



Derleme

2025; 34(1):128-135

**YAPAY ZEKÂ PROTETİK DİŞ TEDAVİSİNDE KLİNİSYENLERİN YERİNİ ALABİLİR Mİ?  
CAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE REPLACE CLINICIANS IN PROSTHETIC DENTISTRY?**

**Zühre AŞICIOĞLU<sup>1</sup>, Ferhan EĞİLMEZ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

**ÖZ**

Diş hekimliğinde yapay zekâ uygulamaları son yıllarda popüler hale gelmiştir. Bu uygulamaların klinisyenlerle kıyaslanabilir bir doğruluk seviyesine sahip olduğuna ilişkin çalışma sonuçları yayınlanmış ve bu uygulamaların hızlı bir şekilde tıbbi verilerin analiz edilmesine yardımcı olduğu gösterilmiştir. Yapay zekâ uygulamaları başta protetik diş tedavisi olmak üzere diş hekimliğinin tüm branşlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu makalede, yapay zekâ teknolojisinin temel özelliklerinden bahsedilmiş ve özellikle protetik diş tedavisi alanında kullanıldığı uygulamalara detaylı olarak değinilmiştir. Bunun yanı sıra, gelecekte yapay zekâ teknolojisi kullanılarak klinisyenleri ve hastaları bekleyen potansiyel uygulamalar hakkında bilgi verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Dental protez, protetik diş tedavisi, yapay zekâ.

**GİRİŞ**

Yapay zekâ (YZ), dijital sistemlerin veya bilgisayarların insan benzeri zekâ içeren "öğrenme ve problem çözme" gibi analitik işlevleri yerine getirmesini sağlayan bir dizi temel teknolojiyi tanımlayan kavramsal bir terimdir.<sup>1</sup> YZ, kendi zekâsının bir biçimini sergileyen makinelerin yeteneği olarak adlandırılır. Buradaki amaç, problemleri çözebilmeleri için veriler yoluyla öğrenebilen makineler geliştirmektir. YZ teknolojisinin temel bileşeni, insan beynininin gibi tasarlanmış, insan düşüncesini de simüle edebilen bir sinir ağıdır. Güçlü bir şekilde birbirine bağlı nöronlar, öncelikle belirli bir konuyu ele almak için bir veri işleme sistemi olarak işlev gören bu tür beyin mimarisini oluşturur.<sup>1</sup> Genellikle YZ olarak bilinen "dördüncü sanayi devrimi", eleştirel düşünmeyi, karar vermeyi ve insanlarınkine benzer akıllı davranışları taklit etmek için bilgisayar teknolojisini kullanır.<sup>2</sup> YZ uygulamalarını anlamak için, bazı temel kavramların (makine öğrenimi, derin öğrenme ve öğrenme aktarımı vb.) anlaşılması önemlidir. Makine öğrenimi, veri kümesine ait sonuçların tahmin edilebilmesi için algoritmala-

**ABSTRACT**

In recent years, artificial intelligence applications in dentistry have become increasingly popular. Study results have been published indicating that these applications have a comparable level of accuracy to clinicians, and they have been shown to assist in the rapid analysis of medical data. Artificial intelligence applications have started to be widely used in all branches of dentistry, especially in prosthodontics. This article discusses the basic features of artificial intelligence technology and provides detailed information on its applications, particularly in the field of prosthetic dentistry. Additionally, information is provided about potential future applications awaiting clinicians and patients using artificial intelligence technology.

**Keywords:** Dental prosthesis, prosthodontics, artificial intelligence.

ra dayanan YZ parçasıdır.<sup>2</sup> Makine öğreniminin amacı, makinelerin verilerden öğrenmesini kolaylaştırmak ve böylece insan girdisi olmadan sorunları çözebilmelerini sağlamaktır.<sup>2</sup> Popüler bir makine öğrenimi modeli türü olan sinir ağları, özellikle lisan veya görüntü vb. karmaşık veri yapılarında klasik makine öğrenimi algoritmalarından daha iyi performans göstermektedir. Sinir ağları, yapay nöronlar aracılığıyla sinyalleri hesaplayan bir dizi algoritmadır. Sinir ağlarının amacı, insan beyni gibi çalışan sinir ağları oluşturmaktır. Herhangi bir yapay sinir ağının ana bileşeni, insan nöronundan ilham alan doğrusal olmayan matematiksel bir model olan yapay nörondur. Yapay nöronları üst üste dizerek, birleştirerek ve matematiksel işlemler vasıtasıyla bu katmanları birbirine bağlayarak, görüntü sınıflandırması gibi görevleri yerine getirmeyi amaçlayan bir ağ tasarlanır.<sup>2</sup> Derin öğrenme, girdi verilerinin analizi için derin sinir ağında farklı hesaplama katmanlarına sahip ağı kullanan makine öğreniminin bir bileşenidir. Derin öğrenmede amaç, özellik algılamının iyileştirilmesi için otomatik olarak kalıpları tanımlayan bir sinir ağı oluşturmaktır.<sup>2</sup>

**Sorumlu Yazar:** Prof. Dr. Ferhan EĞİLMEZ, ferhanegilmez@gmail.com, 0000-0001-9325-8761, Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Mutlukent Mah. 1920. Cad. 2065. Sk No:15 Beysukent-Ankara/Türkiye

**Yazar:** Dt. Zühre AŞICIOĞLU, zuhreasicioglu96@gmail.com, 0009-0001-0924-4031

Makale Geliş Tarihi : 01.07.2024  
Makale Kabul Tarihi: 01.11.2024

### 1. Diş Hekimliğinde YZ Uygulamaları

Diş hekimliğinde teşhis konulması ve en doğru tedavi seçeneğine karar verilmesi için hekimlerin edindikleri tüm bilgi ve becerileri kullanmaları gerekir. Ayrıca verilen klinik kararın doğruluğu için prognozu da tahmin etmeleri gerekmektedir. Ancak bazen diş hekimleri kısa bir zaman aralığında doğru klinik kararları verecek kadar bilgi sahibi olamamaktadır. YZ uygulamaları, hekimlere daha doğru kararlar verebilmeleri ve daha doğru klinik planlama yapabilmeleri için rehber görevi görebilir. YZ, temel olarak diş hekimliğinde teşhis süreçlerini daha doğru ve etkin hale getirmek için kullanılmaktadır.<sup>2</sup> YZ tabanlı sistemler genellikle diş hekimliğinde teşhis ve veri yönetimini kolaylaştıran otomatik yazılım programları tasarlamak için kullanılır.<sup>3</sup> Bunlar, sıklıkla uzmanların doğru teşhis koymasına yardımcı olan yönlendirici sistemlerdir. Bu sistemler doğru teşhis ve tedavi planlaması için tasarlanmış ve ek olarak prognozu ön görmeye yarayan bilgisayar programlarıdır.<sup>3</sup> Ayrıca YZ sistemleri tıbbi verilerle veya bu tür verileri yorumlamak için gerekli bilgiyle ilgilidir.<sup>2</sup>

