekâ üzerine yapılmış çalışmalar oldukça azdır, ancak son yıllarda yapay zekâ modellerinin bu alanda uygulanmasıyla ilgili bildirilen çalışma sayısı genel diş hekimliğindeki çalışma sayısı ile paralel olarak hızla artış göstermektedir. Verilerin kullanılabilirliği arttıkça yapay zekâ uygulamaları çeşitli pediatrik dental uygulamalarda faydalarını kanıtlamaya başlamıştır. Bu derlemede, yapay zekânın özellikle çocuk diş hekimliğindeki kullanım alanlarından ve bu konudaki güncel gelişmelerden bahsedilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çocuk diş hekimliği; Diş hekimliği; Yapay zekâ

YAPAY ZEKÂ

Yapay zekâ ilk olarak John McCarthy tarafından, “zeki bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliği” olarak tanımlanmıştır. Bu insan zekâsını bilgisayarlara aktarmak olarak da tanımlanabilmektedir.¹ İnsan beyninin fonksiyonlarını esas alarak insan gibi düşünüp insan gibi algılayan, insan gibi yorumlayıp insan gibi çözümleme yapan ve tüm bu aşamalar sonrasında insan gibi karar alabilen organik olmayan sistemlere (bilgisayar, program, robot vb.) verilen genel addir.¹

Yapay zekâ ile ilişkili ilk çalışmalardan biri olan yapay sinir ağı modeli, Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından 1943 yılında oluşturulmuş ve “Beynin Boolean Devre Modeli” olarak adlandırılmıştır. Geliştirilen model beyinde nöronların çalışma prensibini matematiksel olarak taklit etmiştir. Bu model yapay zekâ çalışmalarının en önemli adımı olarak kabul görmektedir.²

Yapay zekânın tam anlamıyla ortaya çıkması ise İkinci Dünya Savaşı sırasında ilk bilgisayarı bulan ve savaşın gidişatını değiştiren Alan Turing tarafından olmuştur. Alan Turing, makine zekâsı görüşünü ve makinenin insan gibi düşünebilmesini ilk olarak ortaya koyan insandır.³ 1950’de Alan Turing “makinelere düşünebilir mi?” sorusu üzerine oluşturduğu makalesini sunmuş ve makalesinde “karar verme ya da bir problemin çözümü mevcut bilgilerin kullanılmasıyla insan tarafından gerçekleştirilebiliyorsa, makineler neden yapamıyor?” sorusunun cevabını aramıştır. Turing bu makalede kendi ismiyle anılan ve bugün

ABSTRACT

Artificial intelligence, which has developed rapidly in recent years and become the focus of attention in different sectors, is also very popular in the field of health. These applications aim to reduce human expertise, cost and medical error, save time and increase efficiency and accuracy. The main area of interest of artificial intelligence in healthcare is the creation of artificial intelligence programs that can perform clinical diagnosis and make treatment recommendations. The development of artificial intelligence in the field of dentistry is remarkable. However, these attempts started after medical applications and are still in the early stages. Considering the connection between dentistry and technology artificial intelligence applications have the potential of developing in dental practices. The main problem of studies regarding artificial intelligence in dentistry is the difficulties experienced in data organization, processing and editing. Studies usually carried out by making data sets ready for artificial intelligence models, and therefore resulted in high accuracy. There are very few studies on artificial intelligence in the field of pediatric dentistry. However, in recent years, the number of studies reported on the application of artificial intelligence models in this field has been increasing rapidly in parallel with the number of studies in general dentistry. As the availability of data increases, artificial intelligence applications have begun to prove their benefits in various pediatric dental practices. This review aimed to enlighten the use of artificial intelligence mainly in the field of pediatric dentistry and highlight the current developments in this field.

Keywords: Artificial intelligence; Dentistry; Pediatric dentistry

bile kullanılan Turing Testinden bahsetmiştir.⁴ Turing Testi temelde iki insan ve bir bilgisayardan oluşan üç oyunculu bir testtir. Bir insan değerlendirmeci, ayrı bir odada tutulan bir bilgisayar ve bir insana hangisinin insan olduğunu saptayabilmek için açık uçlu sorular sorar.⁵ Belirli bir süreden ve sorudan sonra soru soran insandan cevapların hangisinin diğer katılımcı insana, hangisinin bilgisayara olduğunu karar vermesi istenir. Test birçok kez tekrarlanır ve eğer bilgisayar bunların en az yarısında kazanırsa “zeki bir makine” olarak adlandırılır.² Turing Testi bir makinenin büyük miktarda bilgiyi işleyebildiğini, konuşmayı yorumlayabildiğini ve insanlarla iletişim kurabildiğini gösterir.⁶ Turing testi, günümüzde hala yapay zekâ sistemini test etmede kullanılmaktadır.⁷

“Yapay zekâ” terimi ilk defa 1956’da yaklaşık sekiz hafta süren ve yapay zekâ üzerine olan Dartmouth Yaz Araştırma Projesi’ndeki konferansta (Dartmouth College, Hanover) McCarthy tarafından kullanılmıştır ve “İnsan benzeri zeki makineler özellikle de zeki bilgisayar programları yapmanın bilimi ve mühendisliği” olarak tanımlanmıştır.⁸

YAPAY ZEKÂ ALGORİTMALARI

Bulanık mantık, uzman sistemler, genetik algoritmalar, yapay sinir ağları (Artificial Neural Network, YSA), makine öğrenimi ve derin öğrenme 1950’li yıllardan bugüne kadar geliştirilen yapay zekâ teknikleridir.⁹ Bu tekniklerden en bilineni YSA’dır.¹⁰

Gönderilme Tarihi/Received: 12 Haziran, 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 25 Temmuz, 2024

