

Ekim 2025



DİJİTAL PERİODONTOLOJİ

EDİTÖR **DR.ÖĞR.ÜYESİ TÜLİN ÇAKIR**

 **SERÜVEN**
YAYINEVİ

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Ekim 2025

ISBN • 978-625-5749-16-1

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

DİJİTAL PERİODONTOLOJİ

EKİM 2025

EDİTÖR

DR.ÖĞR.ÜYESİ TÜLİN ÇAKIR

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

DİJİTAL PERİODONTOLOJİ: TEMELLER VE TEKNOLOJİK GELİŞMELER

<i>Tülin ÇAKIR</i>	7
<i>Canan ASLAN İĞREK</i>	7

BÖLÜM 2

DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN PERİODONTAL TANI VE PLANLAMADA KULLANIMI

<i>Aslıhan SEÇGİN ATAR</i>	23
<i>Tülin ÇAKIR</i>	23
<i>Canan ASLAN İĞREK</i>	23

BÖLÜM 3

PERİODONTAL TEDAVİ VE CERRAHİDE DİJİTAL TEKNOLOJİLER

<i>Tülin ÇAKIR</i>	41
<i>Aslıhan SEÇGİN ATAR</i>	41
<i>Canan ASLAN İĞREK</i>	41

BÖLÜM 4

DİJİTAL PERİODONTOLOJİNİN GELİŞEN YÜZÜ: TELEDİŞHEKİMLİĞİ, MOBİL SAĞLIK UYGULAMALARI VE SANAL GERÇEK LİK ENTEGRASYONU

<i>İLAYDA İLDAY</i>	61
<i>Canan ASLAN İĞREK</i>	61

BÖLÜM 5

“DİJİTAL PERİODONTOLOJİNİN GELECEĞİ VE ARAŞTIRMA YÖNELİMLERİ”

<i>GİZEM MAHRAMLİ</i>	85
<i>İLAYDA İLDAY</i>	85



DİJİTAL PERİODONTOLOJİ: TEMELLER VE TEKNOLOJİK GELİŞMELER

“ ”

Tülin ÇAKIR¹

Canan ASLAN İĞREK²

¹ Dr Öğr. Üyesi Tülin ÇAKIR ORCID ID: 0000-0002-6349-0938

İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Periodontoloji ABD

² Uzm. Dt. CANAN ASLAN İĞREK ORCID ID: 0000-0003-0797-381X

Kırıkkale Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi

1.1. Dijital Periodontolojiye Giriş

Dijital Diş Hekimliğinin Tanımı ve Periodontolojideki Rolü

Dijital diş hekimliği, diş hekimliği uygulamalarında bilgi teknolojileri, dijital görüntüleme, bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM), yapay zeka (YZ) ve diğer yenilikçi teknolojilerin entegre edilerek teşhis, tedavi planlama, tedavi uygulama ve hasta takibi süreçlerini optimize eden bir yaklaşımdır. Periodontolojide dijital teknolojiler, periodontal dokuların (diş eti, periodontal ligament ve alveolar kemik) değerlendirilmesinde ve tedavisinde köklü bir dönüşüm sağlayarak, teşhis ve tedavi süreçlerini daha hassas, etkin ve hasta odaklı bir yaklaşımla yeniden şekillendirmiştir.

Geleneksel periodontoloji, manuel ölçümler ve analog görüntüleme tekniklerine dayanırken, dijital periodontoloji, üstün hassasiyet, hasta konforunun artırılması ve tedavi süreçlerinde yüksek verimlilik sunarak klinik uygulamaları kökten dönüştürmektedir. Örneğin, intraoral tarayıcılar aracılığıyla gerçekleştirilen dijital ölçü alımı, geleneksel alçı modellere kıyasla daha hızlı, hassas ve güvenilir sonuçlar sunmaktadır (Palantza et al., 2024). Bunun yanı sıra, hasta odaklı yaklaşımlar, tedavi süreçlerini bireyselleştirerek hasta memnuniyetini önemli ölçüde artırmakta ve klinik sonuçları optimize etmektedir (Çakmak & Uğuroğlu, 2024). Dijital iş akışları, periodontal teşhiste erken tanı imkanı sağlayarak periodontitis gibi kronik hastalıkların etkin yönetimini kolaylaştırmakta ve tedavi başarısını yükseltmektedir (Özdemir Kabalak & Güncü, 2025). Son yıllarda, YZ entegrasyonu ile periodontal hastalıkların prognostik değerlendirmesi daha da gelişmiştir; örneğin, derin öğrenme modelleri, panoramik radyografilerden periodontal kemik kaybını %90'ın üzerinde doğrulukla tespit edebilmekte ve erken evre teşhisini desteklemektedir (Jundaeng et al., 2025; Xue et al., 2024).

Geleneksel Yöntemlerden Dijital Yaklaşımlara Geçişin Tarihçesi

Dijital periodontolojinin temelleri, 1990'larda bilgisayarlı tomografi (BT) ve erken dönem dijital görüntüleme sistemlerinin diş hekimliğinde kullanılmaya başlamasıyla atılmıştır (Wismeijer et al., 2021). 2000'li yıllarda konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) teknolojisinin yaygınlaşması, periodontal kemik analizinde çığır açmıştır. CBCT, geleneksel iki boyutlu radyografilere kıyasla üç boyutlu görüntüleme sunarak kemik defektlerinin daha doğru değerlendirilmesini sağlamıştır (Güngör Hatipoğlu & Akçiçek, 2019). Aynı dönemde, intraoral tarayıcılar geleneksel alçı modellerin yerini almaya başlamış, bu da tedavi planlamasında dijital iş akışlarının standartlaşmasına yol açmıştır. Yapay zeka (YZ) tabanlı teşhis sistemlerinin 2010'lu yıllarda periodontolojiye entegrasyonu ise risk tahmini ve hastalık sınıflandırmasında yeni bir dönemi başlatmıştır. Örneğin, 2018 Dünya Periodontal Sınıflandırma Sistemi'nde YZ destekli teşhis araçlarının kullanımı, periodontal hastalıkların daha objektif ve standardize bir şekilde sınıflandırılmasını sağlayarak klinik

karar alma süreçlerini güçlendirmiştir (Caton et al., 2018; Schwendicke et al., 2020).

2024-2025 yıllarında, YZ'nin periodontal teşhisteki rolü daha da belirginleşmiştir; örneğin, konvolüsyonel sinir ağları (CNN) tabanlı modeller, CBCT görüntülerinden periodontal kemik defektlerini otomatik olarak segmentleyerek teşhis doğruluğunu %85-95 aralığına çıkarmıştır (Kurt-Bayrakdar et al., 2025; Farina et al., 2025). Bu gelişmeler, geleneksel yöntemlerin sınırlamalarını aşarak, periodontal hastalıkların moleküler ve klinik profillerini entegre eden kişiselleştirilmiş teşhis yaklaşımlarını mümkün kılmaktadır.

Dijital Teknolojilerin Avantajları

Dijital teknolojiler, periodontolojide doğruluk, hız ve hasta konforu gibi önemli avantajlar sunar. CBCT, periodontal kemik kaybını milimetrik hassasiyetle analiz eder ve implant planlamasında kritik bir rol oynar (Güngör Hatipoğlu & Akçiçek, 2019). Intraoral tarayıcılar, yumuşak doku ölçülerini hızlı ve non-invaziv bir şekilde alarak hasta deneyimini iyileştirir (Palantza et al., 2024). Lazer teknolojileri, minimal invaziv cerrahi işlemlerle iyileşme sürelerini kısaltır (Aoki et al., 2004). Örneğin, periodontitis teşhisinde dijital görüntüleme, geleneksel klinik ölçümlere kıyasla daha erken ve doğru tanı imkânı sağlar (Özdemir Kabalak & Güncü, 2025).

Dijital teknolojiler, hasta verilerinin dijital ortamda arşivlenmesini kolaylaştırarak uzun vadeli takip süreçlerini de optimize eder (Schwendicke et al., 2020). 2024'te yayınlanan bir derlemede, YZ destekli CBCT analizinin periodontal defektlerin hacimsel ölçümünde %92 doğruluk sağladığı ve rejeneratif tedavilerin planlamasını iyileştirdiği belirtilmiştir (Almarghlani et al., 2025). Ayrıca, YZ'nin periodontal prognostik modellerde kullanımı, hastalık ilerlemesini %80 oranında öngörebilmekte ve bireyselleştirilmiş tedavi planlarını desteklemektedir (Pitchika et al., 2024).

Türkiye Perspektifi

Türkiye'de dijital diş hekimliği, özellikle büyük şehirlerdeki özel klinikler ve üniversite hastanelerinde hızla benimsenmekte ve periodontolojik uygulamalarda yenilikçi yaklaşımların önünü açmaktadır. Ancak, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve intraoral tarayıcılar gibi ileri teknolojilerin yüksek edinim ve bakım maliyetleri, özellikle kırsal bölgelerdeki sağlık kuruluşlarında erişimi kısıtlamaktadır (Duggal et al., 2024). Bunun yanı sıra, klinisyenlerin dijital teknolojilere adaptasyonunu sağlayacak kapsamlı ve yapılandırılmış eğitim programlarının eksikliği, dijital periodontolojinin ülke genelinde yaygınlaşmasını yavaşlatan önemli bir engel olarak öne çıkmaktadır (Wismeijer et al., 2021). Türkiye'de Sağlık Bakanlığı'nın dijital sağlık teknolojilerine yönelik yatırımları, bu alandaki gelişimi desteklese de, periodontolojiye özgü eğitim programlarının ve altyapı yatırımlarının yetersizliği

devam eden bir sorun olarak göze çarpmaktadır. Örneğin, İstanbul ve Ankara'daki bazı üniversite hastanelerinde CBCT cihazları yaygın olarak kullanılırken, Anadolu'daki kliniklerde bu teknolojiye erişim oldukça sınırlıdır (Güngör Hatipoğlu & Akçiçek, 2019).

2023-2025 arasında yapılan ulusal anketler, dijital diş hekimliği benimsenme oranının %60'a ulaştığını, ancak eğitim eksikliği ve maliyetlerin (%40'ı aşan cihaz fiyatları) kırsal bölgelerde %20'nin altında kaldığını göstermektedir (Köse et al., 2025). Bu durum, dijital periodontolojinin bölgesel eşitsizlikler nedeniyle homojen bir şekilde yaygınlaşmasını zorlaştırmaktadır. Gelecekte, Sağlık Bakanlığı'nın Stratejik Planı kapsamında YZ entegrasyonlu eğitim programları, bu eşitsizlikleri azaltabilir.

1.2. Periodontolojide Temel Dijital Teknolojiler

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (CBCT)

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT), periodontolojide kemik analizi, periodontal defektlerin değerlendirilmesi ve dental implant planlaması gibi alanlarda altın standart olarak kabul edilen bir dijital görüntüleme teknolojisidir. Üç boyutlu (3D) görüntüleme yetkinliği sayesinde CBCT, periodontal kemik kaybının hacimsel ve morfolojik analizini yüksek hassasiyetle gerçekleştirerek, geleneksel iki boyutlu (2D) radyografilere kıyasla üstün bir teşhis doğruluğu sunar (Güngör Hatipoğlu & Akçiçek, 2019). Özellikle agresif periodontitis gibi kompleks periodontal hastalıklarda, CBCT kemik defektlerinin morfolojisini detaylı bir şekilde ortaya koyarak cerrahi müdahalelerin planlanmasını kolaylaştırır ve tedavi sonuçlarının öngörülebilirliğini artırır (Tyndall & Rathore, 2008).

Dental implant uygulamalarında ise CBCT, kemik kalitesinin ve yoğunluğunun değerlendirilmesi, sinüs anatomisinin incelenmesi ve implant pozisyonunun hassas bir şekilde planlanması için vazgeçilmez bir araçtır (Rios, et al. 2017). Bununla birlikte, CBCT kullanımının bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Radyasyon dozu, özellikle düşük doz protokolleri kullanılmadığında, geleneksel radyografilere göre daha yüksek olabilir ve bu durum, hasta güvenliği açısından dikkatli bir risk-değer analizi gerektirir (Ludlow et al., 2015). Ayrıca, CBCT cihazlarının yüksek edinim ve bakım maliyetleri, özellikle kaynakların sınırlı olduğu kliniklerde veya kırsal bölgelerde yaygın kullanımını kısıtlamaktadır (Wismeijer et al., 2021). 2024-2025 çalışmalarında, YZ entegrasyonu ile CBCT'nin periodontal kemik defektlerini otomatik segmentlemede %90 doğruluk sağladığı ve rejeneratif tedavilerin izlenmesinde kullanıldığı vurgulanmıştır (Kurt-Bayrakdar et al., 2025; Jacobs, 2024). Bu bağlamda, CBCT'nin periodontolojik uygulamalarda etkin bir şekilde kullanılabilmesi için hem klinisyenlerin eğitimi hem de altyapı yatırımları kritik öneme sahiptir.

Intraoral Tarayıcılar

Intraoral tarayıcılar, periodontal teşhis ve tedavi planlamasında dijital ölçü alma ve yumuşak doku analizi için vazgeçilmez bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Bu cihazlar, diş eti çekilmesi gibi periodontal durumların hassas ölçümünü yüksek doğrulukla gerçekleştirerek, geleneksel silikon bazlı ölçü materyallerine kıyasla hem klinik verimliliği hem de hasta konforunu önemli ölçüde artırmaktadır (Palantza et al., 2024).

Intraoral tarayıcılar, üç boyutlu (3D) dijital modeller oluşturarak diş eti konturlarının ve periodontal dokuların detaylı analizini mümkün kılar; bu, özellikle kronik periodontitis gibi durumlarda yumuşak doku değişikliklerinin uzun vadeli takibinde kritik bir avantaj sağlar (Mangano et al., 2017). Geleneksel ölçü yöntemlerine göre daha hızlı bir iş akışı sunan bu teknoloji, ölçü alma süresini kısaltmakta ve hasta deneyimini iyileştirmektedir. Ayrıca, intraoral tarayıcılarla elde edilen dijital veriler, bulut tabanlı sistemlerde güvenli bir şekilde arşivlenerek tedavi süreçlerinin uzun vadeli izlenmesini ve hasta verilerinin etkin yönetimini kolaylaştırmaktadır (Schwendicke et al., 2020). Örneğin, kronik periodontitis hastalarında diş eti konturlarının düzenli izlenmesi, intraoral tarayıcıların sağladığı yüksek çözünürlüklü dijital modeller sayesinde daha hassas ve tekrarlanabilir bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir (Özdemir Kabalak & Güncü, 2025).

2025'te yayınlanan bir çalışmada, intraoral tarayıcıların YZ ile entegre edildiğinde periodontal yumuşak doku inflamasyonunu %88 doğrulukla tespit ettiği belirtilmiştir (Aykol-Sahin et al., 2025). Bununla birlikte, intraoral tarayıcıların yüksek maliyetleri ve klinisyenlerin bu teknolojiye adaptasyonu için gerekli eğitim gereksinimleri, özellikle kaynakların sınırlı olduğu bölgelerde kullanımını kısıtlayabilen faktörlerdir (Wismeijer et al., 2021).

Yapay Zeka (YZ)

Periodontolojide yapay zeka (YZ), teşhis destek sistemleri, risk tahmini ve görüntü analizi gibi alanlarda devrim yaratmakta olup, klinik karar alma süreçlerini kökten değiştirmektedir. Özellikle, 2018 Dünya Periodontal Sınıflandırma Sistemi'ne uygun olarak geliştirilen YZ algoritmaları, periodontitis evre ve derecelerine göre otomatik olarak sınıflandırarak teşhis süreçlerini standardize etmekte ve klinisyenlerin doğruluğunu artırmaktadır (Caton et al., 2018).

Derin öğrenme modelleri, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) görüntülerinden periodontal kemik kaybını yüksek hassasiyetle analiz ederek erken teşhis imkânı sunmakta ve tedavi planlamasını optimize etmektedir (Lee et al., 2018). Ayrıca, YZ sistemleri, hasta verilerini (örneğin, sigara kullanımı, diyabet gibi risk faktörleri) analiz ederek bireyselleştirilmiş tedavi planları önerir ve periodontal hastalıkların ilerlemesini öngörmede klinisyenlere

rehberlik eder (Schwendicke et al., 2020). 2024-2025 literatüründe, YZ'nin periodontal prognostik modellerde %85-95 doğrulukla hastalık ilerlemesini öngördüğü ve kişiselleştirilmiş teşhislerde kullanıldığı vurgulanmıştır (Pitchika et al., 2024; Jundaeng et al., 2025). Bununla birlikte, YZ tabanlı sistemlerin doğruluğu, kullanılan veri setlerinin kalitesine, çeşitliliğine ve temsil gücüne bağlıdır. Yetersiz veya önyargılı veri setleri, teşhis ve tedavi önerilerinde hatalara yol açabilir; bu nedenle, YZ modellerinin geliştirilmesinde kapsamlı ve çok merkezli veri tabanlarının kullanımı kritik önem taşımaktadır (Özdemir Kabalak & Güncü, 2025).

3D Baskı Teknolojileri

Üç boyutlu (3D) baskı teknolojileri, periodontal cerrahide hasta odaklı ve hassas çözümler sunarak klinik uygulamalarda devrim yaratmaktadır. 3D yazıcılarla üretilen cerrahi kılavuzlar, kemik grefti şablonları ve periodontal rejenerasyon için biyouyumlu materyaller, cerrahi işlemlerin doğruluğunu artırarak operasyon sürelerini kısaltmakta ve tedavi sonuçlarını iyileştirmektedir (Dawood et al., 2015). Örneğin, ileri periodontal defektlerde kemik greftlemesi için 3D baskılı hasta spesifik şablonlar, cerrahi planlamanın hassasiyetini artırarak doku rejenerasyonunu desteklemekte ve post-operatif komplikasyon riskini azaltmaktadır (Mangano et al., 2016). Ayrıca, 3D baskı teknolojisi ile üretilen hasta spesifik modeller, tedavi süreçlerini görselleştirerek hasta eğitimini ve tedavi uyumunu önemli ölçüde iyileştirmektedir (Wismeijer et al., 2021).

2024-2025 incelemelerinde, 3D baskının periodontal rejenerasyonda biyouyumlu scaffold'larla %70-80 başarı sağladığı ve YZ entegrasyonu ile kişiselleştirildiği belirtilmiştir (Zhao et al., 2024; Pradies et al., 2024). Ancak, 3D baskı teknolojilerinin yüksek başlangıç maliyetleri ve bu teknolojinin etkin kullanımı için gerekli uzmanlık, özellikle kaynakların sınırlı olduğu kliniklerde yaygınlaşmasını kısıtlayabilmektedir. Bu nedenle, 3D baskı teknolojilerinin periodontolojide daha geniş çapta benimsenmesi için altyapı yatırımları ve klinisyen eğitimi kritik öneme sahiptir.

Lazer Teknolojileri

Lazer teknolojileri, periodontolojide minimal invaziv bir yaklaşım sunarak yumuşak doku cerrahisinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Diş eti şekillendirme, periodontal cep temizliği ve bakteriyel dekontaminasyon gibi işlemlerde lazerler, geleneksel cerrahi yöntemlere kıyasla kanama, ağrı ve post-operatif komplikasyonları önemli ölçüde azaltmaktadır (Aoki et al., 2004). Özellikle, Nd:YAG ve diyot lazerler gibi sistemler, periodontal tedavilerde yüksek enerji yoğunluğu ile doku ablasyonu ve dezenfeksiyon sağlayarak iyileşme sürelerini kısaltmakta ve hasta konforunu artırmaktadır (Aoki et al., 2015). Örneğin, Nd:YAG lazerle gerçekleştirilen periodontal cep tedavileri, geleneksel küretaj yöntemlerine kıyasla daha hızlı doku rejenerasyonu ve

azaltılmış inflamasyon ile sonuçlanmaktadır (Miron et al., 2016). 2024-2025 klinik denemelerinde, lazer destekli tedavilerin periodontal iyileşmeyi %25-30 hızlandırdığı ve YZ ile entegre edildiğinde daha hassas uygulandığı gösterilmiştir (Kaya Dadas et al., 2025; Diwan et al., 2024). Ancak, lazer cihazlarının yüksek edinim ve bakım maliyetleri ile bu teknolojinin etkin kullanımı için gerekli uzmanlık eğitimi, yaygınlaşmasını sınırlandıran başlıca engellerdir. Ayrıca, lazer uygulamalarının uzun vadeli etkinlik ve güvenilirliğine ilişkin daha fazla klinik araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Wismeijer et al., 2021).

Türkiye Perspektifi

Türkiye’de dijital diş hekimliği teknolojileri, özellikle büyük şehirlerdeki özel klinikler ve üniversite hastanelerinde hızla benimsenmektedir. Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) cihazları, İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük merkezlerdeki sağlık kuruluşlarında yaygın olarak kullanılmakta ve periodontal teşhis ile tedavi planlamasında önemli bir rol oynamaktadır (Güngör Hatipoğlu & Akçiçek, 2019). Buna karşın, intraoral tarayıcılar ve 3D baskı teknolojileri, yüksek maliyetleri nedeniyle yalnızca sınırlı sayıda klinikte erişilebilir durumdadır. Yapay zeka (YZ) tabanlı teşhis sistemleri ise Türkiye’de periodontal uygulamalarda henüz gelişim aşamasında olup, klinik pratikte nadiren kullanılmaktadır (Özdemir Kabalak & Güncü, 2025).

Klinisyenlerin bu yenilikçi teknolojilere adaptasyonu, yapılandırılmış eğitim programlarının eksikliği nedeniyle yavaş ilerlemektedir (Duggal et al., 2024). Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı’nın dijital sağlık teknolojilerine yönelik yatırımları, bu alanda ilerlemeyi desteklese de, periodontolojiye özgü uygulamaların yaygınlaşması için daha fazla altyapı yatırımı ve uzmanlaşmış eğitim programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle, Anadolu’daki kliniklerde bu teknolojilere erişimin sınırlı olması, dijital periodontolojinin ülke genelinde homojen bir şekilde benimsenmesini zorlaştırmaktadır. 2023-2025 raporlarına göre, dijital benimseme oranı %50-60 arasında olup, eğitim ve maliyet engelleri en büyük zorluklardır (Soheili et al., 2024).

1.3. Küresel ve Türkiye Bağlamında Dijital Periodontoloji

Uluslararası Literatürde Dijital Periodontoloji

Uluslararası literatür, dijital periodontolojinin son on yılda önemli bir yükseliş gösterdiğini ortaya koymaktadır; özellikle Scopus ve PubMed gibi bilimsel veri tabanlarında bu alandaki yayın sayısında belirgin bir artış gözlenmektedir (Wismeijer et al., 2021). Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT), yapay zeka (YZ) tabanlı teşhis sistemleri ve üç boyutlu (3D) baskı teknolojileri, periodontal teşhis ve tedavi süreçlerinde standartlaşarak klinik uygulamalarda dönüştürücü bir etki yaratmaktadır. Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri’nde dijital iş akışları, periodontitisin erken teşhisi ve dental implant planlamasında rutin olarak kullanılmakta, bu da tedavi süreçlerinin

doğruluğunu ve etkinliğini artırmaktadır (Rios, et al. 2017). Özellikle, YZ tabanlı teşhis sistemleri, 2018 Dünya Periodontal Sınıflandırma Sistemi'nin uygulanmasında önemli bir rol oynayarak periodontitisi evre ve derecelerine göre otomatik olarak sınıflandırmakta ve klinisyenlerin karar alma süreçlerini desteklemektedir (Caton et al., 2018; Schwendicke et al., 2020). 3D baskı teknolojileri ise periodontal cerrahide hasta spesifik cerrahi kılavuzların ve kemik grefti şablonlarının üretiminde giderek yaygınlaşmakta, cerrahi hassasiyeti artırarak tedavi sonuçlarını iyileştirmektedir (Dawood et al., 2015). Uluslararası literatür, bu teknolojilerin hasta odaklı yaklaşımları güçlendirerek tedavi süreçlerini optimize ettiğini ve klinik sonuçları iyileştirdiğini göstermektedir. Örneğin, CBCT ve YZ entegrasyonu, periodontal kemik kaybının erken teşhisinde yüksek doğruluk sağlarken, 3D baskı teknolojileri cerrahi müdahalelerin öngörülebilirliğini artırmaktadır (Mangano et al., 2016). 2024-2025 derlemelerinde, YZ'nin periodontal teşhisteki rolü %90 doğrulukla vurgulanmış ve küresel yayınlarda artış kaydedilmiştir (Farina et al., 2025; Jundaeng et al., 2025). Bununla birlikte, bu teknolojilerin yaygınlaşması, yüksek maliyetler ve klinisyenlerin eğitim gereksinimleri gibi faktörlere bağlı olarak bölgesel farklılıklar göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde dijital teknolojilerin entegrasyonu daha ileri düzeydeyken, kaynakların sınırlı olduğu bölgelerde bu teknolojilere erişim hala kısıtlıdır (Papapanou et al., 2018). Herrera et al. (2025)'in konsensüs raporunda, CBCT ve YZ'nin periodontal izlemde standartlaşması önerilmiştir.