YZ teknolojisinin diş hekimliği alanında kullanılması, klinik iş akışını iyileştirerek maliyeti, zamanı ve tıbbi hataları azaltabilir.<sup>2</sup> Diş hekimliği alanındaki YZ uygulamaları, radyografik değerlendirmeler, orofasiyal ağrının ayırıcı tanısı, dental patolojilerin teşhisi, protetik diş tedavisi analizleri ve ortodontik büyüme yönü analizleri gibi çok çeşitli alanları içerir.<sup>3</sup> Özellikle derin öğrenme tekniklerinin kullanıldığı radyolojik görüntü yorumlama çalışmalarını ile bu alanda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.<sup>3</sup>

#### 1.1. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Alanında YZ Uygulamaları

Radyoloji alanında YZ, radyolojik teşhis yapılması, görüntü analizi ve görüntü kalitesinin iyileştirilmesi gibi amaçlarla geliştirilmiştir. YZ radyoloji alanında çeşitli amaçlarla kullanılmıştır. Bunlardan birisi anatomik landmarkların belirlenmesidir.<sup>4</sup> Bu şekilde dişlerin anatomik yapılarını tanımlayarak diş hekimine doğru bir şekilde tedavi planlamasına yardımcı olmaktadır. Bir başka kullanımı ise diş segmentasyonları ve numaralandırılması konusudur.<sup>5</sup> Bu sayede, dişlerin doğru bir şekilde sınıflandırılması ve numaralandırılması sağlanabilmektedir. Diş kök morfolojilerinin belirlenmesi de YZ'nin kullanıldığı bir diğer alan olarak karşımıza çıkmaktadır.<sup>4</sup> Bir başka kullanım alanı ise periapikal patolojinin tespit edilmesidir.<sup>2</sup> YZ, görüntüleri analiz ederek diş hekimin teşhisine yardımcı olmaktadır. YZ aynı zamanda kemik kalitesi değerlendirmesinde de kullanılmaktadır.<sup>5</sup> Diş hekimleri YZ algoritmalarını kullanarak hastanın kemik kalitesini değerlendirmekte ve tedavi planını buna göre yapabilmektedir. Bunların yanı sıra pulpa kalsifikasyonu tespiti,<sup>2</sup> büyüme-gelişim takibi<sup>6</sup> ve çürük<sup>2</sup>, periodontitis<sup>5</sup> gibi tanısal işlemlerde de kullanılmaktadır. Osteoporoz riskinin belirlenmesi<sup>5</sup>, ağız kanseri taramaları<sup>3</sup>, Sjögren sendromu tespiti<sup>7</sup> ve lenf nodu metastazının tespiti<sup>8</sup> gibi alanlar, radyolojide YZ algoritmalarının kullanıldığı diğer konular arasındadır.

#### 1.2. Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Alanında YZ Uygulamaları

YZ ile ilgili ağız cerrahisindeki en önemli gelişmelerden biri robotik cerrahidir. YZ kullanılarak gerçekleştirilen cerrahi çalışma alanlarına diş çekimi, implant tedavisi, tümörlerin ve yabancı cisimlerin çıkarılması, biyopsi

işlemleri, temporomandibular eklem (TME) cerrahisi ve kranial cerrahi prosedürleri örnek verilebilir. Yapılan çalışmalarda, cerrahide en sık uygulanan işlemlerden biri olan üçüncü molar diş çekimi uygulaması için pre-operatif komplikasyon riski ve post-operatif fasiyal ödem ön görülebilmesi amacıyla derin öğrenme modeli geliştirildiği ve bu modellerin yüksek doğruluk ve hassasiyet oranlarına sahip oldukları bildirilmiştir.<sup>9</sup> İmplant tedavisinde YZ kullanılarak yapılan çalışmalarda, panoramik radyografiler kullanılarak implant cerrahisi öncesi kemik kalitesinin değerlendirilmesi, dişsiz bölgelerde implant planlaması, peri-implantitisin saptanması ve yerleştirilen implantların modele aktarılması gibi konular üzerinde çalışılmıştır.<sup>10</sup> Bu verilere ek olarak, TME hastalıklarının teşhisi<sup>11</sup>, n. Alveolaris inferior lokalizasyonunun ve segmentasyonunun belirlenmesi<sup>12</sup> gibi alanlarda YZ kullanılarak çalışılan diğer konular arasındadır.

#### 1.3. Ortodonti Alanında YZ Uygulamaları

Ortodonti, YZ uygulamalarının en çok kullanıldığı diş hekimliği uzmanlık alanları arasında yer almaktadır. Anatomik belirteçlerin tanımlanması, maloklüzyonların sınıflandırılması ve ortodontik tedavi sonrası yüzdeki değişikliklerin tahmin edilmesini hedefleyen YZ uygulamaları ve fotoğraflar kullanılarak sınıflandırma yapmaya yönelik algoritmalar, araştırmacıların odaklandığı konular arasında yer almaktadır.<sup>13</sup> Ortodontistlerin dijitalleştirilmiş tedavi planlaması, rekonstrüksiyon ve kişiye özel ortognatik cerrahi hazırlığı gibi talepleri, YZ uygulamalarının ilerlemesini desteklemiştir. Yüksek yatırımların yapıldığı robotik cerrahi uygulamaları ve ortognatik cerrahi hastalarından sağlanan dijital görüntü ve radyografi veri tabanlarının genişliği de destekleyici faktörler arasındadır.<sup>14</sup>

#### 1.4. Endodonti Alanında YZ Uygulamaları

YZ modelleri, kök kanal sistemi anatomisini değerlendirmek, periapikal lezyonların ve kök kırıklarının tespiti, çalışma uzunluğu ölçümlerini belirlemek, pulpa kök hücrelerinin canlılığını tahmin etmek ve retreatment prosedürlerinin başarısını tahmin etmek gibi endodontide çeşitli uygulamalarda kullanılabilir.<sup>15</sup> Bilgisayar destekli teşhis uygulamaları, dijital periapikal radyografiler, panoramik radyografiler ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KİBT) görüntüleri kullanılarak periapikal lezyonların değerlendirilmesi amacıyla YZ'nin geliştirilmesine odaklanmıştır.<sup>15</sup> YZ tabanlı modeller, apikal açıklığın ve çalışma uzunluğunun belirlenmesinde çok etkilidir. Bu modeller, klinik uygulamalarda kullanılabilirler için daha az deneyimli diş hekimleri ve uzman olmayanlar için yardımcı olabilir.<sup>15</sup> YZ teknolojisi, periapikal patolojilerin tanısında radyografiler üzerinden tespitinde yaygın olarak kullanılmakta olup, yüksek hassasiyet ve orta düzeyde özgüllük ile tatmin edici sonuçlar göstermektedir.<sup>16</sup> YZ teknolojilerinin, KİBT görüntülerinde vertikal kök kırıklarını teşhis etmede periapikal radyografilere kıyasla çok daha etkili olduğu kanıtlanmıştır.<sup>16</sup>