Yayınlanma Tarihi/Published: 21 Nisan, 2025

Atıf Bilgisi/Cite this article as: Özalan ZE, Dündar Sarı MB, Kurun Aksoy M. Yapay Zekâ ile Modern Diş Hekimliği: Çocuk Diş Hekimliğinde Yeni Ufuklar. Selcuk Dent J 2025;12(1): 178-183 [Doi: 10.15311/selcukdentj.1499233](https://doi.org/10.15311/selcukdentj.1499233)

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Makbule Buse DÜNDAR SARI
E-mail: dundarbuse94@gmail.com

[Doi: 10.15311/selcukdentj.1499233](https://doi.org/10.15311/selcukdentj.1499233)

Bulanık Mantık

Kesin ifadeler ile tanımlanamayan belirsiz bilgileri işleyerek karar vermeyi kolaylaştıran sistemlerdir.⁹ İkili mantıkta doğru ya da yanlış, 0 ya da 1 şeklinde tanımlanan değerlendirmelerin dışında ara değerler yerine uygulamaları tanımlamakta kullanılmaktadır. Bulanık mantık gündelik hayattaki belirsizliklerin yapay zekâ alanında karşılığını oluşturur. Siyah ya da beyaz olarak bir tanımlamanın mümkün olmadığı sistemlerde gri alanların ifadesi bulanık mantığın çalışma prensibini açıklamaktadır.⁴ Klasik mantık aracılığıyla cevap bulamayan sorular, bulanık mantık sistemleri sayesinde çözümlenebilmektedir. Bulanık mantık sistemlerinin temelleri 1965 yılında Zadeh tarafından atılmıştır.¹¹ Bulanık mantık sistemleri; kalite kontrol, ürün planlama, ulaşım, iletişim, ziraat ve tıp gibi bilim alanlarında başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.¹²

Bulanık mantığın sağladığı avantajlar şu şekilde sıralanabilmektedir:^{4,11}

- Belirsiz, zamanla değişen, karmaşık sistemlerin çözümlerini basite indirger.
- Belirsiz problemlerin çözümü, klasik mantık ile yüksek maliyetli ve zor olmaktadır. Oysa bulanık mantık sayesinde problemler daha kolay çözülebilmekte ve daha uygun maliyetli olmaktadır.
- Problemlerin çözümü için karmaşık yazılımlar yerine basit bir yazılım yeterlidir.
- Diğer tekniklere göre daha esnek ve daha az kural bulunmasından dolayı hızlıdır.

Uzman Sistemler

Belirli bir alanda uzman olan kişinin veriler arasında bağlantı kurarak o konu hakkında kıyaslama ve karar verme işlevlerini taklit eden, iyi organize edilmiş bilgi gövdesine sahip bilgisayar yazılımlarıdır.¹³ Bir yapay zekâ programının amacı herhangi bir kişinin yapacağı bir durumu gerçekleştirebilmektir; uzman sistemlerin amacı ise bir uzmanın yapacağı bir durumu gerçekleştirebilmektir.¹⁴ Tıp alanında kullanılan uzman sistemler, birden çok uzmanın görüşlerini değerlendirerek verilerin doğru yorumlanmasına yardımcı olmaktadır.¹⁵

Uzman sistemler yeni bir tasarım üretmek yerine geçmiş deneyimlerden elde edilen bilgiyi kullanmaktadır.¹⁶ Daha önce karşılaşmamış durumlarla ilgili bilgiye sahip olmaması, uzman sistemlerin hata vermesine neden olmaktadır. Devamlı olarak yeni kurallar tanıtılması sebebiyle uzman sistemlere “kural tabanlı sistemler” veya “bilgi tabanlı sistemler” de denmektedir.¹⁷

Genetik Algoritma

John Holland, 1970’li yıllarda genetik algoritmanın temelini atmıştır ve bu teknik evrim merkezli bir tekniktir. Holland, Darwin’in evrim teorisinden ilham alarak insanlarda yaşanan genetik süreci bilgisayar ortamında gerçekleştirmeyi düşünmüştür.¹⁸ Uzman sistemler tek bir problemin çözümünde etkiliyken genetik algoritma tekniği, hızlı değişen durumların çözümünde ve geleneksel çözüm teknikleri kullanılarak çözülemeyen problemlerde başarılı bir şekilde uygulanabilmektedir.¹⁹

Makine Öğrenimi

Günlük hayatta yapay zekâ, makine öğrenimi ve derin öğrenme sıklıkla birbirleri yerine kullanılan kavramlar olsa da kapsam ve sınırlılıkları açısından birbirlerinden ayrılmaktadır. Yapay zekâ çok geniş bir kavram olup makine öğrenimi yapay zekânın, derin öğrenme ise makine öğreniminin alt kümesi olarak tanımlanmaktadır.²⁰

“Makine öğrenimi” kavramı, algoritmaların sisteme sunulan verilerden insan beynindeki nöronların işleyişine benzer bir şekilde kalıpları öğrenerek görevleri gerçekleştirmek için eğitildiği yapay zekânın önemli bir alt alanıdır.²¹

Makine öğrenimi teknolojisi web aramalarından sosyal ağlarda içerik filtrelemeye, e-ticaret sitelerinde önerilere kadar birçok alanda katkı sağlamaktadır. Makine öğrenimi sistemleri görüntülerdeki nesneleri tanıma, konuşmaları yazıya dönüştürme, el yazısı tanıma, doğal dil işleme, bilgisayar oyunları, haberleri, gönderileri veya ürünleri kullanıcıların ilgi alanlarına göre eşleştirme ve tıbbi teşhis gibi birçok alanda kullanılmaktadır.²²

Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağları, insan beyninde bulunan merkezi sinir sistem nöronlarından esinlenerek geliştirilmiştir. Biyolojik nöronları taklit eden ve matematiksel modelleri olan bilişimsel ağlardır.⁹

