



Diş Hekimliğinde Yapay Zeka

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DENTISTRY

Hande SAĞLAM¹, Tuğba ARI¹, İbrahim Şevki BAYRAKDAR¹, Elif BİLGİR¹, Mehmet UĞURLU¹, Özer ÇELİK¹, Kaan ORHAN¹

Öz

Teknolojik değişiklikler tıp ve diş hekimliği alanında büyük ilerlemelere neden olmuştur. Yapay zekâ teknolojisi bu değişimin başlıca tetikleyicisidir. Tıp ve diş hekimliği alanında hasta sağlık hizmetlerine önemli katkıları ve hekimlere sağladığı kolaylıklar sayesinde gittikçe daha çok tercih edileceği düşünülmektedir. İşlem hızındaki artış, hesaplama gücü, depolama kapasitesi, farklı görevleri yerine getirme yeteneği, gelişmiş grafik işlem birimleri ve bilgisayarların satın alınabilirliği ile tıpta ve özellikle radyolojide yeni bir dönemin başlangıcı kabul edilmektedir. Diş hekimliği alanında da başlayan bu yeni dönem, hastalıkların erken teşhisinin yapılması ve önlenmesinde büyük katkı ortaya koyacaktır. Bu derlemenin amacı yaşadığımız dönem ve gelecek için son derece önemli bir noktada olan yapay zekâ teknolojisinin diş hekimliği alanındaki uygulamalarını anlatmaktır.

Anahtar Kelimeler: *Yapay zekâ, Diş hekimliği, Sinir ağları, Evrişimli sinir ağları, Derin öğrenme.*

Abstract

Technological changes have led to great advances in medicine and dentistry. Artificial intelligence technology is the main driver of this change. It is thought that it will be preferred more and more in the field of medicine and dentistry, thanks to its important contributions to patient health services and the convenience it provides to physicians. With the increase in processing speed, computing power, storage capacity, the ability to perform different tasks and the affordability of advanced graphics processing units and computers, it is considered the beginning of a new era in medicine and especially in radiology. This new era in the field of dentistry will make a great contribution to early diagnosis and prevention of diseases. The purpose of this review is to explain the applications of artificial intelligence technology in the field of dentistry, which is an extremely important point for the period we live in and for the future.

Keywords: *Artificial intelligence, Dentistry, Neural networks, Convolutional neural networks, Deep learning.*

Received / Geliş	14.03.2021
Accepted / Kabul	09.04.2021
Publication Date	18.08.2021

***Sorumlu Yazar
Corresponding Author**

Hande SAĞLAM

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi
Anabilim Dalı,
Eskişehir, Türkiye

✉ hande_hegs@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7792-5106>

Tuğba ARI

<https://orcid.org/0000-0002-5339-8214>

İbrahim Şevki BAYRAKDAR

<https://orcid.org/0000-0001-5036-9867>

Elif BİLGİR

<https://orcid.org/0000-0001-9521-4682>

Mehmet UĞURLU

<https://orcid.org/0000-0001-7555-3177>

Özer ÇELİK

<https://orcid.org/0000-0002-4409-3101>

Kaan ORHAN

<https://orcid.org/0000-0001-6768-0176>

GİRİŞ

Bilim ve teknolojiadaki gelişmeler günlük hayatımızı etkileyen birçok değişime sebep olmaktadır. Bu değişime sebep olan en önemli yeniliklerden biri de yapay zekâ teknolojisidir. Yapay zekâ uygulamaları birçok sektörde hızla gelişmeye devam etmektedir.(1, 2)

Yapay zekânın en önemli avantajlarından biri büyük veri setleri sayesinde sürekli eğitilebilir ve güncellenebilir olmasıdır. Bu sayede bir insana kıyasla daha hassas, hızlı ve güvenilir sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Yapay zekâdan, tanı ve tedavi süreci dışında; hasta randevularını organize etme, sigorta ve evrak işlerini yürütme, tıbbi anamnez kaydı tutma gibi alanlarda da faydalanılmaktadır.(3, 4) Bu özellikleri sayesinde hasta geçmişi, demografik bilgiler, yaşam tarzı ve gen faktörleri dahil olmak üzere hasta ile ilgili tüm özellikler kaydedilebilmektedir. Elde edilen büyük veri setleri sayesinde sınıflandırıcı ve öngörücü yapay zekâ modelleri oluşturulacaktır. Böylelikle hastalıklar ve hasta verileri arasındaki ilişkileri keşfederek risk faktörlerinin önceliklendirilmesine ve hastalıkların uzun vadeli sonuçlarını tahmin etmeye yardımcı olabileceklerdir.(5)

Diş hekimliği alanındaki bu büyük veri setleri hastalıkların erken teşhisinin yapılması ve önlenmesinde büyük katkı ortaya koyacaktır. Örnek olarak bir kişinin günlük diş fırçalama süresi, tekniği ve diş etlerine uyguladığı basınç gibi bilgiler yapay zekâ teknolojisi sayesinde bir sensör yardımıyla kaydedilebilecektir. Elde edilen bilgiler ışığında analizler ve araştırmalar yapılarak oral hijyen alışkanlıkları değerlendirilebilecektir.(6)

Bu derlemenin amacı yaşadığımız dönem için son derece önemli bir noktaya gelmiş olan yapay zekânın diş hekimliği alanındaki uygulamalarını incelemektir.

Yapay zekâ nedir?

