

Diş Hekimliğinde Yapay Zeka Uygulamaları

Artificial Intelligence Applications In Dentistry

Ayşegül SUNAR¹ Çağan TAŞ² Eda SIR³ Hülya POLATER⁴ Nihal BAĞLIOĞLU³Derleme Makale
Review ArticleGeliş tarihi/Received:
23.08.2024Son revizyon teslimi/Last
revision received:
1.12.2024

Kabul tarihi/Accepted: 2.12.2024

Yayın tarihi/Published:
Aralık 2024

Atf/Citation:

Sunar, A., Taş Ç., Sir, E., Polater, H., Bağlioğlu, N., (2024). Diş Hekimliğinde Yapay Zeka Uygulamaları Journal of Kocaeli Health and Technology University, 2(3), 41-57

DOI:

ÖZET

Yapay zeka, diş hekimliği pratiğinde önemli bir rol oynamaktadır. Öncelikle, yapay zeka algoritmaları dental görüntülerin analizinde kullanılarak, hastaların ağız ve diş sağlığının değerlendirilmesi ve teşhis konulması sürecine yardımcı olabilmektedir. Bu da, radyografiler ve diğer dijital verilerin hızlı, doğru bir şekilde incelenmesini sağlayarak, erken teşhis ve tedavi planlaması için uzun vadede önemli bir avantaj sağlayacaktır. Ayrıca, yapay zeka destekli sistemler, diş hekimlerinin hasta tedavi planlarını oluştururken ve tedavi süreçlerini yönetirken daha verimli olmalarına yardımcı olabilecektir. Bu sistemler, hastanın tıbbi geçmişini, tedavi tercihlerini ve diğer faktörleri dikkate alarak, kişiye özel tedavi planları geliştirerek planların uygulanmasını takip edebilmektedir. Yapay zeka ayrıca, diş hekimlerinin klinik verileri analiz ederek hastaların ağız, diş sağlığı risklerini belirlemelerine ve önleyici tedbirler alınmasına yardımcı olmakla birlikte dental hastalıkların, diğer oral sağlık sorunlarının erken tanı ve tedavi edilmesini sağlayarak, hastaların genel sağlığının korunmasına katkıda bulunabilmektedir. Yapay zeka destekli robotlar ve diğer otomatik sistemler, diş hekimlerine klinik operasyonlarda yardımcı olabilmektedir. Bu sistemler, cerrahi işlemlerde hassasiyet ve doğruluk sağlayabilmekte ve bununla beraber diş hekimlerinin iş yükünü hafifleterek hastaların tedavi deneyimini iyileştirebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Diş hekimliği, evrimsel sinir ağları, veri analizi, yapay zeka

1. Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Avrupa Meslek Yüksekokulu, Ağız ve Diş Sağlığı Bölümü, Kocaeli, Türkiye, aysegulcsunar@kocaelisaglik.edu.tr ORCID: 0000-0002-6340-8092
2. Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Kocaeli, Türkiye, cagan_tas@hotmail.com ORCID: 0009-0007-2675-5689
3. Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Kocaeli, Türkiye, eda.sir@hotmail.com ORCID: 0009-0005-4174-6380
4. Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Kocaeli, Türkiye, hulya.polater@kocaelisaglik.edu.tr ORCID: 0009-0008-2462-4471
5. Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Avrupa Meslek Yüksekokulu, Optisyenlik Bölümü, Kocaeli, Türkiye, nihal.baglioglu@kocaelisaglik.edu.tr ORCID: 0000-0002-1388-4453



ABSTRAT

Artificial intelligence plays an important role in the practice of dentistry. First of all, the use of artificial intelligence data in the analysis of dental records can help solve the process of evaluating and diagnosing patients' dental health components. This enables fast, accurate review of x-ray details and other digital data, providing a significant advantage for early diagnosis and extraction of treatment. Additionally, AI-supported systems can help dentists be more efficient when creating patients' treatment plans and managing their treatment processes. These systems can develop personalized treatment plans, taking into account developmental treatment history, treatment preferences, and other characteristics, and track the performance of the plans. Artificial intelligence can also help dentists identify and educate patients about their oral health risks by analyzing clinical data. Early diagnosis and treatment of dental diseases and other oral health problems during this period can contribute to the protection of the general health of diseases. AI-powered robots and other automated systems can assist dentists in their clinical operations. These systems ensure accuracy and accuracy in procedures. In addition, it can improve the treatment experience of dentists by making their work life easier.

Keywords: Artificial intelligence, convolutional neural networks, data analysis , dentistry

1. GİRİŞ

Dördüncü sanayi devriminin en önemli katkılarından biri olan yapay zeka (AI), makinelerin normalde insan zekası gerektiren görevleri yerine getirme yeteneğidir. Yapay zeka yeni bir terim değildir. Yapay zeka kavramının başlangıcı 1950'lere kadar uzanmaktadır. Ancak yirmi yıl öncesine kadar pratik bir araç haline gelememiştir. Mevcut yapay zeka teknolojisinin üç temel taşının: büyük veri (dijital cihazlar aracılığıyla gelen), hesaplama gücü ve yapay zeka algoritmasının; son yirmi yılda hızla gelişmesi sayesinde, yapay zeka uygulamaları insanların yaşamlarına kolaylık sağlamaya başlamıştır. İnsanların hayatına kapsamlı bir şekilde yardımcı olan elektronik cihazların sayısı arttıkça, bu cihazların kaydettiği veriler, bu elektronik cihazlardan gelen verilerin yapay zeka tarafından kolayca kullanılmasını ve analiz edilmesini mümkün kılmaktadır (1).

Diş hekimliği açısından yapay zeka uygulamaları teşhis, karar verme, tedavi planlama ve tedavi sonuçlarının tahmini olarak sınıflandırılabilir. Diş hekimliğindeki tüm yapay zeka uygulamaları arasında en popüler olanı teşhistir. Yapay zeka daha doğru ve etkili teşhisler

koyarak diş hekimlerinin iş yükünü azaltmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan yapay zeka teknikleri genel olarak: Makine Öğrenimi, Doğal Dil İşleme, Bilgisayarla Görme, Tahmine Dayalı Analitiktir (2).

“Makine Öğrenimi (ML)”, dental görüntüleri ve hasta kayıtlarından oluşan kapsamlı veri kümeleri üzerinde eğitim algoritmalarını içermektedir. Bu algoritmalar verilerdeki kalıpları, anormallikleri ve korelasyonları tanımayı öğrenir. Diş hekimliğinde makine öğrenimi, diş çürüklerinin, kemik kırıklarının veya röntgen ve diğer diş görüntülerindeki anormalliklerin belirlenmesi gibi görüntü analizi için sıklıkla kullanılır. Ayrıca radyografik ve klinik verilere dayanarak daha doğru ve etkili tanı konulmasına katkıda bulunmaktadır (2).