YSA, öğrenme üzerine kurulan sistemlerdir. Örneklere ait verileri toplayarak bunlar arasındaki ilişkiyi sağlayan sonrasında hiç karşılaşmadığı bir örnek sunulduğunda edindiği bilgileri kullanarak yeni örneklere karşı karar verebilen algoritmalarlardır. YSA’nın genelleme yapabilme ve öğrenebilme özelliklerinden dolayı birçok bilim dalında uygulanabilme imkânı bulunmaktadır.²³ Genellikle örnek tanıma, tahmin etme, verileri sınıflandırma, yorumlama ve filtreleme problemlerinde uygulanmaktadır. Günlük hayatta hava durumu tahmin etme, ses, el yazısı, parmak izi tanıma, trafikte plaka tanıma, uçuş simülasyonları, sinyal-görüntü işleme, robotik alanda, dil tercüme etme vb. gibi birçok sektörde kullanılmaktadır.¹¹ Tıp ve diş hekimliğinde tanı-teşhis ve tedavi planlama, ameliyat görüntüleme sistemlerinde, ilaçların yan etkilerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.²⁴

Derin Öğrenme

YSA, daha fazla veri ile daha karmaşık sorunları çözebilmek için 21. yüzyılda derin öğrenme kavramına evrilmiştir. 2006 yılında Hinton’un çok katmanlı YSA’nın daha verimli eğitilebileceğini ifade etmesi ile derin öğrenme kavramı ortaya çıkmıştır.²⁵

Derin öğrenme, uzun yıllardır üzerinde düşünülen problemlerin çözümünde büyük ilerlemeler kaydetmekte ve bilim, iş dünyası, sağlık, eğitim birçok alanda uygulanabilmektedir. Görüntü işleme, konuşma tanıma, doğal dili anlama, dil çevirisi, duyu analizi ve soru cevaplama gibi konularda başarılı sonuçlar vermektedir. DNA mutasyonlarının gen ekspresyonu ve hastalıklarına olan etkileri, parçacık hızlandırıcı verileri analiz etme, beyin devrelerini yeniden yapılandırma, iris ve parmak izi okuyucuları, istenmeyen posta/reklam tespiti ve sürücüsüz araçlar gibi birçok alanda kullanıma sahiptir.²⁶

DIŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY ZEKÂ

Hızla gelişen yapay zekâ çalışmalarının birçok alanda olduğu gibi diş hekimliği alanındaki gelişimi de umut vericidir.⁷ Yapay zekâ ve diş hekimliği çalışmalarının birçoğu, YSA ve Evrimsel Sinir Ağları (Convolutional neural networks (CNNs))’nı kullanan yapay zekâ modellerine dayanmaktadır.²⁷

Radyoloji alanında gözlemci özelliğinden kaynaklı yanlış ve eksik teşhis oranı yapay zekâ sayesinde minimuma iner. Hekimlerin günlük iş yükünü azaltır ve zamandan tasarruf sağlar. Ayrıca yapay zekâ ağız, diş ve çene bölgesinde insan gözüne kıyasla daha detaylı ve iyi bir değerlendirme yapabilmektedir.²⁸ Bu alanda; diş çürüklerinin analizinde, periapikal patolojiler ve periodontal kemik kaybının teşhisinde, kist ve tümör sınıflandırmasında, sefalometrik analizlerde, osteoporoz taramasında, radyolojik görüntüler üzerinden dişlerin tanınmasında ve segmentasyonuna yönelik çalışmalarda ve adli diş hekimliğine yönelik çalışmalarda kullanılabilmektedir.²⁹

Protetik diş tedavisi alanında oldukça yaygın kullanılan bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretim (CAM)’ı yapay zekâ uygulamalarına entegre etmek hasta başı uygulamalarını geliştirmektedir.¹⁰ CAD/CAM, sabit ve hareketli protezlerin tasarım ve üretiminde kullanılır. Bu süreçte makine öğrenimi mümkün olan en iyi kuron tasarımını oluşturma konusunda başarılı sonuçlar vermiştir.³⁰ Robotik bir kol üzerine monte edilmiş dönen bir elmas alet ve insan eli ile kron preparasyonunun karşılaştırıldığı bir çalışmada, robotik kolun diş hekimisi tarafından gerçekleştirilen preparasyon kadar doğru değerler gösterdiği bildirilmektedir.³¹

Restoratif diş hekimliğinde çürük lezyonu tespitinde yapay zekâ modellerinden faydalanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda yapay zekânın çürük tanısı koymadaki performansı diş hekimlerinden daha başarılı bulunmuştur.³² Çürük tespitine ek olarak beyaz nokta lezyonlarının tespitinde de yapay zekâ modelleri kullanılmaktadır. Askar ve ark.³³ dental fotoğraflar üzerinden yaptığı bir çalışmada bir derin öğrenme yönteminin % 80’in üzerinde doğruluk gösterdiğini bildirmiştir. Diş sert dokularında çürük, gelişimsel bozukluklar gibi durumların yanı sıra dental restorasyonlar için de CNN’ler eğitilebilmektedir.³⁴ Yapılan bir çalışmada CNN yöntemiyle CAD-CAM kompozit rezin kronlarının debonding olasılığı tahmin edilmiştir ve faydalı bulunmuştur.³⁵

Yapay zekâ modelleri kök kanal sistemi anatomisini incelemek, periapikal lezyonları ve kök kırıklarını tespit etmek, çalışma uzunluğu ölçümünü belirlemek, diş pulpası kök hücrelerinin canlılığını ve yeniden tedavi prosedürlerinin başarısını tahmin etmek gibi endodontide çeşitli uygulamalar göstermiştir.³⁶ Nelson ve ark.³⁷ kök kanal tedavisi sırasında yardım için "otomat" olarak adlandırılan bir robotik sistem fikrini yayınlamıştır. Sistemin diş adlandırma tedavisi esnasında gerekli kök kanal aletlerini sağlaması ile işlem bölgesinden sapmayı azaltmak amaçlanmaktadır.³⁷