#### 1.5. Restoratif Diş Tedavisi Alanında YZ Uygulamaları

Restoratif diş tedavisinde YZ alanında araştırmacıların en çok üzerinde çalıştığı konu çürük tespitinin radyografiler üzerinden yapılması olmuştur. Prados-Privado ve ark. YZ'nin periapikal ve panoramik radyografiler üzerinde çürük tespitinde %68.57-99 doğruluk oranlarına

sahip olduğunu bildirmiştir.<sup>17</sup> Araştırmacılar çalışmalarında, derin evrişimli YZ algoritması kullanarak çürük tespitinde transilüminasyon yöntemi ve intraoral kamera ile elde edilen fotoğrafları da kullanmışlardır.<sup>18,19</sup> Ancak klinik kullanım için duyarlılık ve hassasiyet oranlarının güvenilir bulunmadığı belirtilmiştir.<sup>18,19</sup>

#### 1.6. Periodontoloji Alanında YZ Uygulamaları

YZ tekniklerinin periodontal hastalıkların teşhisi için farklı veri türleriyle kombinasyon halinde kullanımı literatürde kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır.<sup>20,21</sup> YZ algoritmaları ile hastaların ağız hijyeni davranışı modellenmeleri yapılmış ve buna dayanarak ağız hastalıklarının önlenmesi üzerinde de çalışılmıştır.<sup>22</sup> Hastaların diş fırçalama ve diş ipi kullanma davranışlarını saptamak için bilege takılan sensörlü cihazlara dayanan bir yöntem önerilmiştir.<sup>22</sup> Lee ve ark. Yaptıkları bir çalışmada, periodontal problemlili premolar-molar dişlerin tedavi sonrası prognozunu tespit etmeye yönelik bir algoritma geliştirmişler ve %82 oranında tutarlı sonuçlara ulaşmışlardır.<sup>23</sup> Ancak, periodontal hastalıkların tanısında sadece radyografik verilerin değil, ataşman kaybı, sondlamada kanama, cep derinliği, mobilite, sigara kullanımı, plak kontrolü gibi parametrelerin de dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.<sup>24</sup>

#### 1.7. Pedodonti Alanında YZ Uygulamaları

Pedodonti alanında yapılan YZ çalışmalarının sayısı oldukça sınırlıdır. Genel olarak pedodonti alanındaki araştırmalar diş çürüğü tespiti, kronolojik yaş tespiti, pediatrik popülasyonda ağız sağlığı durumu ve tedavi ihtiyacının tahmini, süt dişlerinde plak tespiti, fissür örtücülerin tespit ve sınıflaması, diş numaralarının tespiti ve tablolanması gibi konulara odaklanmıştır.<sup>25</sup> Makine öğrenimi yöntemlerinin kullanımıyla pediatrik popülasyonda yapılan çalışmaların temel hedefi, ağız sağlığını değerlendirebilecek bir algoritma geliştirmektir. Bu algoritmaların geliştirilmesi, bireysel ve toplum düzeyinde ağız-diş sağlığı durumunun belirlenmesine ve tedavi ihtiyaçlarının tespit edilmesine olanak sağlayarak önleyici stratejilerin planlanması ve uygulanmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır.<sup>25</sup> Ayrıca, pedodonti alanında, YZ uygulamalarının davranış yönlendirme stratejileri ve hasta-ebeveyn eğitimi gibi konularda daha fazla geliştirilmesi ve veri setlerinin genişletilmesi gerekmektedir.<sup>25</sup>

#### 1.8. Dudak Damak Yarığı Olan Hastalarda ve Orofasiyal Özelliklere Sahip Genetik Sendromlarda YZ Uygulamaları

Dudak damak yarığı (DDY) olan hastalarda, risk faktörlerinin tahmininde, doğum öncesi ve doğum sonrası teşhiste, büyümenin öngörülmesinde ve çeşitli tedavilerde YZ uygulamalarından yararlanılmaktadır. Bu YZ modellerinin çoğu yapay sinir ağlarına dayanmaktadır. YZ, öngörücü algoritmalar sayesinde DDY oluşumunu tahmin edebilmekte ve farklı popülasyonlardaki çevresel ve genetik risk faktörleri belirleyebilmektedir.<sup>26</sup> Fetal ultrason muayenesinde dudak yarığı gözden kaçmazken, prenatal evrelerde yarık damak tanısı zordur.<sup>26</sup> Kuwada ve ark., derin öğrenme sistemi kullanılarak, doğum sonrası panoramik radyografilerde, yarık damaklı veya damaksız tek taraflı alveol yarığı tespiti ve sınıflandırmasının yapılabileceğini bildirmişlerdir.<sup>27</sup> Zhang ve ark., sekonder alveolar kemik augmentasyonu öncesinde defekti yeniden yapılandırmak ve hacmini tahmin etmek için YZ modeli kullanmışlardır.<sup>28</sup> Benzerlik fonksiyonu-

nu modelleyerek DDY'li hastalarda ortodontik durumların belirlenmesi ve karşılaştırılması, gelecekte ortodontik tedavi planlanırken yardımcı olabilir. YZ teknolojisi ayrıca DDY'li hastalarda sefalometrik işaret noktalarını belirlemek, sefalometrik analizi değerlendirmek, büyümenin sona ermesinden sonra ortognatik cerrahi ihtiyacını tahmin etmek ve ameliyat sonrası yumuşak doku değişikliklerini tahmin etmek için uygulanmıştır.<sup>29</sup> Ayrıca, DDY'li hastalarda hipernazalite varlığına ve şiddetine odaklanılarak YZ yardımıyla konuşma değerlendirmesi yapılabilmektedir.<sup>29</sup>

#### 1.9. Protetik Diş Tedavisi Alanında YZ Uygulamaları

YZ'nin protetik diş tedavisinde kullanım alanları; protez planlaması ve tasarımı, hareketli protezler, renk seçimi, sabit protezler, TME rahatsızlıkları ve oklüzyon tedavileri bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) uygulamaları, dijital gülüş tasarımı, olarak sayılabilir.<sup>30,31</sup>