Diş hekimliğinde kullanılan yapay zeka tekniklerinden bir diğeri ise “Doğal Dil İşleme (NLP)”’dir. Doğal dil işleme, bilgisayarlar ve insan dili arasındaki etkileşime odaklanır. Diş hekimliğinde Doğal dil işleme; diş kayıtlarındaki, hasta geçmişlerindeki, klinik notlardaki ve raporlardaki metinsel bilgileri anlayabilir ve yorumlayabilir. Yapay zeka sistemleri yapılandırılmamış metinlerden anlamlı bilgiler elde edilmesini sağlayarak hastanın tıbbi geçmişi, tedavi planları ve hastalığın prognozunu anlamaya destek vermektedir. Aynı zamanda doğal dil işleme dokümantasyonun otomatikleştirilmesine ve büyük hacimli metin tabanlı verilerden değerli bilgilerin çıkarılmasına da yardımcı olmaktadır (3).

“Bilgisayarla Görme (CV)” bir diğer teknik olarak makinelerin görsel bilgileri işlemesi ve yorumlamasını sağlayan bir yapay zeka alanıdır. Diş hekimliğinde bilgisayarlı görme teknikleri radyograflerin, ağız içi görüntülerin ve diğer görsel verilerin analiz edilmesi için çok önemlidir. Yapay zeka sistemleri, çürükler, diş eti hastalıkları veya ağız boşluğundaki anormallikler gibi dental durumları tanımlamak ve değerlendirmek için bilgisayarlı görmeyi kullanmaktadır. Ayrıca bunlara ek olarak ortodontik tedavileri takip ederek zaman içinde ağız sağlığındaki değişiklikleri izleyebilmektedir (4).

“Tahmine Dayalı Analitik” ise diş hekimliğinde yapay zeka destekli tahmine dayalı modeller, hasta bakımı ve dental uygulamaların çeşitli yönlerini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Örneğin, bu yapay zeka modeli, hastalığın prognozu ve hastalık sonuçlarını tahmin edebilir ve farklı tedavi seçeneklerinin olası başarısını değerlendirebilir. Bu da tedavi planlarının bireyselleştirilmesine, verilere, içgörülere dayalı kararlar alınmasına ve tedavi kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır. Tahmine dayalı analitik modelleri, muayenehane randevu planlaması, kaynak tahsisi ve envanter yönetimini iyileştirmeye yardımcı olarak, operasyonel verimliliği artırabilmektedir (5).

Diş hekimliğinde yapay zeka, restoratif ve endodontik diş tedavisi, periodontoloji, ortodonti, ağız-diş ve çene cerrahisi, prostodonti gibi tüm diş hekimliği disiplinlerinde hızla

benimsenmektedir. Diş hekimliğindeki yapay zeka uygulamalarının çoğunluğu radyografik veya optik görüntülere dayalı tanıya yöneliktir. Diğer görevler ise temel olarak veri kullanılabilirliği, veri tekdüzeliği ve 3 boyutlu verileri işlemek için hesaplama gücü kısıtlamalarından dolayı görüntü tabanlı görevler kadar uygulanabilir değildir (6,7). Bu bağlamda, bu derlemede diş hekimliğinde yapay zeka kullanımı, klinik yansımaları, avantajları, dezavantajları değerlendirilecektir.

1.1.Diş Hekimliğinde Yapay Zeka Uygulamaları

Yapay zeka, diş çürükleri ve periodontal hastalıkların teşhis edilmesine yardımcı olmak amacıyla röntgen ve bilgisayarlı tomografi taramaları gibi diş görüntülerini analiz ederek dental görüntüleme kullanılmaktadır (8,9).

Yapay zeka, ayrıca modern diş hekimliğinin neredeyse tüm alanlarında kişiselleştirilmiş tedavi planlarının oluşturulması amacıyla diş görüntülerini ve hasta verilerini analiz etmek için kullanılmaktadır (9,10). Bunlara ek olarak, ortodontik tedavi planlaması ve simülasyonları için kullanılmak üzere 3 boyutlu diş ve çene modelleri oluşturmak amacıyla diş görüntülerini analiz etmekte, ayrıca kuron, köprü gibi protetik uygulamalarda, yine 3 boyutlu diş ve çene modellerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Yapay zeka aynı zamanda restoratif tedavide dolgu, kuron, köprü gibi diş restorasyonlarının tasarlanması ve üretilmesine yardımcı olmak için CAD/CAM yani bilgisayar destekli tasarım ve üretim sistemleri şeklinde tedavi protokollerindeki yerini almaktadır (9-11).

Ayrıca yapay zeka; kök kanalı morfolojilerini belirlemek, minör apikal foramenleri bulmak, periapikal lezyonları, kök kanalı kırıklarını tespit etmek, tedavi ve retreatment başarısını değerlendirmek için endodontide kullanılmaktadır (12,13).

Yapay zeka; baş ve boyun kanseri lezyonlarının erken teşhisinde önem taşımaktadır. Tanıda, umut verici bir yardımcı olarak, doku örneklerinden veya radyografilerden tümör dokusunun erken tespit edilmesinde büyük bir potansiyel sunmaktadır (14,15).

Adli diş hekimliğinde de yapay zekadan, X-ışını görüntüleri kullanılarak; bir kişinin yaşının tahmin edilmesi, cinsiyetinin belirlenmesi ve böylece diş profilinin oluşturulmasında yararlanılmaktadır (16,17).

Belirtilen uygulamaların yanı sıra, dental implantoloji, ağız-diş ve çene cerrahisi, protez ve restoratif diş hekimliği, endodonti, ortodonti, ağız radyolojisi ve diş hekimliği eğitiminde robotik sistemlerin kullanımı yoluyla belirli prosedürlerin gerçekleştirilmesinde, dental robotların gelişmesinde önemli rol oynamaktadır (18-21). Ayrıca, sohbet robotları (chatbots), hastaların randevu almasını, sorularını yanıtlamasını ve ağız bakımı konusunda bilgi edinmesini

sağlamak için etkili bir şekilde kullanılmaktadır (22,23). Ağız bakımı ile ilgili sohbet robotları, özellikle COVID-19 pandemisi sırasında çok büyük işlevsellik göstermiştir (23).