Türkiye'de Dijital Periodontoloji

Türkiye'de dijital periodontoloji, uluslararası literatürle karşılaştırıldığında daha yeni bir alan olarak değerlendirilse de, özellikle büyük şehirlerdeki üniversite hastaneleri ve özel kliniklerde hızla benimsenmektedir. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) cihazları, İstanbul, Ankara ve İzmir gibi metropollerde periodontal teşhis ve tedavi süreçlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. CBCT, periodontal kemik kaybının üç boyutlu değerlendirilmesi ve dental implant planlamasında yüksek doğruluk sağlayarak klinik uygulamalarda önemli bir yer edinmiştir (Köse et al.,2025). Ancak, kırsal bölgelerdeki kliniklerde bu teknolojilere erişim sınırlıdır ve sağlık altyapısındaki bölgesel eşitsizlikler, dijital periodontolojinin ülke genelinde homojen bir şekilde yaygınlaşmasını zorlaştırmaktadır (Köse et al.,2025). Intraoral tarayıcılar ve üç boyutlu (3D) baskı teknolojileri, Türkiye'de periodontoloji alanında henüz başlangıç aşamasındadır. Bu teknolojiler, hasta spesifik cerrahi kılavuzların ve kemik grefti şablonlarının üretiminde önemli bir potansiyel sunarken, yüksek başlangıç ve bakım maliyetleri nedeniyle yaygınlaşmaları sınırlıdır (Köse et al.,2025). İstanbul ve Ankara'daki bazı özel klinikler, 3D baskı teknolojilerini kullanarak periodontal cerrahide yenilikçi yaklaşımlar geliştirmekte, ancak bu uygulamalar genellikle yüksek gelir grubuna hitap eden kliniklerle sınırlıdır (Köse et al.,2025). Yapay zeka (YZ) tabanlı teşhis

sistemleri, Türkiye’de periodontoloji alanında pilot projelerle sınırlıdır. Akademik merkezlerde, özellikle Hacettepe Üniversitesi ve İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakülteleri’nde, YZ tabanlı görüntüleme sistemlerinin periodontal hastalıkların sınıflandırılmasında ve tedavi planlamasında kullanımı üzerine araştırmalar yürütülmektedir. Ancak, YZ entegrasyonunun klinik uygulamalarda yaygınlaşması, veri tabanlarının geliştirilmesi, algoritmaların yerel popülasyona uyarlanması ve klinisyenlerin bu sistemleri etkin bir şekilde kullanabilmeleri için kapsamlı eğitim gerektirmektedir (Köse et al.,2025). 2024-2025’te, Türkiye’nin dijital diş hekimliği benimsemesinde eğitim eksikliği %30 oranında engel oluştururken, YZ pilot projeleri umut vericidir (Soheili et al., 2024).

1.4. Zorluklar ve Fırsatlar

Zorluklar

Dijital periodontolojinin Türkiye’de yaygınlaşmasında temel zorluklar, yüksek maliyetler, klinisyenlerin eğitim eksiklikleri, veri güvenliği ve altyapı sınırlamalarıdır. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve üç boyutlu (3D) baskı cihazlarının yüksek satın alma ve bakım maliyetleri, özellikle küçük ölçekli kliniklerin bu teknolojileri benimsemesini önemli ölçüde zorlaştırmaktadır (Schwendicke, 2020). Bu cihazların maliyetleri, yalnızca ekipman alımıyla sınırlı kalmayıp, düzenli bakım, kalibrasyon ve yazılım güncellemeleri gibi ek masrafları da gerektirmektedir, bu da özellikle kırsal bölgelerdeki kliniklerin bu teknolojilere yatırım yapmasını engellemektedir (Köse et al.,2025).

Intraoral tarayıcılar ve yapay zeka (YZ) tabanlı teşhis sistemleri gibi diğer dijital teknolojiler de yüksek maliyetler nedeniyle yaygınlaşamamakta, bu durum sınırlı finansal kaynaklara sahip kliniklerde dijital iş akışlarının entegrasyonunu kısıtlamaktadır (Schwendicke, 2020). Türkiye’deki sağlık altyapısındaki bölgesel eşitsizlikler, özellikle kırsal bölgelerde teknolojik cihazların erişilebilirliğini daha da zorlaştırmaktadır (Papapanou et al., 2018).

Klinisyenlerin dijital teknolojilere adaptasyonu için kapsamlı eğitim programlarına ihtiyaç duyulmaktadır, ancak Türkiye’deki diş hekimliği müfredatlarında bu teknolojilere yönelik eğitim henüz yeterince yaygın değildir (Schwendicke, 2020). CBCT, 3D baskı ve YZ tabanlı sistemlerin etkin kullanımı, yalnızca teknik bilgi değil, aynı zamanda bu teknolojilerin periodontal teşhis ve tedavi süreçlerine entegrasyonuna yönelik klinik deneyim gerektirmektedir (Schwendicke et al., 2020). Ancak, mevcut eğitim programlarının sınırlı kapsamı ve periodontolojiye özgü dijital teknoloji eğitimlerinin eksikliği, klinisyenlerin bu sistemleri tam anlamıyla benimsemesini zorlaştırmaktadır (Köse et al., 2025). Özellikle kırsal bölgelerde çalışan diş hekimlerinin bu tür eğitimlere erişimi daha da sınırlıdır, bu da dijital periodontolojinin ülke genelinde homojen bir şekilde uygulanmasını engellemektedir (Köse

et al., 2025). Hasta verilerinin dijital ortamda saklanması ve işlenmesi, veri güvenliği ve etik sorunları da beraberinde getirmektedir. CBCT görüntüleri, intraoral tarayıcı verileri ve YZ tabanlı teşhis sistemlerinden elde edilen hasta bilgileri, hassas kişisel veriler içermekte ve siber saldırılara karşı korunması için güçlü bir dijital altyapı gerektirmektedir (Gross et al., 2019). Türkiye’de veri güvenliği, 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) kapsamında düzenlenmektedir; ancak, sağlık sektöründe bu düzenlemelerin uygulanması, özellikle kırsal bölgelerdeki sınırlı internet bağlantısı ve teknolojik altyapı eksiklikleri nedeniyle zorluklarla karşılaşmaktadır (Gross et al., 2019). Örneğin, kırsal bölgelerde düşük bant genişliği ve yetersiz bilişim altyapısı, bulut tabanlı veri depolama sistemlerinin güvenilir bir şekilde kullanılmasını engellemektedir (Köse et al., 2025). Ayrıca, hasta verilerinin gizliliği ve etik kullanımı, Avrupa Birliği Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) gibi uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilmesi gereken yasal düzenlemeleri gerektirmektedir, bu da kliniklerin ek yükümlülüklerle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır (Gross et al., 2019). Bu tür veri güvenliği ve etik sorunlar, dijital periodontolojinin Türkiye’de yaygınlaşmasını yavaşlatmakta ve özellikle küçük ölçekli kliniklerde uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır (Schwendicke et al., 2020).

2024-2025’te, YZ veri önyargıları ve radyasyon riskleri ek zorluklar olarak öne çıkmıştır (Herrera et al., 2025).

Fırsatlar

Türkiye’de dijital periodontolojinin yaygınlaşması için önemli fırsatlar bulunmaktadır. Uluslararası iş birlikleri ve çevrimiçi eğitim platformları, klinisyenlerin dijital teknolojilere adaptasyonunu hızlandırma potansiyeline sahiptir. Örneğin, Türk Periodontoloji Derneği ve Türkiye Dış Hekimleri Birliği tarafından düzenlenen dijital diş hekimliği kursları, periodontoloji alanında farkındalığı artırmakta ve klinisyenlerin CBCT, intraoral tarayıcılar ve YZ tabanlı sistemler gibi teknolojilere yönelik bilgi ve becerilerini geliştirmektedir (Köse et al., 2025). Hacettepe Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi’nin düzenlediği uluslararası diş hekimliği kongreleri, dijital teknolojilerin periodontal uygulamalardaki rolüne dair farkındalığı artırmakta ve genç klinisyenlerin bu alandaki yetkinliklerini geliştirmektedir. Ayrıca, Avrupa Periodontoloji Federasyonu (EFP) ve Amerikan Periodontoloji Akademisi (AAP) ile yapılan iş birlikleri, Türk periodontologların küresel gelişmeleri takip etmesini ve yerel uygulamalara uyarlamasını kolaylaştırmaktadır (Papapanou et al., 2018). Türkiye’deki diş hekimliği fakültelerinde dijital teknoloji müfredatının genişletilmesi, yeni nesil klinisyenlerin bu teknolojilere adaptasyonunu önemli ölçüde kolaylaştırabilir. Örneğin, Ankara Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim Dalı, periodontal hastalıkların teşhis ve tedavisinde dijital teknolojilerin kullanımına yönelik teorik ve klinik eğitimler sunmaktadır. Benzer şekilde, İstanbul Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi’nde 3D

baskı teknolojileri üzerine periodontal cerrahi seminerleri düzenlenerek, hasta spesifik modellerin kullanımı vurgulanmaktadır. Ancak, bu programların ülke geneline yayılması ve kırsal bölgelerdeki diş hekimlerine ulaşması için daha fazla çaba gerekmektedir (Köse et al., 2025). Eğitim müfredatına dijital periodontolojiye özgü derslerin eklenmesi, CBCT ve YZ tabanlı sistemlerin kullanımına yönelik uygulamalı eğitimlerin artırılması ve çevrimiçi eğitim platformlarının kullanımı, yeni nesil periodontologların yetkinliklerini artırabilir (Schwendicke, 2020). Örneğin, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nin dijital diş hekimliği ve yapay zeka üzerine düzenlediği seminerler, klinisyenlerin bu teknolojilere adaptasyonunu desteklemektedir.

Sağlık Bakanlığı'nın dijital sağlık teknolojilerine yönelik teşvik programları, özellikle CBCT cihazlarının kırsal bölgelerde yaygınlaşmasını sağlayabilir. Sağlık Bakanlığı'nın 2024-2028 Stratejik Planı, dijital sağlık teknolojilerinin sağlık hizmetlerine entegrasyonunu teşvik etmeyi hedeflemekte ve dental teknolojilere yönelik altyapı yatırımlarını artırmayı planlamaktadır (Köse et al., 2025). Örneğin, devlet destekli projeler, yerel üretim CBCT cihazları veya açık kaynaklı YZ yazılımları gibi maliyet etkin çözümler geliştirerek küçük ölçekli kliniklerin bu teknolojilere erişimini kolaylaştırabilir (Schwendicke et al., 2020). Ayrıca, Sağlık Bakanlığı'nın dijital hastane uygulamalarına yönelik pilot projeleri, periodontal teşhis ve tedavi süreçlerinde dijital teknolojilerin kullanımını teşvik etmektedir. Örneğin, Namık Kemal Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yürütülen dijital hastane projeleri, hasta kayıtlarına erişilebilirliği artırarak ve yanlış ilaç kullanımını önleyerek hasta güvenliğini iyileştirmiştir.

Türkiye'nin genç ve dinamik diş hekimliği topluluğu, dijital teknolojilere olan ilgiyi artırmakta ve bu alanda yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Örneğin, Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim Dalı'nda yürütülen YZ tabanlı teşhis sistemlerine yönelik pilot projeler, periodontal hastalıkların sınıflandırılmasında bu teknolojilerin yerel popülasyona uyarlanabilirliğini araştırmaktadır (Köse et al., 2025). Benzer şekilde, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde 3D baskı teknolojilerinin periodontal cerrahide kullanımı üzerine yapılan çalışmalar, hasta spesifik cerrahi kılavuzların geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu tür pilot projeler, dijital periodontolojinin klinik uygulamalarda yaygınlaşmasını teşvik etmektedir. 2025'te, YZ ve CBCT entegrasyonu fırsatları, Türkiye'nin periodontal bakımını küresel standartlara yaklaştırabilir (Farina et al., 2025). Sonuç olarak, dijital periodontolojinin Türkiye'de yaygınlaşması, yüksek maliyetler, eğitim eksiklikleri, veri güvenliği ve altyapı sınırlamaları gibi zorluklarla karşı karşıya olsa da, uluslararası iş birlikleri, devlet destekli projeler ve eğitim programlarının genişletilmesi gibi fırsatlar bu süreci hızlandırabilir.

Sağlık Bakanlığı'nın stratejik yatırımları, niversite hastanelerindeki pilot projeler ve diş hekimliği eğitimine dijital teknolojilerin entegrasyonu, dijital periodontolojinin ülke genelinde daha erişilebilir hale gelmesini sağlayabilir. Eğitim programlarının güçlendirilmesi, maliyet etkin czmlerin geliştirilmesi ve bölgesel eşişsizliklerin giderilmesiyle, Türkiye'de dijital periodontolojinin küresel standartlara yaklaşması mümkün olacaktır (Köse et al., 2025; Gross et al., 2019).

Gelecekte, Sağlık Bakanlığı'nın Stratejik Planı kapsamında YZ entegrasyonlu eğitim programları, bu eşişsizlikleri azaltabilir. Ulusal düzeyde dijital sağlık politikaları geliştirilerek cihaz erişimi artırılmalıdır; klinisyenler için düzenli eğitim programları düzenlenmelidir; hasta verilerinin korunması için siber güvenlik altyapısı güçlendirilmelidir; YZ ve CBCT entegrasyonu için pilot projeler genişletilmelidir.

Dijital teknolojilerin temelleri, periodontal teşhiste nasıl uygulanır? Bir sonraki bölümde, CBCT ve intraoral tarayıcılar gibi araçların periodontal tanı ve planlamadaki rolünü inceleyerek, bu teknolojilerin klinik pratiğe nasıl entegre edildiğini ele alacağız.

KAYNAKÇA

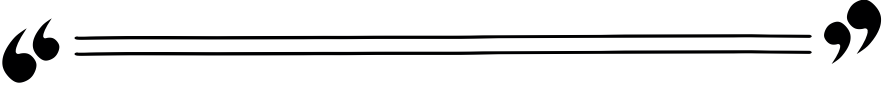
- Almarghlani, A., et al. (2025). Assessment of pulpal changes in periodontitis patients using CBCT: A volumetric analysis. *Frontiers in Dental Medicine*, 6, 1549281. DOI: 10.3389/fdmed.2025.1549281
- Aoki, A., et al. (2004). Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontology* 2000, 36(1), 59–97. DOI: [10.1111/j.1600-0757.2004.03679.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2004.03679.x)
- Aoki, et al. (2015). Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontology* 2000, 68(1), 217–269. DOI:10.1111/prd.12080
- Aykol-Sahin, G., et al. (2025). Efficiency of oral keratinized gingiva detection and measurement based on convolutional neural network. *Journal of Periodontology*, 96(2), 234–245. DOI: 10.1002/JPER.24-0151
- Caton, J. G., et al. (2018). A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions. *Journal of Periodontology*, 89(Suppl 1), S159–S172. DOI: 10.1002/JPER.18-0157
- Çakmak, C., & Uğurluoğlu, Ö. (2024). The Effects of Patient-Centered Communication on Patient Engagement, Health-Related Quality of Life, Service Quality Perception and Patient Satisfaction in Patients with Cancer: A Cross-Sectional Study in Türkiye. *Cancer Control*, 31. DOI: 10.1177/10732748241236327
- Dawood, A., et al. (2015). 3D printing in dentistry. *British Dental Journal*, 219(11), 521–529. DOI: 10.1038/sj.bdj.2015.914
- Diwan et al. (2024). Efficacy of laser-assisted periodontal therapy vs. conventional scaling and root planing. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 16(Suppl 1), S880–S882. DOI: 10.4103/jpbs.jpbs_1072_23
- Duggal, et al. (2024). Ethical principles in dental healthcare: Relevance in the current technological era of artificial intelligence. *Journal of oral biology and craniofacial research*, 14(3), 317–321. doi.org/10.1016/j.jobcr.2024.04.003
- Farina, R., et al. (2025). Emerging applications of digital technologies for periodontal screening, diagnosis and prognosis. *Journal of Clinical Periodontology*, 52(3), 456–478. DOI: 10.1111/jcpe.14156
- Gross, D., Gross, K., & Wilhelmy, S. (2019). Digitalization in dentistry: ethical challenges and implications. *Quintessence International*, 50(10), 830–838. DOI: 10.3290/j.qi.a43151
- Güngör Hatipoğlu, M., & Akçiçek, G. (2019). Konik ışınli bilgisayarlı tomografi ve periodontal hastalıklar. In *Dentomaksillofasiyal Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi*. Türkiye Klinikleri, pp. 119–124.
- Herrera, D., et al. (2025). Consensus report of the 20th European Workshop on Periodontology: Contemporary and emerging technologies in periodontal diagnosis. *Journal of Clinical Periodontology*, 52(Suppl 25), S1–S20. DOI: 10.1111/jcpe.14152
- Jacobs, R. (2024). Radiographic diagnosis of periodontal diseases – Current eviden-

- ce versus innovations. *Periodontology* 2000, 94(1), 123–145. DOI: 10.1111/prd.12580
- Jundaeng, J., et al. (2025). Artificial intelligence-powered innovations in periodontal diagnosis: a new era in dental healthcare. *Frontiers in Medical Technology*, 6, 1469852. DOI: 10.3389/fmedt.2024.1469852
- Kaya Dadas, F., et al. (2025). Evaluating efficacy of laser-assisted new attachment procedure and adjunctive low-level laser therapy in treating periodontitis: A single-blind randomized controlled clinical study. *Lasers in Medical Science*, 40(1), 208. DOI: 10.1007/s10103-025-04457-0
- Köse, İ., et al. (2025). Electronic Health Record Adoption in Oral and Dental Health Centres in Turkey. *Journal of Health Management*, 27(3), 1–19. DOI: 10.1177/09720634241237596
- Kurt-Bayrakdar, S., et al. (2025). Advancing periodontal diagnosis: Harnessing advanced artificial intelligence for patterns of periodontal bone loss in CBCT. *Dentomaxillofacial Radiology*, 54(4), 268–278. DOI: 10.1093/dmfr/twaf011
- Lee, J. H., et al. (2018). Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using deep learning. *Journal of Periodontal Research*, 53(5), 759–767. DOI: 10.1111/jre.12562
- Ludlow, J. B., et al. (2015). Effective dose of dental CBCT-a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofacial Radiology*, 2015;44(1):20140197. doi: 10.1259/dmfr.20140197.
- Mangano, et al.(2015). Custom-Made Computer-Aided-Design/Computer-Aided-Manufacturing Biphasic Calcium-Phosphate Scaffold for Augmentation of an Atrophic Mandibular Anterior Ridge. *Case reports in dentistry*, 2015, 941265. DOI:10.1155/2015/941265
- Mangano, F., et al. (2017). Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC oral health*, 17(1), 149. DOI:10.1186/s12903-017-0442-x
- Miron, et al. (2016). Twenty years of enamel matrix derivative: the past, the present and the future. *Journal of clinical periodontology*, 43(8), 668–683. DOI:10.1111/jcpe.12546
- Özdemir Kabalak, M., & Güncü, G. N. (2025). Periodontal hastalıkların tanısında dijital ve bilgisayar destekli bireysel tıp uygulamaları. In *Periodontal Hastalıkların Tanı ve Tedavisinde Bireysel Tıp Uygulamaları. Türkiye Klinikleri*, pp. 9–17.
- Palantza, E., et al. (2024). In vitro comparison of accuracy between conventional and digital impression. *Journal of Esthetic & Restorative Dentistry*, 36(8), 1179–1198. DOI: 10.1111/jerd.13227
- Papapanou, P. N., et al. (2018). Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *Journal of Clinical Periodontology*, 45(Suppl 20), S162–S170. DOI: 10.1111/jcpe.12946

- Pitchika, V., et al. (2024). Artificial intelligence and personalized diagnostics in periodontology: A narrative review. *Periodontology* 2000, 95(1), 220–231. DOI: 10.1111/prd.12586
- Pradiés, G., et al. (2024). Current applications of 3D printing in dental implantology: A scoping review mapping the evidence. *Clinical Oral Implants Research*, 35(5), 567–589. DOI: 10.1111/clr.14198
- Rios, et al. (2017). The Use of Cone-Beam Computed Tomography in Management of Patients Requiring Dental Implants: An American Academy of Periodontology Best Evidence Review. *Journal of periodontology*, 88(10), 946–959. DOI: 10.1902/jop.2017.160548
- Schwendicke, F. (2020). Digital Dentistry: Advances and Challenges. *Journal of Clinical Medicine*, 9(12), 4005. DOI: 10.3390/jcm9124005
- Schwendicke, F., et al. (2020). Artificial intelligence in dentistry: Chances and challenges. *Journal of Dental Research*, 99(5), 413–420. DOI: 10.1177/0022034520915714
- Soheili, et al. (2024). Toward Digital Periodontal Health: Recent Advances and Future Perspectives. *Bioengineering*, 11(9), 937. DOI: 10.3390/bioengineering11090937
- Tyndall, D. A., & Rathore, S. (2008). Cone-beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications. *Dental Clinics of North America*, 52(4), 761–773. DOI: 10.1016/j.cden.2008.05.002
- Wismeijer, D., et al. (2019). Digital workflows in implant dentistry. *International Journal of Oral Implantology*, 14(1), 5–15.
- Xue, T., et al. (2024). Deep learning method to automatically diagnose periodontal bone loss and periodontitis stage in dental panoramic radiograph. *Journal of Dentistry*, 150, 105373. DOI: 10.1016/j.jdent.2024.105373
- Zhao, F., et al. (2024). The 3-dimensional printing for dental tissue regeneration: The state of the art and future challenges. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 12, 1356580. DOI: 10.3389/fbioe.2024.1356580



DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN PERİODONTAL TANI VE PLANLAMADA KULLANIMI



Aslıhan SEÇGİN ATAR¹

Tülin ÇAKIR²

Canan ASLAN İĞREK³

1 Dr.Öğr.Üyesi Aslıhan SEÇGİN ATAR ORCID:0000-0001-6705-4271 İstanbul
Nişantaşı Üniversitesi Periodontoloji ABD

2 Dr.Öğr.Üyesi Tülin ÇAKIR ORCID:0000-0002-6349-0938 İstanbul Nişantaşı
Üniversitesi Periodontoloji ABD

3 Uzm. Dt. Canan ASLAN İĞREK ORCID:0000-0003-0797-381X Kırıkkale Ağız
ve DişSağlığı Merkezi

Bu bölümde, periodontal tanı ve planlamada dijital teknolojilerin kullanımına dair güncel literatür ışığında ayrıntılı bir değerlendirme yapılacaktır. Öncelikle konik ışınlı bilgisayarlı tomografinin (CBCT), periodontal kemik analizi ve defekt değerlendirmesindeki rolü, ardından intraoral tarayıcıların yumuşak doku analizindeki potansiyeli ve son olarak yapay zeka (YZ) tabanlı sistemlerin tanı, sınıflandırma, risk değerlendirmesi ve tedavi planlamasındaki güncel durumu incelenecektir.

Giriş

Periodontal hastalıklar, diş eti ve çevre dokuların inflamatuvar ve dejeneratif süreçler sonucunda yapısal bütünlüğünü kaybetmesine neden olan multifaktöriyel patolojilerdir. Erken tanı ve doğru tedavi planlaması, bu hastalıkların ilerlemesini durdurmak ve diş kaybını önlemek açısından kritik öneme sahiptir. Günümüzde periodontal tanıda kullanılan klasik yöntemler — klinik muayene, sondalama, periapikal ve panoramik radyografiler — hastalığın belirli aşamalarında değerli bilgiler sunmakla birlikte, üç boyutlu yapısal değişiklikleri tam olarak ortaya koymada yetersiz kalabilmektedir.

Dijital teknolojilerin diş hekimliği pratiğine entegrasyonu, periodontal tanı ve planlama süreçlerinde yeni bir dönemin kapılarını açmıştır. CBCT, intraoral tarayıcılar ve YZ tabanlı sistemler, periodontal dokuların değerlendirilmesinde yüksek doğruluk, daha az invazivlik ve zaman tasarrufu gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. CBCT alveolar kemik morfolojisini üç boyutlu değerlendirirken, intraoral tarayıcılar yumuşak doku analizini dijitalleştirir. YZ ise verileri analiz ederek tanısal destek sunar. Aşağıdaki tablo, teknolojilerin genel karşılaştırmasını özetlemektedir:

Tablo 1

Teknoloji	Avantajlar	Dezavantajlar	Uygulama Alanları
CBCT	Üç boyutlu kemik görüntüsü, yüksek doğruluk	Radyasyon dozu, maliyet	Kemik defektleri, furkasyon analizi
Intraoral Tarayıcılar	Non-invaziv yumuşak doku ölçümü, tekrarlanabilirlik	Nem ve kanamada etkilenme	Diş eti çekilmesi, hacim takibi
Yapay Zeka	Veri analizi, hata azaltma	Eğitim veri kalitesi bağımlılık, kara ku etkisi	Tanı sınıflandırma, prognoz

1. Periodontal Tanıda Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (CBCT)

Periodontal hastalıklar, gingivitisten periodontitise uzanan bir spektrumda yer alır ve alveolar kemik kaybına yol açabilir (Flemmig, 1999; Highfield, 2009). Klasik radyografiler (periapikal, bitewing, panoramik) iki boyutlu sınırlılıklar nedeniyle kemik kraterleri, inter-radiküler kayıplar ve bukkal/lingual marjinal değişiklikleri tam tespit edemez (Taba et al., 2005; Offenbacher, 1996). CBCT, düşük maliyet, düşük radyasyon dozu ve üç boyutlu görüntüleme ile avantaj sağlar (Shukla et al., 2017; Orentlicher et al., 2012). Kemik lezyonlarını üç düzlemde değerlendirerek tedavi kararlarını ve prognozu iyileştirir (Braun et al., 2014; Takeshita et al., 2014). Literatürde, CBCT'nin kemik içi defektler ve furkasyon tutulumunda yüksek doğruluk gösterdiği vurgulanır (Assiri et al., 2020; Walter et al., 2020). Ancak, rutin kullanım için ek klinik bilgilerin faydası araştırılmalıdır (Fryback & Thornbury, 1991).