“Yapay zekâ” teriminin ilk olarak ortaya çıkışı 1956'da Hannover, New Hampshire, Dartmouth College'da yapılan bir konferansta gerçekleşmiştir. Bu kavramın yaratıcısı olan McCarthy, yapay zekâyı; “İnsan benzeri zeki makineler özellikle de zeki bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliği” olarak tanımlamıştır.(7)

Yapay zekâ teknolojisindeki amaç, makinelerin, aktarılan veriler aracılığıyla problemleri çözme yeteneği kazanması olarak ifade edilmektedir. Yapay zekâyı anlayabilmek için en temel özelliklerinden olan “makine öğrenmesini” ve “yapay sinir ağlarını” bilmek gerekmektedir. Makine öğrenmesi, bir veri setine dayalı sonuçları tahmin etmek için algoritmalara dayanan yapay zekânın önemli bir alt sınıfıdır.–(8) Yapay zekânın en önemli yapıtaşlarından olan yapay sinir ağları insan beynini taklit eden matematiksel modelleri ifade etmektedir.(9) Bu modeller insan beynindeki biyolojik sinir ağlarının mekanizmasında olduğu gibi sinyalleri ileterek çalışır.(10) Sinir ağları tıp ve diş hekimliği alanında birçok görevi yerine getirebilen çeşitli özelliklere sahiptir.(11) Bu sinir ağlarının daha karmaşık ve zor görevleri yerine getirebilmesi için ise, derin evrişimli sinir ağları

kullanılmaktadır. Derin evrişimli sinir ağları çok katmanlı yapay sinir ağlarından oluşmaktadır. Katman sayısı arttıkça matematiksel hesaplama gücü de artmaktadır. Derin evrişimli sinir ağları bu katmanlar sayesinde daha büyük veriler işleyebilir, istenen birçok görevi yerine getirebilir. Evrişimli sinir ağları “derin öğrenme” olarak da ifade edilebilmektedir.(12) Bu ağların başarısı; yüklenen eğitim verilerinin miktarına ve kalitesine bağlıdır.(8, 13, 14)

Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi alanında yapay zekâ

Son yıllarda yapay zekâ ve evrişimli sinir ağları tıbbi görüntüleme ve diş hekimliği alanında iki boyutlu ve üç boyutlu radyografiler üzerinde yapılan çalışmalarda kullanılmaya başlanmıştır.(15)

Yapay zekâ ağız, diş ve çene bölgesinde bir insan gözüne kıyasla daha detaylı bir değerlendirme yapma imkânı sunmaktadır.–(16) Diş hekimliği radyolojisinde; sefalometrik radyografilerde anatomik landmarkların belirlenmesi, iki ve üç boyutlu radyografilerde diş tespiti ve numaralandırılması, dişlerde çürük ve periapikal bölgede patoloji tespitinin yapılması, periodontal bölgedeki alveolar kemik kaybının belirlenmesi, dişlerin kök morfolojisinin değerlendirilmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır.(17-22)

Yapay zekâ diş tespit ve segmentasyon alanında birçok çalışmada kullanılmıştır. Lee ve ark.(23) evrişimli sinir ağlarını kullanarak panoramik radyografilerde diş segmentasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Yöntemin %85 oranında doğru numaralandırma yaptığını ve adli diş hekimliğinde kimlik tespitinde yararlı olabileceğini belirtmişlerdir.(23) Diğer bir çalışmada Chen ve ark.(19) evrişimli sinir ağlarını kullanarak periapikal radyo-grafiler üzerinde diş tespit ve numaralandırması gerçekleştirmişlerdir. Yapay zekâ ile diş tespitinde %90'ın üzerinde doğruluk değeri elde etmişlerdir. (19) Bir başka çalışmada ise panoramik radyografilerde diş tespiti ve segmentasyonu için bir yapay zekâ modeli geliştirilmiştir. Sonuç olarak sistemin hızlı performans gösterdiğini ve hassasiyet oranının %98,9 olduğu belirtilmiştir.(24)

Diş köklerinin tespit ve segmentasyonunda, ekstra kök varlığının belirlenmesinde, vertikal kök kırıklarının tespitinde, süpernumerer diş varlığının belirlenmesinde de yapay zekâdan faydalanılmıştır. Hiraiwa ve ark.(25) panoramik radyografilerde mandibular birinci molar dişlerin distal köklerindeki ekstra kök varlığını değerlendiren otomatik yöntem geliştirmişlerdir ve tanısal doğruluğunun %86.9 olduğunu belirtmişlerdir. (25) Bir diğer çalışmada ise konik ışınli bilgisayarlı tomografi üzerinde otomatik olarak diş köklerinin segmentasyonunu gerçekleştiren bir yapay zekâ çalışması yapılmıştır. Sonuçta sistemin %95 oranında kesinlik gösterdiğini, klinik pratiğinde büyük faydalarının olacağını bildirmişlerdir.(26) Fukuda ve ark. (27) ise, evrişimli sinir ağlarını kullanarak panoramik radyografiler üzerinde otomatik olarak vertikal kök kırıklarının tespit edildiği bir çalışmada, sistemin vertikal kök kırıklarını tespit etmedeki hassasiyetinin %93 oranında olduğunu

belirtmişlerdir. (27) Bir diğer çalışmada ise, panoramik radyografiler üzerin-de maksiller kesici bölgedeki gömülü süpernümerer diş varlığının tespit ve sınıflandırması için üç farklı derin öğrenme sistemi (DetectNet, AlexNet, VGG-16) kıyaslanmıştır ve sonuç olarak en yüksek tanısal etkinlik tespit edilen yapay zeka modeli DetectNet olmuştur. DetectNet modelinin maksiller kesici bölgedeki diş varlığını tahmin etmedeki kesinlik oranınının 1.0 olduğu belirtilmiştir. (28)