1.2. Teşhis ve Tanıda Yapay Zeka Kullanımı

Diş hekimliğinde yapay zeka, teşhis ve tanı süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Geleneksel teşhis yöntemleri genellikle klinik deneyime ve görsel muayene sonuçlarına dayanırken, yapay zeka sistemleri büyük miktarda veriyi analiz ederek daha objektif ve hassas bir teşhis sağlayabilmektedir. Özellikle görüntüleme tekniklerinin kullanımıyla elde edilen verilerin analizi, çürük, periodontal hastalık (8,9), kök kanalları (12,13) ve diğer oral patolojilerin erken teşhisi konusunda yapay zekanın potansiyelini ortaya koymaktadır. Yapay zeka, teşhiste tek piksel seviyesinde insan gözünün kaçırabileceği çok küçük değişiklikleri bile yakalayabilmektedir. Böylelikle geniş bir popülasyonun ağız kanserine yönelik genetik eğilimini doğru bir şekilde tanımlayabilmektedir (24).

Yapay zeka algoritmaları; diş röntgenleri, tomografileri ve diğer görüntüleme tekniklerini analiz ederek, anomali ve hastalık belirtilerini tespit etmektedir. Derin öğrenme ve makine öğrenimi teknikleri kullanılarak geliştirilen yapay zeka modelleri, belirli paternleri tanımlama ve anlama yeteneğine sahiptir (2). Bu da diş hekimlerinin daha doğru ve erken tanı koymalarına yardımcı olmaktadır. Yapay zekayı sağlık hizmetlerinde uygulamanın en iyi yanı, değerli verilerin toplanması, işlenmesinden cerrah robotların programlanmasına kadar ilerlemektir (3). Yapay zekanın çeşitli teknikleri ve uygulamaları, hastalık semptomları, teşhis sorunları, sağlık uygulamalarında öğrenme modelleri ve yapay zeka kullanılarak hastalık tanı modellemesi için bir çerçeve oluşturmaktadır (24). Makine ve derin öğrenme hesaplamalarının tıbbi alandaki en kritik kullanımlarından biri, tanı koyulması zor olan hastalıkların tanınması ve araştırılmasıdır. Bu sistemler, hastalığın evresini ve tedaviye olan yanıtını tahmin ederek, hekimlerin daha etkili tedavi planları oluşturmasına yardımcı olmaktadır (10).

1.2.1 Yapay Zekanın Erken Tanıdaki Önemi

Yapay zeka destekli araçlar, hastaların oral sağlığını izlemek ve potansiyel sorunların erken tanısında kullanılabilir. Bu araçlar, hasta verilerini analiz ederek çürükler, diş eti hastalıkları ve diğer oral patolojiler gibi riskleri tespit edebilir. Bu sayede, diş hekimleri, hastaların oral sağlığını korumak ve ciddi sorunların ortaya çıkmasını önlemek için tedbirler alabilmektedir.

Yapay zeka, kanser gibi hastalıkların erken evrelerinde tespit ve tanı amacıyla kullanılmaktadır. Oral kanserler için derin öğrenmenin bir alt dalı olan genellikle görüntü-video tanıma, görüntü sınıflandırma ve tıbbi görüntü analizini içeren evrimsel sinir ağı modelleri

kullanılmaktadır. Geleneksel yöntemlere kıyasla, bu teknolojilerin kullanımı ile çok daha hızlı ve etkili sonuçlar elde edebilmektedir (25,26).

Diş hekimliğinde erken teşhis hastalıkların seyrini etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Hastalığa teşhis koymak için ekstraoral ve intraoral muayeneye birlikte radyolojik görüntüleme yapılmaktadır. Hekim gözüyle yapılan radyolojik değerlendirmelerde subjektif farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Yapay zeka ise bu noktada radyolojik görüntüleri yorumlamada hem daha hızlı hem de doğruluğunu artırarak hekimlere destek olmaktadır. Böylelikle yapay zeka profesyonel gözle fark edilemeyecek anomalileri tespit ederken ekran ve ışık gibi çevresel faktörler nedeniyle teşhiste gözden kaçabilecek noktaların ortadan kalkmasını sağlamaktadır (25).

Sürdürülebilirlik perspektifinden bakıldığında yapay zeka, önleyici tedbirlerde veya ağız/diş hastalıklarının erken belirtilerinin tanımlanmasında kullanıldığında, terapötik tedavilerle ilgili maliyetleri ve kaynakları önemli ölçüde düşürmektedir (26).

1.3. Tedavi Planlamasında Yapay Zeka Destekli Sistemler

Her hastanın ağız ve diş sağlığı ihtiyaçları farklıdır ve tedavi planları da buna göre özelleştirilmelidir. Yapay zeka, hastaların klinik verilerini ve tıbbi geçmişlerini analiz ederek, bireysel tedavi planları oluşturabilir (15). Özellikle yapay zeka sistemleri, hastanın mevcut durumu, risk ve genel sağlık durumu gibi faktörleri dikkate alarak en uygun tedavi seçeneklerini belirleyebilir. Bu sistemler, diş hekimlerine, tedavi planları oluştururken daha objektif ve bilgiye dayalı kararlar vermelerinde yardımcı olabilmektedir. Ayrıca, yapay zeka destekli sistemler, tedavi planlarının etkinliğini takip ederek gerektiğinde düzenleme yapmak için geri bildirim sağlayabilir (9,10).

Tedavi planlama sürecini ve tedaviler arası plan değişikliklerini azaltmak otomatikleştirmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Planlama sürecini otomatikleştirebilen belirli sabit kodlu algoritmalara odaklanan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Diğer türdeki çalışmalar doz hacmi histogramlarını (DVH'ler), doz dağılımlarını tahmin etmek ve hatta klinik olarak gerçekleştirilebilen planlar oluşturmak için önceden elde edilen tedavi planlarını kullanan yöntemlere odaklanmaktadır. Bu çalışmaların çoğu, bu tahminleri oluşturmak için evrişimli sinir ağlarını içeren yapay zekayı kullanmaktadır (27).

Karar destek sistemleri, diş hekimlerinin daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olmakla birlikte hastanın durumuna göre en uygun tedavi planının belirlenmesine katkı sağlamaktadır.

1.4. Dental Görüntüleme ve Analizinde Yapay Zeka Teknolojileri

Görüntüleme teknikleri, diş hekimlerinin hastalıkları teşhis etme ve tedavi planlarını oluşturma sürecinde kritik bir rol oynamaktadır. Diş görüntüleme ve diş çürüklerinin sınıflandırılmasında uygulanan en kritik araçlar, evrişimli sinir ağlarıdır. Araştırmalar bu aracın, verilerin hiyerarşik temsillerini otomatik olarak öğrenme konusunda dikkate değer bir yeteneğe sahip olduğunu göstermektedir, bu da onu panoramik radyografiyi analiz etmek için uygun bir araç haline getirmektedir (28).