##### 1.9.1. Protez planlaması ve tasarımında YZ uygulamaları

Tasarım yazılımları ile YZ, diş hekiminin antropolojik hesaplamalar, yüz ölçümleri, etnik köken ve hasta talepleri gibi birçok faktörü dikkate alarak mümkün olan en başarılı ve estetik protezleri üretmesine yardımcı olabilmektedir.<sup>32</sup> Sanal gerçeklik simülasyonu teknolojisi, tedavi sonrası yüz profillerini simüle etmek için kullanılabilir. Bu sayede diş hekimi daha estetik tasarımlar yapabilir ve bu yöntem ile hasta motivasyonu sağlanabilir.<sup>33</sup> YZ sistemleri ile tam protez uygulamaları sonrasında hastaların yüz yumuşak dokularında oluşacak değişiklikler hızlı ve doğru bir şekilde tahmin edilebilir ve YZ yardımıyla vakaya özel parsiyel protez tasarımları yapılabilir.<sup>30</sup> Dental arkların sınıflandırılması, uygun tasarımın sonuçlarının korunmasına, ark içindeki dişsiz alanın tanımlanmasına, ayrıca diş hekimi-teknisyen arasında daha iyi iletişime yardımcı olmaktadır. Bir metodolojik çalışmada evrişimsel sinir ağları kullanılarak YZ modeli geliştirmek için dental arkların sınıflandırılması amaçlanmıştır. Evrişimsel sinir ağı modelinin geliştirilmesi için bilgisayar tarafından otonom öğrenme prosedürleri yardımıyla, eğitim veri setinin öğrenmeye dayalı olarak sınıflandırılması yapılmıştır. Öğrenme prosedürü tamamlandıktan sonra diş arklarının tahmini yapılmış ve doğru tahminlere ilişkin yüzde verileri kaydedilmiştir. Çalışma sonucunda üst çene için %99.5, alt çene için ise %97.5 oranında yüksek tanısal doğruluk oranları gözlenmiştir.<sup>30</sup> Estetik ve kozmetoloji diş hekimliğinin önemli hedeflerinden biri olarak kabul edilebilir. Bu nedenle hastaya estetik açıdan kabul edilebilir bir protez takılması önemlidir. Bunun için yüz ölçümleri, estetik ve hasta tercihi gibi birçok faktörün dikkate alınması gerekir.<sup>33</sup> CAD/CAM uygulamaları, inley, onley, kron ve köprü restorasyonlarının daha kısa sürede tasarlanmasına yardımcı olmakta, ayrıca hata yapma olasılığını azaltmaktadır. Geleneksel yöntemle ölçü almak yerine ağız içi 3D tarayıcıların kullanılması işlemleri hekim açısından işlemleri daha az yorucu hale getirmektedir.<sup>33</sup>

##### 1.9.2. Hareketli Protezlerde YZ Uygulamaları

Tam dişsiz hastalarda hem fonksiyonel hem de estetik gereklilikleri karşılamak için hareketli protezlerde uyumlama işlemleri diş teknisyeni için zor ve zaman alıcıdır. CAD/CAM yazılımındaki makine öğrenimi, dişle-

ri doğru şekilde uyumlayarak kabul edilebilir intermaksiller ilişkileri yeniden oluşturabilir.<sup>34</sup> Tam protezlerin üretiminde insan gereksinimini azaltmak amacıyla diş dizimini gerçekleştiren CRS-450 robotuna bağlı tek bir denetleyici kullanılarak üretim yapılabilir.<sup>31</sup> Hareketli bölümlü protezlerin (HBP'lerin) başarısı, klinisyenlerin bilgi, deneyim ve becerilerinden etkilenmektedir. Bu nedenle, hastanın ağız koşullarına uygun ve klinisyenin bilgi ve deneyiminden bağımsız otomatik bir sistem kullanarak HBP'leri tasarlayan bir YZ sistemi geliştirmek amacıyla farklı çalışmalar yapılmıştır.<sup>31</sup> Bu doğrultuda, evrimsel sinir ağları kullanarak yapılan bir çalışmada, dental arkların sınıflandırılması ve HBP'lerin tasarlanması için bir sistemin geliştirilmesi amaçlanmıştır.<sup>30</sup> Çalışma sonucunda YZ sistemlerinin pratikte tüm dental ark tipleri için HBP'lerin planlamasında kullanılabileceği ve YZ içeren diğer sistemlerle entegre edildiğinde HBP'leri tasarlamak için yeni bir sistemin geliştirilebileceği rapor edilmiştir. Gelecekte geliştirilecek diğer adımlar arasında, HBP bileşenlerinin fotografik görüntülerini veya kalan diş görüntülerini kullanarak görsel tanımının geliştirilmesinin yer alacağı bildirilmiştir.<sup>30</sup>

### 1.9.3. Renk seçiminde YZ uygulamaları

Doğru renk değerlendirmesi estetik diş hekimliğinin en zorlu aşamalarından biridir.<sup>34</sup> Diş hekimleri ve diş teknisyenleri, hastaların estetik gereksinimlerini karşılamak için doğal görünümlü restorasyonlar yapmaya çalışmaktadır. Doğal dişler ile yapay restorasyonların uyumlu renk eşleştirmesi, doğal dişlerin karmaşık optik özellikleri nedeniyle zor bir işlemdir.<sup>34</sup> Bir diş rengi skalası kullanılarak yapılan görsel renk değerlendirmesi, klinik diş hekimliğinde renk reproduksiyonu için en sık kullanılan yöntemdir; ancak bu yaklaşım oldukça öznel-dir.<sup>29</sup> Renk seçimi yapılan ortamın ışıklandırması, klinisyenin deneyimi, insan gözünün yorulması ve optik hastalıklar gibi değişkenler renk seçiminde tutarsızlıklara ve hatalara yol açabilir.<sup>29</sup> Bilgisayar destekli renk eşleştirme [Computer color matching (CCM)], renk üretimi için nesnel bir tekniktir ve boya, plastik, baskı ve tekstil endüstrilerinde onlarca yıldır başarıyla uygulanmaktadır. CCM'de, renk ölçüm cihazları kullanılmakta ve pigment kombinasyonlarının üretimi belirtilen yazılıma bağlıdır. Bu kombinasyonlar, gözlemcilerin müdahalesi olmadan hedef renge en uygun rengi üretebilir.<sup>34</sup> Yeni geliştirilen ve geri yayımlı sinir ağı modeline dayalı bilgisayarlı renk eşleştirme sisteminin, geleneksel yöntemle yapılan görsel renk eşleştirme sisteminden daha üstün olduğu ve doğal diş renginin reproduksiyonunda klinik kullanım potansiyeline sahip olabileceği düşünülmektedir.<sup>34</sup> Bununla birlikte, bu sistemin dental renk reproduksiyonunda etkinliği ve doğruluğu hakkında yeterli çalışma mevcut değildir.<sup>34</sup>

### 1.9.4. Sabit Protezlerde YZ uygulamaları

Sabit protezlerde yapay olarak akıllı bir sistem hala geliştirilme aşamasındadır. Bilindiği üzere, geleneksel olarak diş preparasyonu klinisyen tarafından aeratör ve çeşitli frezler yardımıyla manuel yapılmaktadır. Protez bitim sınırlarının uygun şekilde hazırlanmış olması diş ve protez arasındaki kole uyumunun mükemmel olmasına ve marjinal sızıntının azalmasına yardımcı olur. Bu durum ayrıca diş eti sağlığı ve periodontal dokuların devamlılığını sağlamaktadır. Ancak, kısıtlı alana sahip olan oral kavitede, el titremesi ve kaza vb. durumlar sonucu klinisyenlerin el becerilerinin kısıtlanması gibi

nedenlerle, preparasyon sonrası bazı hatalar gelişebilmektedir. Bu problemin üstesinden gelinmesi için Laser Bot adı verilen ve sabit protezlerde preparasyon aşamasında kullanılmak üzere lazer kontrollü bir cihaz geliştirilmiştir. Bu cihazın etkinliğiyle ilgili yapılan bir *in-vitro* araştırmada, cihazın manuel kron preparasyonunun yerini alabileceği ve doğruluğunun klinik gereksinimleri karşıladığı bildirilmiştir.<sup>31</sup> Lazer kontrollü cihazın yanı sıra Zhang ve ark. marjinal alanı hassasiyetle ortaya çıkarmak için derin öğrenme modeli kullandıkları bir çalışmada 380 dental preparasyon modeli kullanmışlardır.<sup>35</sup> Verileri elde etmek için Sparse Octree (S-Octree) adı verilen bir evrimsel sinir ağı modeli kullanılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre %97.43 olarak bulunan ortalama doğruluk oranı, YZ'nin manuel hataların üstesinden gelme yeteneğinin yüksek olduğunu göstermekte ve YZ'yi uygulama için iyi bir seçenek haline getirmektedir.<sup>35</sup> YZ'nin bir önemli avantajı da vakaların düzenli ve sürekli olarak buluta yüklenmesi sonucu YZ'nin veri tabanında bulunan ve klinisyenler tarafından onaylanmış çok sayıda kronrestorasyonu analiz etme ve öğrenme yeteneğine sahip olmasıdır. Algoritma, başarılı kron tasarımlarını değerlendirmekte, uygun marjinal bitim sınırlarına, kontaklara ve ideal oklüzyona sahip optimum restorasyon formunun nasıl yapıldığını öğrenmektedir.<sup>31</sup>