Ağız, diş ve çene radyolojisi alanında yapay zekânın bir diğer kullanım alanı da apikal lezyon tespitidir. Ekert ve ark.(17) yaptıkları bir çalışmada evrişimli sinir ağlarını kullanarak panoramik radyografilerde apikal lezyon tespiti yapmışlardır. Sistemin duyarlılık oranınının %65 olduğunu ve bir diş hekimine teşhis sürecinde kolaylık sağlayacağını bildirmişlerdir. Orhan ve ark.(21) yaptıkları bir çalışmada, konik ışınli bilgisayarlı tomografi üzerinde periapikal patolojilerin tespitini gerçekleştiren bir yapay zekâ modeli geliştirmişlerdir. Evrişimli sinir ağlarının kullanıldığı bu model, toplamda 153 periapikal lezyonun 142'sini başarıyla tespit etmiştir. (21)

Radyoloji alanında lenf nodu metastaz tespiti, Sjögren sendromu ve osteoporoz gibi hastalıkların tespitinde de yapay zekâ algoritmalarından faydalanılmıştır. Hiraiwa ve ark. (29) yaptıkları bir çalışmada Sjögren sendromunun tespiti için bilgisayarlı tomografi ve evrişimli sinir ağlarını kullandıkları bir çalışmada %96 oranında doğruluk değeri elde ettiklerini bildirmişlerdir. (29) Ariji ve ark. (30) ise, bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinde derin öğrenme yöntemi ile lenf nodu metastazlarının tespitini gerçekleştirmişlerdir. Yapay zekâ modelinin yüksek teşhis doğruluğu, özgüllük ve duyarlılık sağladığını bildirmişlerdir. (30)

Osteoporoz tespitinde Lee ve ark.(31) tarafından yapılan bir çalışmada panoramik radyografiler üzerinde derin evrişimli sinir ağlarını kullanarak osteoporozun saptanması gerçekleştirilmiştir ve %98,5 oranında doğruluk oranı elde edilmiştir. Çalışmada geliştirilen yapay zekâ sisteminin tahminlerinin, maksillofasiyal radyoloji uzmanları ile uyum gösterdiği belirtilmiştir. Bu sonuçların yine Lee ve ark. (32) tarafından yapılan başka bir çalışmanın sonuçlarıyla örtüştüğü tespit edilmiştir.

Ortodonti alanında yapay zekâ

Başarılı bir ortodontik tedavinin anahtar faktörü; doğru teşhis ve tedavi planlamasıyla birlikte doğru prognoz tahminidir. Ortodonti alanında yapay zekâ birçok analiz için kullanılabilir. Fotoğraf ve radyografi analizleri, dijital olarak yapılan ölçümler, diş hareketlerinin tahmini sonuçları gibi birçok hesaplamayı yapay zekâ yerine getirebilmektedir. İntraoral tarayıcılar ve kameraların uygulanmasıyla birlikte yapay zeka algoritmalarının, yüklenen veriler aracılığıyla eğitilerek, ortodonti alanında da tanı ve tedavi sürecinde hekime destek olabileceği düşünülmektedir. (33-35)

Xie ve ark.(33) lateral sefalometrik radyografiler üzerinde yaptıkları bir çalışmada, ortodontik tedavi öncesi diş çekim ihtiyacını değerlendirmişler ve elde ettikleri sonuçların ümit verici olduğunu bildirmişlerdir. Jung ve ark.(36) tarafından yine lateral sefalometrik radyografilerde daimî diş çekimi gerekliliği üzerine yapılan başka bir çalışmada ise, geliştirilen algoritmanın test veri setinde %93 oranında bir başarı gösterdiğini belirtmişlerdir. (36) Diğer bir çalışmada, lateral sefalometrik radyografiler üzerinde anatomik landmarkların tespiti ile ilgili bir yapay zekâ algoritması geliştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda bir diş hekimi ve yapay zekâ modelinin anatomik landmarkların tespiti için başarıları karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak bir fark olmadığını belirtmişlerdir. (37) Hwang ve ark.(38) da lateral sefalometrik radyografilerde yapay zekâ ile anatomik landmarkların belirlenmesi için bir çalışma yapmıştır. Sonuç olarak yapay zekânın bir diş hekimi kadar doğru bir şekilde tanımlama yapabildiğini tespit etmişlerdir. Yu ve ark.(39) ise, otomatik olarak iskeletsel sınıflandırma üzerine bir yapay zekâ modeli geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelin teşhis performansının %90 oranında duyarlılık, doğruluk ve özgüllük gösterdiğini belirtmişlerdir.

Ortodontik cerrahi planlamasında da yapay zekâ modellerinden faydalanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada cerrahi gerektiren ve gerektirmeyen olmak üzere ortodontik tedavi yapılacak hastaların teşhisi için bir yapay zekâ modeli geliştirdikleri çalışmalarında %96 oranında başarı elde etmişlerdir. (40) Yapay zekâ modelleri ayrıca büyüme gelişim dönemlerinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Bu evrelerin belirlenmesi genellikle el-bilek ve lateral sefalometrik radyografiler aracılığıyla yapılmaktadır. (41) Yapılan bir çalışmada yapay zekâ modeli ile, sefalometrik radyografilerde servikal vertebralar incelenerek büyüme gelişim döneminin tespiti yapılmıştır. Sonuç olarak; %77,02 oranında doğruluk oranı elde edilmiştir. (42)