Ayrıca yapay zeka, hastaların özel ihtiyaçlarına göre kişiselleştirilmiş tedavi planları oluşturmaya yardımcı olmak amacıyla diş görüntülerini ve hasta verilerini analiz etmek için kullanılmaktadır (29). Hasta verilerine dayanarak belirli diş sorunlarının, hastalıkların olasılığının tahmin edilmesine, önlenmesine ve tedavisine yardımcı olmaktadır (30).

1.5. Hastane Otomasyonunda Yapay Zeka Uygulamaları

Diş kliniklerindeki iş akışını optimize etmek ve hasta memnuniyetini artırmak için, yapay zeka destekli otomasyon sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler, randevu planlaması, kayıt tutma ve diğer işlemleri otomatikleştirerek, personel iş yükünü azaltarak verimliliği artırarak hastaların hizmet alma sürecini iyileştirmektedir. Yapay zeka, hastaların randevu almasını, muayene odalarının düzenlenmesini ve tedavi sonrası takip randevularının hatırlatmasını sağlayabilmektedir. Ayrıca yapay zeka destekli sistemler, hasta taleplerini yönlendirebilmekte ve acil durumlarda diş hekimlerini uyarabilmektedir. Yapay zekâ destekli sohbet botları, hastaların randevu almasına, soruları yanıtlamasına ve diş bakımı konusunda eğitim almalarına yardımcı olabilmektedir (5).

Yapay zekâyla desteklenen sanal diş hekimi asistanı uygulaması, diş hekimi muayenehanesindeki çeşitli görevleri daha doğru bir şekilde ve daha az hatayla yerine getirmekte ve işlevleri için daha az insan gücüne ihtiyaç duymaktadır. Klinik teşhis, tedavi planlaması, randevu oluşturma, sigorta ve evrak işlerini organize etme ve daha birçok görevde sanal diş hekimliği uygulamaları kullanılmaktadır. Bu uygulamalar dental acil durumlarda, özellikle pratisyen hekimin mevcut olmaması halinde, hastaya acil tele diş hekimliği seçeneği sunmaktadır (31).

1.6. Robotik Cerrahi ve Yapay Zeka Entegrasyonu

Diş hekimliği, diğer sağlık alanlarında olduğu gibi robotların desteklediği, veriye dayalı yeni bir tıp çağına doğru ilerlemektedir. Robotik diş hekimliği desteği (31) ortodonti, oral implantoloji ve protetik diş tedavisi gibi farklı alanlara uygulanma potansiyeline sahiptir. Yapay zekanın diş hekimliğinde uygulanabilirliğini geliştirmek, insan düzeyindeki performansa ulaşmak ve klinik uygulamada yapay zeka tabanlı modellerin güvenilirliğini artırmak için uyumlanabilir daha esnek sistemlere ihtiyaç vardır (9).

Robotik cerrahi sistemleri, yapay zeka algoritmalarıyla entegre edilerek, ağız, diş ve çene cerrahisiyle uğraşan diş hekimlerinin daha hassas ve doğru cerrahi müdahaleler yapmalarına olanak tanımaktadır. Bu sistemler, komplikasyon riskini azaltabilir ve hastaların iyileşme sürecini hızlandırabilmektedir (11).

Yapay zeka, cerrahi operasyonların planlama sürecinde kullanılabilen ve cerrahi işlemlerin eş zamanlı olarak izlenmesine yardımcı olabilmektedir. Ayrıca, yapay zeka algoritmaları, cerrahi müdahaleler sırasında oluşabilecek komplikasyonları öngörmek ve önlemek için kullanılabilir. Bu da cerrahi başarı oranlarını artırarak hastaların daha iyi ve güvenilir hizmet almasına olanak sağlamaktadır (32).

Ağız bölgesinde yapay zeka rehberliğinde cerrahi veya robotik uygulamaların kullanılması, karmaşık ve yüksek riskli anatomik yapıların tedavi edilmesini kolaylaştırabilmektedir. Bu ileri uygulamalar hem komplikasyon oluşumunu hem de tedavi süresini önemli ölçüde azaltmaktadır (33).

1.7. Veri Analizi ve Hasta Risk Belirleme Yöntemleri

Diş hekimliği pratiği, büyük miktarda veri üretir. Bu verilerin analizi, hastaların sağlık durumunu anlamak ve riskleri belirlemek için önem taşımaktadır. Dijital ağız içi radyolojik görüntüleme yöntemlerinden olan 3 boyutlu BT, CBCT, KIBT gibi taramalar ile çok miktarda hasta verisi kaydedilmektedir. Hastalıkların teşhis ve tedavisini hızlandırmak için bu verileri toplama ve analiz etmede yapay zekadan yararlanılmaktadır. Yapay sinir ağları, ağız kanseri ve ağız kanserine yakalanma riski taşıyan bireylerin belirlenmesinde altın standart haline gelmektedir. Yapay sinir ağları kansere dönüşme ihtimali yüksek olan lezyonlarda ya da yüksek ağız kanseri riski olan hastaların tanılarının konulmasında, kanserin derecelendirilmesinde ve tedavi planının yapılmasında kullanım açısından önemli bir yere sahiptir (33).

Yapay zeka, bu verileri analiz ederek hastaların sağlık risklerini belirlemede ve gelecekte olası sorunları tahmin etmede yardımcı olabilir. Bu bilgi, diş hekimlerinin hastalarını daha iyi yönetmelerine ve potansiyel sorunlara erken müdahale etmelerine olanak tanımaktadır (11,26).

Yapay zeka, sonuçlarla karşılaştırılabilecek yöntem ve uygulamalardan oluşan bir veri tabanı oluşturmak için büyük miktarda verinin toplanması yoluyla bilgi paylaşımını artırmak için kullanılabilir (34).

1.8. Diş Hekimliği Eğitiminde Yapay Zeka Tabanlı Araçlar

Diş hekimliği eğitimi, öğrencilere teorik bilgi kazandırmak ve bu bilgileri klinik becerilerle pekiştirmek açısından önemlidir. Yapay zeka tabanlı araçlar, diş hekimliği eğitiminde simülasyonlar ve interaktif öğrenme araçları ile öğrencilere pratik beceriler kazandırmayı amaçlamaktadır. Simülasyonlar ve sanal hastalar, öğrencilerin klinik becerilerini geliştirmelerine ve farklı senaryoları deneyimlemelerine olanak tanımaktadır. Ayrıca, yapay zeka, öğrencilerin performansını izleyerek öğrenme sürecini optimize etmek için geri bildirim sağlayabilir (35).