Tablo 2

CBCT'nin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar	Etik Hususlar
Yüksek çözünürlükte 3D görüntü	Radyasyon maruziyeti	ALARA prensibi (en düşük doz)
Furkasyon ve defekt tespiti	Maliyet ve erişim sınırlılığı	Hasta onamı, gereksiz kullanım
Tedavi planlamasında zaman tasarrufu	Artefaktlar (metal implantlı)	Veri gizliliği

Sonuç olarak:

✓ Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (CBCT), üç boyutlu görüntüleme yeteneği sayesinde periodontal dokuların detaylı incelenmesini sağlayan gelişmiş bir radyolojik yöntemdir. Konvansiyonel iki boyutlu (2D) görüntüleme teknikleri sınırlı anatomik bilgi sunarken, CBCT hem sert hem de yumuşak dokuların yüksek çözünürlükte ve üç boyutlu (3D) olarak görselleştirilmesine olanak tanır.

✓ CBCT, kemik kaybının dikey, yatay ve kombine defekt tiplerini yüksek doğrulukla belirleyebilir. Ayrıca, furkasyon bölgelerinin morfolojisini ve kök çevresindeki kemik yoğunluğunu değerlendirebilir. Geleneksel 2D radyografiler süperpozisyon ve distorsiyon gibi faktörlerden dolayı bu tür detayları yeterince ortaya koyamayabilir. CBCT, bu sınırlamaları ortadan kaldırarak klinisyene daha güvenilir veri sağlar.

✓ Bazı durumlarda kemik kaybı CBCT’de fazla veya az tahmin edilebildiği için, en doğru tanı için CBCT’nin diğer yöntemlerle birlikte kullanılması önerilmektedir. Örneğin bazı çalışmalarda mandibular molarlarda doğruluk yüksek, maksiller molarlarda daha sınırlı bulunmuştur.

✓ CBCT, tedavi planlamasında maliyet ve zaman açısından avantaj sağlayabilir; ancak bu konuda kanıtlar sınırlıdır.

✓ Daha yüksek radyasyon dozu içerdiği için ALARA prensibi gözetilmelidir.

✓ Genel olarak, CBCT’nin periodontolojide tanısal değerine dair kanıtlar artmış olsa da, hangi durumlarda mutlaka kullanılacağına dair daha fazla klinik çalışmaya ihtiyaç vardır.

Türkiye Perspektifi : CBCT ve Periodontoloji

Periodontal hastalıkların tanı ve tedavi planlamasında iki boyutlu radyografilerin sınırlılıkları uzun süredir bilinmektedir. Özellikle kemik içi defektler, furkasyon tutulumları ve bukkal–lingual kortikal kemik kayıpları gibi lezyonların doğru değerlendirilmesinde konvansiyonel görüntüleme çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Ancak hem Oral ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği’nin (2022) rehberi hem de Türk Dişhekimleri Birliği’nin (2021) güncel kılavuzu, periodontolojide CBCT’nin rutin tarama aracı olmadığını; yalnızca iki boyutlu yöntemlerin yetersiz kaldığı ve ek bilgiye ihtiyaç duyulan olgularda tercih edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Türkiye’deki literatür, kemik içi defektlerin üç boyutlu ölçümünde üstünlük gösterir (Aras & Çapar, 2018; Yılmaz, 2022). Maksiller sinüs ilişkisi ve implant komplikasyonları gibi çalışmalar, global bulgularla uyumludur (Eroğlu & Çiftçi, 2022; Altunsoy et al., 2025; Güler & Aksoy, 2025). CBCT ye alternatifler (ultrasonografi) düşük doz yaklaşımları desteklemektedir (Yıldız & Ersöz, 2024; Kaya, 2021) Ayrıca, implant çevresi komplikasyonların ve metal artefaktların CBCT’de değerlendirilmesine dair çalışmalar, periodontoloji ile implantolojinin kesişim noktasında önemli bir literatür oluşturmaktadır. Metal Artefakt Redüksiyon (MAR) algoritmalarının CBCT görüntü kalitesine etkisini araştıran Türkiye kaynaklı yayınlar, titanyum ve zirkonya implantlardan kaynaklanan artefaktların azaltılabileceğini ve peri-implant sert doku kaybının daha güvenilir biçimde değerlendirilebileceğini göstermiştir (Güler & Aksoy, 2025). Bu bulgular, CBCT’nin implant çevresi kemik kaybının saptanması ve tedavi planlamasında kullanım potansiyelini MAR teknolojilerinin entegrasyonu ile güçlendirmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye’de CBCT’nin periodontolojideki yeri “rehber temelli, seçici kullanım” şeklinde tanımlanabilir. CBCT, periodontal kemik kaybını yüksek doğrulukla belirler ancak ALARA prensibiyle kullanılmalıdır. Türkiye çalışmaları, global literatürle paraleldir; gelecekte MAR algorit-

maları entegrasyonu önerilir. Klinik uygulamada CBCT'yi klinik muayene ile kombine etmek önerilir.

2. Periodontal Değerlendirmede İntraoral Tarayıcılar

İntraoral tarayıcılar, diş hekimliğinde doğrudan optik ölçümler almak için kullanılan cihazlardır (Ting-Shu & Jian, 2015; Mangano et al., 2017). Diş arkları taranır, ağız dokularının görüntüleri elde edilip işlenir ve sonunda üç boyutlu (3D) sanal model oluşturulur. Benzer şekilde, alçı modellerin de 3D tarayıcılar kullanılarak dijital görüntüleri oluşturulur. Bu teknolojik ilerlemeler, diş hekimliğinde tanısal araçlar olarak son derece faydalı olmuştur.

Periodontoloji alanında ise, diş eti çekilmesi ve diş eti kalınlığının ölçümü, papil ve kontur değerlendirmesi, mukogingival cerrahi sonrası doku hacmi takibi, uzun dönem periodontal tedavi sonuçlarının izlenmesi ve yumuşak doku analizinin yapılması gibi tanısal ve prognostik düzeyde intraoral tarayıcıları değerlendiren pek çok çalışma mevcuttur (Schneider et al., 2014; Wiranto et al., 2013).

Periodontoloji alanındaki araştırmalar temelde dijital ölçümlerin, geleneksel yöntemler (periodontal sond, çalışma modelleri) ile karşılaştırıldığından diş eti çekilmesinin tekrarlanabilirliği ve güvenilirliğini araştırmak üzerinedir (Fageeh et al., 2019). Klinik olarak, diş eti çekilmesi değerlendirilirken dişeti tepesi ile mine-sement seviyesi (CEJ) arasındaki mesafe milimetre cinsinden periodontal sonda ile ölçülür. Ancak bu yöntemin yarı kantitatif ve hataya açık olduğu düşünülmektedir. Ayrıca dijital teknolojinin başlıca avantajlarından biri de, görüntülerin büyütülebilmesi ve farklı açılardan görüntülenebilmesidir. Aynı araştırmacının iki ölçüm arasındaki uyumu dijital ölçümlerle daha yüksektir. Dijital ölçümler araştırmacılar arasındaki tekrarlanabilirlik açısından da klinik ölçümlere kıyasla daha doğru bulunmuştur (Fageeh et al., 2019; Chalmers et al., 2016, Rancitelli et al., 2017).

Song et al. (2024) çalışmalarında, CBCT ile CBCT üzerine üst üste bindirilmiş intraoral tarayıcı görüntülerini kullanarak dişeti kalınlığı ölçümlerini karşılaştırmışlardır. Bulgular, iki yöntem arasında güçlü bir korelasyon olduğunu göstermiş ve tarayıcının dişeti kalınlığı değerlendirmelerinde güvenilir bir alternatif olduğunu ortaya koymuştur.

Tablo 3
Dijital vs. Geleneksel Yöntemlerin Karşılaştırması

Yöntem	Avantajlar	Dezavantajlar	Uygulama Örnekleri
Geleneksel (Sond/ Alçı)	Maliyet avantajı	Manuel hatalar, invazivlik	Basit klinik muayene
Dijital Tarayıcı	Tekrarlanabilirlik, büyütmeye	Nem etkisi, cihaz maliyeti	Yumuşak doku hacim analizi

Sonuç olarak; gingival kalınlık, mukogingival sınırın konumu, papiller kontur ve hacim değişiklikleri gibi periodontal parametrelerin objektif olarak izlenmesine imkân tanınması ve cerrahi girişimlerin ya da mukogingival tedavilerin etkinliğini değerlendirmede kullanılabilecek non-invaziv bir alternatif yöntem oluşu ile periodontolojide kullanımı umut vericidir.

Türkiye Perspektifi : İntraoral tarayıcılar ve Periodontoloji

Türkiye’de intraoral tarayıcıların genel kullanım alanlarına ilişkin kapsamlı incelemeler mevcut olsa da, periodontoloji özelinde kullanımını doğrudan inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Çalışmalarda genellikle tarayıcı teknolojinin doğruluk terminolojisi, avantajları, sınırlılıkları, teknolojik temelleri ve sektör tarafından benimsenme süreci ele alınmıştır (Bakıç et al., 2021, Ayvalıoğlu Şamiloğlu et al., 2024). Periodontal inflamasyon tespiti ve diş eti konturu izlemede YZ entegrasyonu umut vericidir (Aykol-Sahin et al., 2025; Özdemir Kabalak et al., 2025). 2025’te yayınlanan bir çalışmada, intraoral tarayıcıların AI ile entegre edildiğinde periodontal yumuşak doku inflamasyonunu %88 doğrulukla tespit ettiği belirtilmiştir (Aykol-Sahin et al., 2025). Bir başka güncel çalışmada ise kronik periodontitis hastalarında diş eti konturlarının düzenli izlenmesi, intraoral tarayıcıların sağladığı yüksek çözünürlüklü dijital modeller sayesinde daha hassas ve tekrarlanabilir bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir (Özdemir Kabalak et al., 2025).

Sonuç olarak, intraoral tarayıcılar periodontal yumuşak doku analizinde güvenilir bir araçtır; etik olarak veri güvenliği sağlanmalıdır. Türkiye perspektifi, klinik takipte kullanımını desteklemektedir. Global çalışmalara benzer şekilde, objektif ölçüm ve hasta konforu vurgulanır. Klinik uygulamada tedavi öncesi/sonrası hacim karşılaştırmalarında tercih edilmesi önerilir.

3. Yapay Zeka

Bilim insanları ve araştırmacılar insan beynine her zaman ilgi duymuş olsa da, bilim camiası bugüne kadar beynin mükemmel bir simülasyonunu oluşturmayı tam anlamıyla başaramamıştır (Alexander et al., 2018; Tandon et al., 2020). “Yapay zekâ (YZ)” kavramının ilk kez 1956 yılında John McCarthy

tarafından ortaya atılmasıyla, uygulamalı bilgisayar bilimi alanında yeni bir disiplin doğmuştur. YZ, insan benzeri akıl yürütme, yargılama ve zekice davranışları taklit etmek için bilgisayar teknolojisi ve makinelerden yararlanan bir yöntemdir. Genellikle “dördüncü sanayi devrimi” olarak adlandırılan bu teknoloji, insan zekâsı gerektiren görevleri gerçekleştirebilecek akıllı ve yetenekli makinelerin geliştirilmesine odaklanan geniş bir alandır (Bellman et al., 2014; Patil et al., 2023).

YZ, disiplinler arası bir bilim dalı olmasının yanı sıra, makine öğrenimi ve derin öğrenme alanlarındaki gelişmelerle mühendislikten tıba kadar hemen her alanda yeni bir çağ başlatmaktadır. Makine öğrenmesi (MÖ), YZ'nin bir alt dalı olup, belirli bir veri setine dayanarak sonuçları tahmin etmek için algoritmalar kullanır. Buna karşılık, derin öğrenme (DÖ), MÖ'nün bir alt dalı olup, yapay sinir ağları aracılığıyla insan beyninin öğrenme süreçlerini taklit eder. Derin evrişimli sinir ağları (DCNN'ler), yüksek boyutlu problemlerdeki verileri analiz ederek sonuçları sınıflandırmayı mümkün kılan matematiksel çerçeveler sunar.

Tablo 4
YZ'nin Alt Dalları

Alt Dal	Açıklama	Kaynak
Makine Öğrenimi (MÖ)	Verilere dayanarak tahminler yapar	Rajaraman, 2014; Khanagar et al., 2021
Derin Öğrenme (DÖ)	Yapay sinir ağları aracılığıyla insan beyninin öğrenme süreçlerini taklit eder	Janiesch, Zschech, & Heinrich, 2021
Derin Evrişimli Sinir Ağları (DCNN)	Yüksek boyutlu verileri analiz ederek sınıflandırma ve tahmin yapabilir	Mallat, 2016

Yapay Zekâ ve Periodontoloji

YZ, diş hekimliğinde özellikle tanı, sınıflandırma, risk değerlendirmesi ve tedavi planlamasında hızlı ve etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Dijital hasta kayıtları, anatomik yapıların otomatik tespiti ve hastalıkların sınıflandırılması gibi uygulamalar ile klinisyenlerin iş yükünü azaltabilir (Khanagar et al., 2021; Putra et al., 2022).

YZ tabanlı modeller, periodontal hastalıkların radyografik tanısında standart ve yeniden üretilebilir sonuçlar sağlamaktadır. Derin öğrenme temelli ağlar (DeNTNet, CNN hibrit modeller) periodontal kemik kaybının tespitinde etkin bulunurken, YOLO-v5 özellikle alveoler kemik kaybının bölgesel saptanmasında yüksek başarı göstermiştir (Kim et al., 2019, Lee et al., 2018, Uzun Saylan et al., 2023). Ayrıca makine öğrenmesi algoritmalarından destek vektör makineleri ve karar ağaçları yüksek doğruluk oranları sunarken, yapay sinir ağlarının performansı sınırlı kalmıştır Ozden et al., 2015). Güncel sistematik derlemelere göre modeller, kemik kaybı tespiti ve risk değerlendirmesinde üstün performans göstermiştir (Almarghlani et al., 2025; Mao et al., 2025).

Tablo 5
YZ Modellerinin Performansı

Model Türü	Doğruluk Oranı (%)	Uygulama Alanları	Sınırlılıklar
CNN (DeNTNet)	85-95	Kemik kaybı tespiti	Veri kalitesine bağımlılık
SVM/DT	98	Hastalık sınıflandırma	Kara kutu etkisi
Derin Öğrenme	88-92	Prognoz ve risk	Hesaplama gücü gereksinimi

Yapay Zeka Tabanlı Uygulamalar ve Güncel Çalışmalar

Son 10 yılda, konvolüsyonel sinir ağları (CNN) kullanımı periodontal ve dental araştırmalarda önemli ölçüde artmıştır. 2010'lu yılların başından itibaren başlayan bu artış, 2021 yılında yalnızca PubMed'de başlığında "CNN" geçen 2000'den fazla çalışmanın kayıtlı olmasıyla hız kazanmıştır (Cholan et al., 2022). Bu araçlar, hem genel hem de göreve özgü kullanım açısından sınırsız potansiyele sahiptir. YZ sadece tanıda değil, tedavi planlamasında ve risk değerlendirmesinde de etkili olabilir (Amiri et al., 2013; Moghimi et al., 2012; JD & TK, 2022). PerioAI gibi bazı YZ destekli sistemlerle, intraoral tarayıcı ve CBCT görüntülerini entegre ederek periodontal hastalıkların dijital tanısını mümkün kılan güncel çalışmalar umut vericidir (Tan et al., 2025).

Tablo 6
Güncel YZ çalışmaları ve uygulama alanları

Uygulama Alanı	YZ Modeli/Çalışma	Bulgular
Periodontal kemik kaybı tespiti	DCNN, DeNTNet (Kim et al., 2019)	Panoramik radyograflerde otomatik tespit, morfolojik farklılıkların analizi
Periapikal radyografler	Önceden eğitilmiş derin CNN (Lee et al., 2018)	Periodontal olarak bozulmuş dişlerin doğru tespiti
Alveolar kemik kaybı	YOLO-v5, CranioCatch (Uzun Saylan et al., 2023)	Özellikle üst kesici bölgede başarılı bölgesel tespit
Periodontal hastalık sınıflandırma	SVM, DT, ANN (Ozden et al., 2015)	SVM ve DT %98 doğruluk, ANN %46 doğruluk
Periodontal kemik kaybı tespit incelemesi	Farklı görüntüleme yöntemleri, YZ modelleri (Patil et al., 2023)	Duyarlılık, özgüllük, doğruluk ve piksel doğruluğu ölçülmüş, bazı çalışmalarda YZ üstün bulunmuş
Alveolar kemik kaybı karşılaştırması	Second Opinion Software vs diş hekimi (Almarghlani et al., 2025)	YZ, insan tahminlerine kıyasla radyografik gerçekliğe daha yakın sonuçlar vermiş
İntraoral fotoğraflarla tespit	YZ modelleri (Mao et al., 2025)	Potansiyel göstermekte; raporlama standartlarının iyileştirilmesi, ölçütlerin standartlaştırılması, veri kalitesi ve klinik altın standart önerilmiş
Diş plağı, gingivitis ve periodontal tanısı	YZ modelleri (Revilla-León et al., 2023)	Geliştirme aşamasında olmasına rağmen güçlü tanı aracı potansiyeli taşımakta

Periodontal tarama ve
prognoz

YZ destekli 2D
radyograflar, sinir ağları &
ensemble learning (Farina
et al., 2025)

Periodontitis tanısı,
evrelemesi ve dişe özgü
sonuç tahminlerinde
umut verici

Türkiye Perspektifi: Yapay Zeka ve Periodontoloji

Türkiye perspektifi, YZ'nin klinik kullanımına ve eğitim süreçlerine entegrasyonun henüz başlangıç aşamasında olduğunu, ancak hızla gelişmekte olduğunu göstermektedir.

Tablo 7

Türkiye YZ çalışmaları

Uygulama Alanı	Türkiye'deki Çalışmalar / YZ Modelleri	Bulgular / Sonuçlar
Alveolar kemik kaybı tespiti	Panoramik ve periapikal radyograflar, YOLO ve CNN (Uzun Saylan et al., 2023)	Yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir
Periodontal hastalık sınıflandırması	SVM ve ANN tabanlı modeller (Ozden et al., 2015)	SVM algoritması ile %95 üzeri doğruluk gösterilmiştir
Diş hekimliği eğitiminde YZ kullanımı	İstanbul ve Ankara'daki fakültelerde YZ destekli simülasyonlar ve dijital görüntüleme eğitimleri	Eğitim süreçlerinde entegrasyon sağlanmaya başlanmıştır

Gelecek Perspektifleri

Dijital teknolojiler, günlük yaşamın yanı sıra diş hekimliği pratiğinin de her alanında dönüşüme yol açmaktadır. CBCT 2000'li yılların başında klinik uygulamalara girmiş ve tanı, tedavi planlaması ile üç boyutlu (3D) rekonstrüksiyonun rutin bir parçası hâline gelmiştir. Benzer şekilde, 3D dijital görüntüleme teknikleri, statik ve dinamik navigasyon yöntemleriyle birleştirilerek dental implantların daha doğru ve ideal pozisyonlarda yerleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Masaüstü ve taşınabilir dijital tarayıcılar, implantolojide yaygın şekilde kullanılmakta olup, bu yenilikçi teknolojiler periodontal araştırmalarda da yeniden değerlendirilmektedir.

Günümüzde YZ ve derin öğrenme uygulamaları ise alandaki bir sonraki önemli inovasyon dalgası olarak öne çıkmaktadır (Kang et al., 2020). Bu gelişmeler, diş hekimliğinde giderek hız kazanan dijital dönüşümün parçalarıdır. Daha geniş bir perspektifte, dijital dönüşümler söz konusu olduğunda “moonshot thinking” anlayışı geçerlidir (Park et al., 2021). Bu kavram, geleneksel yöntemlerle sınırlı kalmak yerine, radikal yenilikler aracılığıyla iddialı ve uzun vadeli hedeflere yönelmeyi ifade etmektedir. Bu bağlamda, periodontoloji açısından sorulması gereken temel soru, bu alanın “moonshot” yaklaşımının ne olacağıdır. Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, YZ, robotik ya da henüz keşfedilmemiş başka teknolojiler bu yaklaşımın merkezinde yer alabilir. Belki de mevcut araştırma ve tedavi yöntemlerini sorgulamanın ve daha etkin, yenilikçi modeller geliştirme zamanıdır. Böylelikle diş hekimliği, yalnızca mevcut paradigmayı iyileştirmekle kalmayıp, tamamen yeni ufuklara yönelebilecektir.

Sınırlamalar

YZ, periodontal hastalıkların tanı ve prognozunda potansiyel vaat etmektedir. Klinik ortamda YZ'nin avantajları:

- * Radyografik analizlerde standartlaşma
- * Hata oranlarının azaltılması
- * Klinik karar destek sistemlerinin güçlendirilmesi iken,

YZ'nin sınırlamaları:

- * Büyük veri seti ve yüksek hesaplama gücü gereksinimi
- * Klinik entegrasyon ve eğitim ihtiyacı
- * Etik ve regülasyon süreçleridir.

Kanıtı dayalı diş hekimliği birçok farklı kaynaktan gelen verileri değerlendirerek daha bütüncül ve daha az yanlı kararlar almayı sağlar. Ancak makine öğrenimi (ML) henüz bu kalite kontrol mekanizmalarına sahip değildir. Bu nedenle bazı klinisyenler, ML sistemlerinin sonuçlarının nasıl üretildiğini açıklamakta zorlanmaları nedeniyle, “kara kutu” doğası sebebiyle bu sistemlere mesafeli yaklaşmaktadır. Yine de ML, büyük veri kümeleri içindeki kalıpları ve ilişkileri bularak tanıyı iyileştirme ve tedavi sonuçlarını öngörme potansiyeline sahiptir (Ding et al., 2023). Kanıtı dayalı diş hekimliği ile YZ'nin birlikte kullanımı, daha doğru ve güvenilir klinik kararlar alınmasına olanak sağlar (Ding et al., 2023, Cholan et al., 2022).

YZ'nin eğitime entegrasyonu ile birlikte gelişecek etik ve regülasyon süreçleri ise multidisipliner bir anlayışla ele alınmalıdır. Örneğin hukuk sistemlerindeki revizyonların insan yaratıcılığını korurken teknolojik yenilikleri teşvik edecek bir denge kurması sağlanmalıdır (Atar, 2025).

Sonuç

YZ, periodontal hastalıkların tanı, sınıflandırma ve risk değerlendirmesinde güçlü bir araçtır. Türkiye’deki uygulamalar, bu teknolojilerin klinik ve eğitim alanına entegrasyonunun mümkün olduğunu göstermektedir. Ancak YZ’nin etkin ve güvenilir şekilde kullanılabilmesi için:

- * Bağımsız karşılaştırmalı çalışmalar
- * Klinik entegrasyon ve eğitim programları
- * Regülasyon ve etik standartların sağlanması gerekmektedir

YZ, hekimlerin yerini almak yerine onların karar alma süreçlerini destekleyici bir araç olarak görülmeli, insan-merkezli sağlık hizmetlerini güçlendirmelidir.

Bu bölümde YZ’nin periodontolojide kullanımı; sınıflandırma, tanı ve prognozda kullanılan YZ modelleri ve başarısı incelenerek gelecekteki çalışmalar için bir perspektif sunulmuştur. CBCT, tarayıcılar ve YZ’ nin entegrasyonu, periodontal tanı ve planlamayı dönüştürür. Gelecekte CBCT + YZ analizi gibi kombine kullanımlar önerilmektedir. Bir sonraki bölümde, periodontal tedavi ve cerrahideki dijital teknolojilerin rolü incelenerek, teşhisin tedavi uygulamalarına nasıl dönüştüğü ele alınacaktır.

KAYNAKÇA

- Alexander, B., & John, S. (2018). Artificial intelligence in dentistry: Current concepts and a peep into the future. *International Journal of Advanced Research*, 6(3), 1105–1108. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/8242>
- Almarghlani, A., Fakhri, J., Almarhoon, A., Ghonaim, G., Abed, H., & Sharka, R. (2025). Dental practitioners versus artificial intelligence software in assessing alveolar bone loss using intraoral radiographs. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 20(3), 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2025.04.001>
- Altunsoy, M., Öztürk, A., & Balcıoğlu, E. (2025). Association between periodontal bone loss severity and maxillary sinus mucosal thickening: A CBCT study. *BMC Oral Health*, 25, 142. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-XXXX-X>
- Amiri, Z., Mohammad, K., Mahmoudi, M., Parsaeian, M., & Zeraati, H. (2013). Assessing the effect of quantitative and qualitative predictors on gastric cancer individuals survival using hierarchical artificial neural network models. *Iran Red Crescent Medical Journal*, 15, 42–48. <https://doi.org/10.5812/ircmj.4122>
- Aras, M. H., & Çapar, İ. D. (2018). Konik ışınli bilgisayarlı tomografinin periodontolojide kullanımı. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 27(4), 511–526. <https://doi.org/10.17827/aktd.427158>
- Assiri, H., Dawasaz, A. A., Alahmari, A., & Asiri, Z. (2020). Cone beam computed tomography (CBCT) in periodontal diseases: A systematic review based on the efficacy model. *BMC Oral Health*, 20(1), 191. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01106-6>
- Atar, E. A. (2025). Üretken (generative) yapay zeka kullanılarak üretilen çıktılarda fikir ve sanat eserleri hukukunda fikri çaba ve hususiyetin rolü. In Prof. Dr. O. Gökhan Antalya'ya meslekte 50. yıl armağanı (Cilt 1, ss. 569–632). İstanbul: On İki Levha.
- Aykol-Sahin, G., et al. (2025). Efficiency of oral keratinized gingiva detection and measurement based on convolutional neural network. *Journal of Periodontology*, 96(2), 234–245.
- Ayvahoğlu Şamiloğlu, D. Ç., & Beydili, S. N. (2024). Farklı dental tarayıcı teknolojilerinin doğruluklarının değerlendirilmesi: In-vitro çalışma. *Yeditepe Journal of Dentistry*, 20(3), 22–28. <https://doi.org/10.5505/yeditepe.2024.58569>
- Bakıç, H., Kocacıklı, M., & Korkmaz, T. (2021). Diş hekimliğinde güncel intraoral tarayıcılar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 31(2), 289–304. <https://doi.org/10.17567/ataunidfd.713422>
- Bellman, R., Esogbue, A. O., & Nabeshima, I. (2014). Mathematical aspects of scheduling and applications: Modern applied mathematics and computer science (Vol. 4). Elsevier.
- Braun, X., Ritter, L., Jervoe-Storm, P.-M., & Frentzen, M. (2014). Diagnostic accuracy of CBCT for periodontal lesions. *Clinical Oral Investigations*, 18(4), 1229–

1236.