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi alanında yapay zekâ

Yapay zekânın cerrahi alanındaki en büyük yeniliği robotik uygulamalar olmuştur. Yapay zekâ yazılımları sayesinde gerçek operasyon öncesinde en küçük anatomi yapıların bile korunabileceği tedavi planlamaları tespit edilerek, cerrahi prosedür daha kısa sürede tamamlanabilecektir. (43, 44) Yapay zekâ teknolojisi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi alanında diş çekimi işlemleri sonrasında post-operatif dönemdeki şişliği tahmin etmek için de kullanılmıştır. Zhang ve ark. (45), gömülü mandibular üçüncü molar dişlerin çekiminin ardından ameliyat sonrası yüz şişliğini tahmin etmek için yapay sinir ağlarına dayalı bir yapay zekâ modeli kullanmıştır. Modelin post-operatif yüzde şişlik tahminindeki doğruluk oranınının %98 olduğu belirtilmiştir. Bu modelin klinisyenler için hastalığın prognozunu tahmin etmede büyük önem taşıyacağı düşünülmektedir. (45) Orhan ve ark.(46) yaptıkları çalışmada konik ışınli bilgisayarlı tomografi üzerinde yapay zekâ modeli aracılığıyla gömülü

üçüncü molar dişlerin tanısal doğruluğunu araştırmışlardır. Sonuç olarak geliştirilen modelin gömülü üçüncü molar dişlerin tespitinde ve anatomik yapılarla olan ilişkilerinin değerlendirilmesinde %86,2 oranında doğruluk performansı gösterdiğini bildirmişlerdir.(46)

Vinayahalingam ve ark.(47) ise, derin öğrenmeye dayalı oluşturdukları bir otomatik sistem aracılığıyla, mandibular üçüncü molar dişler ile inferior alveolar kanalın tespit ve segmentasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Üçüncü molar ve inferior alveolar kanal tespitinin otomatik olarak yapılmasının, ameliyat öncesi cerraha hızlı bir şekilde bilgilendirme yapabileceğini ve olası komplikasyonların önüne geçilebileceğini belirtmişlerdir. Ancak geliştirilen yapay zekâ modelinin klinik rutinde kullanılabilmesi için doğruluk oranlarının ve algoritmalarının iyileştirilmesini önermişlerdir.(47)

Bir başka çalışmada ise, panoramik radyografiler üzerinde evrişimli sinir ağları kullanılarak üçüncü molar dişlerin çekim zorluğu değerlendirilmiştir. Çekim zorluğu Pederson zorluk skoru (PDS) kullanılarak üç gözlemcinin fikir birliğine göre değerlendirilmiştir. Gömülü üçüncü molar dişlerin; ramusla ilişkisinin, angulasyonunun ve ayrıca mandibular ikinci molar referans alınarak belirlenen derinlik bilgisinin belirlenmesi ile ilgili sırasıyla %82,03, %90,23 ve %78,91 oranlarında başarı elde edilmiştir.(48)

Restoratif diş hekimliği alanında yapay zekâ

Son yıllarda florür ve diğer önleyici yöntemlerin kullanımının yaygınlaşması ile birlikte diş çürüklerinin görülme oranı azalmıştır. Bu durum çürüğün doğasını değiştirerek tespitini zorlaştırmıştır. Arayüz çürüklerinin teşhisinde en sık kullanılan yöntem bite-wing radyografilerdir.(49-51) Ancak bite-wing radyografi-lere rağmen çürük teşhisi zor olabilmektedir. Özellikle klinik olarak kavitezyon izlenmeyen ve minenin 1/3 dış kısmının demineralize olduğu aproksimal çürük lezyonlarında radyografik olarak herhangi bir bulguya rastlanmayabilir.(52) Bu nedenle son yıllarda bilgisayar destekli programlara talep artmıştır.(53-55) Karina ve ark.(56) sinir ağlarını kullanarak arayüz çürüklerini değerlendirdikleri bir çalışmada, oluşturdukları matematiksel modellerle teşhiste performansın %39,4 oranında arttığını tespit etmişlerdir.

Schwendicke ve ark.(57) evrişimli sinir ağlarını kullanarak proksimal yüzeydeki çürükler için yaptıkları çalışmada, modelin %80 oranında doğru tahminler yaptığını bildirmişlerdir. Yapay zekânın lezyonların erken tespit edilmesinde, çalışmadaki diş hekimlerine kıyasla daha hassas ve doğru performans ortaya koyduğunu göstermişlerdir. Benzer bir çalışmada da bite-wing radyografilerde derin öğrenme yöntemine dayalı bir model geliştirilerek çürük lezyonu tespiti gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak geliştirilen yapay zekâ modeli, çalışmada %71 oranında doğru tahminde bulunan diş hekimlerine kıyasla %80 doğruluk oranı ile daha yüksek başarı göstermiştir.(58)

Lee ve ark.(59) ise, evrişimli sinir ağlarını kullanarak periapikal radyografilerde çürük tespiti üzerine bir çalışma yapmışlardır. Evrişimli sinir ağı algoritmalarının çürük tespitinde oldukça iyi performans gösterdiğini bildirmişlerdir. Premolar ve molar dişler üzerinde yürüttükleri bu çalışmada en yüksek başarıyı %89'luk bir oran ile premolar dişlerde sağlamışlardır. Geliştirilen bu yapay zekâ algoritmalarının önümüzdeki yıllarda en etkili ve verimli çürük teşhis sistemi olacağını iddia etmişlerdir.(59)

Yapay zekânın restoratif diş hekimliğindeki diğer bir kullanım alanı ise, taşkın restorasyon tespitidir. Taşkın restorasyonlar diş eti iltihabı, periodontal hastalık ve kanama gibi olumsuz durumlara sebep olabilmektedir. Bu sebeple tespit edilmeleri önem teşkil etmektedir.(60) Yapılan bir çalışmada yapay sinir ağları kullanılarak taşkın restorasyonların teşhisi üzerinde çalışılmıştır. Sistem % 85,6 oranında doğruluk göstermiştir.(61)