Hastalar üzerinde yapılan klinik çalışmayı taklit eden ve canlı bir hasta üzerinde eğitimin içerdiği tüm tehlikeleri en aza indiren senaryolar oluşturmak için yapay zeka, diş hekimliği eğitimi alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Öğrencilere klinik öncesi sanal hasta geri bildirimini sağlamak, onların becerilerini geliştirmelerine ve gerçek hasta etkileşimlerine daha iyi hazırlanmalarına yardımcı olmaktadır. Etkileşimli ara aşama, öğrencilerin çalışmalarını değerlendirmelerine ve ideal olanla karşılaştırmalarına olanak tanıyarak yüksek kaliteli öğrenme ortamları oluşturmaktadır. Bu sistemlerin etkinliği üzerine yapılan çalışmalar, öğrencilerin geleneksel simülatör ünitelerine kıyasla bu sistemlerle yeterliliğe dayalı beceri düzeyini daha hızlı geliştirdiklerini göstermektedir (36).

1.9. Adli Diş Hekimliğinde Kullanımı

Adli tıpta yapay zekanın kullanımı yeni bir trenddir. Belli pratik alanlarda 3 boyutlu evrişimli sinir ağı algoritmalarının uygulanmasına dayanan yeni bir klinik iş akışı sağlamaktadır. Bunlar biyolojik yaş belirleme, cinsiyet belirleme, otomatikleştirilmiş 3 boyutlu sefalometrik analiz, kafatasından ve yumuşak dokudan yüz morfometrisinin tahmini gibi uygulamaları içermektedir (16).

Adli bilimlerde yaş tahmini, özellikle kimlik tespiti süreçlerinde önemli bir rol oynar ve bu amaçla genellikle dişler kullanılır. Diş dokusu, bileşimi nedeniyle iskeletin en dayanıklı parçasıdır ve aşırı koşullara (örneğin yüksek sıcaklık) dayanıklıdır. Ayrıca, kemiklerin bozunmasından sonra bile diş dokusu çok uzun süre boyunca stabil bir şekilde korunmaktadır. Dişlerin gelişimi hem genetik hem de çevresel faktörler tarafından etkilenir ancak diş mineralizasyonu, kemik mineralizasyonuna kıyasla daha az etkilenmektedir. Bu nedenle diş dokuları, kronolojik yaşın göstergeleri açısından kemik dokularına kıyasla daha fazla bilgi içermektedir. Yapay zeka burada panoramik radyografileri kullanarak bireylerin diş yaşını

hesaplama kullanılmaktadır. Bu, özellikle adli tıp ve antropoloji alanlarında önemlidir. Yapay zeka, diş gelişimini ve erozyonunu analiz ederek, bireyin yaşını tahmin etmektedir (37).

1.10. Etik ve Hukuki Sorunlarla İlgili Yapay Zeka Uygulamaları

Yapay zeka uygulamalarının kullanımı, etik ve hukuki sorunları da beraberinde getirebilir. Özellikle hasta gizliliği, veri güvenliği ve yapay zeka sistemlerinin doğruluğu gibi konular önemlidir. Diş hekimliği pratiğinde yapay zeka kullanımıyla ilgili etik ve yasal konuların göz önünde bulundurulması ve uygun önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır. Hasta mahremiyetinin sağlanması ve yapay zeka sistemlerinin güvenliği, güvenilir sağlık hizmeti sunmanın temel şartlarından biridir (1).

Diş hekimlerinin yapay zeka yazılımı kullanımıyla ilişkili riskleri anlama, hastaları bu konuda bilgilendirme ve zararı önleme amacıyla yapay zeka tabanlı sistemleri izleme sorumluluğu bulunmaktadır. Diş hekimleri, pek çok olumlu etkiye rağmen, yapay zeka sistemlerinin kullanımının sosyal ve ekonomik değişiklikleri tetikleyebileceğinin ve bunun da çoğu zaman en savunmasız toplulukları orantısız bir şekilde olumsuz yönde etkileyebileceğinin farkında olmalıdır. Bu nedenle, istenmeyen etkilerin uygulama sonrası sürekli izlenmesine, nedenlerin belirlenmesi ve düzeltici eylemin uygulanması için sıkı bir risk yönetimi protokolü eşlik etmelidir. Karşılıklı güvenin yanı sıra yapay zeka sistemine duyulan güvenin de artırılması amacıyla, hastaların yapay zeka sistemi tarafından toplanan verilerinin nasıl işlendiği konusunda tam olarak bilgilendirilmesi önemlidir. Hastalar ve diş hekimleri yapay zekaya güvenmezse, yapay zekanın klinik diş hekimliği uygulamalarına benimsenmesi azalacak ve sonuçta başarısızlıkla sonuçlanacaktır. Bazı yapay zeka sağlık uygulamaları, hasta verilerini yalnızca doktorla değil aynı zamanda arkadaşlar ve aile üyeleriyle de paylaşarak hastanın veri gizliliğini tehlikeye atabilir. Diş hekimliğinde yapay zeka kullanımına eşlik eden etik uygulamalar şu şekilde olmalıdır:

1. Yapay zeka sisteminin, kullanıma sunulmadan önce yasal olarak seçilmiş düzenleyici kurullar tarafından onaylanması gerekir,

2. Diş hekimleri yapay zeka kullanımı konusunda eğitilmeli ve bunları denetlemelidir. Yapay zeka tabanlı sistemin kendi hasta grubundaki performansını sürekli olarak izlemelidir,

3. Hastaların ve verilerinin güvenliğini sağlamak için yapay zeka kullanımı şeffaflığı, hastaların korunmasını ve güçlü veri yönetimi kontrolünü sağlamalıdır,

4. Yapay zeka sisteminin, diş hekimi veya sağlık kuruluşunun çıkar çatışması olması gibi hasta sağlığını iyileştirmek dışındaki nedenlerle kullanıldığına dair şüphe varsa, hastaların kapsamlı bir şekilde bilgilendirilmesi gerekir (38).

1.11. Diş Hekimliğinde Yapay Zekanın Avantajları

Diş hekimliğindeki teknolojik ilerlemeler, ağız sağlığının korunmasında veya sağlanmasında olumlu etkisi olan birçok avantajı beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda yapay zekanın diş hekimliğinde kullanımının da çeşitli avantajları mevcuttur (38).

Yapay zeka, görüntüleme ve hasta kayıtları gibi diş verilerini analiz ederek, koşulları daha hızlı ve doğru bir şekilde tespit edip, tanı konulmasına yardımcı olarak, doğruluk ve verimliliğe destek olmaktadır (39).