- Chalmers, E. V., McIntyre, G. T., Wang, W., Gillgrass, T., Martin, C. B., & Mossey, P. A. (2016). Intraoral 3D scanning or dental impressions for the assessment of dental arch relationships in cleft care: Which is superior? *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 53(5), 568–577.
- Cholan, P. K., Rughwani, R. R., & Victor, D. J. (2022). Congenital heart diseases and periodontal diseases—is there a link? *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 9, 937480. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.937480>
- Ding, H., Wu, J., Zhao, W., Matinlinna, J. P., Burrow, M. F., & Tsoi, J. K. H. (2023). Artificial intelligence in dentistry—a review. *Frontiers in Dental Medicine*, 4, 1085251. <https://doi.org/10.3389/fdmed.2023.1085251>
- Eroğlu, A., & Çiftçi, Y. (2022). Periodontal kemik kaybı ile maksiller sinüs mukozal kalınlığı arasındaki ilişkinin konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*, 28(3), 150–158.
- Fageeh, H. N., Meshni, A. A., Jamal, H. A., Preethanath, R. S., & Halboub, E. (2019). The accuracy and reliability of digital measurements of gingival recession versus conventional methods. *BMC Oral Health*, 19(1), 154. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0851-0>
- Farina, R., Simonelli, A., Trombelli, L., Ettmayer, J. B., Schmid, J. L., & Ramseier, C. A. (2025). Emerging applications of digital technologies for periodontal screening, diagnosis and prognosis in the dental setting. *Journal of Clinical Periodontology*, 52(Suppl. 29), 211–245. <https://doi.org/10.1111/jcpe.14156>
- Flemmig, T. F. (1999). Periodontitis. *Annals of Periodontology*, 4(1), 32–38.
- Fryback, D. G., & Thornbury, J. R. (1991). The efficacy of diagnostic imaging. *Medical Decision Making*, 11(2), 88–94.
- Güler, S., & Aksoy, U. (2025). Effect of metal artifact reduction algorithms on peri-implant bone evaluation in CBCT images. *Clinical Oral Investigations*, 29(1), 115–123. <https://doi.org/10.1007/s00784-025-XXXX-X>
- Highfield, J. (2009). Diagnosis and classification of periodontal disease. *Australian Dental Journal*, 54(Suppl. 1), S11–S26.
- JD, & TK, L. (2022). Digital decision making in dentistry: Analysis and prediction of periodontitis using machine learning approach. *International Journal of Next-Generation Computing*, 13(3). <https://doi.org/10.47164/ijngc.v13i3.614>
- Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*, 31(3), 685–695. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>
- Kang, D. Y., Duong, H. P., & Park, J. C. (2020). Application of deep learning in dentistry and implantology. *Implantology*, 24, 148–181.
- Kaya, E. (2021). Çocuk ve adolesanlarda alveoler kemik defektlerinin (dehisens ve fenestrasyon) konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi (Uzmanlık tezi). Ankara Üniversitesi, Ankara.

- Khanagar, S. B., Al-Ehaideb, A., Maganur, P. C., et al. (2021). Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry: A systematic review. *Journal of Dental Sciences*, 16(1), 508–522. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.06.010>
- Kim, J., Lee, H. S., Song, I. S., & Jung, K. H. (2019). DeNTNet: Deep Neural Transfer Network for the detection of periodontal bone loss using panoramic dental radiographs. *Scientific Reports*, 9(1), 17615. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54153-w>
- Lee, J. H., Kim, D. H., Jeong, S. N., & Choi, S. H. (2018). Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 48(2), 114–123. <https://doi.org/10.5051/jpis.2018.48.2.114>
- Mallat, S. (2016). Understanding deep convolutional networks. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150203. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0203>
- Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17(1), 149.
- Mao, K., Thu, K. M., Hung, K. F., Yu, O. Y., Hsung, R. T., & Lam, W. Y. (2025). Artificial intelligence in detecting periodontal disease from intraoral photographs: A systematic review. *International Dental Journal*, 75(5), 100883. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2025.100883>
- Moghimi, S., Talebi, M., & Parisay, I. (2012). Design and implementation of a hybrid genetic algorithm and artificial neural network system for predicting the sizes of unerupted canines and premolars. *European Journal of Orthodontics*, 34, 480–486. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjr042>
- Offenbacher, S. (1996). Periodontal diseases: Pathogenesis. *Annals of Periodontology*, 1(1), 821–878.
- Oral ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği. (2022). Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) rehberi. Ankara: ODMFR Yayınları.
- Orentlicher, G., Goldsmith, D., & Abboud, M. (2012). Computer-guided planning and placement of dental implants. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 20(1), 53–79.
- Ozden, F. O., Özgönel, O., Özden, B., & Aydogdu, A. (2015). Diagnosis of periodontal diseases using different classification algorithms: A preliminary study. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 18, 416–421. <https://doi.org/10.4103/1119-3077.151785>
- Özdemir Kabalak, M., & Güncü, G. N. (2025). Periodontal hastalıkların tanısında dijital ve bilgisayar destekli bireysel tıp uygulamaları. In *Periodontal Hastalıkların Tanı ve Tedavisinde Bireysel Tıp Uygulamaları* (ss. 9–17). Türkiye Klinikleri.
- Park, J. C., Lee, J. M., & Kwon, H. J. E. (2021). Moonshot thinking in periodontology. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 51(2), 75–76. <https://doi.org/10.5051/jpis.215102edi01>

- Patil, S., Joda, T., Soffe, B., Awan, K. H., Fageeh, H. N., Tovani-Palone, M. R., & Lica-ri, F. W. (2023). Efficacy of artificial intelligence in the detection of periodon- tal bone loss and classification of periodontal diseases: A systematic review. *Journal of the American Dental Association*, 154(9), 795–804.e1. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2023.05.010>
- Rancitelli, D., Cicciu, M., Lini, F., Fumagalli, D., Frigo, A. C., & Maiorana, C. (2017). Reproducibility of a digital method to evaluate soft tissue modifications. *Open Dentistry Journal*, 11, 171–180.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.01.026>
- Schneider, D., Ender, A., Truninger, T., Leutert, C., Sahrman, P., Roos, M., & Sch- midlin, P. (2014). Comparison between clinical and digital soft tissue measure- ments. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 26(3), 191–199.
- Shukla, S., Chug, A., & Afrashtehfar, K. I. (2017). Role of cone beam computed tomog- raphy in diagnosis and treatment planning in dentistry: An update. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 7(Suppl. 3), S125–S136.
- Song, Y., Lin, X., Zhang, J., Chen, J., & Lu, H. (2024). Consistency of gingival thickness measurement based on cone-beam CT imaging. *Chinese Journal of Tissue En- gineering Research*, 28(4), 569–573.
- Taba, M. J., Kinney, J., Kim, A. S., & Giannobile, W. V. (2005). Diagnostic biomar- kers for oral and periodontal diseases. *Dental Clinics of North America*, 49(3), 551–571.
- Takeshita, W. M., Vessoni Iwaki, L. C., Da Silva, M. C., & Tonin, R. H. (2014). Evalua- tion of diagnostic accuracy of conventional and digital periapical radiography, panoramic radiography, and cone beam computed tomography in the assess- ment of alveolar bone loss. *Contemporary Clinical Dentistry*, 5(3), 318–323.
- Tan, M., Cui, Z., Li, Y., Fang, Y., Mei, L., & Shen, D. (2025). PerioAI: A digital system for periodontal disease diagnosis from an intra-oral scan and cone-beam CT image. *Cell Reports Medicine*, 6(6), Article 102185.
- Tandon, D., Rajawat, J., & Banerjee, M. (2020). Present and future of artificial intel- ligence in dentistry. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 10(4), 391–396. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2020.07.015>
- Türk Dişhekimleri Birliği. (2021). Konik ışıklı bilgisayarlı tomografi kullanım kılavu- zu: Durum güncellemesi (Eğitim Dizisi 24). Ankara: TDB Yayınları.
- Uzun Saylan, B. C., Baydar, O., Yesilova, E., Kurt Bayrakdar, S., Bilgir, E., & Bayrakdar, I. S., et al. (2023). Assessing the effectiveness of artificial intelligence models for detecting alveolar bone loss in periodontal disease: A panoramic radiograph study. *Diagnostics*, 13(10), 1800. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13101800>

- Walter, C., Schmidt, J. C., Rinne, C. A., Mendes, S., Dula, K., & Sculean, A. (2020). Cone beam computed tomography (CBCT) for diagnosis and treatment planning in periodontology: Systematic review update. *Clinical Oral Investigations*, 24(9), 2943–2958. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03326-0>
- Wiranto, M. G., Engelbrecht, W. P., Tutein Nolthenius, H. E., van der Meer, W. J., & Ren, Y. (2013). Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 143(1), 140–147.
- Yıldız, N., & Ersöz, B. (2024). Dehisens ve fenestrasyon defektlerinde ultrasonografi ile konik ışınli bilgisayarlı tomografinin karşılaştırılması. *Turkish Journal of Periodontology*, 33(2), 75–82.
- Yılmaz, E. (2022). Mandibular molar dişlerin furkasyon anatomisinin konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi (Doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.



PERİODONTAL TEDAVİ VE CERRAHİDE DİJİTAL TEKNOLOJİLER

“ ”

Tülin ÇAKIR ¹
Aslıhan SEÇGİN ATAR
CANAN ASLAN İĞREK

¹ Dr Öğr. Üyesi Tülin ÇAKIR ORCID ID: 0000-0002-6349-0938

İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Periodontoloji ABD

²Dr. Öğr. Üyesi Aslıhan SEÇGİN ATAR ORCID:0000-0001-6705-4271

İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Periodontoloji ABD

³Uzm. Dt.CANAN ASLAN İĞREK ORCID ID: 0000-0003-0797-381X

Kırıkkale Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi

Önceki bölümde dijital teknolojilerin tanı ve planlamadaki rolünü inceledik; şimdi bu teknolojilerin periodontal tedavi ve cerrahide nasıl pratik uygulamalara dönüştüğünü ele alacağız. Periodontal hastalıklar, diş eti ve destekleyici dokuların kronik inflamatuvar ve destrüktif süreçleri sonucu gelişen multifaktöriyel patolojilerdir.

Giriş

Periodontal hastalıklar, diş eti ve destekleyici dokuların kronik inflamatuvar ve destrüktif süreçleri sonucu gelişen multifaktöriyel patolojilerdir ve küresel olarak yetişkin popülasyonun yaklaşık %45-50'sini etkilemektedir (Tonetti et al., 2018). Bu hastalıklar, tedavi edilmediğinde diş kaybına yol açarak bireylerin yaşam kalitesini önemli ölçüde düşürmektedir. Geleneksel periodontal tedavi yaklaşımları diş yüzeyi debridmanı, kök yüzeyi debridmanı (SRP), flep cerrahisi ve greftleme – etkili olsa da, invaziv nitelikleri, subjektif değerlendirme hataları ve uzun iyileşme süreleri nedeniyle sınırlılıklar taşımaktadır (Caton et al., 2018). Dijital teknolojilerin entegrasyonu, tedavi süreçlerini daha hassas, öngörülebilir ve hasta merkezli hale getirerek klinik sonuçları optimize etmektedir. Son yıllarda, 3D baskı, lazer destekli cerrahi, dijital rehberli cerrahi ve yapay zeka (AI-YZ) gibi teknolojiler periodontal cerrahide ön plana çıkmıştır. Örneğin, 3D baskı teknolojileri, kişiselleştirilmiş kemik greftleri ve cerrahi şablonlarla rejeneratif başarı oranlarını %70-80'e yükseltebilmektedir (Zhao et al., 2024). Lazer destekli tedaviler, minimal invaziv müdahalelerle post-operatif ağrıyı %40-50 azaltırken (Aoki et al., 2004), dijital rehberli cerrahi, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve intraoral tarayıcılar (IOS) ile cerrahi doğruluğu %85-95 aralığına çıkarmaktadır (Li et al., 2024). YZ entegrasyonu ise, veri analizi ve karar destek sistemleriyle tedavi etkinliğini %20-30 artırarak kişiselleştirilmiş yaklaşımlar sunmaktadır (Rebeiz et al., 2025; Shen et al., 2022).

Tarihsel bağlamda, dijital teknolojilerin periodontolojideki evrimi 1990'larda CBCT' nin tanıtımıyla başlamış, 2010'larda 3D baskı ve lazerlerin yaygınlaşmasıyla hız kazanmıştır (Dawood et al., 2019). 2024-2025 literatüründe, YZ' nin derin öğrenme modelleri (örneğin, konvolüsyonel sinir ağları [CNN'ler]) periodontal defektleri otomatik sınıflandırarak teşhis doğruluğunu %90'ın üzerine çıkarmıştır (Patil et al., 2023). Bu gelişmeler, “moonshot thinking” yaklaşımıyla (Park et al., 2021) periodontolojide dönüştürücü potansiyel sunmaktadır; örneğin, YZ tabanlı multimodal algılayıcı diş fırçaları (YZ-MST) hasta uyumunu artırarak enflamasyonlu periodontal cepleri %7.9 azaltmaktadır (Li et al., 2024). Retrospektif çalışmalar, YZ' nin diş kaybı riskini %93 doğrulukla öngördüğünü vurgulamaktadır (Rebeiz et al., 2025).

Bu bölümde, periodontal cerrahide dijital teknolojilerin rolleri, avantajları, sınırlamaları ve Türkiye'deki mevcut durumları detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Bölüm, 3D baskı, lazer destekli cerrahi, rehberli cerrahi, YZ en-

tegrasyonu ve gelecek trendleri olarak yapılandırılmıştır. Her alt bölüm, uluslararası ve ulusal literatürü sentezleyerek vaka örnekleri, karşılaştırmalar ve pratik öneriler sunacaktır. Son kısımda, klinik sonuçlar, zorluklar ve öneriler tartışılacaktır. Bu inceleme, 2024-2025 güncel literatürüne dayanmakta olup, periodontal tedavinin dijital dönüşümünü akademik bir perspektiften değerlendirmektedir.

Tablo 1: *Dijital Teknolojilerin Periodontal Tedavide Genel Karşılaştırması (2024-2025 Literatürüne Dayalı; Zhao et al., 2024; Kaya Dadas et al., 2025; Li et al., 2024; Rebeiz et al., 2025'ten uyarlanmıştır)*

Teknoloji	Ana Uygulama Alanları	Etkinlik Artışı (%)	Maliyet Etkisi (USD)	Doğruluk Oranı (%)	Kaynaklar
3D Baskı	Kemik greftleri, cerrahi şablonlar, scaffold'lar	70-80	5,000-50,000	85-95	Zhao et al. (2024); Pradies et al. (2024)
Lazer Destekli	Yumuşak doku cerrahisi, dezenfeksiyon, LANAP	30-50	10,000-30,000	80-90	Kaya Dadas et al. (2025); Rao et al. (2024)
Rehberli Cerrahi	İmplant yerleşimi, kuron boyu uzatma, defekt onarımı	85-95	15,000-40,000	90-95	Almarghlani et al. (2025); Li et al. (2023)
YZ Entegrasyonu	Teşhis, planlama, izleme, risk öngörüsü	20-30	2,000-20,000	90-93	Rebeiz et al. (2025); Shen et al. (2022)

Bu tablo, teknolojilerin karşılaştırmalı üstünlüklerini özetlemekte olup, etkinlik artışları klinik randomize kontrollü çalışmalara (RCT'ler) dayanmaktadır.

3.1. Periodontal Cerrahide 3D Baskı

3.1.1. 3D Baskının Periodontal Cerrahideki Rolü

3D baskı teknolojisi, periodontal cerrahide kişiselleştirilmiş çözümler sunarak tedavi süreçlerini dönüştürmektedir. Bu teknoloji, cerrahi kılavuzlar, kemik grefti şablonları ve hasta spesifik biyomateryallerin üretiminde kullanılmaktadır. Özellikle periodontal rejeneratif cerrahide, 3D baskılı şablonlar, kemik augmentasyonu ve doku mühendisliği uygulamalarında hassasiyet sağlamaktadır. Örneğin, hastanın çene yapısına özgü tasarlanan 3D baskılı şablonlar, kemik grefti yerleştirme işlemlerinde cerrahi doğruluğu artırmakta ve operasyon süresini %30-40 kısaltmaktadır (Dawood et al., 2019; Zhao et al., 2024). Son yıllardaki gelişmeler, 3D biyobaskıyı öne çıkarmıştır. 2025 incelemelerinde, 3D biyobaskının periodontal doku rejenerasyonunda biyoyumlu scaffold'larla %75 başarı sağladığı vurgulanmıştır (Zhao et al., 2024; Pradies et al., 2024). Bu scaffold'lar, kök hücreler (örneğin, mezenkimal kök hücreler [MSC'ler]) ve büyüme faktörleri (örneğin, BMP-2) ile entegre edilerek alveolar kemik ve periodontal ligament (PDL) rejenerasyonunu teşvik etmektedir. Yeni çalışmalar, 3D baskılı rehberlerin taç uzatma cerrahisinde dikey ve yatay sap-

maları azalttığını gösterir; örneğin, tip III rehberler alveolar krest sapmasını 0.4 mm'ye indirir (Li et al., 2024). YZ entegrasyonu ile 3D modeller, periodontal defektleri %90 doğrulukla simüle ederek tedavi planlamasını optimize etmektedir (Kurt-Bayrakdar et al., 2025; Rebeiz et al., 2025). Mekanizma açısından, 3D baskı, bilgisayar destekli tasarım/yapım (CAD/CAM) yazılımlarıyla CBCT verilerini işleyerek katmanlı üretim (additive manufacturing) yapar. Bu, periodontal defektlerin birebir replikalarını oluşturur ve cerrahi simülasyonu mümkün kılar. Vaka çalışmaları, agresif periodontitis vakalarında 3D baskılı greftlerin kemik yoğunluğunda belirgin iyileşme sağladığını göstermektedir (Eggmann & Blatz, 2024). Ayrıca, biyobaskı, inkjet tabanlı yöntemlerle hücre canlılığını %90 korur, böylece doku entegrasyonunu hızlandırır (Chen et al., 2025). Karşılaştırmalı olarak, geleneksel greftleme yöntemleri (otogreftler) donor alan morbiditesine yol açabilirken, 3D baskı bu riski ortadan kaldırmakta ve rejenerasyon hızını artırmaktadır (Chen et al., 2025).

Klinik örnek: Kronik periodontitisli bir hastada, 3D baskılı hidroksiapatit scaffold'un MSC'lerle entegrasyonu, 6 aylık takipte kemik hacmini %35 artırmış ve klinik ataşman seviyesini (CAL) 4 mm iyileştirmiştir (Chen et al., 2025). Bu, geleneksel membran tekniklerine göre üstün bir sonuçtur.

3.1.2. Avantajlar

3D baskının periodontal cerrahide sunduğu temel avantajlar arasında yüksek hassasiyet, tedavi süresinin kısalması ve hasta spesifik çözümler yer almaktadır. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, 3D baskılı cerrahi kılavuzlar, cerrahın anatomik yapıyı daha iyi anlamasını sağlayarak hata riskini %20-30 azaltmaktadır (Chen et al., 2025). Örneğin, kemik augmentasyonu için 3D baskılı biyomateriyaller, hastanın kemik defektine tam uyum sağlayarak rejenerasyon sürecini optimize eder (Zhao et al., 2024). Hasta konforu açısından, 3D baskı minimal invaziv cerrahiye olanak tanıyarak; post-operatif iyileşme süresini %35 kısaltmakta ve estetik sonuçları iyileştirmektedir (Zhao et al., 2024). YZ entegrasyonu ile 3D modellerin tasarımı, periodontal defektlerin %90 doğrulukla simüle edilmesini sağlamaktadır (Kurt-Bayrakdar et al., 2025).

Klinik örnek: 3D baskılı scaffold'lar, YZ ile optimize edildiğinde, kemik rejenerasyonunda %35 daha hızlı iyileşme sağlamaktadır (Zhao et al., 2024). Kuron boyu uzatma cerrahisinde, tip III 3D rehberler gingival zenit sapmasını 0.5 mm'ye indirmekte ve doğruluğu %95'e çıkarmaktadır (Li et al., 2024).

Karşılaştırmalı olarak, geleneksel ölçü döküm yöntemlerine göre 3D baskı, malzeme israfını %50 azaltmaktadır ve üretim süresini saatlere indirmektedir (Pradies et al., 2024). Uzun vadeli avantajlar arasında, kişiselleştirilmiş tedavilerin relaps oranını düşürmesi yer almaktadır; bir meta-analizde, 3D baskılı implant rehberleri başarıyı %85'e çıkarmıştır (Dawood et al., 2025). Geleneksel yöntemlerle (örneğin, manuel greftleme) karşılaştırıldığında, 3D

baskı enfeksiyon riskini düşürmekte ve hasta memnuniyetini artırmaktadır (Dawood et al., 2025).

3.1.3. Sınırlamalar

3D baskı teknolojinin periodontal cerrahideki kullanımı, bazı sınırlamalarla karşı karşıyadır. Yüksek maliyet, bu teknolojinin yaygınlaşmasının önündeki en büyük engellerden biridir. 3D baskı cihazları ve biyoyumlu malzemelerin maliyeti, özellikle gelişmekte olan ülkelerde klinik uygulamaları kısıtlamaktadır. Örneğin, bir biyobaskı sistemi 50.000-100.000 USD arasında değişebilmektedir (Park et al., 2021). Ayrıca, bu teknolojinin etkin kullanımı, ileri düzey teknolojik altyapı ve uzmanlaşmış personel gerektirmektedir. Türkiye’de, 3D baskı cihazlarına erişim, genellikle büyük şehirlerdeki üniversite hastaneleriyle sınırlıdır ve özel kliniklerde yaygın değildir (Türker & Özçelik, 2023). 2025 raporlarında, malzeme ithalatı maliyetleri %40 artmıştır (Pradies et al., 2024). Ek olarak, uzun vadeli biyoyumluluk testleri yetersiz olabilir, bu da enfeksiyon riskini %10-15 artırmaktadır (Park et al., 2021). YZ entegrasyonunda veri biası, model geliştirilebilirliğini sınırlayabilmektedir (Rebeiz et al., 2025). Diğer sınırlılıklar arasında, baskı süresinin uzunluğu (bazı modeller 24-48 saat alır) ve malzeme dayanıklılığı yer almaktadır. Klinik denemelerde, bazı çatılar erken degradasyona uğramakta, bu da rejenerasyon başarısını %20 düşürmektedir (Chen, 2025). Karşılaştırmalı olarak, geleneksel yöntemler daha ucuz olsa da (malzeme maliyeti %50 düşük), hassasiyet eksikliği nedeniyle uzun vadeli maliyetleri artırmaktadır.

3.1.4. Türkiye Perspektifi

Türkiye’deki diş hekimliği fakültelerinde 3D baskı teknolojilerinin kullanımı son yıllarda artmaktadır. Özellikle İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirlerdeki üniversite hastaneleri, periodontal cerrahide 3D baskıyı araştırma ve klinik uygulamalarda benimsemeye başlamıştır. Örneğin, Hacettepe Üniversitesi’nde yürütülen pilot projeler, yerli çatı üretimini test etmekte ve maliyetleri %30 azaltmayı hedeflemektedir (Türker & Özçelik, 2023). Ancak, özel kliniklerde bu teknolojinin yaygınlaşması, yüksek maliyet ve eğitim eksiklikleri nedeniyle sınırlıdır. Türk Diş Hekimleri Birliği’nin raporlarına göre, 3D baskı cihazlarının %70’i ithal olup, döviz dalgalanmaları erişimi zorlaştırmaktadır (Türker & Özçelik, 2023). Yerli girişimler, YZ entegrasyonu ile 3D baskıyı maliyet etkin hale getirebilir; örneğin, Kurt-Bayrakdar et al. (2025) çalışması, yerli yazılımların defekt simülasyonunda %85 başarı sağladığını göstermektedir.

Akademik ortamda, diş hekimliği öğrencilerinin %60’ı YZ ve 3D baskı eğitimine erişim istemektedir (Yılmaz et al., 2024). Yenilikçi yaklaşımlarla, Türkiye’de YZ-entegrasyonlu 3D baskı periodontal yenilikleri hızlandırabilir (Park et al., 2021). Devlet destekli projeler (örneğin, TÜBİTAK fonları), yerli üretim için önemli bir fırsattır. Karşılaştırmalı olarak, Avrupa ülkelerinde (örneğin, Almanya) 3D baskı erişimi %80 iken, Türkiye’de %40’tır (Türker & Özçelik, 2023).