Protetik diş tedavisi alanında yapay zekâ

Protetik diş tedavisi estetik beklentinin yüksek olduğu bir diş hekimliği alanıdır. Yapay zekâ ile yüz bölgesinde ölçümler ve antropolojik hesaplamalar yapılarak hastaların estetik arzularının başarıyla karşılanması sağlanabilecektir.(62) Protez alanındaki en büyük gelişmelerden biri olan CAD/CAM yazılımları ile geleneksel dökümün zaman alıcı ve zahmetli sürecinin yerini alarak insan hatalarını azaltmıştır. Yapay zekâyı CAD/CAM sistemlerine entegre etmenin klinik rutin için çok verimli olacağı düşünülmektedir.(63) Ayrıca protetik tedavi sonrası yüz profillerini stimüle etmek için sanal gerçeklik simülasyonu (Virtual Reality Simulation, VRS) teknolojisi kullanılabilir. Bu sadece diş hekiminin estetiği verimli bir şekilde tasarlamasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda hasta için motive edici bir araç görevi görür.-(64, 65)

Toshihito ve ark.(66) derin öğrenme yöntemini kullanarak yaptıkları bir çalışmada diş restorasyonlarını ve dişler üzerindeki protezleri otomatik olarak tespit etmeyi başarmıştır. Metal restorasyonların tespitinde %80'lik bir başarıya ulaşırken, diş rengindeki restorasyonların tespitinde %60 oranında başarı elde edilmiştir.

Periodontoloji alanında yapay zekâ

Periodontal hastalıklar diş kayıplarına sebep olabilmek, geniş popülasyonları etkileyen, sık karşılaşılan bir hastalık grubudur.-(67) Yapay zekâ ve derin evrişimli sinir ağları sayesinde periodontoloji alanında da birçok uygulama yapılmaktadır. Radyografiler üzerinde kemik değişikliklerinin ve alveolar kemik kayıplarının tespiti, kemik yoğunluğundaki değişimlerin erken teşhisi yapılabilmektedir. Ayrıca peri-implantitisin erken tespitine yardımcı olarak, implantoloji alanında gerekebilecek erken müdahaleleri gerçekleştirmeye olanak tanıyabilir. (68, 69)

Lee ve ark.(70) periodontal hastalık sonucu durumu en kritik olan dişleri belirlemek amacıyla bir yapay zekâ modeli geliştirdiler ve %78,9'luk gibi bir doğruluk oranı elde ettiler. Alalharith ve ark. (71) ortodontik tedavi gören hastaların üzerinde yaptıkları bir çalışmada periodontal hastalığın otomatik olarak tespitini gerçekleştirmişlerdir. %77,12 oranıyla başarı elde etmişlerdir. (71) Bir başka çalışmada ise derin evrışimli sinir ağlarını kullanarak panoramik radyografilerde periodontal kemik kaybının tespiti üzerine bir çalışma yapmışlardır. Geliştirdikleri yapay zekâ modelinin uzman bir diş hekimiyle %81 oranında örtüşüğünü tespit etmişlerdir.(17)

Ağız kanserleri ve yapay zekâ

Yapay zekâ ile oral mukozadaki benign ve malign lezyonların sınıflandırılması yapılabilmektedir. Şüpheli bölgelerin taranması ve tespiti bu algoritmalar sayesinde mümkün hale gelmiştir. Özellikle geniş çaptaki ağız taramalarında kullanılarak değerlendirilen popülasyonun ağız kanserlerine yatkınlığını tahmin edebilir.(72, 73)

Erken tanı oral bölgedeki skuamöz hücreli karsinom-ların prognozunu belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Ancak genellikle birçok ağız kanseri geç tespit edilmektedir. Özellikle sağlık hizmetlerinin sınırlı olduğu bölgelerde yapay zekâ destekli yazılımlar ile gerçekleştirilecek olan taramaların morbidite ve morta-lite oranlarını düşüreceği öngörülmektedir.(74, 75)

Ariji ve ark. (71) yaptıkları bir çalışmada, derin öğrenme yöntemini kullanarak oral kanserli hastalarda lenf nodu metastazının bilgisayarlı tomografi aracılığıyla tespitini sağlamışlardır. Geliştirdikleri yapay zekâ modeli %78,2 oranıyla doğru tahminlerde bulunmuştur. Yapay zekâ uygulamalarının malign lezyonların teşhis sürecinde hekime destek olabileceğini vurgulamışlardır.(76)

Adli diş hekimliği alanında yapay zekâ

Adli diş hekimliği yapay zekâ açısından nispeten yeni bir alan olmakla birlikte özellikle kimlik tespit çalışmaları için çok önemli bir yere sahiptir.-(8) Do Tobel ve ark.(77) panoramik radyografiler üzerinde mandibular üçüncü molar dişlerin evrelendirmesinde evrışimli sinir ağlarını kullanmıştır. Mandibular üçüncü molar dişleri evrelendirilerek yaş tahmini yapılmıştır. Geliştirilen yapay zekâ modelinin tahmini doğruluğunun %51 olduğu bildirilmiştir. Patil ve ark.(78) ise, panoramik radyografiler üzerinden cinsiyet tahmini için bir yapay zekâ modeli geliştirmişlerdir. Yapay sinir ağları kullanılarak geliştirilen bu sistemin sonuçlarının ümit verici (%75 doğruluk) olduğunu bildirmişlerdir. Bu yapay zekâ algoritmalarının cinsiyeti ve yaşı otomatik olarak belirlediği için oldukça kullanışlı oldukları belirtilmiştir. Bir başka çalışmada ise, mandibular morfolojiyi tahmin etmek için yapay sinir ağlarına dayalı bir sistem üzerinde çalışılmıştır ve başarılı sonuçlar (%95 doğruluk) elde edilmiştir. Bu çalışmalar adli diş hekimliğinde yapay zekâ uygulamalarının etkinliğini ve faydalarını ortaya koymuştur. (79)

SONUÇ

Yapay zekâ sayesinde diş hekimleri daha güvenilir ve hızlı teşhis yaparak, etkin tedaviler gerçekleştirebilecektir. Bu alanda yapılan çalışmalar bu algoritmalara olan katkıları sebebiyle çok önemlidir. Geliştirilecek olan algoritmalar ile oluşturulan yapay zekâ modelleri hekimlerin doğru sonuca ulaşmasını hızlandıracaktır. Hasta konforu ve hızlı teşhis klinik rutininde hekimlerin performansını artırarak daha verimli çalışma imkânı sunacaktır.