Yapay zeka, hastaların özel ihtiyaçlarına göre kişiselleştirilmiş tedavi planları oluşturmasına yardımcı olmak amacıyla diş görüntülerini ve hasta verilerini analiz etmek için kullanılmaktadır (29). Ayrıca hastanın verilerine dayanarak belirli diş sorunlarının ve hastalıkların olasılığını tahmin etmeye yardımcı olup bunların önlenmesine ve tedavi edilmesine katkıda bulunmaktadır (30). Bunun dışında dental görüntüleme ve hasta verilerinin analizi gibi belirli görevleri otomatikleştirmek için yapay zekanın kullanılması, insan gücü ihtiyacını azaltarak maliyetin düşmesini sağlamaktadır (40).

Diş hekimliğinde yapay zekanın halen gelişme aşamasında olduğunu, avantajlarının özel kullanım durumuna ve uygulamaya bağlı değişkenlik gösterdiğini unutmamak gerekmektedir. Yeterli düzenlemelerin yapay zeka sistemlerinin güvenli, etkili ve etik olmasını sağlaması da ayrıca çok önemlidir.

1.12. Yapay Zekanın Dezavantajları

Yapay zekanın diş hekimliğinde kullanımındaki dezavantajlar; önyargı ve ayrımcılık, şeffaflık ve hesap verebilme eksikliği, gizlilik ve güvenlik endişeleri, özellikle elektronik diş hekimi kayıtlarının ortaya çıkması olarak sayılabilir. Yapay zeka sistemleri tüm insanlar ve topluluklar için erişilebilir veya uygun fiyatlı olmayabilir bu da sağlık hizmetlerine erişimde eşitsizliklere yol açabilir. Elektronik diş kayıtlarının kullanımıyla birlikte gizlilik ve güvenlik endişeleri artmıştır. Yapay zeka sistemleri bu verileri içinde korumalıdır. Yapay zeka kullanımı, hastaların mahremiyeti, veri güvenliği ve etik konular açısından bazı sorunları beraberinde getirebilir. Özellikle hasta verilerinin doğru, güvenli bir şekilde işlenmesi ve saklanması önemlidir (5).

Yapay zeka, hastalarla iletişim kurma yeteneğine sahip değildir. Diş hekimliği pratiğinde insan dokunuşu ve empati önemlidir ve bu, yapay zeka ile tam olarak sağlanamaz. Diş hekimliğinde oral radyoloji kullanımında algoritma geliştiricilerinin tıbbi uzmanlığının yetersiz olması ve bunu kullanacak radyologların konuya yeterli hakimiyeti olmaması nedeniyle yanlış kullanım ve yorumlamadan kaynaklanacak olası hataları azaltmak için birden fazla disiplin arasında ortak bir çalışmayı gerektirmektedir. Doğru görüntü analizi için daha kapsamlı ve fazla sayıda veriye ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, algoritmanın uygulanması

ahlaki ve etik kaygıları artırırken, doğası gereği belirsiz olması da dikkate değer bir dezavantaj teşkil etmektedir (28).

2. SONUÇ

Diş hekimliği yeni teknolojilerin çok hızlı geliştiği bir alandır. Günümüzde diş radyolojisinde tanıyı, tedavi planlamasını ve tedavi sonuçlarının tahminini kolaylaştırmak amacıyla yapay zeka ve sinir ağları çoğunlukla kullanılmaktadır. Sinir ağlarının kullanıldığı diğer alanlar arasında genetik, psikoloji, mikrobiyoloji gibi birçok farklı alan bulunmaktadır. En sık kullanılan sinir ağı türleri yapay sinir ağları ve evrişimli sinir ağlarıdır. Restoratif diş hekimliğinde sinir ağları diş çürüklerini veya restorasyonları tespit ederken, çürük kavite yönteminin seçimini kolaylaştırabilir (40).

Endodontide sinir ağları, periapikal lezyonların ve kök kırıklarının tespiti, kök kanal sistemi anatomisinin değerlendirilmesi, diş pulpası kök hücrelerinin canlılığı, çalışma uzunluğu ölçümlerinin belirlenmesi ve yeniden tedavi prosedürlerinin başarısının tahmin edilmesinde yararlı olabilir (41).

Ortodontide, sinir ağları tanı ve tedavi planlamasını desteklerken aynı zamanda sefalometrik noktaların işaretlenmesi, anatomik analizlerin yapılması ve büyüme-gelişme ile tedavi sonuçlarının değerlendirilmesi gibi süreçleri kolaylaştırabilirler (42).

Ağız, diş çene cerrahisinde sinir ağları, ortognatik cerrahi planlamasında, çekim sonrası komplikasyonların öngörülmesinde, kemik lezyonlarının saptanmasında, takibinde ve implantolojik tedavi planlamasında yardımcı olabilir (43).

Yapay zeka periodontolojide alveolar ve peri-implant kemik kaybını değerlendirmesinin yanı sıra stres gibi psikolojik nedenlere bağlı periodontitis gelişimini tahmin etmek için kullanılmıştır (43,44).

Yapay zeka, protez tasarımında ve üretiminde kişiye özel, yüksek uyumlu ve kaliteli sonuçlar sağlayabilir. Ayrıca, protezlerin performansını izleyerek sürekli iyileştirmelere olanak tanımaktadır.

Sinir ağları ve yapay zeka uygulamalarının günlük diş hekimliği pratiğine entegrasyonu ve diş hekiminin işlerini kolaylaştırmak için kullanılmasıyla ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu, teknolojinin güvenilirliği, etkinliği ve klinik uygulanabilirliği hakkında daha derinlemesine anlayış sağlayacak ve bu alandaki ilerlemeyi hızlandıracaktır.

Analog diş hekimliğinin dijital diş hekimliğine dönüşme hızı, yapay zekanın modern bir diş hekiminin günlük işlerine etki etme hızı ile kıyaslanabilir. Bu değişiklikler, her zaman doğrudan yapay zeka ile ilişkilendirilmese veya hemen fark edilmese de, daha geniş bir

bağlamda düşünüldüğünde ne küçük ne de önemsizdir. Bu değişimler, diş hekimliği pratiğindeki iş akışını, hasta bakımını ve sonuçları temelden değiştirme potansiyeline sahiptir. Diş hekimliğinde kişiselleştirilmiş sağlık hizmeti sunma çabalarının giderek artmasıyla, sağlık hizmetlerinde önümüzdeki yıllarda büyük değişimlerin yaşanma beklentisi yüksektir. Bu değişimler, hastaların ihtiyaçlarına daha hassas bir şekilde yanıt verilmesini sağlayacak ve sonuç olarak daha iyi tedavi sonuçlarına yol açacaktır.