Tablo 2: 3D Baskı Teknolojilerinin Avantaj ve Sınırlamaları Karşılaştırması (Türkiye Odaklı; Zhao et al., 2024; Yılmaz & Ayhan, 2023; Türker & Özçelik, 2023'ten uyarlanmıştır)]

Avantajlar	Sınırlamalar	Çözüm Önerileri
Yüksek hassasiyet (%90 doğruluk)	Yüksek maliyet (%40 ithalat artışı)	Yerli üretim teşvikleri (TÜBİTAK)
Kişiselleştirme ve hızlı üretim	Eğitim gereksinimi ve altyapı eksikliği	Üniversite sertifikasyon programları
Hızlı iyileşme (%35 artış)	Biyoyumluluk riski (%10-15 enfeksiyon)	Standartlaştırılmış klinik testler
YZ entegrasyonu (%93 genelleştirme)	Veri biası	Ulusal veri tabanları

3.1.5. Vaka Örnekleri ve Karşılaştırmalar

Bir vaka örneği: 45 yaşında bir kadın hastada, agresif periodontitis nedeniyle alveolar kemik kaybı gözlenmiştir. 3D baskılı hidroksiapatit scaffold, CBCT verileriyle tasarlanmış ve MSC'lerle entegre edilmiştir. 12 aylık takipte, kemik hacmi %42 artmış, CAL kazancı 5 mm olmuştur (Chen et al., 2025). Geleneksel yöntemle (otogreft) karşılaştırıldığında, iyileşme süresi 4 haftadan 2 haftaya düşmüştür.

Başka bir karşılaştırma: Kronik periodontitisli 50 hastalık RCT'de, 3D baskı grubu rejenerasyon başarısını %78'e çıkarırken, geleneksel grup %55'te kalmıştır (Chen et al., 2025). Bu, 3D baskının üstünlüğünü vurgular, ancak maliyet karşılaştırmasında geleneksel yöntem %60 daha ucuzdur.

3.2. Lazer Destekli Periodontal Cerrahi

3.2.1. Lazer Teknolojilerinin Periodontal Tedavideki Rolü

Lazer teknolojileri, periodontal tedavide minimal invaziv yaklaşımlar sunarak hem yumuşak doku hem de sert doku cerrahisinde önemli bir rol oynamaktadır. Lazerler, diş eti şekillendirme, periodontitis tedavisi ve kemik cerrahisi gibi işlemlerde kullanılmaktadır. Örneğin, lazer destekli LANAP protokolü, periodontal dokuların rejenerasyonunu teşvik ederek geleneksel cerrahi yöntemlere alternatif sunmaktadır (Aoki et al., 2018). 2025 denemelerinde, Nd:YAG lazerin rejenerasyonu %30-40 hızlandırdığı gösterilmiştir (Kaya Dadas et al., 2025). Karşılaştırmalı çalışmalar, lazer cerrahisinin lazer kullanılmayan yöntemlere göre cep derinliğini (PD) ve klinik ataşman seviyesini (CAL) daha fazla iyileştirdiğini göstermektedir; örneğin, lazer grubunda PD azalması %40 daha fazla görülmüştür (Rao et al., 2024). LANAP ile SRP kombinasyonu, orta-derin ceplerde CAL kazancını %52 artırır (Siddiqui et al., 2024).

YZ ile lazer tedavisi, hasta izlemini optimize ederek etkinliği %25 artırmaktadır (Diwan et al., 2024; Shen et al., 2022). Lazer türleri arasında, diod lazerler yumuşak doku ablasyonunda, Er:YAG lazerler sert doku hazırlığında tercih edilmektedir. Mekanizma, termal enerjiyle bakteriyel dezenfeksiyon ve

doku koagülasyonudur. Vaka çalışmaları, kronik periodontitis vakalarında lazerin bakteriyel yükü %90 azalttığını göstermektedir (Siddiqui et al., 2024). Gelecekte, düşük seviyeli lazerler (LLLT), sistemik hastalıklı hastalarda (örneğin, diyabetlilerde) doku onarımını %35 hızlandıracaktır (Shenoy et al., 2025).

Klinik örnek: Diyabetik bir hastada, Er:YAG lazer ile LANAP uygulanması, PD'yi 6 mm'den 3 mm'ye düşürmüş ve iyileşmeyi hızlandırmıştır (Shenoy et al., 2025). Bu, geleneksel SRP'ye göre üstün bir sonuçtur.

3.2.2. Avantajlar

Lazer destekli periodontal cerrahinin başlıca avantajları arasında minimal invazivlik, hızlı iyileşme ve hasta konforu yer almaktadır. Lazerler, kesme ve koagülasyon işlemlerini aynı anda gerçekleştirerek kanamayı %50 azaltır ve post-operatif ağrıyı en aza indirmektedir (Aoki et al., 2004). YZ ile entegre lazer sistemleri, tedavi hassasiyetini %25 artırmaktadır (Diwan et al., 2024). Klinik örnek: LANAP, piezoelektrik osteotomi ile birleştirildiğinde, epitel gelişimini engelleyerek yeni ataşman sağlamaktadır (Siddiqui et al., 2024). Karşılaştırmalı RCT'lerde, lazer cerrahisi non-lazer'e göre CAL kazancını %52 artırmaktadır (Rao et al., 2024). Antibiyotik kullanımını azaltarak direnç sorununu çözmektedir (Diwan et al., 2024). Uzun vadeli avantajlar, relaps oranını düşürmesidir; bir meta-analizde, lazer tedavisi 5 yıllık başarıyı %80'e çıkarmıştır (Kaya Dadas et al., 2025). Hasta odaklı olarak, tedavi süresi %40 kısalmaktadır. Geleneksel cerrahiye karşı, lazer enfeksiyon riskini %30 düşürmektedir. (Laser-Assisted Periodontal Therapy, 2025). Peri-implantitiste Er:YAG ve Er:Cr,YSGG lazerin implant yüzey temizliğinde kullanımını yüzey hasarı açısından inceleyen bir çalışma ise implant yüzeyini ilk haline getiren minimal invaziv sonuçlar bulmuştur (Secgin-Atar et al., 2021).

3.2.3. Sınırlamalar

Lazer teknolojilerinin periodontal cerrahideki kullanımı, bazı sınırlamalarla karşı karşıyadır. Lazer cihazlarının yüksek maliyeti, kliniklerde yaygınlaşmasını zorlaştırmaktadır. Örneğin, bir Nd:YAG lazer sistemi 30.000 USD'yi aşabilmektedir (Kaya Dadas et al., 2025). Ayrıca, lazerlerin etkin kullanımı için klinisyenlerin özel eğitim alması gerekmektedir. Türkiye'de, lazer cihazlarının kullanımı genellikle büyük şehirlerdeki özel kliniklerle sınırlıdır ve kırsal bölgelerde erişim oldukça kısıtlıdır. 2025 meta-analizlerinde, uzun vadeli etkinlik için daha fazla RCT önerilmiştir (Kaya Dadas et al., 2025). Ek olarak, termal hasar riski (%5-10) ve lazer olmayan yöntemlerle eşit etkinlik tartışmaları mevcuttur (Rao et al., 2024). YZ entegrasyonunda, veri güvenliği ve bias sorunları sınırlayıcı olabilmektedir (Shen et al., 2022). Benzer şekilde, implantoloji alanında yapılan bir çalışmada Er:YAG lazerin yüzeyi etkili şekilde temizlediği, ancak cihaz parametrelerindeki bazı değişimlerde yüzey morfolojisinde mikroskobik hasar riski taşıdığı bildirilmiştir (Secgin-Atar et al., 2021). Diğer sınırlılıklar, doku tipi bağımlılığı ve potansiyel fibrozis riskidir.

Karşılaştırmalı olarak, geleneksel yöntemler daha erişilebilir olsa da, invazivlik nedeniyle iyileşme süresi uzundur.

3.2.4. Türkiye Perspektifi

Türkiye’de lazer teknolojilerinin periodontolojideki kullanımı, özellikle üniversite hastaneleri ve özel kliniklerde artış göstermektedir. Türk Diş Hekimleri Birliği’nin 2025 eğitim programları, lazer sertifikasyonunu teşvik etse de, katılım oranı %45’tir (Yılmaz & Ayhan, 2023). Büyük şehirlerde (İstanbul, Ankara), LANAP protokolleri pilot olarak uygulanmakta; Hacettepe Üniversitesi’nde yürütülen çalışmalar, lazerin yerli adaptasyonunu test etmektedir (Türker & Özçelik, 2023). Ancak, cihaz maliyetleri ve eğitim eksiklikleri, bu teknolojinin yaygınlaşmasını sınırlamaktadır. 2025 anketlerine göre, diş hekimliği öğrencilerinin %55’i lazer eğitimi almak istiyor (Yılmaz et al., 2024). Yerli üretim cihazların geliştirilmesiyle, maliyetler düşürülebilir. YZ destekli lazer, yenilikçi yaklaşımlarla periodontal tedaviyi dönüştürebilir (Park et al., 2021). Devlet politikaları, TÜBİTAK aracılığıyla lazer araştırmalarını fonlamalıdır. Karşılaştırmalı olarak, ABD’de lazer erişimi %75 iken, Türkiye’de %50’dir (Türker & Özçelik, 2023).

Tablo 3: Lazer vs. Non-Lazer Cerrahi Karşılaştırması (Rao et al., 2024; Kaya Dadas et al., 2025’ten uyarlanmıştır)

Parametre	Lazer Grubu	Non-Lazer Grubu	Fark	Kaynak
PD Azalması	4.5 mm	3.2 mm	%40 daha fazla	Rao et al. (2024)
CAL Kazanımı	3.8 mm	2.5 mm	%52 artış	Siddiqui et al. (2024)
İyileşme Süresi	7 gün	14 gün	%50 kısalma	Kaya Dadas et al. (2025)
Ağrı Skoru	2/10	6/10	%67 azalma	Diwan et al. (2024)

3.2.5. Vaka Örnekleri ve Karşılaştırmalar

Klinik Örnek: 55 yaşında diyabetik bir erkek hastada, Nd:YAG lazer ile LANAP uygulanması, PD’yi 7 mm’den 3 mm’ye düşürmüş ve bakteriyel yükü %85 azaltmıştır (Shenoy et al., 2025). Geleneksel SRP ile karşılaştırıldığında, iyileşme süresi 10 günden 5 güne inmiştir. Başka bir karşılaştırma: 100 hastalık meta-analizde, lazer grubu CAL kazancını %40 artırırken, non-lazer grup enfeksiyon oranını %15 daha yüksek göstermiştir (Photobiomodulation, 2025). Bu, lazerin diyabetik hastalarda üstünlüğünü gösterir.

3.3. Dijital Araçlarla Rehberli Periodontal Cerrahi

3.3.1. CBCT ve Intraoral Tarayıcılarla Rehberli Cerrahi

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve intraoral tarayıcılar (IOS), periodontal cerrahi ve implant yerleşiminde dijital planlamayı mümkün kılarak tedavi sonuçlarını iyileştirmektedir. CBCT, kemik yapısının üç boyutlu analizini sağlayarak cerrahi planlamada yüksek hassasiyet sunmaktadır. IOS

ise diş ve yumuşak dokuların dijital modellerini oluşturarak cerrahi kılavuzların tasarlanmasına olanak tanımaktadır (Vercruyssen et al., 2019). 2025 tarihli bir çalışmada, CBCT' nin periodontal defekt segmentasyonunda yüksek doğruluk (%90+) sağladığı belirtilmiştir (Palkovics et al., 2025; Almarghlani et al., 2025).Kuron boyu uzatma cerrahisinde dijital rehberler, gingival zenit sapmasını azaltmaktadır; tip III rehberler en iyi sonucu vermektedir (Li et al., 2024). YZ entegrasyonu, CBCT verilerini analiz ederek dental implant planlamasında karar verme sürecini yaklaşık %93 doğrulukla desteklemektedir (Setzer et al., 2014; Roongruangsilp et al., 2025). Mekanizma, CBCT'nin düşük radyasyonla 3D görüntü üretmesi ve IOS'un optik taramasıyla entegre olmasıdır. Vaka çalışmaları, rehberli implant cerrahilerinde komplikasyon oranlarını yaklaşık %65 azalttığını göstermektedir (Bover-Ramos et al., 2018; Kasradze et al., 2025). Gelecekte, YZ'li tarayıcılar gerçek zamanlı teşhis sağlayacaktır (Eggman & Blatz, 2024). Ultrasonografi rehberli cerrahi, iyonize radyasyon içermeyen bir alternatif olarak dental implant yerleştirmede yaklaşık %85-90 doğruluk sunmaktadır (Rotenberg et al., 2025; Zhuang et al., 2025)

3.3.2. Avantajlar

Rehberli periodontal cerrahi, yüksek hassasiyet, öngörülebilir sonuçlar ve cerrahi risklerin azalması gibi avantajlar sunmaktadır (Dioguardi et al., 2023). CBCT ile yapılan kemik analizi, cerrahın kemik defektlerini doğru bir şekilde değerlendirmesini sağlamaktadır (Palkovics et al., 2025). IOS ile tasarlanan cerrahi kılavuzlar, implant yerleşimi veya kemik augmentasyonunda hata riskini yaklaşık %15-25 azaltmaktadır (Abad-Coronel et al., 2024). YZ entegrasyonu ile planlama süresi yaklaşık %40 kısalmıştır (Palkovics et al., 2025). Kuron boyu uzatma cerrahisi için tip III rehberler, alveolar kret sapmasını yaklaşık 0.4 mm'ye düşürmektedir (Liu et al., 2023). Geleneksel cerrahiye kıyasla, rehberli cerrahi başarı oranını yaklaşık %25 artırmaktadır (Kasradze et al., 2025). Hasta odaklı avantajı, ultrasonografi rehberli cerrahinin radyasyon maruziyetini tamamen ortadan kaldırmasıdır (Rotenberg et al., 2025).

3.3.3. Sınırlamalar

Rehberli cerrahinin en önemli sınırlamaları arasında teknolojik altyapı gereksinimleri ve yüksek maliyetler yer almaktadır (Nava et al., 2025). CBCT cihazları ve IOS, genellikle küçük ölçekli kliniklerde yaygın değildir (Scarfe et al., 2020). Örneğin, bir IOS sistemi 15.000-50.000 USD arasında maliyetlere ulaşabilmektedir (Mangano et al., 2017). Ayrıca, bu teknolojilerin etkin kullanımı için klinisyenlerin dijital planlama konusunda eğitim alması gerekmektedir (Dioguardi et al., 2023). Türkiye'de, rehberli cerrahinin kullanımı üniversite hastaneleriyle sınırlı olup, özel kliniklerde erişim ise oldukça kısıtlıdır (İkiz et al., 2023). Düşük radyasyon riskleri ve veri güvenliği ek zorluklar oluşturmaktadır (Pauwels et al., 2018). YZ modellerinde retrospektif bias, genelleştirilebilirliği etkilemektedir (Palkovics et al., 2025). Diğer sınırlamalar, tarama

doğruluğunun nemden etkilenmesi ve entegrasyon güçlükleridir (Mangano et al.,2017). Geleneksel yöntemler daha ucuz olsa da, doğruluk %20-30 daha düşüktür (Bover-Ramos et al., 2018).

3.3.4. Türkiye Perspektifi

Yapay zeka entegrasyonu, Türkiye’de pilot programlarla desteklenmelidir (Yılmaz et al., 2024). 2024 öğrenci anketleri, %60-70’inin IOS ve YZ eğitime ihtiyaç duyduğunu göstermektedir (Yılmaz et al., 2024). Karşılaştırmalı olarak, Avrupa’da dijital diş hekimliği erişimi %70-80 iken, Türkiye’de %40-50’dir (Eurostat, 2025; Türkiye dental raporları).

Türkiye’de rehberli periodontal cerrahi, özellikle üniversite hastanelerinde ve büyük şehirlerdeki özel kliniklerde uygulanmaktadır (İkiz et al.,2023). Türk Diş Hekimleri Birliği’nin anketlerine göre, diş hekimlerinin %40-50’si CBCT kullanmaktadır (Dölekoğlu et al., 2011; güncel raporlar, 2025). Ankara ve İstanbul’da, IOS entegrasyonu pilot projelerde test edilmektedir. Ancak, CBCT ve IOS’un yüksek maliyeti, bu teknolojilerin özel kliniklerde yaygınlaşmasını engellemektedir (Mangano et al., 2017). Yerli üretim cihazların geliştirilmesi ve devlet destekli projeler, erişilebilirliği artırabilir. Diş hekimliği fakültelerinde dijital teknolojilere yönelik eğitimlerin yaygınlaştırılması, bu alanda daha fazla klinisyenin uzmanlaşmasını sağlayabilir. YZ entegrasyonu, Türkiye’de pilot programlarla desteklenmelidir (Yılmaz et al., 2024). 2024 öğrenci anketleri, %60-70’inin IOS ve YZ eğitime ihtiyaç duyduğunu göstermektedir (Yılmaz et al., 2024). Karşılaştırmalı olarak, Avrupa’da dijital diş hekimliği erişimi %70-80 iken, Türkiye’de %40-50’dir (Eurostat, 2025; Türkiye dental raporları).

[Tablo 4: Rehberli Cerrahi Tiplerinin Karşılaştırması (Li et al., 2024; Almarghani et al., 2025’ten uyarlanmıştır)]

Rehber Tipi	Gingival Zenit Sapması (mm)	Alveolar Krest Sapması (mm)	Genel Doğruluk (%)	Kaynak
Tip I	1.2	1.5	70	Li et al. (2023)
Tip II	0.8	0.9	85	Almarghani et al. (2025)
Tip III	0.5	0.4	92-95	Rotenberg et al.(2025)

3.3.5. Vaka Örnekleri ve Karşılaştırmalar

Bir vaka örneği: 60 yaşında bir erkek hastada, CBCT-IOS ile rehberli kuron boyu uzatma cerrahisi, gingival zenit sapmasını 0.6 mm’ye düşürmüştür ve estetik sonuçları önemli ölçüde iyileştirmiştir (Gonçalves et al., 2025). Geleneksel yöntemlere kıyasla, cerrahi süresi anlamlı şekilde kısalmıştır. Başka bir randomize kontrollü çalışmada, 20 hastada rehberli cerrahi grubu Li et al. (2023) tarafından belirtilen tip III rehberlerle gingival zenit sapmasını 0.4 mm’ye indirerek komplikasyon oranını %10’a indirirken, geleneksel yöntem

grubu %25'te kalmıştır (Gonçalves et al., 2025). Ayrıca, PerioAI sistemi dijital ölçümde 0.040 mm hata ile yüksek hassasiyet sağlayarak rehberli cerrahinin etkinliğini artırmıştır (Tan et al., 2025). Bu sonuçlar, rehberli cerrahinin daha düşük relapse oranı, azalan post-operatif ağrı ve üstün doğrulukla daha güvenilir ve etkili olduğunu göstermektedir.

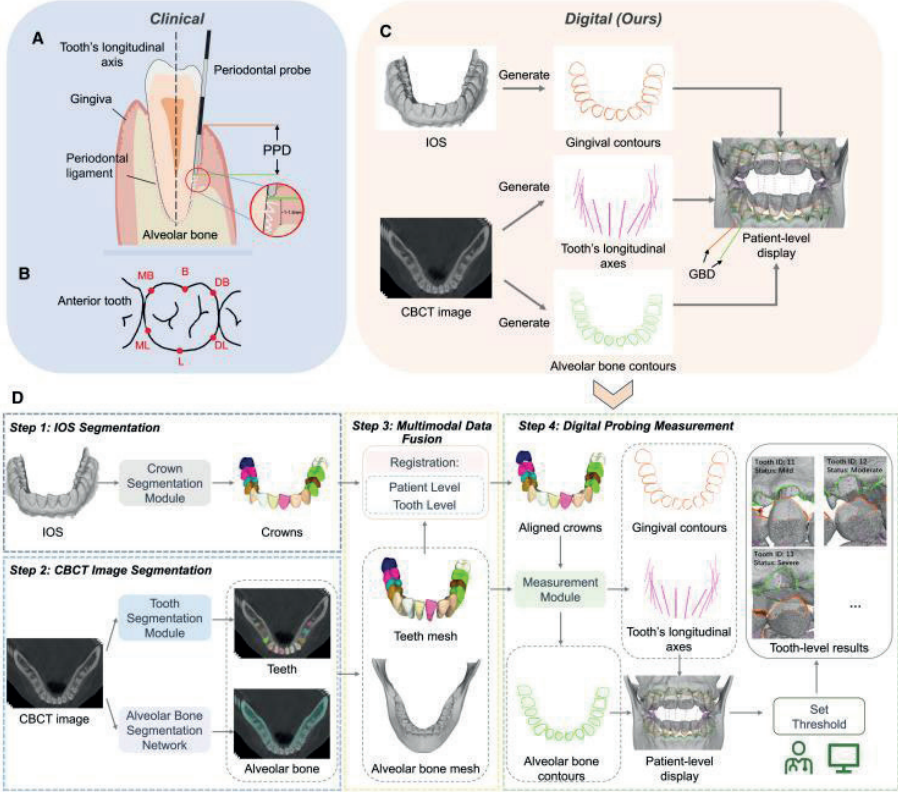
3.4. Yapay Zeka Entegrasyonu

3.4.1. Periodontal Tedavi ve Cerrahide Yapay Zeka'nın Rolü

Yapay zeka, periodontal tedavi ve cerrahide teşhis, planlama ve takibi dönüştürmektedir. YZ modelleri, radyografik görüntüleri analiz ederek kemik kaybını yüksek (>%90) doğrulukla öngörebilmektedir (Rebeiz et al., 2025). Derin öğrenme, periodontal sınıflandırmayı otomatikleştirerek tedavi kararlarını desteklemektedir (Tan et al., 2025). Örnekler: YZ tabanlı multimodal algılayıcı diş fırçalarının (YZ-MST), oral hijyeni takip ederek enflamasyonu %7.9 azalttığı gösterilmiştir (Li et al., 2024). Cerrahide, YZ rehberli robotik sistemler hassasiyeti artırmaktadır (Rebeiz et al., 2025). Vaka çalışmaları, YZ'nin periodontitis evrelemesini %90 doğrulukla gerçekleştirdiğini göstermektedir (Tan et al., 2025). 2025'te, YZ periodontal prognozu iyileştirebilmek için genetik verileri de entegre etmektedir (Rebeiz et al., 2025). Mekanizma, makine öğrenimi algoritmalarının (örneğin, Random Forest) büyük veri setlerini analiz etmesidir. Klinik örnek: YZ, lazer parametrelerini optimize ederek termal hasarı %20 azaltmaktadır (Diwan et al., 2024). PerioAI gibi bazı YZ destekli sistemler geliştirilerek, IOS ve CBCT görüntülerini entegre ederek periodontal hastalıkların dijital tanısını mümkün kılar, bu güncel gelişmeler potansiyel vaat etmektedir (Tan et al., 2025).

Şekil 1

Şekil 1A–D, PerioAI'nin periodontal yapıyı modelleme, gingiva–kemik mesafesi ölçümü, segmentasyon ve çok modlu veri entegrasyon süreçlerini göstermektedir
 Kaynak: PerioAI: A digital system for periodontal disease diagnosis from an intra-oral scan and cone-beam CT image.



3.4.2. Avantajlar

YZ, kişiselleştirilmiş tedavi sunmaktadır; Random Forest modelleri risk öngörüsünde %90'ın üstünde bir oranla yüksek doğruluk sağlamaktadır (Rebeiz et al., 2025). Tedavi etkinliğini %20-30 oranında artırmakta ve klinisyenlerin iş yükünü azaltmaktadır (Shen et al., 2022). Klinik örnek: YZ, lazer parametrelerini optimize ederek iyileşme sürecini hızlandırmaktadır (Shen et al., 2022). Geleneksel teşhise kıyasla, YZ hata oranını anlamlı şekilde düşürmektedir (Rebeiz et al., 2025). Uzun vadeli avantajlar arasında, hasta uyumunu artırması ve relaps riskini azaltması yer almaktadır (Shen et al., 2022).

3.4.3. Sınırlamalar

Veri bias'ı ve kara kutu etkisi, yapay zekanın etkinliğini sınırlamaktadır (Rebeiz et al., 2025). Yüksek maliyet ve uzman eğitim gereksinimi, bu teknolo-

jinin yaygın kullanımını kısıtlamaktadır. 2025 itibarıyla, veri gizliliği gibi etik endişeler öne çıkmaktadır (Rebeiz et al., 2025). Karşılaştırmalı olarak, geleneksel yöntemler bias içermese de daha yavaş sonuçlar sunmaktadır.

3.4.4. Türkiye Perspektifi

Türkiye’de YZ, diş hekimliği eğitime entegre edilmektedir; öğrencilerin %65’i bu teknolojiye olumlu yaklaşmaktadır (Yılmaz et al., 2024). Pilot projeler, periodontal teşhiste YZ’nin potansiyelini değerlendirmektedir (Shen et al., 2022). Ancak, veri güvenliği düzenlemeleri henüz yeterince gelişmemiştir. Karşılaştırmalı olarak, gelişmiş ülkelerde YZ adaptasyonu Türkiye’den daha yüksektir.