Çıkar çatışması: yok

Finansal destek: yok

Yazar katkıları:

Motivasyon / Konsept: İB

Çalışma Tasarımı: İB, EB, MU

Kontrol / Gözetim: İB, EB, MU, ÖÇ

Veri Toplanması ve / veya İşlemesi: HS, EB

Analiz ve / veya Yorum: HS, İB

Literatür incelemesi: HS, TA

Makalenin Yazılması: HS, TA

Eleştirel İnceleme: KO, İB

KAYNAKLAR

- 1.Russell S, Norvig P. Artificial Intelligence-A Modern Approach 3rd ed. M. Hirsch, ed. New Jersey: Pearson Education, Inc; 2010.
- 2.Wong S, Al-Hasani H, Alam Z, Alam A. Artificial intelligence in radiology: how will we be affected? European radiology. 2019;29(1):141-3.
- 3.Khanna SS, Dhaimade PA. Artificial intelligence: transforming dentistry today. Indian J Basic Appl Med Res. 2017;6(3):161-7.
- 4.Feeney L, Reynolds P, Eaton K, Harper J. A description of the new technologies used in transforming dental education. British Dental Journal. 2008;204(1):19-28.
- 5.Shan T, Tay F, Gu L. Application of Artificial Intelligence in Dentistry. Journal of dental research. 2020;0022034520969115.
- 6.Salagare S, Prasad R. An overview of internet of dental things: new frontier in advanced dentistry. Wireless Personal Communications. 2020;110(3):1345-71.
- 7.Moor J. The Dartmouth College artificial intelligence conference: The next fifty years. Ai Magazine. 2006;27(4):87-.
- 8.Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, Vishwanathaiah S, Patil S, Baeshen HA, et al. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistryA systematic review. Journal of dental sciences. 2020.
- 9.Kositbowornchai S, Siriptawee S, Plermkamon S, Bureerat S, Chetchotsak D. An artificial neural network for

detection of simulated dental caries. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. 2006;1(2):91-6.

10.Khajanchi A. Artificial neural networks: the next intelligence. USC, Technology Commercialization Alliance usc.edu/org/techalliance/Anthology2003/Final_Khajanchi.pdf. 2003.

11.Brickley M, Shepherd J, Armstrong R. Neural networks: a new technique for development of decision support systems in dentistry. *Journal of dentistry*. 1998;26(4):305-9.

12.Hwang J-J, Jung Y-H, Cho B-H, Heo M-S. An overview of deep learning in the field of dentistry. *Imaging science in dentistry*. 2019;49(1):1.

13.Burt JR, Torosdagli N, Khosravan N, RaviPrakash H, Mortazi A, Tissavirasingham F, et al. Deep learning beyond cats and dogs: recent advances in diagnosing breast cancer with deep neural networks. *The British journal of radiology*. 2018;91(1089):20170545.

14.Corbella S, Srinivas S, Cabitza F. Applications of deep learning in dentistry. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 2020.

15.White SC, Pharoah MJ. *Oral radiology-E-Book: Principles and interpretation*: Elsevier Health Sciences; 2014.

16.Katne T, Kanaparthi A, Srikanth Gotoor S, Muppurala S, Devaraju R, Gantala R. Artificial intelligence: demystifying dentistry the future and beyond. *Int J Contemp Med Surg Radiol*. 2019;4:D6-D9.

17.Krois J, Ekert T, Meinhold L, Golla T, Kharbot B, Wittemeier A, et al. Deep learning for the radiographic detection of periodontal bone loss. *Scientific reports*. 2019;9(1):1-6.

18.Davies A, Mannocci F, Mitchell P, Andiappan M, Patel S. The detection of periapical pathoses in root filled teeth using single and parallax periapical radiographs versus cone beam computed tomography a clinical study. *International endodontic journal*. 2015;48(6):582-92.

19.Chen H, Zhang K, Lyu P, Li H, Zhang L, Wu J, et al. A deep learning approach to automatic teeth detection and numbering based on object detection in dental periapical films. *Scientific reports*. 2019;9(1):1-11.

20.Tuzoff DV, Tuzova LN, Bornstein MM, Krasnov AS, Kharchenko MA, Nikolenko SI, et al. Tooth detection and numbering in panoramic radiographs using convolutional neural networks. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2019;48(4):20180051.

21.Orhan K, Bayrakdar I, Ezhov M, Kravtsov A, Özyürek T. Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathosis on cone-beam computed tomography scans. *International endodontic journal*. 2020;53(5):680-9.

22.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. *Dentomaxillofacial Radiology*.

2021;50:20200172.

23.Lee J-H, Han S-S, Kim YH, Lee C, Kim I. Application of a fully deep convolutional neural network to the automation of tooth segmentation on panoramic radiographs. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*. 2020;129(6):635-42.

24.Leite AF, Van Gerven A, Willems H, Beznik T, Lahoud P, Gaëta-Araujo H, et al. Artificial intelligence-driven novel tool for tooth detection and segmentation on panoramic radiographs. *Clinical Oral Investigations*. 2020:1-11.

25.Hiraiwa T, Arijji Y, Fukuda M, Kise Y, Nakata K, Katsumata A, et al. A deep-learning artificial intelligence system for assessment of root morphology of the mandibular first molar on panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2019;48(3):20180218.