### 1.9.5. Gülüş Tasarımı ve YZ uygulamaları

Hastanın ihtiyaçlarına göre dişlerin restorasyonu ile gülüşleri en doğal ve estetik şekilde tasarlamak protetik diş tedavisinin temel amaçlarından biridir. Son yıllarda meydana gelen önemli teknolojik ve teknik gelişmeler sayesinde daha estetik diş materyalleri piyasaya sürülmüş ve spesifik tedaviler daha kolay yapılabilir hale gelmiştir.<sup>36</sup> Özellikle dijital diş hekimliği uygulamaları ve gülüş tasarımı programları ile tedavi sürecinin iyileştirilmesi, disiplinler arası diş hekimliğini kolaylaştıran etkili iletişim protokolünün geliştirilmesi, diş tedavisinin algılanan değerinin artması ve bunun sonucunda da tedavinin eğitim ve motivasyon yoluyla hasta tarafından kabul edilmesi gibi potansiyel bazı gelişmeler kaydedilmiştir.<sup>37</sup> Günümüzde dijital gülüş tasarımı iş akışı tipik olarak, hareket halindeyken dudaklar, dişler ve diş etini de içerecek şekilde üst çenenin yüze göre 3 boyutlu konumunu gösteren hasta videolarıyla başlamaktadır.<sup>37</sup> Bu sayede hareket halindeki gülümsemenin analiz edilmesinin avantajlarını sağlayan dinamik dentofasiyal analiz yapılabilmektedir. Ayrıca doğrudan hastadan fotoğraf çekmek yerine videolardan fotoğraf çekmek (enstantane çekimler), çekilen anların miktarını artırmaktadır. Yazılımlar akıllı telefonlarla basitleştirilmiş dokümantasyon imkânı sunarken dijital cetvel, PowerPoint ve/veya Keynote gibi bilgisayar yazılımları kullanarak fotoğraflar üzerinde ölçümler yapmak mümkündür.<sup>34</sup> Diş hekimi bu dijital aracı kullanarak tedavi planlaması aşamasında karar verme sürecinin iyileştirilmesine ve tedavinin bu plana göre gerçekleştirilmesini sağlama olanağına sahiptir.<sup>37</sup> Bu işlem ağız içi ayarlamaların miktarını azaltmakta ve aynı zamanda diş hekimi, uzman ve hasta arasındaki iletişimi geliştirmeye yönelik bir eğitim aracı olarak da çalışmaktadır.<sup>37</sup> Yapılan çalışmalar, dijital gülüş tasarımı programları kullanılarak üretilen protezlerin hastalar açısından memnuniyet verici sonuçlar sergilediğini rapor etmektedir.<sup>38</sup> Günümüzde hastaların tıbbi ve kişisel verilerini, fotoğrafları

ni, videolarını, ağız içi tarayıcı verilerini veya KIBT görüntülerini ve radyografilerini bulut tabanlı teknoloji platformlarına yükleyerek saklama imkânı sunulmaktadır. Yükleme sonrası gülüş tasarımı yazılımlarına entegre edilen YZ algoritmaları ile hastaya özel uygun diş şekilleri bulunmakta tasarım yapılabilmektedir. Diş hekimi dilerse bu tasarımı değiştirebilir. Ayrıca mock-up modeli, preperasyon ve cerrahi rehberler de oluşturulabilmektedir.<sup>39</sup> Gelecekte YZ'nin estetik değerlendirme, gülüş tasarımı ve tedavi planlama süreçlerinin otomasyonunu sağlayacağına inanılmaktadır.<sup>36</sup> Günümüzde YZ kullanılarak yapılan gülüş tasarımı, geleneksel doktor tasarımına göre çok daha az zaman almakta, hatta işlem saniyeler içerisinde tamamlanabilmektedir.<sup>40</sup> Trichion, glabella, subnazal, menton, pupiller düzlem, alare ve chellion gibi referans noktaları dijital gülüş tasarım programına aktarılan vaka görüntülerine yüz analizi yapılarak YZ tarafından otomatik olarak belirlenmektedir.<sup>40</sup> Yapılan çalışmalarda yüzün simetrik olması ve güzellik arasında pozitif bir korelasyon olduğu bildirilmekle birlikte doğal ve uyumlu gülüşler tasarlanırken göz önünde bulundurulması gereken önemli noktalardan biri de yüzlerin ve gülüşlerin her zaman simetrik olmadığıdır.<sup>41</sup> Günümüzde dijital gülüş tasarımı algoritmalarında kullanılan matematiksel analizler ile yüz simetrisinin dikkate alınması suretiyle gerçekleştirilen tasarımlar yerine "Yüz akışı" konsepti dikkate alınarak yüz odaklı kararlar alınması gerektiğini vurgulayan çalışmalar da dikkati çekmektedir.<sup>41</sup> Bu nedenle dijital gülüş tasarım programlarına entegre edileceği düşünülen ve organik yüz analizinin yatay bileşenlerinin de değerlendirilip dikey bileşenlerle ilişkilendiren algoritmalar kullanılacağı öngörülmektedir. Bazı dijital gülüş tasarımı programları ile entegre edilen YZ programları vasıtasıyla hastaya ait video/fotoğraf ve KIBT ve röntgen görüntüleri kombine halde kullanılabilir. Bu sayede, implant yerleştirme safhasında cerrahi rehberler hazırlanabilmekte, kemik tipi, kortikal kemik kalınlığı gibi cerrahi parametreler belirlenebilmektedir.<sup>34</sup>