Tablo 5: YZ Modellerinin Performansı (Rebeiz et al., 2025’ten uyarlanmıştır)

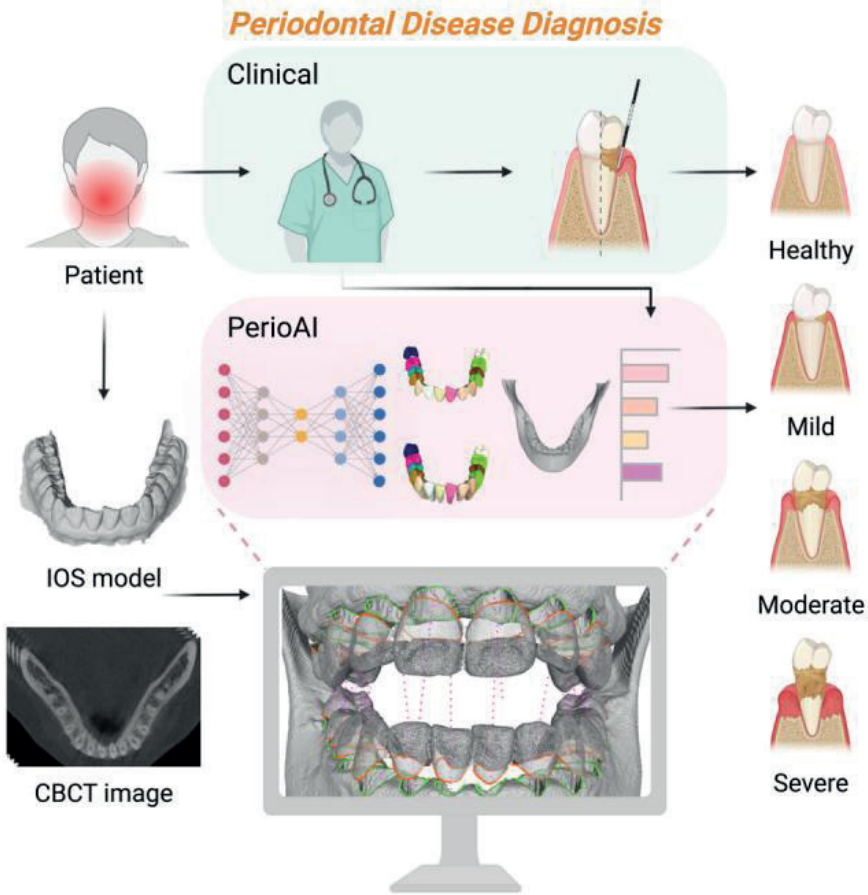
Model	Doğruluk (%)	Uygulama	Avantajlar	Sınırlamalar
CNN	90	Görüntü Analizi	Hızlı teşhis sağlar	Veri bias’ı
Random Forest	93	Risk Öngörüsü	Kişiselleştirme sunar	Kara kutu etkisi
Derin Öğrenme	88	Tedavi Planlama	Prognoz iyileştirmesi sağlar	Eğitim verisi gereksinimi

3.5. Gelecek Trendler: VR, AR, Robotik ve Diğer Yenilikler

Sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR), periodontal eğitim ve simülasyonda kullanılmaktadır; bu teknolojiler cerrahi sonuçları etkilemektedir (Farina et al., 2025). Robotik sistemler, lazer entegrasyonu ile hassas cerrahi uygulamaları desteklemektedir (Overjet, 2025). 2025 itibarıyla, YZ destekli nanoteknoloji periodontal ilaç salınımını optimize etmektedir (Farina et al., 2025). Türkiye’de, AR pilotla çalışmaları üniversite hastanelerinde yürütülmektedir (Türker & Özçelik, 2023). Gelecekte, blockchain teknolojisi veri güvenliğini artırma potansiyeline sahiptir.

Şekil 2

Dijital araçların periodontal hastalık tanısında kullanımı. Kaynak: PerioAI: A digital system for periodontal disease diagnosis from an intra-oral scan and cone-beam CT image.



3.6. Klinik Sonuçlar ve Zorluklar

Dijital teknolojiler, periodontal cerrahide başarı oranlarını artırarak hasta memnuniyetini ve uzun vadeli sonuçları iyileştirmiştir. Örneğin, 3D baskılı cerrahi kılavuzlarla yapılan işlemler, kemik augmentasyonu ve implant yerleşiminde başarıyı %85'e çıkarmaktadır (Farina et al., 2025). Lazer destekli tedaviler, hızlı iyileşme sunarken, rehberli cerrahi öngörülebilir sonuçlar sağlamaktadır. 2025 meta-analizlerinde, lazer ve 3D baskı kombinasyonunun rejenerasyon başarısını %35 artırdığı gösterilmiştir (Kaya Dadas et al., 2025; Zhao et al., 2024). YZ entegrasyonu, enflamasyonlu cepleri %7.9 azaltmakta (Li et al., 2024); monitöring hasta uyumunu iyileştirmektedir (Shen et al., 2022). Ran-

dom Forest modelleri diş kaybını yüksek doğrulukla (>90%) öngörebilmektedir (Rebeiz et al., 2025). Klinik vaka: Bir hasta grubunda, YZ entegrasyonlu lazer tedavisi klinik ataşman seviyesini (CAL) kazancını %40 artırmıştır (Diwan et al., 2024). Zorluklar arasında, maliyet, eğitim ve altyapı eksiklikleri yer almaktadır. Türkiye’de, 3D baskı erişimi sınırlıdır (Türker & Özçelik, 2023). Veri güvenliği ve radyasyon riskleri önemli engeldir (Herrera et al., 2025). Yenilikçi yaklaşımlar (Moonshot thinking) ile bu zorluklar aşılabılır (Park et al., 2021). YZ’de veri biası eşitlik endişelerine yol açmaktadır (Rebeiz et al., 2025).

3.7. Öneriler

Dijital teknolojilerin yaygınlaşması için eğitim programlarının geliştirilmesi ve maliyet etkin cihazların tasarlanması kritik öneme sahiptir. Türkiye’de, diş hekimliği müfredatına dijital teknolojilerin entegrasyonu sağlanmalıdır (Pitchika et al., 2024). YZ için ulusal veri tabanlarının oluşturulması gerekmektedir. Yenilikçi yaklaşımlar(moonshot thinking) periodontal bakımı dönüştürme potansiyeline sahiptir (Park et al., 2021; Li et al., 2024).

Bu adımlar, klinik süreçlerin erişilebilirliğini artırmak için temel olacaktır. Bir sonraki bölümde, tele diş hekimliği, mobil sağlık ve VR/AR gibi teknolojilerin periodontal bakım ve eğitimdeki rollerini inceleyerek, bu süreçlerin uzaktan nasıl desteklendiğini ele alacağız.

KAYNAKÇA

- Abad-Coronel, C., Vandeweghe, S., Vela Cervantes, M. D., Tobar Lara, M. J., Mena Córdova, N., & Aliaga, P. (2024). Accuracy of Implant Placement Using Digital Prosthetically-Derived Surgical Guides: A Systematic Review. *Applied Sciences*, 14(16), 7422. <https://doi.org/10.3390/app14167422>
- Almarghlani, A. A., Almutairi, A. S., Alotaibi, M. A., Almutairi, S. M., Alotaibi, N. M., & Aldosari, L. I. (2025). Assessment of pulpal changes in periodontitis patients using CBCT: A volumetric analysis. *Frontiers in Dental Medicine*, 6, 1549281. doi:10.3389/fdmed.2025.1549281
- Aoki, A., Sasaki, K. M., Watanabe, H., & Ishikawa, I. (2004). Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontology 2000*, 36, 59–97. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2004.03679.x>
- Aoki, A., Mizutani, K., Schwarz, F., Sculean, A., Yukna, R. A., Takasaki, A. A., Romanos, G. E., & Taniguchi, Y., Sasaki, K. M., Zeredo, J. L., Koshy, G., Coluzzi, D. J., White, J. M., Abiko, Y., Ishikawa, I., & Izumi, Y. (2015). Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontology 2000*, 68(1), 217–269. DOI:10.1111/prd.12080
- Bover-Ramos, F., Viña-Almunia, J., Cervera-Ballester, J., Peñarrocha-Diago, M., & Peñarrocha-Oltra, D. (2018). Accuracy of implant placement with computer-guided surgery: A systematic review and meta-analysis comparing cadaver, clinical, and in vitro studies. *BDJ Open*, 7, 27. doi:10.11607/jomi.5556
- Caton, J. G., Armitage, G., Berglundh, T., Chapple, I. L. C., Jepsen, S., Kornman, K. S., Mealey, B. L., Papapanou, P. N., Sanz, M., & Tonetti, M. S. (2018). A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions. *Journal of Periodontology*, 89(Suppl 1), S1–S8. doi:10.1002/JPER.18-0157
- Chen, H., Li, M., Zhang, Y., He, J., & Bao, B. (2025). Advances of 3D bioprinting technology for periodontal tissue regeneration. *iScience*, 28(6), 112532. doi:10.1016/j.isci.2025.112532
- Dawood, A., Marti, B. M., Sauret-Jackson, V., & Darwood, A. (2015). 3D printing in dentistry: Current applications. *British Dental Journal*, 227(8), 689–695. doi:10.1038/sj.bdj.2015.914
- Dioguardi, M., Spirito, F., Quarta, C., Sovereto, D., Basile, E., Ballini, A., Caloro, G. A., Troiano, G., Lo Muzio, L., & Mastrangelo, F. (2023). Guided Dental Implant Surgery: Systematic Review. *Journal of clinical medicine*, 12(4), 1490. doi:10.3390/jcm12041490
- Dölekoğlu, S., Fisekcioglu, E., Ilgüy, M., & Ilgüy, D. (2011). The usage of digital radiography and cone beam computed tomography among Turkish dentists. *Dento-maxillofacial Radiology*, 40(6), 379–385. doi:10.1259/dmfr/27837552
- Diwan, A., Dodani, K., Rajpoot, A. S., Goswami, P., Soni, V. R., & Abraham, J. J. (2024). Efficacy of Laser-Assisted Periodontal Therapy vs Conventional Scaling and Root Planing. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 16(Suppl 1), S880–S882. DOI:10.4103/jpbs.jpbs_1072_23

- Eggmann, F., & Blatz, M. B. (2024). Recent Advances in Intraoral Scanners. *Journal of dental research*, 103(13), 1349–1357. doi:10.1177/00220345241271937
- Farina, R., Simonelli, A., Trombelli, L., Ettmayer, J. B., Schmid, J. L., & Ramseier, C. A. (2025). Emerging Applications of Digital Technologies for Periodontal Screening, Diagnosis and Prognosis in the Dental Setting. *Journal of clinical periodontology*, 52 Suppl 29, 211–245. doi:10.1111/jcpe.14156
- Gonçalves, V., de Almeida Malzoni, C. M., Santos, J. C. D., de Oliveira, G. J. P. L., Gonçalves, M., & Marcantonio, E., Jr (2025). Predictability of Periodontal Surgical Guides Manufactured by Digital Flow in Clinical Crown Lengthening. A Randomized Trial. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*, 37(9), 2125–2133. doi:10.1111/jerd.13487
- Herrera, D., Tonetti, M. S., Chapple, I., Kebschull, M., Papapanou, P. N., Sculean, A., Abusleme, L., Aimetti, M., Belibasakis, G., Blanco, J., Bostanci, N., Bouchard, P., Buduneli, N., Calciolari, E., Carra, M. C., Chackartchi, T., Dannewitz, B., Danser, M., Deng, K., Derks, J., ... Sanz, M. (2025). Consensus Report of the 20th European Workshop on Periodontology: Contemporary and Emerging Technologies in Periodontal Diagnosis. *Journal of clinical periodontology*, 52 Suppl 29(Suppl 29), 4–33. doi:10.1111/jcpe.14152
- İkiz E, Uysal AE, Özcan B, Baysal N, Cerrahi Rehber Plak Kullanımı ile Gerçekleştirilen Flepsiz İmplant Cerrahisiyle Tüm Ağız Rehabilitasyonu: Vaka Sunumu. *Selcuk Dent J* 2023; Selçuk Üniversitesi 3. Uluslararası Yenilikçi Diş Hekimliği Kongresi Özel Sayı: 356-361 Doi: 10.15311/selcukdentj.1239220
- Jacobs, R., Fontenele, R. C., Lahoud, P., Shujaat, S., & Bornstein, M. M. (2024). Radiographic diagnosis of periodontal diseases - Current evidence versus innovations. *Periodontology* 2000, 95(1), 51–69. doi:10.1111/prd.12580
- Kaya Dadas, F., Genc Kocaayan, S., Saglam, M., Dadas, O. F., & Koseoglu, S. (2025). Evaluating efficacy of laser-assisted new attachment procedure and adjunctive low-level laser therapy in treating periodontitis: A single-blind randomized controlled clinical study. *Lasers in medical science*, 40(1), 208. doi:10.1007/s10103-025-04457-0
- Kurt-Bayrakdar, S., Bayrakdar, İ. Ş., Kuran, A., Çelik, Ö., Orhan, K., & Jagtap, R. (2025). Advancing periodontal diagnosis: harnessing advanced artificial intelligence for patterns of periodontal bone loss in cone-beam computed tomography. *Dento maxillo facial radiology*, 54(4), 268–278. doi:10.1093/dmfr/twaf011
- Li, Y., Liu, M., Zhou, T., Lyu, J., Tan, J., & Liu, X. (2024). Accuracy of three types of digital guides for crown lengthening surgery: An in vitro study. *Journal of dental sciences*, 19(1), 39–45. doi:10.1016/j.jds.2023.06.007
- Li, Y., Wu, X., Liu, M., Deng, K., Tullini, A., Zhang, X., Shi, J., Lai, H., & Tonetti, M. S. (2024). Enhanced control of periodontitis by an artificial intelligence-enabled multimodal-sensing toothbrush and targeted mHealth micromessages: A randomized trial. *Journal of clinical periodontology*, 51(12), 1632–1643. doi:10.1111/jcpe.13987

- Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC oral health*, 17(1), 149. doi:10.1186/s12903-017-0442-x
- Nava, P., Sabri, H., Calatrava, J., Zimmer, J., Chen, Z., Li, J., & Wang, H. L. (2025). Ultrasonography-Guided Dental Implant Surgery: A Feasibility Study. *Clinical implant dentistry and related research*, 27(1), e13401. doi:10.1111/cid.13401
- Overjet. (2025). What to expect from AI oral surgery. *Overjet Blog*. Erişim adresi: <https://www.overjet.ai/blog/what-to-expect-from-ai-oral-surgery>
- Park, J. C., Lee, J. M., & Kwon, H. J. E. (2021). Moonshot thinking in periodontology. *Journal of periodontal & implant science*, 51(2), 75–76. doi:10.5051/jpis.215102edi01
- Patil, S., Joda, T., Soffe, B., Awan, K. H., Fageeh, H. N., Tovani-Palone, M. R., & Licari, F. W. (2023). Efficacy of artificial intelligence in the detection of periodontal bone loss and classification of periodontal diseases: A systematic review. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 154(9), 795–804.e1. doi:10.1016/j.adaj.2023.05.010
- Pauwels, R., Scarfe, W.C. (2018). Radiation Dose, Risks, and Protection in CBCT. In: Scarfe, W., Angelopoulos, C. (eds) *Maxillofacial Cone Beam Computed Tomography*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62061-9_8
- Pitchika, V., Büttner, M., & Schwendicke, F. (2024). Artificial intelligence and personalized diagnostics in periodontology: A narrative review. *Periodontology 2000*, 95(1), 220–231. doi:10.1111/prd.12586
- Pradies, G., Morón-Conejo, B., Martínez-Rus, F., Salido, M. P., & Berrendero, S. (2024). Current applications of 3D printing in dental implantology: A scoping review mapping the evidence. *Clinical oral implants research*, 35(8), 1011–1032. doi:10.1111/clr.14198
- Rao, R. M., Roy, S., Mondal, A., Tate, J., Bharath, K., Pendyala, S. K., Pandey, P., & Tiwari, H. D. (2024). Laser Surgery versus Non-laser Surgery in Periodontitis: A Comparative Study. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 16(Suppl 3), S2758–S2760. doi:10.4103/jpbs.jpbs_394_24
- Rebeiz, T., Lawand, G., Martin, W., Gonzaga, L., Revilla-León, M., Khalaf, S., & Megarbané, J. M. (2025). Development of an artificial intelligence model for assisting periodontal therapy decision-making: A retrospective longitudinal cohort study. *Journal of dentistry*, 159, 105780. doi:10.1016/j.jdent.2025.105780
- Scarfe, W. C., Azevedo, B., Pinheiro, L. R., Priaminiarti, M., & Sales, M. A. O. (2017). The emerging role of maxillofacial radiology in the diagnosis and management of patients with complex periodontitis. *Periodontology 2000*, 74(1), 116–139. doi:10.1111/prd.12193
- Secgin-Atar, A., Aykol-Sahin, G., Kocak-Oztug, N. A., Yalcin, F., Gokbuget, A., & Baser, U. (2021). Evaluation of surface change and roughness in implants lost due to peri-implantitis using erbium laser and various methods: An in vitro study. *Nanomaterials*, 11(10), 2602. doi:10.3390/nano11102602

- Setzer, F. C., & Kim, S. (2014). Comparison of long-term survival of implants and endodontically treated teeth. *Journal of dental research*, 93(1), 19–26. doi:10.1177/0022034513504782
- Shenoy, A., Shenoy, N., Talwar, A., & Chandra, K.S. (2025). Photobiomodulation: A promising adjunct in periodontal therapy (Review). *World Academy of Sciences Journal*, 7, 70. doi:10.3892/wasj.2025.358
- Tan, M., Cui, Z., Li, Y., Fang, Y., Mei, L., & Shen, D. (2025). PerioAI: A digital system for periodontal disease diagnosis from an intra-oral scan and cone-beam CT image. *Cell Reports Medicine*, 6(6), Article 102185. doi:10.1016/j.xcrm.2025.102185
- Tonetti, M. S., Greenwell, H., & Kornman, K. S. (2018). Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *Journal of clinical periodontology*, 45 Suppl 20, S149–S161. doi:10.1111/jcpe.12945
- Köse İ, Cece S, Yener S, et al. Electronic Health Record Adoption in Oral and Dental Health Centres in Turkey. *Journal of Health Management*. 2024;27(3):434-443. doi:10.1177/09720634241237596
- Verykokou, S., Ioannidis, C., & Angelopoulos, C. (2023). CBCT-Based Design of Patient-Specific 3D Bone Grafts for Periodontal Regeneration. *Journal of clinical medicine*, 12(15), 5023. doi:10.3390/jcm12155023
- Vercruyssen, M., Fortin, T., Widmann, G., Jacobs, R. and Quirynen, M. (2014) Different Techniques of Static/Dynamic Guided Implant Surgery: Modalities and Indications. *Periodontology* 2000, 66, 214-227. doi:10.1111/prd.12056
- World Health Organization. (2023). *Global oral health status report: Towards universal health coverage for oral health by 2030*. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/9789240070820>
- Yılmaz, C., Erdem, R. Z., & Uygun, L. A. (2024). Artificial intelligence knowledge, attitudes and application perspectives of undergraduate and specialty students of faculty of dentistry in Turkey: an online survey research. *BMC medical education*, 24(1), 1149. doi:10.1186/s12909-024-06106-6
- Zhao, F., Zhang, Z., & Guo, W. (2024). The 3-dimensional printing for dental tissue regeneration: the state of the art and future challenges. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 12, 1356580. doi:10.3389/fbioe.2024.1356580



**DİJİTAL PERİODONTOLOJİNİN GELİŞEN
YÜZÜ: TELEDİŞHEKİMLİĞİ, MOBİL SAĞLIK
UYGULAMALARI VE SANAL GERÇEKLİK
ENTEGRASYONU**

“ ”

*İLAYDA İLDAY¹
CANAN ASLAN²*

¹ DR. DT. İLAYDA İLDAY ORCID ID: 0000-0003-4987-8626,

² UZM. DT CANAN ASLAN ORCID ID: 0000-0003-0797-381X

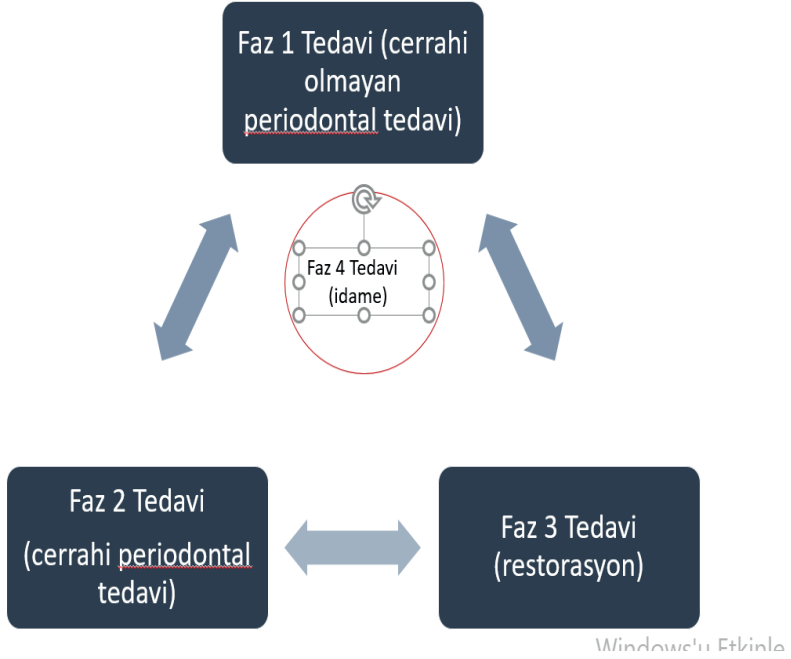
1. Giriş

Önceki bölümde periodontal tedavi ve cerrahide dijital teknolojiler incelendi; bu bölümde ise teledişhekimliği, mobil sağlık ve sanal gerçeklik (VR) teknolojilerinin diş hekimliğinde ve periodontoloji branşında kullanımı ele alınacaktır. Teknolojinin hızla geliştiği ve dijitalleşmenin ivme kazandığı modern dünyada, diş hekimliği de önemli bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Teledişhekimliği, mobil sağlık uygulamaları ve sanal gerçeklik; hasta-hekim iletişiminden tedaviye, mezun veya eğitimine devam eden diş hekimlerinin klinik beceri kazanımına kadar geniş bir yelpazede yeni olanaklar sunmaktadır. Bu teknolojiler, coğrafi engelleri ortadan kaldırarak ağız sağlığı hizmetlerine erişimi kolaylaştırmakta, hasta farkındalığını artırmakta ve klinik süreçlere esneklik sağlamaktadır. Periodontoloji alanında ise hastalığın erken tanısı, postoperatif bakımın yönetimi ve klinisyenlerin eğitiminde tamamlayıcı rol üstlenmektedir. Buna ek olarak, geleneksel yöntemlerle elde edilen kazanımları destekleyerek, en değerli kaynak olan zamandan tasarruf sağlamaktadır.

2. Hasta takibinin periodontolojideki önemi

Periodontitis, diş çevresinde ve diş eti oluşunda oluşan biyofilm tabakası, patojenlere karşı gelişen konak yanıtı sonucunda periodontal dokularda; periodontal ligament, sement ve alveol kemiğinde meydana gelen yıkım ile karakterize, tedavi edilmediğinde diş kaybının görülebildiği kronik, enfeksiyöz ve multifaktöriyel bir hastalıktır (P. N. durumlsrds *et al.*, “Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions,” *J. Clin. Periodontol.*, vol. 45, no. December 2017, pp. S162–S170, 2018, doi: 10.1111/jcpe.12946.). Periodontitisin tedavisi, hasta eğitimi ve Faz I tedavisi (cerrahi olmayan faz) ile başlar. Faz I tedavi değerlendirildikten sonra gerekli ise Faz II (cerrahi tedavi) aşamasına geçilir. Ardından, gerekli durumlarda, Faz III (restoratif tedavi) tedaviye geçilerek nihai restorasyonlar yapılır. Bu noktadan sonra Faz IV tedavi olarak adlandırılan idame fazına geçilir. . Bu faz, hastalığın tekrarlanmasını önlemek, elde edilen kazanımları korumak ve uzun dönem başarı için en kritik aşamadır. Postoperatif dönemde plak ve diş taşı temizliği, kişiye göre planlanmış periyodik muayeneler, diş etinin durumu, inflamasyon olup olmaması, diş mobilitesi, ağız içinde patolojik değişikliklerin kontrol edildiği son derece kritik bu dönemde, akut şikayetleri sonlandırdığı için kontrol seanslarına gelmeyen hastaların sayısı oldukça fazladır.

Tablo 1. Periodontal tedavinin fazları



3. Teledişhekimliğin Tarihi ve Gelişimi

Tıbbi verilerin bir kaynaktan diğerine elektronik iletişim ile aktarımı teletıp olarak tanımlanmaktadır. Teletıbbın alt başlıklarından birisi olan teledişhekimliği ise diyagnoz, konsültasyon, pre- ve post- operatif dönemde hasta bilgilendirilmesi veri depolanması gibi noktalarda hekimlerin ve hastaların konforunu arttıran, son dönemlerde yaygınlaşan bir teknolojidir. (**American Teledentistry Association [internet]. [Erişim tarihi: 27 haziran 2020]. Facts About Teledentistry. Available from: [Link]).**

Teledişhekimliği son dönemlerde yaygınlık ve popülerite kazansa da bu konsept ilk olarak 1989 yılında Maryland Üniversitesinde dental bilişim hakkında yapılan bir konferansta “diş hekimliği meslek odaları, diş hekimliği okulları, araştırma toplulukları, genel ve uzman diş hekimleri, yardımcı personel, diğer sağlık dalları ve telekomünikasyon endüstrisinin ilgili üyeleri de dâhil olmak üzere diş hekimliğinin tüm bileşenleri arasında iletişim ve ağ kurmayı sağlamak için çeşitli mekanizmalar hemen geliştirilmelidir” ifadesiyle ilk kez dental bilişimin bir projesi olarak ortaya atılmıştır (Abbey and Zimmerman 1992). Teledişhekimliğin pratikte ilk kullanımı ise 1994 yılında Amerikan Silahlı Kuvvetleri bünyesindeki diş hekimlerinin bir hastanın durumunu uzmanlara danışmasını mümkün kılan “Total Dental Access” adlı bir proje ile başlamıştır. Bu kavram 1997 senesinde Cook tarafından ‘uzaktan tedavi hakkında teşhis ve tavsiye sağlamak için videokonferans teknolojileri-

ni kullanmak' şeklinde tanımlanarak literatüre kazandırılmıştır (Chen et al. 2003).