26.Li Q, Chen K, Han L, Zhuang Y, Li J, Lin J. Automatic tooth roots segmentation of cone beam computed tomography image sequences using U-net and RNN. *Journal of X-Ray Science and Technology*. 2020;28(5):905-22.

27.Fukuda M, Inamoto K, Shibata N, Arijji Y, Yanashita Y, Kutsuna S, et al. Evaluation of an artificial intelligence system for detecting vertical root fracture on panoramic radiography. *Oral radiology*. 2019:1-7.

28.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 Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 2020;130(4):464-9.

29.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. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2019;48(6):20190019.

30.Arijji Y, Sugita Y, Nagao T, Nakayama A, Fukuda M, Kise Y, et al. CT evaluation of extranodal extension of cervical lymph node metastases in patients with oral squamous cell carcinoma using deep learning classification. *Oral radiology*. 2020;36(2):148-55.

31.Lee J-S, Adhikari S, Liu L, Jeong H-G, Kim H, Yoon S-J. Osteoporosis detection in panoramic radiographs using a deep convolutional neural network-based computer-assisted diagnosis system: a preliminary study. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2019;48(1):20170344.

32.Lee K-S, Jung S-K, Ryu J-J, Shin S-W, Choi J. Evaluation of transfer learning with deep convolutional neural networks for screening osteoporosis in dental panoramic radiographs. *Journal of clinical medicine*. 2020;9(2):392.

33.Xie X, Wang L, Wang A. Artificial neural network modeling for deciding if extractions are necessary prior to orthodontic treatment. *The Angle orthodontist*. 2010;80(2):262-6.

34. Birnbaum NS, Aaronson HB. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. *Compend contin educ dent*. 2008;29(8):494-6.
35. Mackin N, Sims-Williams J, Stephens C. Artificial intelligence in the dental surgery: an orthodontic expert system, a dental tool of tomorrow. *Dental update*. 1991;18(8):341-3.
36. Jung S-K, Kim T-W. New approach for the diagnosis of extractions with neural network machine learning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2016;149(1):127-33.
37. Kunz F, Stellzig-Eisenhauer A, Zeman F, Boldt J. Artificial intelligence in orthodontics. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2020;81(1):52-68.
38. Hwang H-W, Park J-H, Moon J-H, Yu Y, Kim H, Her S-B, et al. Automated identification of cephalometric landmarks: Part 2-Might it be better than human? *The Angle Orthodontist*. 2020;90(1):69-76.
39. Yu H, Cho S, Kim M, Kim W, Kim J, Choi J. Automated skeletal classification with lateral cephalometry based on artificial intelligence. *Journal of dental research*. 2020;99(3):249-56.
40. Choi H-I, Jung S-K, Baek S-H, Lim WH, Ahn S-J, Yang I-H, et al. Artificial intelligent model with neural network machine learning for the diagnosis of orthognathic surgery. *Journal of Craniofacial Surgery*. 2019;30(7):1986-9.
41. Flores-Mir C, Nebbe B, Major PW. Use of skeletal maturation based on hand-wrist radiographic analysis as a predictor of facial growth: a systematic review. *The Angle Orthodontist*. 2004;74(1):118-24.
42. Kök H, Acilar AM, İzgi MS. Usage and comparison of artificial intelligence algorithms for determination of growth and development by cervical vertebrae stages in orthodontics. *Progress in orthodontics*. 2019;20(1):1-10.
43. Ruppini J, Popovic A, Strauss M, Spüntrup E, Steiner A, Stoll C. Evaluation of the accuracy of three different computer-aided surgery systems in dental implantology: optical tracking vs. stereolithographic splint systems. *Clinical oral implants research*. 2008;19(7):709-16.
44. Widmann G. Image-guided surgery and medical robotics in the cranial area. *Biomedical imaging and intervention journal*. 2007;3(1).
45. Zhang W, Li J, Li Z-B, Li Z. Predicting postoperative facial swelling following impacted mandibular third molars extraction by using artificial neural networks evaluation. *Scientific reports*. 2018;8(1):1-9.
46. Orhan K, Bilgir E, Bayrakdar IS, Ezhov M, Gusarev M, Shumilov E. Evaluation Of Artificial Intelligence For Detecting Impacted Third Molars On Cone-Beam Computed Tomography Scans. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*. 2020.
47. Vinayahalingam S, Xi T, Bergé S, Maal T, de Jong G. Automated detection of third molars and mandibular nerve by deep learning. *Scientific reports*. 2019;9(1):1-7.
48. Yoo J-H, Yeom H-G, Shin W, Yun JP, Lee JH, Jeong SH, et al. Deep learning based prediction of extraction difficulty for mandibular third molars. *Scientific Reports*. 2021;11(1):1-9.
49. Le Y, Verdonschot E. Performance of diagnostic systems in occlusal caries detection compared. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 1994;22(3):187-91.
50. Pine CM, Jaap J. Dynamics of and diagnostic methods for detecting small carious lesions. *Caries research*. 1996;30(6):381-8.
51. Ten Cate J. What dental diseases are we facing in the new millennium: some aspects of the research agenda. *Caries research*. 2001;35(Suppl. 1):2-5.
52. Akpata E, Farid M, Al-Saif K, Roberts E. Cavitation at radiolucent areas on proximal surfaces of posterior teeth. *Caries research*. 1996;30(5):313-6.
53. Heaven T, Weems R, Firestone A. The use of a computer-based image analysis program for the diagnosis of approximal caries from bitewing radiographs. *Caries research*. 1994;28(1):55-8.
54. Duncan RC, Heaven T, Weems Ra, Firestone Ar, Greer Df, Patel Jr. Using computers to diagnose and plan treatment of approval caries detected in radiographs. *The Journal of the American Dental Association*. 1995;126(7):873-82.
55. Wenzel A. Computer-automated caries detection in digital bitewings: consistency of a program and its influence on observer agreement. *Caries research*. 2001;35(1):12-20.
56. Devito KL, de Souza Barbosa F, Felipe Filho WN. An artificial multilayer perceptron neural network for diagnosis of proximal dental caries. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2008;106(6):879-84.
57. Schwendicke F, Rossi J, Göstemeyer G, Elhennawy K, Cantu A, Gaudin R, et al. Cost-effectiveness of Artificial Intelligence for Proximal Caries Detection. *Journal of Dental Research*. 2020:0022034520972335.
58. 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. *Journal of Dentistry*. 2020;100:103425.
59. Lee J-H, Kim D-H, Jeong S-N, Choi S-H. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of dentistry*. 2018;77:106-11.
60. Lang NP, Adler R, Joss A, Nyman S. Absence of bleeding on probing an indicator of periodontal stability. *Journal of clinical periodontology*. 1990;17(10):714-21.
61. Fadel HT, Abu-Hammad O, Ghulam OA, Dar-Odeh N. Are Artificial Neural Networks Useful for Predicting Overhanging Dental Restorations? A Cross-sectional Study. *World*. 2020;11(2):100.
62. Vera V, Corchado E, Redondo R, Sedano J, Garcia AE. Applying soft computing techniques to optimise a dental