Derin öğrenme, periodontal açıdan riskli dişlerin prognozunu belirlemek ve periodontal hastalıkları sınıflandırmak için kullanılabilmektedir.³⁸ Lee ve ark.³⁹ bir CNN modeli ile periapikal radyograf üzerinden periodontal olarak problemlı dişlerin prognozunu değerlendirmişlerdir ve prognozu premolarlarda % 81; molarlarda ise % 76.7 doğrulukla belirlemişlerdir. Nakano ve ark.⁴⁰ YSA algoritmalarını kullanarak tükürükteki oral mikrobiyota aracılığıyla ağız kokusu sınıflandırmasını gerçekleştirmişler ve yapay zekâ modellerinin ağız kokusu tespitinde faydalı olabileceğini bildirmişlerdir. Yapay zekâ yöntemlerinin ağız hijyeni üzerine etkilerine yönelik çalışmalar da rapor edilmiştir. Diş fırçalama ve diş ipi kullanma davranışlarını tespit etmek için bileğe takılan alet sensörlerine dayanan yeni bir yöntem önerilmektedir.⁴¹

Ağız, diş ve çene cerrahisinde anatomik yapıların detaylı tespitinde yapay zekâ algoritmalarından faydalanılmaktadır, bu sayede operasyon sırasında anatomik yapılar korunur ve olası komplikasyonların önüne geçilebilmektedir. Üçüncü molar diş çekimleri cerrahi rutininde en sık uygulanan işlemlerden biridir. Hem işlem öncesi komşu anatomik yapılarla olan ilişkisinin ve çekim zorluğunun değerlendirilmesinde hem de post-operatif yüz şişliğinin belirlenmesinde derin öğrenme modelleri geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda derin öğrenme modellerinin yüz şişliğinin belirlenmesinde % 98; çekim zorluğunu belirlemede % 67 oranında başarılı olduğu gösterilmiştir.⁴² İmplant cerrahisinde kemik kalitesinin belirlenmesi,⁴³ yapay zekâ ile osteoporoz sınıflandırılması yapılabilmektedir⁴⁴ ve lenf nodu metastaz tespiti⁴⁵ ve Sjögren sendromu⁴⁶ yapay zekâ kullanılarak çalışılan diğer cerrahi alanlardır.

Yapay zekâ ortodontide teşhisten tedavi planlamasına ve hasta takibine kadar birçok aşamada kullanılmaktadır. Ortodontik tedavinin simülasyonu, dijital bir işlemle üretilen şeffaf plak sistemleri sayesinde popülerlik kazanmıştır.⁴⁷ Teşhis bulgularının yapay zekâ tarafından belirlenebilmesi, bilgisayara yüklenmesi veya düzenlenebilmesi teşhise giden süreci hızlandıracak adımlardır. Sefalometrik landmark tespitinin ve iskeletsel sınıflamanın yapay zekâ ile otomatik olarak yapılabilirliği,⁴⁸ büyüme ve gelişim döneminin el bilek radyografilerinden veya servikal vertebralardan yapay zekâ ile tespiti⁴⁹ üzerinde çalışılan ve başarılı sonuçlar elde edilen konulardır. Ortodontik tedavi planlamasında önemli bir konu olan çekimli-çekimsiz tedavi kararı için bir yapay zekâ modeli oluşturan ve modelin performansını değerlendiren çalışmalar da mevcuttur.⁵⁰

ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY ZEKÂ

Yetişkin teşhis ve tedavilerindeki gelişmelerin çocuk diş hekimliği alanına uygulanmasının yanı sıra, sanal asistanlar ile hasta yönetimi, ağrı kontrolü, davranış yönlendirme teknikleri, hasta ve ebeveynin eğitimi gibi çeşitli alanlarda yapay zekâ uygulamaları geliştirilebilmektedir.¹⁰

Son yıllarda diş hekimliği pratiğinde, yapay zekâ algoritmalarına dayanan, bilgisayar destekli sanal asistan görevi yürüten uygulamalar geliştirilmiştir. Bu sanal asistanlar, hastaların randevularını düzenleme, hastalara diş hekimi kontrolünü hatırlatma, klinik evrak işleri ve sigortayı yönetimi, hastanın sistemik anamnezini detaylı bir şekilde alarak her hasta için oluşturduğu sanal bir veri tabanını sayesinde hastaların tıbbi geçmişi hakkında diş hekimini uyarmak, hekime teşhis ve tedavi planlamasında yardımcı olmak, diş sağlığı uzmanına ulaşamadığında veya dişle ilgili acil durumlarda acil durum tele-yardım sağlama gibi görevleri yerine getirebilmektedir.^{5,10} Ayrıca koltuk pozisyonları, su ve ışık kontrolü gibi ünit ayarlamaları klinisyenin herhangi bir manuel girişine ihtiyaç duymayan sesli komutla verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.⁵¹ Bunlarla birlikte çeşitli 4D gözlükler, filmler, animasyonlar ve sanal gerçeklik tabanlı oyunların pediatrik hastalarda davranış yönlendirmeye yardımcı olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.⁵²

Çocuk diş hekimliğinde daha hızlı ve daha doğru teşhis için CNN modelleri kullanılmaktadır. Bu sayede hastalar diş hekimiyile daha iyi

bir iş birliği için teşvik edilmektedir ve diş tedavisinin başarı oranı artmaktadır.⁵³