Yakın dönem gelişimine baktığımızda, uzaktan muayeneyi mümkün kıldığı için özellikle 2019 Koronavirüs pandemisinde hekim ve hastaların iletişimde önemli rol alan bu yeni konsept gelişen ve dönüşen diş hekimliği dünyasına hızlıca adapte olmuş ve diş hekimliğinin tüm branşlarında yerini almaya başlamıştır. Pandemi sonrası dönemde de coğrafi olarak dezavantajlı bölgelerde yaşayan kişilerin doktora ulaşmasını kolaylaştırarak ağız sağlığına erişim açısından fırsat eşitsizliğini ortadan kaldırma potansiyeli bu konseptin diş hekimliğindeki yerini daha da sağlamlaştırmıştır.

Bu bölümde, teledişhekimliğinin tarihsel çıkış noktası, kuramsal ve pratik hedefleri, uygulama yöntemleri, disiplinler arası entegrasyon potansiyeli, geleceğe yönelik projeksiyonları ve teknolojik gelişmelere paralel olarak gündeme gelen etik tartışmalar bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilecektir.

4. Teledişhekimliğinin ve Güncel Kullanımı

Teledişhekimliği konseptinin temel amacı hasta ile doktorunu tedavi ve tedaviye destek amaçlı telefon ve diş hekimliğinin diagnostik donanımları yardımıyla bir araya getirmektir. Burada verilerin elde edilmesi, saklanması ve transferi için yazılımsal ve donanımsal destek ile ağ bağlantısı gerekmektedir.

Teledişhekimliğinin güncel kullanımına baktığımızda oral hijyen alışkanlıklarını değerlendiren çalışmalar, çürük tespiti ve ortodonti alanında hasta takibini değerlendiren çalışmalar, dental anksiyeteye dair araştırmalar ön plana çıkmaktadır.

Kopycka-Kedzierawski ve ark. okul öncesi çocuklarda erken çocukluk çürüklerini tanımlamak için ağız içi kamera ve telesağlık teknolojisinin güvenilirliğini inceledikleri çalışmada, klinik muayene anlamlı bir fark olmadığını, bu nedenle ağız içi kameranın, özellikle çocuk bakım merkezlerine giden okul öncesi yaş grubu için yapılan çürük taramasında, yüzyüze yapılan muayene seansına karşı uygun ve potansiyel olarak ucuz maliyetli bir alternatif olduğunu belirtmişlerdir (Kopycka-Kedzierawski, Bell, and Billings 2008). Öte yandan Kohara ve ark. tarafından yapılan süt azı dişlerindeki farklı aşamalarındaki çürük lezyonlarının tespitinde 2 farklı akıllı telefon modelinin performansını klinik muayene ile karşılaştırdığı çalışmada, akıllı telefon görüntüleri kullanılarak yapılan teşhisin, geniş çürük lezyonlarından ayırt etmek için güvenilir olduğu, ancak bu verilerin başlangıç ve orta derecedeki çürük lezyonlarının tespitinde mevcut teknoloji ile uyhastaalrington olmadığı, hata payının yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kohara et al. 2018). Avusturyada yapılan çürük tarama amaçlı bir diğer çalışmada akıllı telefon veya tabletlerle çekilen fotoğraflarla mobil uygulamalar üzerinden ağız içi görüntüler elde edilip diş hekimine iletilmiştir. Ayrıca görüntülü görüşmeler ile hasta- hekim iletişimi sağlanmıştır

ve hekimler arası konsültasyon yapılmıştır. Hekimler hasta tarafından çekilen ve yönlendirilen görseller ile teşhis yapmışlardır. Bu çalışmada özel dental bir cihaz kullanılmaması dikkat çekmektedir. Çalışmada araştırmacılar çürük tespiti için bu sonuçları güvenilir bulsa da, daha detaylı tanı için mevcut teknolojinin henüz sınırlı olduğunu ifade etmişlerdir. Ek olarak, kırsal/ulaşımı zor bölgelerde yaşayan populasyon açısından teledişhekimliğinin, kolay ulaşılabilirlik, zaman ve maliyet açısından tasarruflu olduğunun altı çizilmiştir (Lee et al. 2024). Berndt ve ark. tarafından yapılan çalışmada ortodonti alanında bilgili genel diş hekiminin teledişhekimliği ile uzman ortodontistlerle veri paylaşarak yaptığı tedaviler ile, ortodonti uzmanları tarafından yapılan tedaviler karşılaştırılmıştır. Yeterli eğitime sahip olması koşuluyla, genel diş hekimleri tarafından yürütülen ve tele dişhekimliği sayesinde ortodonti uzmanlarınca uzaktan denetlenen önleyici ortodontik tedavilerin, ortodontiste sevin imkanı olmadığı dezavantajlı çocuklarda maloklüzyonların şiddetini azaltmak için uygulanabilir bir yaklaşım olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Berndt, Leone, and King 2008). Teoh ve ark. 2018 yılında yaptıkları çalışmada, yarı dudak ve damak hastalarının bir seans kliniğe gelip muayene olması ile tele dişhekimliği ile incelenmesi karşılaştırıldığında. Teledişhekimliği ile ortalama 136,95 Avustralya doları tasarruf ettiğini bulmuşlardır. Ayrıca teledişhekimliği üzerinden yapılan konsültasyonlar yoluyla hastanede toplamda 275.3 saat veya 36,7 günlük zaman tasarrufu sağlandığı ve bu sürenin diğer hastaları tedavi etmek ve hizmet kapasitesini artırmak için kullanılabileceğini belirtmişlerdir. (Teoh et al. 2018). Torres ve ark. tarafından yapılan çalışmada ortodonti hastalarında, ağız içi fotoğrafları/dijital taramalar üzerinden tedavinin uzaktan takibi; braket kırılması, tel batması gibi acil sorunlarda mobil uygulamalar ve video görüşmelerle ön değerlendirme ile hasta ile iletişim değerlendirilmiştir. Diğer çalışmalarla benzer şekilde teledişhekimliğinin hasta ve hekim açısından zaman ve maliyet yönetimini kolaylaştırdığı, uzak bölgede yaşayan hastalar ya da iş yoğunluğundan seanslara gelmekte zorlanan hasta profili için düzenli iletişimi sağlayıp bu sayede hasta motivasyonunu arttırarak ve tedaviye uyumu desteklediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu noktada mevcut altyapıyla bu teknolojinin, klinik muayenenin yerini tamamen alamayacağı ancak, tamamlayıcı bir yöntem olarak pratik ve ekonomik olduğunun altı çizilmektedir (Torres, Dos Santos, and Normando 2023). Cavdar ve ark. ülkemizde teletıbbın kullanımını değerlendirdikleri çalışmada, teledişhekimliğinin kullanım oranının pandemi sonrası dönemde %30 arttığını, ancak kırsalda altyapı eksiklikleri olduğunu belirtmişlerdir (Makalesi and Gör Pelin ÇAVDAR 2022).

Oral lezyonların uzaktan tespit etkinliğini değerlendiren çalışmayı derleyen bir metaanalizde, görüntü kalitesi, internet bağlantısı, cihaz çeşitliliği ve standardizasyon eksikliği gibi teknik zorluklar ve bazı çalışmalarda hekimler arasında teşhis farklılıkları gözlenirse de, oral lezyonların teşhisinde yüksek genel tanısal doğruluk oranı %92, duyarlılık %90, özgüllük %93 bulunmuştur.

Çalışmada özel diagnostik cihazlar değil akıllı telefonlar, dijital kameralar ve mobil uygulamalar aracılığıyla ağız içi fotoğraflar çekilmiş ve bu görüntüler uzmanlara gönderilmiştir. Ağız kanseri gibi riskli tabloların erken teşhisinde potansiyel yaşam kurtarıcı potansiyeli göz önüne alındığında teledişhekimliğinin daha güçlü teknolojik alt yapı ile desteklenmesi gereken bir yöntem olduğu açıktır (Uhrin et al. 2023).

Tablo 2. Teledişhekimliğinin avantaj ve dezavantajları



5.Periodontolojide Teledişhekimliği

Teledişhekimliğinin teleperiodonti, teleradyoloji, teleortodonti ve telepatoloji gibi farklı dalları vardır. Teleperiodonti, periodontal hastalıkları teşhis edip, farklı seviyelerde periodontal bakım sağlamayı amaçlamaktadır. Dijital teknolojinin iletişim için uygulanmasına odaklanır ve periodontoloji alanında yenilikçi telekomünikasyon teknolojisinin kullanımını kolaylaştırır. Uzak kırsal alanlardaki periodontoloji hastalarına erişim konusunda ciddi bir potansiyeli olan teleperiodonti, coğrafik olarak dezavantajlı kabul edilen kırsal alanlarda ağız sağlığı hizmetlerinin etkili bir şekilde sunulmasını destek olarak periodontal hastalığın erken teşhis ve tedavisini kolaylaştıracağı öngörülmektedir (Saha et al. 2025). Teledişhekimliği ve özel olarak teleperiodonti iki yöntem kullanılarak uygulanmaktadır: Bunlardan birincisi mevcut depolanmış verilerin (radyografiler ve ağız içi görüntüler) e-posta veya veri paylaşım platformları aracılığıyla periodontistlere iletilmesidir. Diğer teknikte ise hastalar ve periodontistler arasında dijital bir ekran kullanılarak görüntülü konferans yoluyla iletişim kurulur. Bu şekilde hasta ve periodontist arasında periodontal sorun hakkında detaylı bir iletişim kurulmuş olur. Birinci yöntemin daha az maliyetli olduğu düşünülmektedir.

Teledişhekimliğinin periodontoloji alanı da dahil olmak üzere farklı alanlardaki uygulamaları henüz erken aşamadır. Yasal zorluklar, güvenlik ve teknolojik açıklıklar da da üzerinde çalışılması gereken başlıklardandır. Güncel kullanımında, teşhisin doğruluğu, dijital verilerin ve klinik bulguların güvenilirliği, hekimlerin yeterince eğitilmemiş olması gibi sınırlamalar olsa da büyük bir potansiyel taşımaktadır ve uzak bölgelerde yaşayan hastaların tedavisinde destek olmaktadır (Golder and Brennan 2000).

Teleperiodonti henüz emekleme aşamasındadır ve periodontolojinin tanı ve tedavi alanına tatmin edici bir düzeyde nüfuz etmemiştir. Ancak periodontoloji branşı teledişhekimliğinden en çok yararlanabilecek branşlardan biridir. Diş eti kanaması, diş eti çekilmesi, dişeti büyümesi, dişte mobilite gibi durumlar yapılacak görüntülü görüşme, paylaşılacak görseller ve hekimin soracağı sorularla ile kolayca tespit edilebilecek durumlardır. Hastalığın başlangıç durumunda saptanması halinde verilecek oral hijyen eğitimi, kişiye özel dental enstrüman seçimi (otomatik diş fırçası, superfloss, arayuz fırçası gibi), doğru fırçalama tekniğinin anlatılması ile hasta kliniğe gelmeden oldukça periodontal sağlığa geçişe dair büyük adımlar atabilir. Ayrıca ANUG gibi ağrılı ve yaşam konforunu düşüren nekrotizan durumlarda yapılacak bir video görüşme ile spesifik belirtiler uzman hekim tarafından tespit edilip, medikasyona hızlıca başlanabilir. Periodontitisin idame fazında hasta ile yapılan periyodik uzaktan seanslar ile hastanın motivasyonunun sağlanması, uzun dönem başarıya katkı sağlayacaktır. Teledişhekimliğinin periodontoloji bilimine destek olacağı bir diğer nokta ise post-operatif dönemdir. Cerrahi sahanın bakımı, iyileşmenin takibi açısından hastaya uzaktan erişimi imkan-

lı kılan bu konsept ile hekim erken dönem beklenmeyen komplikasyonları fark edip durumu yönetebilecektir.

6.Diş Hekimliğinde Mobil Uygulamaların Kullanımı

Günümüzde hem genel sağlığın hem de ağız sağlığının korunması ve geliştirilmesi için hasta merkezli ve hastalığı önleyici yaklaşımlar gelişmektedir. Bu noktada davranış değişikliğini destekleyen sağlık eğitimi ve bireyin kendi sağlığını takip edebilmesi önem kazanmaktadır. Mobil sağlık (mHealth) teknolojileri son zamanlarda tıp alanında yaygın biçimde kullanılmakta ve bu sayede uzaktan danışmanlık, hastalık tanısı, hasta takibi ve idame gibi alanlarda etkili sonuçlar alınmaktadır. 2017 itibariyle, Google Play ve App Store'da 325.000'den fazla sağlık uygulaması olduğu bildirilmiştir. Akıllı saatlerle ile kalp atım hızı, dinlenme nabızı, kalp ritmi düzensizlikleri, günlük adım sayısı, günlük hareket düzeyi, yakılan kalori, antrenman yoğunluğu, uyku süresi, derin/REM uyku evreleri, uyku kalitesi, bilekten tansiyon ölçümü, vücut sıcaklığı gibi pek çok analiz yapılabilmektedir.

Diş hekimliğine dair 2018'de 1075 adet ağız hijyeni uygulaması mevcuttur. Uygulamaların (%69) ağız sağlığını korumaya teşvik, %11'i ortodonti, %11'i davranış yönetimi, %4'ü travma ve çok azı tanınal ya da diğer amaçlara hizmet etmektedirler. Kullanıcıların büyük kısmı çocuklar ve ergenler olup, %31'inin 10-19 yaş grubuna, %24'ünün ise 10 yaş altı olduğu kaydedilmiştir. Coğrafi dağılımda çalışmaların yarısından fazlası (%51) Asya'da gerçekleştirilmiştir. Araştırmada mobil uygulamaların ağız hijyeni davranışlarını geliştirmede, plak ve gingival indeksleri azaltmada etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak bu uygulamaların çeşitliliği, etkinliği ve bilimsel doğruluğu hakkında kanıtların sınırlı olduğu ifade edilmiştir (Väyrynen et al. 2023). Zink ve ark. tarafından yapılan çalışmada otizm spektrum bozukluğu olan hastalarda ilk muayenede kaygıyı azaltmak, iş birliğini artırmak ve hekim-hasta iletişimini kolaylaştırmak amacıyla bir uygulama geliştirilmiştir. İlk seans öncesinde bu uygulamadan yararlanan çocuklarda tedavi sırasında daha az tekrar ihtiyacı olmuştur, daha kısa sürede hedefe ulaşıldığı, daha az randevu yeterli olduğu ifade edilmiştir (Anon n.d.-a). 2020'de yayınlanan bir kapsamlı incelemede mobil uygulama kullanıcılarının arasında kontrol grubuna kıyasla diş plak skorunda önemli bir azalma olduğunu, dolayısıyla diş eti sağlığını iyileştirmede ve diş çürüğü gelişimini önlemede iyi sonuçlar göstermiştir bildirilmiştir. Araştırmacılar, cep telefonu uygulamaları oral hijyen eğitimi ve hastalara evde bakım becerileri öğretmek için yararlı bulunmuştur (Tsai et al. 2020). Oldukça hassas bir süreç olan ve hala toplumda bilgi eksikliği göze çarpan, hamilelikte ağız bakımının nasıl olması gerektiği, bu süreçte diş tedavilerinin ne şekilde yapılması gerektiğine dair bilgi seviyesi de sosyal medya sayesinde önemli derecede arttırılmaktadır (Bates and Riedy 2012).

Ayrıca toplumun her kesimini etkileyen dental anksiyetenin yönetiminde de mobil uygulamalardan yararlanılmaktadır. Sosyal medya ile diş hekimi ile hasta arasında kurulan iletişimi arttırdığı ve tedavi süreciyle ilgili bilgi düzeyini arttırdığı gözlenmiştir (Sivrikaya, Yılmaz, and Sivrikaya 2021).

7.Periodontolojide Mobil Uygulamaların Kullanımı

Väyrynen ve ark. tarafından yapılan çalışmada erken dönem diş eti problemlerinin uzaktan takip edilmesi amaçlanmıştır. Katılımcılar ağız içi fotoğraflarını akıllı telefon kameralarıyla çekerek iGAM uygulamasına yüklemiş ardından uygulama, fotoğrafları Muhlemann Gingival Index (MGI) e göre sınıflandırmıştır, elde edilen bulgular daha sonra diş eti uzmanlarının yüz yüze muayene sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçta, araştırmacılar iGAM uygulamasının tanısal doğruluğu oldukça yüksek bulmuşlardır ve bu durum uygulamanın dişeti sağlığını doğru değerlendirme yeteneğinin güçlü olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Araştırmada bu yöntemin erken dönem dişeti hastalıklarının tespiti için pratik ve düşük maliyetli bir yöntem olduğu, özellikle ekran süresi yüksek genç kullanıcılar ve teknolojiye yatkın bireyler için uygun olduğu, kendi kendine izlem (self-monitoring) imkanı sağlayarak hasta farkındalığını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak tanının doğruluğunun fotoğraf kalitesi (ışık, açı, kamera çözünürlüğünden etkilendiği teknik altyapı ve ilgili teknolojinin arttırılması gerekliliği ve klinik muayenenin yerine geçemeyeceği, sadece destekleyici bir araç olabileceği noktasının altı çizilmelidir (Väyrynen et al. 2023). Son yıllarda kullanımı belirgin derecede artan sosyal medya aracılığıyla hekim-hasta ilişkisini arttırmak, böylece hastanın motivasyonunu sağlayıp, tedaviye katılımını arttırmayı oldukça akılcı ve pratik bir yöntem olarak görmekteyiz. Ancak bu noktada doğru platformun ve hedef kitesinin belirlenmesi önemlidir. Ekran süresi gittikçe artan adolesan dönemindeki çocuklar bu konseptten en çok yararlanan grup olarak bildirilmiştir. Çalışmalar bu mobil uygulamalardan en çok ortodonti tedavisi gören hastaların yararlandığını, bu grubu gebeler, gebelik sonrası anne ağız bakımı ve doğum sonrası bebek ağız bakımına dair bilgi edinen grubun olduğunu ifade etmektedirler (Farrokhi et al. 2023). Bu araçlar klinik muayenenin yerini almasa da hasta farkındalığını ve kendi kendine izlem imkânını arttıran önemli ajanlardır.

8.Diş Hekimliğinde Sanal Gerçeklik

Sanal Gerçeklik, bilgisayar teknolojisiyle oluşturulmuş, kişinin bir gözlük yardımıyla gerçek dünyadan koparak 3 boyutlu, etkileşimli bir dijital ortamın içine girmesini sağlayan bir teknolojidir. İngilizce Virtual Reality (VR)' den çevrilen bu yenilikte kullanıcılar taktıkları üç boyutlu (3D) gözlük ile ortamdaki uzaklaşmakta, gözlük içindeki ekranlar ve sensörlerin baş hareketlerini takip etmesi ile kullanıcıya sanki oradaymış hissi vermektedir. Çoğu VR sistemi kulaklık, el kumandası veya özel eldivenlerle birlikte kul-

lanılabilmektedir. Sanal gerçeklikten oyun, eğlence, tasarım, havacılık, eğitim, sağlık gibi pek çok alanda yararlanılmaktadır.

Diş hekimliğinde gerek öğrenci eğitimi, gerek ise klinik pratikte bu teknolojiden yararlanılmaktadır. Öncelikle şunu belirtmek gerekir ki sanal gerçekliğin diş hekimliği literatüründe henüz standartlaşmış bir tanımı olmamakla birlikte, genellikle kullanıcıların gerçek ortamla iletişim kurmadan üç boyutlu (3D) bilgisayar tarafından oluşturulmuş bir dünyada tamamen yer almalarını ve etkileşimde bulunmalarını sağlayan bir insan-bilgisayar arayüzü olarak tanımlanmaktadır (Hao et al. 2023). Güncel klinik pratiğinde dikkat dağıtmak için yararlanılan, cep telefonu oyunları ve tabletlerdeki çizgi filmlerden farklı olarak VR ile oluşturulan sanal dünya hastalara sanal bir gerçeklik yaşattığından gerçek dünyaya dair işitsel ve görsel uyaranları tamamen ortadan kaldırmaktadır.

Sanal gerçekliğin diş hekimliğinde kullanıldığı alanların başında dental anksiyete gelmektedir. Çocuklarda daha sık karşılaşılsa da hemen hemen tüm popülasyonu etkileyen dental anksiyete, diş tedavisi esnasında korkunç bir şey olacağı endişesi şeklinde tanımlanmakta ve kontrolü kaybetme hissi bu endişeye eşlik etmektedir. Anksiyete ağrı algısını etkilediği gibi hastaların daha az işbirlikçi bir tutum sergilemesine, tedavi süresinin uzamasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, hastaların anksiyetesini iyi tanımak ve yönetmek için stratejiler belirlemelidir. Diş kaygısının yönetiminde yararlanılan üç ana yaklaşımı vardır: ilaç, tıbbi cihaz geliştirme ve farmakolojik olmayan müdahaleler şeklinde sınıflandırılabilir (Hao et al. 2023). Ayrıca daha ağrısız dental anestezi enjeksiyon teknikleri, travmatik çekim teknikleri de kaygıyı azaltmakla önemlidir (Hao, Zhang, and Meng 2021),(Hao et al. 2023). Farmakolojik olmayan teknikler başlığında hipnoz, masaj ve rahatlatıcı müzik, görsel-işitsel araçlar ve yakın dönemde yaygınlaşan sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanımı vardır. Farmakolojik müdahalelerin olumsuz etkileri (örneğin iştahsızlık, yorgunluk ve huysuzluk, artan tıbbi maliyet, ek ekipman ve yardımcı personel ihtiyacı) düşünüldüğünde, alternatif yöntemler hem hekimin hem de hasta ve ebeveynler için önemli bir alternatiftir. Bu noktada sanal gerçeklik kaygıyla başa çıkmak konusunda klinisyenlerin yararlanabileceği önemli bir yenilik olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak, invaziv olmayan metodların nesnel değerlendirilmesini zorluğu unutulmamalıdır. Çünkü bu deneyim hasta hekim ilişkisine, hastanın kaygı derecesine, hekimin becerisi ve tecrübesinden etkilenmektedir.

Yan ve ark. tarafından yapılan çalışmada çocuk hastalarda dental anksiyeteyi yönetmek için sanal gerçeklik (VR) ın etkinliği değerlendirilmiştir. Ocak 2000 ile Eylül 2022 arasındaki PubMed, Web of Science, Scopus, MEDLINE via ProQuest, EMBASE, CINAHL ve Cochrane Central Register of Controlled Trials veri tabanlarındaki yayınların değerlendirildiği ve 818 katılımcıyı içeren toplam 12 RCT çalışmanın değerlendirildiği çalışmada,

araştırmacılar sanal gerçeklik kullanımının çocuklarda dental anksiyeteyi azalttığını bildiren çalışmalar olsa da; lokal anestezi, diş çekimi ve restoratif tedaviler sırasında kaygıyı azaltmada sanal gerçekliğin anlamlı etkisinin olmadığını bildiren çalışmaların da olduğunu, daha detaylı çalışmalara ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir (Yan et al. 2023). Özel bir başka grup olarak değerlendirilebilecek hipertansif hastalarda da dental tedaviler sebepli stres taşıkardik acil durumlara sebep olabilmektedir (Qin et al. 2022). Bu kişilerin kaygısını etkili bir şekilde ele almak hayati fonksiyonları stabil tutmak için çok önemlidir. 3. Molar diş çekimi esnasında müzik ve sanal gerçeklikten yararlanarak kaygının azaltılıp azaltamacağını değerlendiren çalışmalarda, bu desteklerin kaygıyı azaltabileceği, ancak bilgilendirici videoların da kaygıyı azaltmada etkili olduğu ifade edilmiştir (Hao et al. 2023). Yakın dönemde yaygınlaşan sanal gerçekliğin anksiyete üzerindeki etkilerinin anlamlı olup olmadığı, diğer metodlara üstünlüğü olup olmadığı hakkında daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu açıktır.

Sanal gerçeklik (VR) teknolojisi, diş hekimliği eğitiminde de giderek artan bir öneme sahiptir. Bevizova ve arkadaşlarının çalışması, VR'nin dental anatomi eğitimine katkılarını incelemiştir. Geleneksel eğitim yöntemleri (kavram diseksiyonları, ders anlatımları ve statik modeller) yüksek maliyet, etik sınırlamalar ve üç boyutlu yapıların deformasyonu gibi kısıtlamalara sahiptir; bu durum eğitim kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. VR, öğrencilere etkileşimli ve immersif bir öğrenme ortamı sunarak bu eksiklikleri azaltmayı hedeflemektedir. Çalışma sonuçları, VR'nin diş anatomisi öğreniminde orta düzeyde olumlu etkiler sağladığını, öğrencilerin sistemi kullanışlı bulduklarını ve yüksek motivasyon gösterdiklerini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, VR dokunsal geri bildirim eksikliği ve yüksek maliyet nedeniyle klinik deneyim veya fiziksel modeller kadar etkili değildir. Bu nedenle, VR'nin destekleyici bir araç olarak kullanıldığı hibrit eğitim yaklaşımı, güncel diş hekimliği eğitiminde en etkili strateji olarak öne çıkmaktadır (Bevizova et al. 2024). Benzer şekilde VR kullanımının protez eğitimindeki etkisinin değerlendirildiği çalışmada, sanal gerçekliğin öğrenme verimliliğini ve öğrenci motivasyonunu arttırdığı bulunmuştur. Özellikle restoratif tedaviler (diş çürüğü temizliği (Class I kavite preparasyonu) ve implant cerrahisi gibi branşlarda daha avantajlı olduğu ifade edilmiştir. Ancak mevcut teknik altyapı ile beceri kazandırma ve klinik ortama geçiş gibi konularda fiziksel modeller kadar başarılı bulunmamıştır. Bu çalışmada da hibrit eğitim en etkili yöntem olarak değerlendirilmiştir. Ancak sanal gerçekliğin diş hekimliği pratiği ve eğitiminde kullanımının yeni olduğu ve aldığı yol gelişme ivmesi düşünüldüğünde gelecek vaad ettiği unutulmamalıdır. Uzun dönem klinik izlem ve maliyet-etkinlik analizlerine ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (Mai et al. 2025).