#### 1.9.6. İmplant Prosthodontisinde YZ uygulamaları

İmplant destekli sabit restorasyonların üretiminde de YZ programları yaygın şekilde kullanılmaktadır. Geçici restorasyonlarla şekillendirilen yumuşak dokuların dijital ölçüleri alınmakta ve sonrasında YZ yardımıyla yumuşak doku ve implant görüntüleri CAD sistemi vasıtasıyla çakıştırılmaktadır. Daha sonra yumuşak doku konturlarına uyumlu olarak hibrit abutment üretilmektedir.<sup>42</sup> Bununla birlikte implant destekli sabit protezlerin simantasyonu, geleneksel CAD/CAM sistemleri kullanıldığında çeşitli problemlere neden olabilmektedir. Oluşabilecek hatalar, implantların pozisyonu, simantasyon protokolü, oklüzal veya interproksimal uyumlama gibi birçok nedenden kaynaklanabilir.<sup>42</sup> Bu hataları en aza indirmek için bir YZ modeli önerilmiştir. YZ modelleri, eğitim amaçlı veri setleri, ağız içi taramalar, radyografiler, fotoğraflar ve CAD görüntülerinden oluşturulmuştur. Posterior dişler için zirkonya implantların üretiminde YZ modelinin kullanımı ile %91 sağ kalım oranı ve %93 başarı oranı ile umut verici sonuçlar gözlenmiştir.<sup>42</sup> YZ, periapikal ve panoramik radyografilerden implant tiplerini tespit etmek için implant diş hekimliğinde uygulanmıştır.<sup>42</sup> Bunun yanı sıra, implant üstü protezlerin simantasyonunda standart CAD/CAM teknolojileri uygulandığında çeşitli problemler

ortaya çıkabilmektedir. Konumsal hatalar, simantasyon hataları ve oklüzal veya interproksimal uyumlama başarısızlığı neden olabilir.<sup>42</sup> Lerner ve ark., bu hataları azaltmak için bir YZ modeli önermiştir. Bu YZ modeli, tek parça implant ve monolitik zirkonya kronadan oluşan sabit implant destekli protezlerin üretimine yardımcı olmak için tasarlanmıştır.<sup>42</sup> YZ modeli, abutment subgingival marjinlerinin tespit edilmesine yardımcı olmak için kullanılmıştır. Bu model ayrıca diş hekimine diş preparasyonu ve interproksimal ve oklüzal kontakların korunmasında rehberlik etmektedir.<sup>42</sup>

#### 1.9.7. Maksillofasiyal protezlerde YZ uygulamaları

Maksillofasiyal protez rehabilitasyonu, yüzdeki anomaliler veya yaralanmalara bağlı olarak eksik yapıları değiştirerek fonksiyon ve estetiği geri kazandırır. Travma, kanser veya doğumsal hastalıklar sonucu hastalarda çene-yüz deformiteleri gelişir. İlişkili estetik ve psikolojik sorunlar nedeniyle, bu tür kusurlar sıklıkla yüksek kaliteli protetik onarım gerektirir.<sup>43</sup> Birçok durumda çene-yüz anomalilerinin rekonstrüksiyonu ile mükemmel estetik sonuçlar elde etmek zor olabilir. Dijital teknoloji, ekstra-oral implantların dijital olarak planlanması ve yerleştirilmesinin yanı sıra maksillofasiyal protezlerin tasarımına ve üretimine olanak tanımıştır. CAD/CAM teknolojilerinden önce, çene-yüz protezleri ile fasiyal rekonstrüksiyon, mumun elle kazınması ve modelasyonu gibi hassas ve ustalık gerektiren bir dizi işlem gerektiriyordu. Çene-yüz protezlerini üretmek için CAD/CAM teknolojisi kullanılırken, hastanın yumuşak ve sert dokularını gösteren görüntüleme teknikleri (örn. MRI ve CT) ile ortak bir tedavi süreci söz konusudur. Bu veriler daha sonra bilgisayar yazılımı (örneğin, Materialise Mimics, Leuven, Belçika) kullanılarak bir hızlı prototipleme modeline çevrilir. Hızlı prototipleme modelleri doğrudan mumla veya akrilik rezinle hazırlanabilir ve ardından replikasyon prosedürleri kullanılarak bir mum kalıbına çevrilebilir. Hızlı prototipleme teknikleri cilt konturunu tam olarak simüle edemediğinden, mum patern hastada prova edilir ve son uyumlama yapılr. Mum patern alçı üzerine oturtulduktan sonra, silikon elastomer protezler rutin yöntemlerle yapılır.<sup>43</sup> Doğal yüz yapısı (örneğin kulak, burun) deforme olduğunda, dijital bir kitaplıktan seçilen bir formla anında maksillofasiyal protezler oluşturmak için de CAD/CAM teknolojisi kullanılabilir. Bu yöntem geleneksel yöntemden daha az zaman almaktadır.

#### 2. YZ Uygulamasının Geleceği

YZ yardımıyla gelecekte hastalık teşhisinin doğruluk oranının artacağı öngörülmektedir.<sup>44</sup> Diş hekimleri, tedavi planları için doğru teşhis ve önerilerde bulunmalarına ve bunların her biri için alternatifleri kısa sürede hesaplamalarına olanak tanıyan teknolojilerden yararlanacaklardır. YZ, elde edilen kanıtlara dayalı avantajlar ve potansiyel komplikasyonlarla birlikte çeşitli multidisipliner tedavi fikirleri sunabilecektir. Bu nedenle klinisyenler YZ uygulamalarını tedavi planlamasına dahil edeceklerdir.<sup>44</sup> CAD/CAM teknolojilerindeki en son gelişmeler ve protez diş hekimliğinde üstün düzeyde hassasiyet gerektiren malzemelerle, YZ içeren algoritmalar tasarlayan laboratuvarların da büyük talep göreceği düşünülmektedir. Bu program, laboratuvar teknisyenlerine ideal estetik ve konturlara sahip protezleri düşük başarısızlık oranları ile tasarlamada yardımcı

olacaktır. Sabit protezlerde, mevcut diş yapısını taramak için bir optik ağız içi tarayıcı kullanılmaktadır. Benzer şekilde terapötik seçenekleri analiz etmek ve önermek için de yazılımlar kullanılacaktır. Kısmi dişsizlik durumunda, hareketli bölümlü protezlerin tasarımında da yazılımlardan yararlanılacaktır. Araştırmaya dayalı, klinik olarak kanıtlanmış teknolojilerin ve yöntemlerin kullanılması ile dental implant tedavisinin standart hale geleceği belirtilmektedir. Bununla birlikte, diş hekimlerinin YZ yazılımının nasıl tasarlandığı ve verilerin nasıl toplandığı konusunda temel bilgilere sahip olması gerektiği de vurgulanmaktadır. YZ teknolojisinin faydalarını ve mevcut sınırlarını bilmek, klinisyenlerin ek hizmetler piyasaya girerken doğru YZ hizmetini seçmesine yardımcı olacaktır. YZ, klinik yaklaşımlara ek olarak dental işlemlerde hasta deneyimini iyileştirecektir. Sistem, daha iyi bir genel deneyim sağlamak için hasta tercihlerini anlayacaktır. Bu alanda hasta deneyimini iyileştirerek, daha fazla hasta optimal ağız sağlığı tedavisi alacak ve bu da daha iyi sistemik sağlıkla sonuçlanacaktır.<sup>44</sup>

## SONUÇ

Son on yılda, sağlık alanında YZ uygulamaları hızla gelişmektedir. Protetik diş hekimliğinde YZ uygulamaları da bu gelişmelere paralel olarak üstel bir hızla ilerlemektedir. Diş hekimliğinde YZ'nin mevcut durumu dental tedavilerin seyrini şimdiden değiştirmektedir. YZ algoritmaları yakın gelecekte, teşhis ve tedavi planlamasının ve bu planlamalara hastanın da dahil edilmesinin daha da geliştirilmesi açısından sınırsız potansiyele sahiptir. Bununla birlikte bu gelişmelere etik ve pratik sonuçları dikkate alınarak yaklaşmak önem arz etmektedir. Buna ilaveten, YZ, parsiyel dişsiz çeneleri ve çene-yüz defektlerini sınıflandırma, marjinal bitim çizgisini açığa çıkarma ve implant simantasyonunda insan hatasını azaltma gibi pek çok açıdan olası bir araç olarak görülebilir. Ayrıca YZ, klinisyenlere tedavileri profesyonelce yapmalarında yardımcı olabilir.