Literatürde, derin öğrenme tabanlı yapay zekâ yöntemleri kullanılarak diş tespit ve numaralandırmanın yapıldığı birkaç çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğu daimi dişleri içeren radyografiler üzerinde yapılmıştır.⁵⁴ Derin öğrenmenin en popüler mimarilerinden biri olan CNN, nesne tanıma için yaygın olarak kullanılmaktadır. CNN gibi derin öğrenme yöntemleri, pediatrik hastalarda süt dişlerinin değerlendirilmesi ve numaralandırılması için giderek daha fazla kullanılmaktadır.⁵⁵

Hastaya en uygun tedavi seçiminin yapılabilmesi diş hekimleri tarafından öncelikle yaş değerlendirmesi yapılması ile mümkündür. Tedavi için yaş tespitinin yanı sıra, adli tıp bilimlerinde kimlik tayini kapsamında da yaş tespiti önemli bir konudur.⁵⁶ Araştırmacılar, makine öğrenimi yöntemleri ile yaş tahmininin, çocukluktan erken yetişkinliğe kadar radyografik diş evrelemesine dayalı manuel metotlardan daha iyi performans gösterdiğini bildirmişlerdir.⁵⁷

Doğru ve zamanında teşhis, erken çocukluk çağı çürükleri (EÇÇ)'nin yönetimi ve zararlı sonuçlarının hafifletilmesi açısından hayati öneme sahiptir.⁵⁸ CNN'ler ve derin öğrenme algoritmaları gibi yapay zekâ destekli görüntüleme analiz teknikleri çürük lezyonların tespiti ve bunların ciddiyetinin değerlendirilmesi açısından umut verici sonuçlar göstermiştir.⁵⁹ Ayrıca bu algoritmalar önleyici tedbirler, gelişmiş klinik karar alma sürecine ve EÇÇ yönetimi için özel müdahalelere olanak sağlamaktadır.⁶⁰ Muayene, tükürük sistatin seviyesi, basit anketler, bakteri topluluklarının 16'lı rRNA dizilimi yardımıyla geliştirilen yapay zekâ algoritmaları EÇÇ risk tahmini ve tespitinde yardımcı bulunmuştur.⁶¹

EÇÇ ile mücadele etmek, düşük gelirli ailelerden gelen çocukların diş sağlığı hizmetlerine erişim eksikliği ve bu çocukların ebeveyn ya da bakıcılarının farkındalık eksikliği gibi engellerin üstesinden gelmek için çocukların ebeveynleri tarafından kullanılacak türünün ilk örneği olan yapay zekâ destekli bir telefon uygulaması geliştirilmiştir. Yapay zekâ, ağız sağlığı ve mobil sağlık (mHealth) uzmanları tarafından yürütülen yapay zekâ destekli akıllı telefon uygulaması AICaries, EÇÇ'nin erken klinik tespitini ve tedavisini kolaylaştırma konusunda umut vaat etmektedir.⁶²

Günümüzde, süpernumere dişler olarak da bilinen hiperdentinin tanısında ortopantografi, bilgisayarlı tomografi ve ağız içi tarama yoluyla elde edilen 3 boyutlu segmentasyon modelleri kullanılabilmektedir.⁶³ Süt ve daimi dişlenme dönemindeki meziodensleri tespit etmek için yapılan bir çalışmada birden fazla derin öğrenme ağının (Squeeze net, ResNet 18, ResNet 101 ve Inception-ResNet-V2) kullanımı değerlendirilmiş ve sonuca ulaşmada insana kıyasla önemli ölçüde daha hızlı olduğu ancak doğruluk oranlarının biraz daha düşük olduğu bulunmuştur.⁶⁴ Başka bir çalışmada panoramik radyografadan meziodens teşhinde derin öğrenme tespit tekniğinin önde gelen örneği YOLO yöntemi kullanılmış ve diğer tespit yöntemlerine göre çok daha iyi bir performans göstermiştir.⁶⁵

Yapay zekâ, istenen yapıları seçme seçeneğini sunmaktadır ve süpernumere dişlerin çıkarılmasından sonra kalacak kemik miktarının analizi tedavi öncesinden yapılabilmektedir. Bu durum tedavi planına katkı sağlamaktadır. KIBT görüntülemeye dayanan yapay zekâ, verileri doğru bir şekilde analiz edebilmekte ve fazla sayıda dişin cerrahi tedavisi için en iyi yaklaşımı sağlayabilmektedir. Böylece, cerrahi işlem büyük ölçüde kolaylaşmakta ve hızlanmaktadır.⁶⁶

Hastalara uygulanan koruyucu ve invaziv tedavilerin başarısını arttırmada dental plak teşhisi önem arz etmektedir.⁶⁷ Yapay zekâ ve derin öğrenme yöntemlerine dayanan modern bilgisayar görme teknolojisi nesne algılama, görüntülerde sınıflama ve segmentasyon uygulamaları aracılığıyla diş hekimliği alanında tanı koyma ve tedavi planlamasını kolaylaştıran yazılım programları tasarlamada kullanılmaktadır.⁷ Görüntüde aynı nesne sınıfına ait parçaların bir arada kümelenmesi semantik segmentasyon (anlamsal bölütleme) olarak tanımlanmaktadır.⁶⁸

Derin öğrenmeye dayalı yapay zekâ modelinin ağız içi fotoğraf üzerinde dental plak teşhisinde başarılarının değerlendirildiği bir çalışmada, semantik segmentasyon kullanılarak görüntü veri setinden dental plaklar etiketlenmiştir. Nesnelerin sınırlarını tam olarak tespit edebilmek için nesne algılama değil semantik segmentasyon

uygulanmıştır. Çalışmada 10-15 yaş aralığındaki çocuklarda çürük, restorasyon veya kırık olmayan daimi anterior dişlerden elde edilen ağız içi fotoğraflar kullanılmıştır. Test edilecek dental plaklı alanlar resimlerde hem diş hekimi tarafından hem yapay zekâ tarafından işaretlenmiştir. Bu işaretli alanlar ve altın standart olarak kabul edilen plak boyayıcı ajanla boyanmış dental plaklı alanlar karşılaştırılmış; sonrasında diş hekimi ve yapay zekâ plak tespit performansları incelenmiştir. Yapay zekâ algoritması ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir ve dental plağı tespit etmek için bir diş hekimine göre klinik olarak kabul edilebilir bir başarı göstermiştir.⁶⁹