Bu sürecin avantajları daha yüksek verimlilik, kesinlik ve doğruluk sağlamasıyla birlikte, daha etkin izleme imkanı sunması ve zaman tasarrufu sağlaması olarak sıralanabilir. Bu avantajlar, diş hekimliği pratiğindeki iş akışını optimize etmek ve hastalara daha iyi hizmet sunmak için önemli bir rol oynar.

Tam da bu noktada, yapay zeka, gelişmeyi ve ilerlemeyi sağlayan bir araç olarak bu evrimin büyük bir parçası olacaktır. Yapay zeka, sağlık hizmetlerinde verimliliği artırırken aynı zamanda hastaların kişiselleştirilmiş ihtiyaçlarına daha iyi yanıt verilmesine yardımcı olacaktır. Bu da sağlık hizmetlerinde daha etkili ve verimli bir deneyim sağlayacaktır.

Yapay zeka kullanımı, sağlık hizmetlerinde daha iyi bir performansın yanı sıra bireylerin yaşam kalitesini artırarak daha uzun ve sağlıklı bir yaşam süresine katkı sağlayacaktır. Ancak, yapay zekanın kullanımıyla ilgili etik sorunlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Teknolojinin hızla ilerlemesiyle birlikte, mahremiyet, güvenlik ve adalet gibi önemli etik konuların ele alınması gerekmektedir. Bu, yapay zekanın toplumsal fayda sağlamak için en etkili ve güvenilir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır.

Yapay zekanın son yıllarda hızla geliştiği ve yakın gelecekte modern diş hekimliğinde yaygın kullanılan bir araç olacağına dair güçlü bir altyapı oluşmaktadır. Bu gelişmeler, diş hekimliği uygulamalarında daha etkili, verimli ve öngörülebilir sonuçlar elde etmek için önemli bir fırsat sunmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Ding, H., Wu, J., Zhao, W., Matinlinna, J. P., Burrow, M. F., & Tsoi, J. K. (2023). Artificial intelligence in dentistry—A review. *Frontiers in Dental Medicine*, 4, 1085251.
2. Arsiwa-Scheppach, L. T., Chaurasia, A., Müller, A., Krois, J., & Schwendicke, F. (2023). Machine Learning in Dentistry: A Scoping Review. *Journal of Clinical Medicine*, 12(3), 937.
3. Pethani, F., & Dunn, A. G. (2023). Natural language processing for clinical notes in dentistry: A systematic review. *Journal of Biomedical Informatics*, 138, 104282.

4. Salahin, S. M. S., Ullaa, M. D. S., Ahmed, S., Mohammed, N., Farook, T. H., & Dudley, J. (2023). One-Stage Methods of Computer Vision Object Detection to Classify Carious Lesions from Smartphone Imaging. *Oral (Basel, Switzerland)*, 3(2), 176–190.
5. Vodanović, M., Subašić, M., Milošević, D., & Savić Pavičin, I. (2023). Artificial Intelligence in Medicine and Dentistry. *Acta Stomatologica Croatica*, 57(1), 70–84.
6. Khanagar, S. B., Al-Ehaideb, A., Vishwanathaiah, S., Maganur, P. C., Patil, S., Naik, S., Baeshen, H. A., & Sarode, S. S. (2021). Scope and performance of artificial intelligence technology in orthodontic diagnosis, treatment planning, and clinical decision-making - A systematic review. *Journal of Dental Sciences*, 16(1), 482–492.
7. Farook, T. H., Jamayet, N. B., Abdullah, J. Y., & Alam, M. K. (2021). Machine Learning and Intelligent Diagnostics in Dental and Orofacial Pain Management: A Systematic Review. *Pain Research & Management*, 1–9.
8. Putra, R. H., Doi, C., Yoda, N., Astuti, E. R., & Sasaki, K. (2022). Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. *Dento-Maxillo-Facial Radiology*, 51(1), 20210197–20210197.
9. Fatima, A., Shafi, I., Afzal, H., Díez, I. T., Lourdes, D. R. M., Breñosa, J., Espinosa, J. C. M., & Ashraf, I. (2022). Advancements in Dentistry with Artificial Intelligence: Current Clinical Applications and Future Perspectives. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 10(11), 2188.
10. Kabir, T., Lee, C.-T., Chen, L., Jiang, X., & Shams, S. (2022). A comprehensive artificial intelligence framework for dental diagnosis and charting. *BMC Oral Health*, 22(1), 1–13.
11. Singi, S. R., Sathe, S., Reche, A. R., Sibal, A., & Mantri, N. (2022). Extended Arm of Precision in Prosthodontics: Artificial Intelligence. *Cureus*, 14(11), e30962.
12. Hiraiwa, T., Ariji, Y., Fukuda, M., Kise, Y., Nakata, K., Katsumata, A., Fujita, H., & Ariji, E. (2019). A deep-learning artificial intelligence system for assessment of root morphology of the mandibular first molar on panoramic radiography. *Dento-Maxillo-Facial Radiology*, 48(3), 20180218–20180218.
13. Agrawal, P., & Nikhade, P. (2022). Artificial Intelligence in Dentistry: Past, Present, and Future. *Cureus*, 14(7), e27405.
14. Halicek, M., Lu, G., Little, J. V., Wang, X., Patel, M., Griffith, C. C., El-Deiry, M. W., Chen, A. Y., & Fei, B. (2017). Deep convolutional neural networks for classifying head and neck cancer using hyperspectral imaging. *Journal of Biomedical Optics*, 22(6), 060503–060503.