Günümüzde gelişmiş sinir ağları mevcut dijital büyük verili dijital iş akışları da dahil olmak üzere gerekli tüm gereksinimleri karşılayabilmektedir. Fakat pek çok klinisyen diş hekimliğinde YZ kullanımına şüphe ile yaklaşmaktadır. Mevcut veriler ışığında YZ'nin insan bilgisinin, yeteneğinin veya tedavi planlamasının yerini alamayacağı düşünülmektedir. Veri toplama, yorumlama, bilgisayar gücü ve etik davranılması gibi zorluklar mevcut olmasına ve bunların üstesinden gelinmesi gerekmesine rağmen, YZ yaygın olarak diş hekimleri için mükemmel bir yardımcı olarak kabul edilmektedir. YZ, dikkatli tasarım ve uzun vadeli klinik doğrulama ile tarafsız, tekrarlanabilir, kullanıcı dostu ve şeffaf olabilir. Gelecekte YZ'nin gelişimi, büyük miktarda veriyi işleme yeteneğini geliştirirken insan çıkarlarına öncelik veremeye devam etmelidir. YZ çeşitli şekillerde yardımcı olduğu de diş hekimliği multidisipliner bir yaklaşım olduğu için nihai karar bir diş hekimisi tarafından verilmelidir.

**Etik Komite Onayı:** Bu çalışma için etik komite onayına ihtiyaç yoktur.

**Bilgilendirilmiş Onam:** Çalışmada bilgilendirilmiş onam alınmasına ihtiyaç yoktur.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Fikir- ZA; Tasarım-FE, ZA; Denetleme-

FE; Kaynaklar-FE, ZA; Veri Toplanması ve/veya işlenmesi-FE, ZA; Analiz ve/veya yorum-FE, ZA; Literatür taraması-ZA; Yazıyı yazan -FE, ZA; Eleştirel inceleme-FE.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Finansal Destek:** Bu araştırma herhangi bir finansman kuruluşundan/sektörden destek almamıştır.

**Ethics Committee Approval:** Ethics committee approval is not needed for this study.

**Informed Consent:** Written and/or verbal consent was not needed for the study.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept-ZA; Design-FE, ZA; Supervision-FE, AK; Resources-FE, ZA; Data Collection and/or Processing-FE, ZA; Analysis and/or Interpretation- FE, ZA; Literature Search- FE, ZA; Writing Manuscript- FE, ZA; Critical Review- FE.

**Declaration of Interests:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Funding:** This research did not receive support from any funding agency/industry.

## KAYNAKLAR

1. Boreak N. Effectiveness of artificial intelligence applications designed for endodontic diagnosis, decision-making, and prediction of prognosis: A systematic review. *J Contemp Dent Pract.* 2020;21(8):926-934. doi:10.5005/jp-journals-10024-2894/
2. Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, Vishwanathaiah S, Patil S, Baeshen HA, et al. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry - A systematic review. *J Dent Sci.* 2021;16(1):508-522. doi:10.1016/j.jds.2020.06.019
3. Chen RQ, Lee Y, Yan H, et al. Leveraging Pretrained Transformers for Efficient Segmentation and Lesion Detection in Cone-Beam Computed Tomography Scans. *J Endod.* 2024;50(10):1505-1514.e1. doi:10.1016/j.joen.2024.07.012
4. Orhan K, Bayrakdar I, Ezhov M, Kravtsov A, Özyürek T. Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathosis on cone-beam computed tomography scans. *Int Endod J.* 2020;53(5):680-689. doi:10.1111/iej.13265
5. Nicolielo LFP, Van Dessel J, Van Lenthe GH, Lambrichts I, Jacobs R. Computer-based automatic classification of trabecular bone pattern can assist radiographic bone quality assessment at dental implant site. *Brit J Radiol.* 2018;91(1092):20180437. doi:10.1259/bjr.20180437
6. Kim DW, Kim J, Kim T, et al. Prediction of hand-wrist maturation stages based on cervical vertebrae images using artificial intelligence. *Orthod Craniofac Res.* 2021;24(2):68-75. doi:10.1111/ocr.12514
7. Kise Y, Ikeda H, Fujii T, Fukuda M, Arijii 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. doi:10.1259/dmfr.20190019