You ve ark.⁷⁰ tarafından süt dişlerinde DeepLab V3+ modeli kullanılarak derin öğrenmeye dayalı plak tespiti yapılan bir çalışmada, model deneyimi pediatrik diş hekimi ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda dental plağın belirlenmesinde klinik olarak kabul edilebilir başarı oranlarına ulaşılmıştır. Bununla birlikte sonuçlar elde edilen görüntünün doğruluğa bağlı olarak büyük ölçüde değiştiğinden ve yapay zekânın plak tanımlama tekniğinin tam olarak bilinmemesinden kaynaklı bazı sınırlamalara sahip olduğu belirlenmiştir.⁷⁰

Karışık dişlenme döneminde molar dişlerindeki ektoptik erüpsiyonları tespit etme ve segmentlere ayırma üzerine Zhu ve ark.⁷¹ tarafından yapılan bir çalışmada, yapay zekâ modelinin (nnU-Net) daha tutarlı ve doğru olduğu tespit edilmiştir. Liu ve ark.⁷² ktopik maksiller molar erüpsiyonunu pedodontistlerle karşılaştırılabilir bir doğrulukla tanımlayabilen otomatik bir tarama yaklaşımı geliştirmiştir ve yapay zekâ destekli görüntü tanıma modellerinin doğruluğu artırabileceği sonucuna varmışlardır. Ancak, derin öğrenme bunların tanımlama amacıyla kullanılması açısından hala % 100 doğru bulunmamaktadır.

Schönewolf ve ark.⁷³ tarafından yapılan bir çalışmada, özellikle çocuklarda ve ergenlerde görülen gelişimsel bir diş bozukluğu olan molar kesici diş hipomineralizasyonu (MIH)'nın teşhisinde derin öğrenme tabanlı CNN'nin performansı araştırılmıştır. CNN, 3241 ağız içi fotoğraftan elde edilen veri seti ile eğitildikten sonra MIH'ı tespit edebilmiş ve müdahaleleri dokuz MIH kategorisinden sekizinde % 90'dan daha yüksek bir tanısal doğrulukla doğru şekilde ilişkilendirebilmiştir.⁷³

Karışık dişlenme döneminde, sürmemiş küçük azı dişlerinin ve kanin dişlerinin boyutları YSA kullanılarak tahmin edilebilmektedir.⁵¹ Baliga, pediatrik diş hekimliğinde yapay zekâ ile özelleştirilmiş apareyler ile erken ortodontik hareketlerin yapılabileceğini ve yapay zekâ tabanlı cihazlarla enjeksiyonsuz uygulamalar kullanılarak ağrı kontrolünün sağlanabileceğini bildirmiştir.⁵² Anestezi alanında yapılan başka bir çalışmada, yapay zekâ algoritmaları kullanılarak çocukların analjezi tepkisini algılayıp ağrı seviyesini tahmin edebilen bir yazılım geliştirilmiştir.⁷⁴

SONUÇ

Son yıllarda oldukça hızlı gelişim gösteren yapay zekâ diş hekimliği alanında da kapsamlı uygulamalarla kendine yer bulmaktadır. Çocuk diş hekimliği alanında diğer uzmanlık alanlarına kıyasla kullanımı daha düşük olmasına rağmen özellikle teşhis aracı olarak yüksek doğruluk, özgüllük ve hassasiyet göstermesi nedeniyle bu alanda da kullanımının artması beklenmektedir. Bununla birlikte, yapay zekânın hala bazı kısıtlamaları bulunmaktadır. Yapay zekâ ile ilgili hatalardan kimin sorumlu tutulacağı ve analizleri kimin kontrol edeceği gibi yasal konularda ve yapay zekânın yanıltıcı ve sahte veri girişiyle yanlış ve doğrulanamayan bilgiler üretebilmesi gibi güvenilirlik konusunda yetersizlik mevcuttur. Tüm bu sonuçlar ve yapay zekânın insanlara özgü tecrübe, yaratıcılık ve duygular gibi özelliklere sahip olmaması, klinisyenlerin yerini alamayacağını; ancak klinisyenlere yardımcı olacağını göstermektedir.

Değerlendirme / Peer-Review

İki Dış Hakem / Çift Taraflı Körleme

Etik Beyan / Ethical statement

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.

It is declared that during the preparation process of this study, scientific and ethical principles were followed and all the studies benefited are stated in the bibliography.

Benzerlik Taraması / Similarity scan

Yapıldı - ithenticate

Etik Bildirim / Ethical statement

dishekimligidergisi@selcuk.edu.tr

Telif Hakkı & Lisans / Copyright & License

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

Finansman / Grant Support

Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir. | The authors declared that this study has received no financial support.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. | The authors have no conflict of interest to declare.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Çalışmanın Tasarlanması | Design of Study: ZEO (%70), MA (%30)

Veri Toplanması | Data Acquisition: ZEO (%80), MA (%20)

Veri Analizi | Data Analysis: ZEO (%100)

Makalenin Yazımı | Writing up: MBDS (%90), MA (%10)

Makale Gönderimi ve Revizyonu | Submission and Revision: MBDS (%100)