milling process. *Neurocomputing*. 2013;109:94-104.

63.Raith S, Vogel EP, Anees N, Keul C, Güth J-F, Edelhoff D, et al. Artificial Neural Networks as a powerful numerical tool to classify specific features of a tooth based on 3D scan data. *Computers in biology and medicine*. 2017;80:65-76.

64.Vecsei B, Joós-Kovács G, Borbély J, Hermann P. Comparison of the accuracy of direct and indirect three-dimensional digitizing processes for CAD/CAM systems in vitro study. *Journal of prosthodontic research*. 2017;61(2):177-84.

65.Kikuchi H, Ikeda M, Araki K. Evaluation of a virtual reality simulation system for porcelain fused to metal crown preparation at Tokyo Medical and Dental University. *Journal of dental education*. 2013;77(6):782-92.

66.Toshihito T, Kazunori N, Tomoya G, Tomoaki M, Kazunori I. Deep learning-based detection of dental prostheses and restorations. *Scientific Reports (Nature Publisher Group)*. 2021;11(1).

67.Lee J-H, Lee J-S, Choi J-K, Kweon H-I, Kim Y-T, Choi S-H. National dental policies and socio-demographic factors affecting changes in the incidence of periodontal treatments in Korean: a nationwide population-based retrospective cohort study from 2002-2013. *BMC Oral Health*. 2016;16(1):1-9.

68.Furman E, Jasinevicius TR, Bissada NF, Victoroff KZ, Skillicorn R, Buchner M. Virtual reality distraction for pain control during periodontal scaling and root planing procedures. *The Journal of the American Dental Association*. 2009;140(12):1508-16.

69.Sohmura T, Kusumoto N, Otani T, Yamada S, Wakabayashi K, Yatani H. CAD/CAM fabrication and clinical application of surgical template and bone model in oral implant surgery. *Clinical oral implants research*. 2009;20(1):87-93.

70.Lee J-H, Kim D-h, Jeong S-N, Choi S-H. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of periodontal & implant science*. 2018;48(2):114.

71.Alalharith DM, Alharthi HM, Alghamdi WM, Alsenbel YM, Aslam N, Khan IU, et al. A Deep Learning-Based Approach for the Detection of Early Signs of Gingivitis in Orthodontic Patients Using Faster Region-Based Convolutional Neural Networks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(22):8447.

72.Lim K, Moles D, Downer M, Speight P. Opportunistic screening for oral cancer and precancer in general dental practice: results of a demonstration study. *British dental journal*. 2003;194(9):497-502.

73.Rosmai MD, Sameemii AK, Basir A, Mazlipahiv IS, Norzaidi M. The use of artificial intelligence to identify people at risk of oral cancer: empirical evidence in

Malaysian University. *International Journal of Scientific Research in Education*. 2010;3(1):10-20.

74.Ilhan B, Lin K, Guneri P, Wilder-Smith P. Improving oral cancer outcomes with imaging and artificial intelligence. *Journal of dental research*. 2020;99(3):241-8.

75.Kar A, Wreesmann VB, Shwetha V, Thakur S, Rao VU, Arakeri G, et al. Improvement of oral cancer screening quality and reach: The promise of Artificial Intelligence. *Journal of Oral Pathology & Medicine*. 2020;49(8):727-30.

76.Ariji Y, Fukuda M, Kise Y, Nozawa M, Yanashita Y, Fujita H, et al. Contrast-enhanced computed tomography image assessment of cervical lymph node metastasis in patients with oral cancer by using a deep learning system of artificial intelligence. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*. 2019;127(5):458-63.

77.De Tobel J, Radesh P, Vandermeulen D, Thevissen PW. An automated technique to stage lower third molar development on panoramic radiographs for age estimation: a pilot study. *The Journal of forensic odonto-stomatology*. 2017;35(2):42.

78.Patil V, Vineetha R, Vatsa S, Shetty DK, Raju A, Naik N, et al. Artificial neural network for gender determination using mandibular morphometric parameters: A comparative retrospective study. *Cogent Engineering*. 2020;7(1):1723783.

79.Niño-Sandoval TC, Pérez SVG, González FA, Jaque RA, Infante-Contreras C. Use of automated learning techniques for predicting mandibular morphology in skeletal class I, II and III. *Forensic science international*. 2017;281:187.e1-.e7.