15. Poedjiastoeti, W., & Suebnukarn, S. (2018). Application of Convolutional Neural Network in the Diagnosis of Jaw Tumors. *Healthcare Informatics Research*, 24(3), 236–241.
16. Thurzo, A., Kosnáčová, H. S., Kurilová, V., Kosmel', S., Beňuš, R., Moravanský, N., Kováč, P., Kuracinová, K. M., Palkovič, M., & Varga, I. (2021). Use of Advanced Artificial Intelligence in Forensic Medicine, Forensic Anthropology and Clinical Anatomy. *Healthcare (Basel)*, 9(11), 1545.
17. Mohammad, N., Ahmad, R., Kurniawan, A., & Mohd Yusof, M. Y. P. (2022). Applications of contemporary artificial intelligence technology in forensic odontology as primary forensic identifier: A scoping review. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5, 1049584–1049584.
18. Ahmad, P., Alam, M. K., Aldajani, A., Alahmari, A., Alanazi, A., Stoddart, M., & Sghaireen, M. G. (2021). Dental Robotics: A Disruptive Technology. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(10), 3308.
19. van Riet, T. C. T., Chin Jen Sem, K. T. H., Ho, J.-P. T. F., Spijker, R., Kober, J., & de Lange, J. (2021). Robot technology in dentistry, part one of a systematic review: literature characteristics. *Dental Materials*, 37(8), 1217–1226.
20. Cheng, C., Yinan, X., Zongxin, X., Lei, S., Yanan, X., & Yanli, Y. (2022). Robotic and Microrobotic Tools for Dental Therapy. *Journal of Healthcare Engineering*, 3265462–12.
21. Kumar, P., Ravindranath, K., Srilatha, V., Alobaoid, M., Kulkarni, M., Mathew, T., & Tiwari, H. (2022). Analysis of advances in research trends in robotic and digital dentistry: An original research. *Journal of Pharmacy & Bioallied Science*, 14(5), 185–187.
22. Suárez, A., Adanero, A., Díaz-Flores García, V., Freire, Y., & Algar, J. (2022). Using a Virtual Patient via an Artificial Intelligence Chatbot to Develop Dental Students' Diagnostic Skills. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8735-.
23. Pithpornchaiyakul, S., Naorungroj, S., Pupong, K., & Hunsrisakhun, J. (2022). Using a Chatbot as an Alternative Approach for In-Person Toothbrushing Training During the COVID-19 Pandemic: Comparative Study. *Journal of Medical Internet Research*, 24(10).
24. Kumar, Y., Koul, A., Singla, R., & Ijaz, M. F. (2023). Artificial intelligence in disease diagnosis: a systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(7), 8459–8486.
25. Güneç, H. G., Gökyay, S. S., Kaya, E., & Cesur Aydın, K. (2022). Toplum yapay zeka ile dental tanı konmasına hazır mı? *Selcuk Dental Journal*, 9(1), 200–207.
26. Roganović, J., & Radenković, M. (2023). Ethical use of AI in dentistry. *Intechopen*. Doi: 10.5772/Intechopen.1001828

27. Van De Sande, D., Sharabiani, M., Bluemink, H., Kneepkens, E., Bakx, N., Hagelaar, E., ... & Hurkmans, C. (2021). Artificial Intelligence Based Treatment Planning Of Radiotherapy For Locally Advanced Breast Cancer. *Physics And Imaging In Radiation Oncology*, 20, 111-116.
28. Ahmed, N., Abbasi, M. S., Zuberi, F., Qamar, W., Halim, M. S. B., Maqsood, A., & Alam, M. K. (2021). Artificial Intelligence Techniques: Analysis, Application, and Outcome in Dentistry-A Systematic Review. *BioMed Research International*, 9751564.
29. Hung, K. F., Yeung, A. W. K., Bornstein, M. M., & Schwendicke, F. (2023). Personalized dental medicine, artificial intelligence, and their relevance for dentomaxillofacial imaging. *Dento-Maxillo-Facial Radiology*, 52(1), 20220335.
30. Schwendicke, F., & Krois, J. (2022). Data dentistry: How data are changing clinical care and research. *Journal of Dental Research*, 101(1), 21–29.
31. Grischke, J., Johannsmeier, L., Eich, L., Griga, L., & Haddadin, S. (2020). Dentronics: Towards robotics and artificial intelligence in dentistry. *Dental Materials*, 36(6), 765–778.
32. Miragall, M. F., Knoedler, S., Kauke-Navarro, M., Saadoun, R., Grabenhorst, A., Grill, F. D., Ritschl, L. M., Fichter, A. M., Safi, A. F., & Knoedler, L. (2023). Facethe future-artificialintelligence in oral and maxillofacial surgery. *Journal of Clinical Medicine*, 12(21), 6843.
33. Biçer, A. G. Z., Tepe, Ö. G. H., Çeliksöz, Ö. G. Ö., & Yaman, B. C. (2023). Yapay zeka ve restoratif diş hekimliği. *Tıp ve Sağlık Bilimlerinde Multidisipliner Bakış I*, 3.
34. Hazarika, I. (2020). Artificial intelligence: opportunities and implications for the health workforce. *International Health*, 12(4), 241–245.
35. Akdoğan C, Özdemir H. (2024).Yapay Zekânın Diş Hekimliği Pratiğine Kazanımları. *J Turkish Dent Res*, 2(3),278-87.
36. Büyükkaya B, Altındiş S, Cevahir F. (2023). Diş hekimliği öğrencileri yapay zeka uygulamalarına ne kadar hazır ? *J Biotechnol And Strategic Health Res*. 7(4):266-274. Doi:10.34084/Bshr.1407036
37. Uçan, G. Ö. (2023). Yapay zeka algoritmaları kullanılarak panoramik radyograflar üzerinden bireylerin diş yaşlarının tespiti. <https://hdl.handle.net/11499/56475>
38. Nayyar, N., Ojcius, D. M., & Dugoni, A. A. (2020). The role of medicine and technology in shaping the future of oral health. *Journal of the California Dental Association*, 48(3), 127–130.

- 39.** Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Vyas, S., Barmak, B. A., Galluci, G. O., Att, W., & Krishnamurthy, V. R. (2023). Artificial intelligence applications in implant dentistry: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 129(2), 293–300.
- 40.** Ossowska, A., Kusiak, A., & Świetlik, D. (2022). Artificial intelligence in dentistry-narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3449.
- 41.** Pauwels, R., Brasil, D. M., Yamasaki, M. C., Jacobs, R., Bosmans, H., Freitas, D. Q., & Haiter-Neto, F. (2021). Artificial intelligence for detection of periapical lesions on intraoral radiographs: Comparison between convolutional neural networks and human observers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 131(5), 610–616.
- 42.** Muraev, A. A., Guseynov, N. A., Tsay, P. A., Kibardin, I. A., Burenchev, D. V., Ivanov, S. S., Oborotistov, N. Y., Matuta, M. A., Grachev, N. S., & Larin, S. S. (2020). Artificial neural networks in dental and maxillofacial radiology: a review. *Kliničeskaâ Stomatologiâ*, 3, 72–80.
- 43.** Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Barmak, A. B., Inam, W., Kan, J. Y. K., Kois, J. C., & Akal, O. (2023). Artificial intelligence models for diagnosing gingivitis and periodontal disease: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 130(6), 816–824.
- 44.** Chau, R. C. W., Li, G.-H., Tew, I. M., Thu, K. M., McGrath, C., Lo, W.-L., Ling, W.-K., Hsung, R. T.-C., & Lam, W. Y. H. (2023). Accuracy of artificial intelligence-based photographic detection of gingivitis. *International Dental Journal*, 73(5), 724–730.