KAYNAKÇA

- McCarthy J. What is artificial intelligence? 2007.
- Arslan K. Eğitimde yapay zekâ ve uygulamaları. BAEBD. 2020;11(1):71-88.
- Uzun T. Yapay zeka ve sağlık uygulamaları. İKÇÜ İİBF. 2020;3(1):80-92.
- Pirim H. Yapay Zeka. JoY. 2006;1(1):81-93.
- Nayak A. Clinical photography: A to Z. APOS Trends Orthod. 2017;7(1):19.
- Taulli T. Artificial Intelligence Basics. Berkeley, CA: Apress; 2019.
- Park WJ, Park JB. History and application of artificial neural networks in dentistry. Eur J Dent. 2018;12(04):594-601.
- Moor J. The dartmouth college artificial intelligence conference: the next fifty years. AI Magazine. 2006;27(4):87.
- Öztemel E. Yapay Zeka Teknikleri. Papatya Yayıncılık. İstanbul; 2003.
- Tandon D, Rajawat J, Banerjee M. Present and future of artificial intelligence in dentistry. J Oral Biol Craniofac Res. 2020;10(4):391-6.
- Yılmaz A. Yapay Zeka. İnkılap Kitabevi. İstanbul; 2020.
- Gilboy N, Travers D, Wuerz R. Re-evaluating triage in the new millennium: A comprehensive look at the need for standardization and quality. J Emerg Nurs. 1999;25(6):468-73.
- Bahrammirzaee A. A comparative survey of artificial intelligence applications in finance: artificial neural networks, expert system and hybrid intelligent systems. Neural Comput Appl. 2010;19(8):1165-95.
- Allahverdi Novruz. Uzman Sistemler Bir Yapay Zeka Uygulaması. Atlas Yayın Dağıtım. Ankara; 2002.
- Babalık A, Güler İ. Boğaz enfeksiyonlarının teşhis ve tedavisinde uzman sistem kullanımı. SUJES. 2007;6(2):109-119.
- Alpaydın E. Yapay Öğrenme: Yeni Yapay Zeka. Tellekt; 2020.
- Warwick K. Artificial Intelligence: The Basics: Routledge; 2013.
- İşçi Ö, Korukoğlu S. Genetik algoritma yaklaşımı ve yöneylem araştırmasında bir uygulama. YED. 2003;10(2):191-208.
- Rafiee A, Moradi MH, Farzaneh MR. Novel genetic-neuro-fuzzy filter for speckle reduction from sonography images. J Digit Imaging. 2004;17(4):292-300.
- Chartrand G, Cheng PM, Vorontsov E, Drozdal M, Turcotte S, Pal CJ, et al. Deep learning: a primer for radiologists. Radiographics. 2017;37(7):2113-31.
- Erickson BJ, Korfiatis P, Akkus Z, Kline TL. Machine learning for medical imaging. Radiographics. 2017;37(2):505-15.
- LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. Nature. 2015;521(7553):436-44.
- Ergezer H, Dikmen M, Özdemir E. Yapay sinir ağları ve tanıma sistemleri. PIVOLKA. 2003;2(6):14-7.
- Yasav M. Yapay Sinir Ağlarıyla Yüz Mimiklerinin Tanınması [Yüksek lisans]. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi; 2008.
- Kaya U, Yılmaz A. Derin Öğrenme. Kodlab Yayın Dağıtım. İstanbul; 2019.
- Keleş A. Derin öğrenme ve sağlık alanındaki uygulamaları. J Turk Stud Electric. 2018;13(21):113-27.
- Shan T, Tay FR, Gu L. Application of artificial intelligence in dentistry. J Dent Res. 2021;100(3):232-44.
- Yaji Anisha, Prasad Shesha, Pai Anuradha. Artificial intelligence in dento-maxillofacial radiology. ASDS. 2019;3(1):116-21.
- Putra RH, Doi C, Yoda N, Astuti ER, Sasaki K. Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. Dentomaxillofac Radiol. 2022;51(1):20210197.
- Leeson D. The digital factory in both the modern dental lab and clinic. Dental Materials. 2020;36(1):43-52.
- Otani T, Raigrodski AJ, Mancl L, Kanuma I, Rosen J. In vitro evaluation of accuracy and precision of automated robotic tooth preparation system for porcelain laminate veneers. J Prosthet Dent. 2015;114(2):229-35.
- Cantu AG, Gehrung S, Krois J, Chaurasia A, Rossi JG, Gaudin R, et al. Detecting caries lesions of different radiographic extension on bitewings using deep learning. J Dent. 2020; 100:103425.
- Askar H, Krois J, Rohrer C, Mertens S, Elhennawy K, Ottolenghi L, et al. Detecting white spot lesions on dental photography using deep learning: A pilot study. J Dent. 2021; 107:103615.
- Schlickerrieder A, Meyer O, Schönewolf J, Engels P, Hickel R, Gruhn V, et al. Automatized detection and categorization of fissure sealants from intraoral digital photographs using artificial intelligence. Diagnostics. 2021;11(9):1608.
- Yamaguchi S, Lee C, Karaer O, Ban S, Mine A, Imazato S. Predicting the debonding of cad/cam composite resin crowns with AI. J Dent Res. 2019;98(11):1234-8.
- Aminoshariae A, Kulild J, Nagendrababu V. Artificial intelligence in endodontics: Current applications and future directions. J Endod. 2021;47(9):1352-7.
- Nelson CA, Hossain SGM, Al-Okaily A, Ong J. A novel vending machine for supplying root canal tools during surgery. J Med Eng Technol. 2012;36(2):102-16.
- Albayrak B, Özdemir G, Ölçer Us Y, Yüzbaşıoğlu E. Artificial intelligence technologies in dentistry. J Exp Clin Med. 2021;38(SI-2):188-94.
- Lee JH, Kim DH, Jeong SN, Choi SH. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. J Periodontal Implant Sci. 2018;48(2):114.
- Nakano Y, Takeshita T, Kamio N, Shiota S, Shibata Y, Suzuki N, et al. Supervised machine learning-based classification of oral malodor based on the microbiota in saliva samples. Artif Intell Med. 2014;60(2):97-101.
- Akther S, Saleheen N, Samiei SA, Shetty V, Ertin E, Kumar S. mORAL: An mHealth model for inferring Oral Hygiene Behaviors in-the-wild using wrist-worn inertial sensors. Proc ACM Interact Mob Wearable Ubiquitous Technol. 2019;3(1):1-25.
- Yoo JH, Yeom HG, Shin W, Yun JP, Lee JH, Jeong SH, et al. Deep learning based prediction of extraction difficulty for mandibular third molars. Sci Rep. 2021;11(1):1954.
- Yüce F, Taşöker M. The applications of artificial intelligence in dentistry. Yeditepe J Dent. 2023;19(2):141-9.
- Chu P, Bo C, Liang X, Yang J, Megalooikonomou V, Yang F, et al. Using octuplet siamese network for osteoporosis analysis on dental panoramic radiographs. In: 2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). IEEE; 2018. p. 2579-82.
- Kann BH, Aneja S, Loganadane GV, Kelly JR, Smith SM, Decker RH, et al. Pretreatment identification of head and neck cancer nodal metastasis and extranodal extension using deep learning neural networks. Sci Rep. 2018;8(1):14036.
- Kise Y, Ikeda H, Fujii T, Fukuda M, Arijji Y, Fujita H, et al. Preliminary study on the application of deep learning system to diagnosis of Sjögren's syndrome on CT images. Dentomaxillofac Radiol. 2019;48(6):20190019.
- Akdeniz S, Tosun ME. A review of the use of artificial intelligence in orthodontics. J Exp Clin Med. 2021;38(SI-2):157-62.
- Mahto RK, Kafle D, Giri A, Luintel S, Karki A. Evaluation of fully automated cephalometric measurements obtained from web-based artificial intelligence driven platform. BMC Oral Health. 2022;22(1):132.
- Amasya H, Yildirim D, Aydoğan T, Kemaloglu N, Orhan K. Cervical vertebral maturation assessment on lateral cephalometric radiographs using artificial intelligence: comparison of machine learning classifier models. Dentomaxillofac Radiol. 2020;49(5):20190441.
- Bichu YM, Hansa I, Bichu AY, Premjani P, Flores-Mir C, Vaid NR. Applications of artificial intelligence and machine learning in orthodontics: a scoping review. Prog Orthod. 2021;22(1):18.
- Kurup RJ, Sodhand A, Sangeetha R. Dentistry and artificial intelligence. ASDS. 2020;4(10):26-32.
- Baliga MS. Artificial intelligence - The next frontier in pediatric dentistry. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2019;37(4):315.
- Vishwanathaiah S, Fageeh HN, Khanagar SB, Maganur PC. Artificial intelligence its uses and application in pediatric dentistry: A review. Biomedicine. 2023;11(3):788.
- Vona Ş. Derin Öğrenme Yöntemi İle Panoramik Radyografilerde Süt Dişlerinin Tespiti Ve Numaralandırılması [Yüksek lisans]. Ordu: Ordu Üniversitesi; 2023.
- 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.
- 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. 2021;21(18):6008.