8. Arijı Y, Sugita Y, Nagao T, et al. CT evaluation of extranodal extension of cervical lymph node metastases in patients with oral squamous cell carcinoma using deep learning classification. *Oral Radiol.* 2020;36(2):148-155. doi:10.1007/s11282-019-00391-4
9. Zhang W, Li J, Li ZB, Li Z. Predicting post operative facial swelling following impacted mandibular third molar extraction by using artificial neural network evaluation. *Sci Rep.* 2018;16;8(1):12281. doi:10.1038/s41598-018-29934-1
10. Altalhi AM, Alharbi FS, Alhodaithy MA, et al. The impact of artificial intelligence on dental implantology: A narrative review. *Cureus.* 2023;15(10):e47941. doi:10.7759/cureus.47941
11. Taborri J, Molinaro L, Russo L, Palmerini V, Larion A, Rossi S. Comparison of machine learning algorithms fed with mobility-related and baropodometric measurements to identify temporomandibular disorders. *Sensors (Basel).* 2024;24(11):3646. doi:10.3390/s24113646
12. Vinayahalingam S, Xi T, Bergé S, Maal T, de Jong G. Automated detection of third molars and mandibular nerve by deep learning. *Sci Rep.* 2019;9(1):9007. doi:10.1038/s41598-019-45487-3
13. Nordblom NF, Büttner M, Schwendicke F. Artificial intelligence in orthodontics: Critical review. *J Dent Res.* 2024;103(6):577-584. doi:10.1177/00220345241235606
14. Chung EJ, Yang BE, Park IY, Yi S, On SW, Kim YH, et al. Effectiveness of cone-beam computed tomography-generated cephalograms using artificial intelligence cephalometric analysis. *Sci Rep.* 2022;12(1):20585. doi:10.1038/s41598-022-25215-0
15. Umer F, Habib S. Critical analysis of artificial intelligence in endodontics: A scoping review. *J Endod.* 2022;48(2):152-160. doi:10.1016/j.joen.2021.11.007
16. Chen RQ, Lee Y, Yan H, et al. Leveraging Pretrained Transformers for Efficient Segmentation and Lesion Detection in Cone-Beam Computed Tomography Scans. *J Endod.* 2024;50(10):1505-1514.e1. doi:10.1016/j.joen.2024.07.012
17. Prados-Privado M, GarcíaVillalón J, Martínez-Martínez CH, Ivorra C, Prados-Frutos JC. Dental caries diagnosis and detection using neural networks: A systematic review. *J Clin Med.* 2020;9(11):3579. doi:10.3390/jcm9113579
18. Schwendicke F, Elhennawy K, Paris S, Friebertshäuser P, Krois J. Deep learning for caries lesion detection in near-infrared light transillumination images: A pilot study. *J Dent.* 2020;92:103260. doi:10.1016/j.jdent.2019.103260
19. Moutselos K, Berdouses E, Oulis C, Maglogiannis I. Recognizing Occlusal Caries in Dental Intraoral Images Using Deep Learning. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2019;2019:1617-1620. doi:10.1109/EMBC.2019.8856553
20. Farhadian M, Shokouhi P, Torkzaban P. A decision support system based on support vector machine for diagnosis of periodontal disease. *BMC Res Notes.* 2020;13(1):337. doi:10.1186/s13104-020-05180-5
21. Chen WP, Chang SH, Tang CY, Liou ML, Tsai SJ, Lin YL. Composition Analysis and Feature Selection of the Oral Microbiota Associated with Periodontal Disease. *Biomed Res Int.* 2018;2018:3130607. doi:10.1155/2018/3130607
22. Li W, Chen Y, Sun W, Brown M, Zhang X, Wang S, et al. Gingivitis identification method based on contrast-limited adaptive histogram equalization, gray-level co-occurrence matrix, and extreme learning machine. *Int. J. Imaging Syst. Technol.* 2019;29(1):77-82. doi:10.1002/ima.22298
23. 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):114123. doi:10.5051/jpis.2018.48.2.114
24. Yüce F, Taşöker M. Diş hekimliğinde yapay zeka uygulamaları. *7 tepe Klinik Dergisi.* 2023;19(2):141-149. doi:10.5505/yeditepe.2023.05668
25. Rokhshad R, Zhang P, Mohammad-Rahimi H, Shobeiri P, Schwendicke F. Current applications of artificial intelligence for pediatric dentistry: A systematic review and meta-analysis. *Pediatr Dent.* 2024;46(1):27-35
26. Shafi N, Bukhari F, Iqbal W, Almufatah KM, Asif M, Nawaz Z. Cleft prediction before birth using deep neural network. *Health Inform. J.* 2020;26(4):2568-2585. doi:10.1177/1460458220911789
27. Kuwada C, Arijı Y, Kise Y, Funakoshi T, Fukuda M, Kuwada T, et al. Detection and Classification of Unilateral Cleft Alveolus with and without Cleft Palate on Panoramic Radiographs Using a Deep Learning System. *Sci. Rep.* 2021;11(1):16044. doi:10.1038/s41598-021-95653-9
28. Zhang Y, Pei Y, Chen S, Guo Y, Ma G, Xu T, et al. Volumetric registration-based cleft volume estimation of alveolar cleft grafting procedures. *In Proceedings of the International Symposium on Biomedical Imaging.* 2020;7:99-103. doi:10.1109/ISBI45749.2020.9098407
29. Seo J, Yang IH, Choi JY, Lee JH, Baek SH. Three-Dimensional Facial Soft Tissue Changes After Orthognathic Surgery in Cleft Patients Using Artificial Intelligence-Assisted Landmark Autodigitization. *J Craniofac Surg.* 2021;32(8):2695-2700. doi:10.1097/SCS.00000000000007712
30. Takahashi T, Nozaki K, Gonda T, Ikebe K. A system for designing removable partial dentures using artificial intelligence. Part 1. Classification of partially edentulous arches using a convolutional neural network. *J Prosthodont Res.* 2021;65(1):115-118. doi:10.2186/jpr.JPOR\_2019\_354
31. Ateş G. Protetik diş tedavisinde kullanılan yapay zeka uygulamaları 1st Bilsel International Sumela Scientific Researches Congress 22-23 July 2023, Trabzon/Turkey. <https://bilselkongreleri.com/panel/uploads/pdf/S%C3%BCmela%20Revize.pdf>
32. Ceylan G, Emir F. Estetik ve protetik yapay zekâ uygulamalarında güncel ve gelecek vadeden yakla-

- şımlar. *Türkiye Klinikleri J DentalSci*. 2023;38-44.
33. KhanagarSB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, et al. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry–A systematic review. *J Dent Sci*. 2021;16(1):508-522. doi:10.1016/j.jds.2020.06.019
  34. Koçak Topbaş N. Diş hekimliği alanında uluslararası teori, araştırma ve derlemeler. 1. Basım, Serüven Yayınevi, c2023: 99-110. ISBN: 978-625-6760-23-3
  35. Zhang B, Dai N, Tian S, Yuan F, Yu Q. The extraction method of tooth preparation margin line based on Soctree CNN. *Int J Numer Method Biomed Eng*. 2019;35(10):e3241 doi:10.1002/cnm.3241
  36. Blatz MB, Chiche G, BahatO, Roblee R, Coachman C, Heymann HO. Evolution of a esthetic dentistry. *J Dent Res*. 2019;98(12):1294-1304. doi:10.1177/0022034519875450
  37. Coachman C, Paravina RD. Digitally enhanced esthetic dentistry-from treatment planning to quality control. *J Esthet Restor Dent*. 2016;28(1):3-4. doi:10.1111/jerd.12205
  38. Omar D, Duarte C. The application of parameters for comprehensive smile esthetics by digital smile design programs: *A review of literature*. *Saudi Dent J*. 2018;30(1):7-12. doi:10.1016/j.sdentj.2017.09.001
  39. Yüzbaşıoğlu E, Albayrak B, Özdemir G. Dijital gülüş tasarımı: öngörülebilir sonuçlar. *J Exp Clin Med*. 2021;38 (3s):123-128. doi:10.52142/omujecm.38.si.dent.8
  40. Chen YW, Stanley K, Att W. Artificial intelligence in dentistry: Current applications and future perspectives. *Quintessence Int*. 2020;51(3):248-257. doi:10.3290/j.qi.a44465
  41. Silva BP, Mahn E, Stanley K, Coachman C. The facial flow concept: An organic orofacial analysis-the vertical component. *J Prosthet Dent*. 2019;121(2):189-194. doi:10.1016/j.prosdent.2018.03.023
  42. Lerner H, Mouhyi J, Admakin O, Mangano F. Artificial intelligence in fixed implant prosthodontics: A retrospective study of 106 implant-supported monolithic zirconia crowns inserted in the posterior jaws of 90 patients. *BMC oral Health*. 2020;20(1):1-16. doi:10.1186/s12903-020-1062-4
  43. Jiao T, Zhang F, Huang X, Wang C. Design and fabrication of auricular prostheses by CAD/CAM system. *Int J Prosthodont*. 2004;17:460-463
  44. Agrawal P, Nikhade P. Artificial intelligence in dentistry: past, present, and future. *Cureus*. 2022;14(7):e27405. doi:10.7759/cureus.27405