57. Galibourg A, Cussat-Blanc S, Dumoncel J, Telmon N, Monsarrat P, Maret D. Comparison of different machine learning approaches to predict dental age using Demirjian's staging approach. *Int J Legal Med.* 2021;135(2):665-75.
58. Sharma S. Artificial intelligence in dentistry: The current concepts and a peek into the future. *Int J Contemp Med Res.* 2019;6(12):5-9.
59. Lee JH, Kim DH, Jeong SN, Choi SH. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Dent.* 2018;77:106-11.
60. Al-Namankany A. Influence of artificial intelligence-driven diagnostic tools on treatment decision-making in early childhood caries: A systematic review of accuracy and clinical outcomes. *Dent J.* 2023;11(9):214.
61. 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.
62. Xiao J, Luo J, Ly-Mapes O, Wu TT, Dye T, Al Jallad N, et al. Assessing a smartphone app (aicaries) that uses artificial intelligence to detect dental caries in children and provides interactive oral health education: Protocol for a design and usability testing study. *JMIR Res Protoc.* 2021;10(10):e32921.
63. Chen R, Yang J, Feng Y, Hao J, Liu Z. Model adaptive tooth segmentation. *Proc Mach Learn Res.* 2023;227:775-798.
64. Ahn Y, Hwang JJ, Jung YH, Jeong T, Shin J. Automated mesiodens classification system using deep learning on panoramic radiographs of children. *Diagnostics.* 2021;11(8):1477.
65. Ha EG, Jeon KJ, Kim YH, Kim JY, Han SS. Automatic detection of mesiodens on panoramic radiographs using artificial intelligence. *Sci Rep.* 2021;11(1):23061.
66. 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.* 2023;10(5):839.
67. Lang NP, Schätzle MA, Loe H. Gingivitis as a risk factor in periodontal disease. *J Clin Periodontol.* 2009;36:3-8.
68. Chen LC, Papandreou G, Kokkinos I, Murphy K, Yuille AL. DeepLab: Semantic image segmentation with deep convolutional nets, atrous convolution, and fully connected CRFs. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell.* 2018;40(4):834-48.
69. Yüksel B. Dental Plak Varlığının Yapay Zeka İle Değerlendirilmesi [Diş Hekimliği Uzmanlık]. Edirne: Trakya Üniversitesi; 2023.
70. 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.
71. 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.
72. 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.
73. Schönewolf J, Meyer O, Engels P, Schlickerrieder A, Hickel R, Gruhn V, et al. Artificial intelligence-based diagnostics of molar-incisor-hypomineralization (MIH) on intraoral photographs. *Clin Oral Investig.* 2022;26(9):5923-30.
74. Côté C. Artificial intelligence in anesthesiology: Moving into the future. *Univ Tor Med J.* 2019;96(1).