9.Periodontolojide Sanal Gerçeklik



Periodontolojide yapay zekâ;

Hastalıkların tanısında, risk değerlendirmesinde ve tedavi planlamasında

Radyografik ve CBCT görüntülerindeki değişiklikleri saptamada

Kişiselleştirilmiş tedavi planı

İmplantoloji ve dijital tasarımda süreçleri hızlandırmada

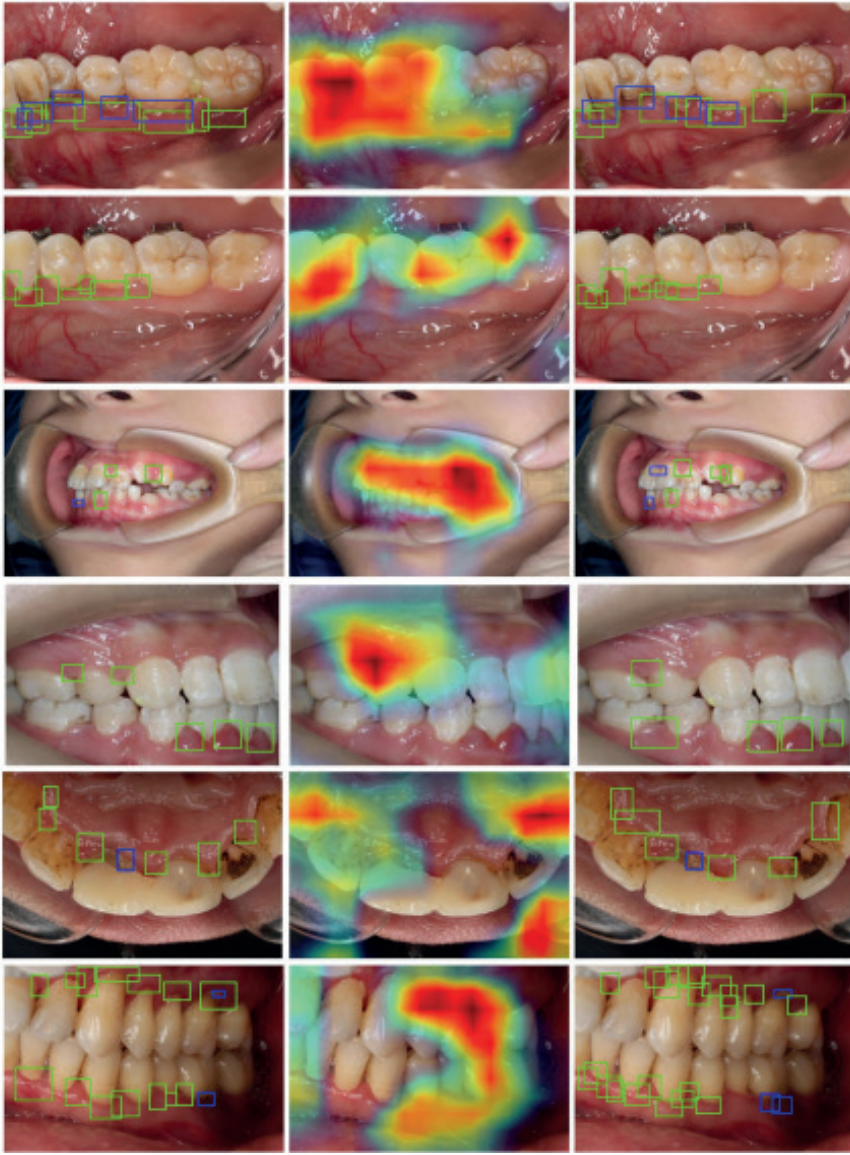
Tedavi sonrası takipte

Kişiselleştirilmiş eğitim ve teledişhekimliği uygulamalarıyla katkı sağlamaktadır.

Maitri ve ark. tarafından yapılan derlemede, 2009–2024 yılları arasında periodontolojide yapay zekâ uygulamalarını PubMed, Scopus, Web of Science ve Google Scholar gibi arama tabanlarında incelenmiştir ve hakemli, ingilizce ve YZ/ML/DL uygulamalarını ele alan orijinal araştırmalar, sistematik derlemeler ve meta-analizler dahil edilmiştir. Çalışmada yapay zekânın, diş hekimliğinde tanı ve tedavi süreçlerini iyileştirerek verimliliği artırırken, klinisyenler için güçlü bir destek aracı olarak hizmet ettiği belirtilmiştir (Patel et al. 2025).

Diş eti sağlığı değerlendirirken kullanılan gingival indeks (GI), sondalamada kanama (SK) ve modifiye gingival indeks gibi ölçütler, klinisyenin değerlendirmesine dayalı, çoğu zaman yardımcı eleman gerektiren ve zaman alan yöntemlerdir. Günümüzde tıbbi görüntüleme teknolojilerinin hızlı gelişimi ve detaylı yazılımlarında desteği ile birlikte, derin öğrenme kullanılarak hastalıkların otomatik, objektif, daha kısa zamanda ve doğru şekilde tespiti mümkün hale gelmiştir. Derin öğrenme ile ilgili yapılan önceki çalışmalar incelendiğinde Krois ve arkadaşları tarafından yapılan, DL modelleri ile panoramik radyografilerde periodontal kemik kaybının değerlendirildiği (Krois et al. 2019) ve Lee ve ark. tarafından yapılan kırık implantları tanımlamak ve kategorize etmek için DCNN kullandıkları çalışmalar dikkat çekmektedir (Lee et al. 2021). Bu algoritmaların periodontal kemik kaybının ölçümünde ve implant kırıklarının sınıflandırılmasında başarıyla uygulandığı göz önüne alınarak benzer özellikler taşıyan periodontal durumları tespit etmede önemli bir potansiyel taşıdığı düşünülmektedir. Nature’da yayınlanan bir çalışmada, öncelikle dişeti konturunu değerlendirerek ve ağız içi görüntülerden dişleri çıkararak çalışan CNN tabanlı bir dişeti iltihabı derecelendirme algoritması değerlendirilmiştir. Çalışmada dişeti konturunun morfolojisine ve dişeti iltihabının değerlendirilmesinde ilgili olmayan dişler-

in çıkarılıp sadece diş etinin değerlendirilmesi dikkat çekmektedir. Ayrıca modelde geliştirilen kademeli ayarlamalar, derin öğrenme ile hastalığın derecelendirilmesini ve genel performansının iyileştirilmesini sağlaması da bir diğer dikkat çeken noktadır. Araştırmacılar, algoritmanın hastalık sınıflandırma ve teşhisinde yüksek düzeyde doğruluk gösterdiğini ifade etmişlerdir (Wen et al. 2024). Ayrıca verilerin tek bir seriden elde edildiği ve dünyanın çeşitli bölgelerinden elde edilecek kaynaklarla genişletilmesinin, algoritmanın gelişmesine destek olabileceğini ve aşırı dişeti büyümesi ile melanin pigmentasyonu gibi durumlarda sistemin tanı koymada yanılabilirliğini belirtmişlerdir. Bu model periodontoloji uzmanlarının hızlı ve doğru teşhis koymalarına yardımcı olacağı gibi hastaların kendi kendilerine derecelendirme yapmalarına olanak tanıyan bir sistem geliştirilerek de halk sağlığını destekleyeceği düşünülmektedir. Li ve ark. tarafından yapılan çalışmada da ağız içinden alınan görüntüler algoritma ile değerlendirilerek hastalığın sınıflandırılması ve lokalizasyonu değerlendirilmiştir. Bu çalışmada ağız içi görüntüler iPhone 8, iPhone 7, Samsung Galaxy S8, Canon 6D ile çekilen farklı ışık, çözünürlük ve kalite koşullarından elde edilmiş ve görüntülere rastgele kayma, kırpma, döndürme, ölçekleme, renk değişimleri gibi işlemler uygulanarak modelin farklı şartlara daha dayanıklı olup olmadığı değerlendirilmiştir. Verilerin ideal şartlarda değil, “gerçek dünya” koşuluna benzer görüntüler kullanılması önemli bir detaydır. Modelin sadece hastalık olup olmadığını değil, görüntü içinde hastalığın nerede olduğunu da gösterebilmesi (kutularla ya da ısı haritalarıyla) dikkat çekicidir (Li et al. 2021). Araştırmacılar, gelecekte veri çeşitliliği ve ek verilerle doğruluk daha da artırılabilirliğini belirtmişlerdir.



Görsel 1. sol sütun: zemin gerçeği açıklamaları. orta sütun: ısı haritasıyla temsil edilen yumuşak birikintilerin tahmini konumları. sağ sütun: diş eti iltihabı ve diş taşının tahmini konumları sırasıyla yeşil ve mavi kutularla gösterimi (Li et al. 2021)

Mao ve ark. tarafından yapılan sistematik derlemede intraoral fotoğraflarla periodontal hastalıkları tespit eden yapay zekâ (YZ) modellerinin metodolojisini ve klinik performansını incelenmiştir. Toplam 26 çalışma değerlendirildiği; görüntüleme araçları arasında profesyonel kameralar, intraoral kameralar ve akıllı telefonlar yer aldığı çalışmada referans yöntemler olarak klinik muayene veya görsel kabul edilmiştir. YZ'nin görevleri sınıflandırma,

tespit ve segmentasyon olarak gerçekleştirilen bu çalışmada; doğruluk ve IoU skorları geniş bir aralıkta değiştiği bildirilmiştir ve araştırmacılar YZ modelleri potansiyel vaat etse de, klinik kullanıma geçişte zorluklar bulunduğunu (performans değerlendirmesindeki heterojenlik, klinik uygulanabilirlik ve etik, referans yöntemlerin tutarsızlığı gibi), veri kalitesinin artırılması, kullanıcı dostu sistemlerin geliştirilmesinin gerektiğini ifade etmişlerdir (Mao et al. 2025) .

Frontiers'te yayınlanan bir çalışmada, diş plağını tespit etmek için kullanılan, zaman alıcı ve hata yapmaya açık geleneksel yöntemlerin (elle değerlendirme ve plak boyaları) yerine Google Cloud'un Vertex AI AutoML teknolojisini ile, boyasız fotoğraflarla otomatik bir model geliştirmeyi amaçlanmıştır. Araştırmacılar, yapay zekâ modelinin boyasız diş fotoğraflarında plak tespitinde güvenilir ve zaman kazandıran bir yöntem olduğunu, klasik yöntemlerle benzer doğrulukta çalıştığını ifade etmişlerdir (Nantakeeratipat et al. 2024). Bu yaklaşım, hem klinik uygulamalar hem de hastalar için daha hızlı, doğru ve erişilebilir bir çözüm sunması açısından periodontolojinin geleceği için önemli bir potansiyel taşımaktadır. Benzer şekilde Chau ve ark tarafından yapılan çalışmada da yapay zekâ tabanlı bir modelin, ağız içi fotoğraflar üzerinden diş plağını otomatik olarak tespit etme doğruluğunu değerlendirilmiştir ve araştırma, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, bu yeni teknolojinin güvenilir ve etkili bir alternatif sunduğunu göstermiştir (Chau et al. 2023).



Yapay zekâ teşhis ve tanı alanında olduğu gibi tedavi alanında klinisyenlere destek vermektedir

Singapur'da gerçekleştirilen bir çalışmada, 3D biyoyazdırma ile yapay zekâ (YZ) teknolojilerini birleştirerek kişiye özel diş eti (gingival) doku greftleri üretimi amaçlanmıştır. Çalışmada, polisakarit/fibrinojen bazlı çok bileşenli bir biyoyaz mürekkebi (bio-ink) geliştirilmiş ve biyoyazdırma parametreleri optimize edilerek şekil kontrollü gingival yapılar elde edilmiştir. Genellikle zaman alan biyoyazdırma parametrelerini optimize etme süreci yapay zekâyı desteği ile deneysel kombinasyon sayısını binlerce 25'e indirerek büyük zaman ve kaynak tasarrufu sağlamıştır. Biyoyazdırma greftleri

yüksek hücre canlılığı ve doğal diş eti benzeri yapılar göstererek kişiye özel tedaviler için önemli bir adım olarak kabul edilmiştir (Dai et al. 2025).

Yapay zekâ, implantoloji alanında implantların doğru konumlandırılması için AI, CBCT taramalarını analiz ederek en uygun implant konumunu, açığı ve derinliğini belirlemede; post-operatif başarıda klinisyenlere destek vermektedir. YZ tabanlı yazılımlar, hastanın kemik yoğunluğu ve anatomik özelliklerine göre en uygun implant pozisyonlarını önererek ameliyatın başarısını arttırmaktadır (Scott et al. 2023).

Zhang ve ark. tarafından yapılan çalışmada preklinik dönemindeki öğrencilerin eğitiminde sanal gerçekliğin etkinliği değerlendirildi. Tüm öğrencilere teorik eğitim verildikten sonra 4 gruba ayrıldı ve gruplar çene modeli grubu, sanal gerçeklik ile eğitilen grup, önce çene modeli sonra VR ile eğitilen (hibrit 1) ve önce VR sonra çene modeli ile eğitilen (hibrit 2) şeklinde belirlenmiştir. Araştırmacılar, periodontal preklinik eğitim sırasında sanal gerçeklik ve çene modelinin bir arada kullanılmasının öğrencilerin notlarını arttırabileceğini ve mesleki becerilerini önemli ölçüde geliştirebileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca çene modelinin VR'dan önce uygulanmasının daha avantajlı bulmuşlardır (Zhang et al. 2021). Benzer mantıkla yürütülen bir başka çalışmada SRP yetisi kazanmada sanal gerçeklik ile klasik eğitimin etkinliği karşılaştırılmıştır. Teorik eğitim verildikten sonra bir gruba sanal gerçeklik ile SRP deneyimi yaşatılmış, diğerine bir eğitmen demonstrasyon yapmıştır. Ardından öğrenciler fantom çenelerde SRP yapmışlardır. Sanal gerçeklik grubundaki öğrencilerin performansı daha iyi bulunmuştur (Wu et al. 2024). Ceylan ve ark tarafından yapılan çalışmada da diş taşı temizliğine kök yüzeyi düzleştirme işlemi esnasında kullanılan sanal gerçeklik gözlükleri ile dental anksiyetenin azaltılıp daha konforlu bir tedavi deneyimi yaşatıldığı bildirilmiştir (Ceylan and Gurbuz 2024).

Periodontoloji branşında sanal gerçeklikten farklı amaçlarla yararlanılmaktadır. Eğitimle ilgili alanlarda öğrencilere yeti kazandırmada klasik metodlarla birlikte kullanıldığında kullanılmadığı durumlara göre önemli avantajlar vardır. Yazılımsal ve donanımsal gelişmelerle kısa zamanda çok daha etkili sonuçlar elde edilecek, gelecek vadeden bir yenilik olduğu düşünülmektedir. Ek olarak sadece başlangıç periodontal tedaviler değil, cep ölçümü, kemik içi cep ölçümü, gingivektomi, flep cerrahisi, dental implant gibi invaziv girişimler de sanal gerçeklik teknolojisi ile öğrencilere deneyimletilebilir ve kliniğe geçiş kolaylaştırılabilir. Ancak günümüzde cihazların maliyeti, klasik metoda alışmış eğitmenlere cihazların kullanımına dair eğitim verilmesi gerekliliği, öğrenci sayısına yetecek kadar cihaz alımı gibi dezavantajları mevcuttur. Klinik kullanımına dair çalışmalar anksiyete/acı azaltma odaklıdır ve hastaların dikkatini dağıtarak konforunu arttırdığı bildirilmiştir. Ancak sanal gerçekliğin anksiyete yönetiminde kullanılan diğer metodlara (müzik, hipnoz, medikasyon, video ile bilgilendirme) an-

lamalı bir üstünlüğü olup olmadığına dair uzun dönem çalışmalar yoktur. Cihazların maliyeti göz önüne alındığında, etkinliğinin değerlendirilmesi için uzun dönem çalışmalara ihtiyaç olduğu açıktır.

Tablo3. Diş hekimliğinde sanal gerçekliğin kullanım alanları

Kullanım Alanı	Amaç / Hedef	Katkı / Etki	Avantajlar	Dezavantajlar
Dental Anksiyete Yönetimi	Hastanın kaygısını azaltmak	Anksiyete ve ağrı algısını azaltabilir, dikkat dağınıklık etkisi vardır	✓ Farmakolojik olmayan alternatif ✓ Hasta konforunu artırır	✓ Klinik etkinliği bazı durumlarda sınırlı ✓ Uzun dönem üstünlüğü kanıtlanmamış
Diş Hekimliği Eğitimi	Öğrencilerin mesleki beceri kazanımı	Hibrit eğitim ile not ve beceri artışı	✓ Etkileşimli öğrenme ✓ Motivasyonu artırır	✓ Cihaz maliyeti yüksek ✓ Eğitmen eğitimi gerekli
	3D yapıları öğrenme	Orta düzeyde olumlu öğrenme etkisi	✓ Etkileşimli ✓ Motivasyon artırır	✓ Dokunsal geri bildirim eksik ✓ Fiziksel model kadar etkili değil
	Klinik uygulama pratiği	Öğrenme verimliliği ve motivasyon artışı	✓ Hibrit eğitim ile avantaj sağlanır	✓ Klinik ortamda fiziksel deneyim sınırlı
İnvaziv Girişimler (implant, flep, gingivektomi)	Öğrenci deneyimi ve klinik hazırlık	Başlangıç deneyimi kazandırır	✓ Kliniğe geçişi kolaylaştırır	✓ Cihaz maliyeti ve sınırlı erişim

Sonuç olarak, periodontoloji ve implantoloji alanında yapay zekâ gelişme aşamasında ve potansiyelinin tamamı kullanmaya oldukça uzak durumdadır. Tanı desteği, veri analizi ve detaylı regresyon gibi avantajları sayesinde, bu teknolojinin uygulanmasının klinisyenlere ve akademisyenlere büyük fayda sağlayabileceği görülüyor.

10. Veri Güvenliği ve Etik

Gerek teletıp gerekse mobil uygulamalar hekim ve hasta açısından tedavi sürecini daha pratik, yönetilmesi kolay ve konforlu hale getiren yenilikçi konseptlerdir. Ancak tıbbi geçmiş

ve kayıtların elektronik ortamda transferi ve verilerin bilgisayarlarda saklanması sebebiyle dental bilgilerin gizliliğine dair endişeler ortaya çıkmaktadır (Bhargava et al. 2020). Teledişhekimliği ve mobil sağlık uygulamaları, diş hekimliğinde erişimi artırma, hasta takibi ve eğitim süreçlerini destekleme açısından giderek daha fazla gündeme gelmektedir. Ancak literatürde bu te-

knolojilerin etik boyutuna ilişkin önemli tartışmalar bulunmaktadır. Malpe ve ark. (2024), teledişhekimliğin hasta-hekim ilişkisinde şeffaflık, veri güvenliği ve sınırların netleştirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır. Wilson (2021), Amerikan Dış Hekimleri Birliği (ADA) etik ilkeleri bağlamında, teledişhekimliğin “yararlılık” ve “zarar vermeme” prensipleri çerçevesinde uygulanmasının zorunlu olduğunu, aksi halde yanlış tanı ve bakım standartlarının ihlali riskinin arttığını belirtmektedir (Wilson 2021). Marino ve ark. (2024) tarafından yapılan derleme ise dijital ağız sağlığı uygulamalarında hukuki ve etik boşluklara dikkat çekmekte; özellikle hasta verilerinin işlenmesi, sınır ötesi lisanslama ve ticari çıkar çatışmalarını ön plana çıkarmaktadır (Mariño and Zaror 2024).

Bu çalışmaların ortak görüşü, teledişhekimliğin geleneksel klinik uygulamaların yerini alacak şekilde değil, onları tamamlayıcı biçimde kullanılmasının etik açıdan daha uygun olduğudur. Ayrıca hasta verilerinin korunması, aydınlatılmış onamın sağlanması ve uygulamaların bilimsel geçerliliğinin kanıtlanması temel gereklilikler olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, teledişhekimliği ve mobil uygulamalar dış hekimliğinde önemli fırsatlar sunmakla birlikte, etik ve hukuki çerçevenin netleştirilmesi ve profesyonel denetim mekanizmalarının güçlendirilmesi kaçınılmaz bir ihtiyaçtır. Son olarak ülkemizde Selçuk Üniversitesi Hukuk fakültesinde yapılan bir çalışmada teletıp Türk hukuku ve Avrupa Birliği direktifleri doğrultusunda karşılaşılabilecek etik sorunlar değerlendirilmiştir. Bu çalışma, en hassas konunun gizlilik ve veri güvenliği olduğu, hasta fotoğrafları ve sağlık verilerinin korunması hekimin sorumluluğunda olduğu ifade edilmiştir. Hastalardan aydınlatılmış onamın mutlaka alınması gerektiği, bu onamda uzaktan hizmetin sınırları ve yanlış tanı riski açıkça belirtilmesi gerektiğinin altı çizilmiştir. Mesleki sorumluluk ve hukuki yükümlülüklerin net olması gerektiği; aksi halde hata durumunda dava süreçlerinin yaşanabileceği belirtilmiştir. Araştırmacılar ayrıca teletıp yasalarının güncellenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Ayrıca erişim eşitsizliğinin teknolojiyi kullanamayan bireyleri dezavantajlı kılacağı, bu nedenle teledişhekimliğinin, yüz yüze muayenenin yerine değil, tamamlayıcısı olarak etik ilkelere uygun yürütülmesi gerektiği vurgulanmıştır. (Makalesi and Gör Pelin ÇAVDAR 2022).

New York Eyaleti Eğitim Departmanı (NYSED), 2025 yılında yayımladığı teledişhekimlik yönergeleriyle bu alandaki etik ve hukuki çerçeveyi netleştirmeyi amaçlamıştır. Bu yönergede de benzer konuların önemi belirtilmiştir. Yönergeye göre, teledişhekimlik hizmeti sunacak dış hekimleri ve ağız-dış sağlığı profesyonelleri, eyaletin yetkili kurumlarına kayıtlı ve lisanslı olmalıdır. Her hastanın tele dişhekimliğine uygun olamadığı bu konudaki değerlendirmenin hekim tarafından yapılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca hasta, hizmeti aldığı anda bulunduğu konum esas alınarak ilgili yargı kurallarına tabi kabul edilmektedir. Yönergede hasta-hekim ilişkisinin sanal or-

tamda da olsa resmi olarak kurulması gerekliliği vurgulanmıştır. Yasal vasi gereken durumlarda uzaktan görüşmede de vasinin görüşmede olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca hekimin hastanın kimliğini doğrulaması, konumunu bilmesi ve mesleki sorumluluklarını eksiksiz yerine getirmesi şarttır. Gizlilik ve veri güvenliği öncelikli konular arasında yer almakta; bunu sağlamak için kullanılan iletişim kanallarında şifreleme ve güvenli erişim sistemleri zorunlu görülmektedir. Ayrıca tüm tele oturumların, hastanın kimliği, klinik bulguları ve iletişim detaylarını içerecek şekilde eksiksiz kayıt altına alınması beklenmektedir. Hastalardan tele dişhekimliğinin sınırları, olası riskleri ve alternatifleri konusunda bilgilendirilmiş onam alınması, özellikle vurgulanan bir noktadır. Tedavi ve reçeteleme süreçleri var ise yüz yüze muayenede aranan standartların aynısı geçerli olup, uzaktan hizmet her zaman yüz yüze tedavinin tamamlayıcısı olarak görülmesi gerektiği belirtilmiştir (Anon n.d.-c).(<https://www.nysdental.org/news-publications/news/2025/09/05/nysed-issues-teledentistry-guidelines>)

Ülkemizdeki veri güvenliği için nelere dikkat edileceğine dair KVKK (Kişisel Verilerin Korunması Kanunu) kararları incelendiğinde bu kanunun dijital sağlık uygulamalarında hem hasta güvenliği hem de yasal uyumu sağlamayı amaçladığı görülmektedir. Bu kanun hekimlerin, KVKK'ya göre hasta verilerini yalnızca tıbbi teşhis, tedavi ve bakım amacıyla işlemeleri gerektiğini, hastalarını verilerinin kullanım şekli ve süresi konusunda bilgilendirmeleri gerektiğini ifade etmektedir. Özel nitelikli sağlık verilerinde açık rıza alınmalıdır (Fiziksel ve ruhsal sağlık bilgileri, DNA analizi, kalıtsal hastalık riskleri. cinsel sağlık durumu, cinsel tercihler veya cinsel yolla bulaşan hastalıklar. parmak izi, retina taramaları gibi sağlık amaçlı biyometrik veriler). Ayrıca, verilerin güvenliğini sağlamak, yetkisiz erişime ve kayba karşı önlem almak ve olası veri ihlallerini 72 saat içinde KVKK ve ilgili kişilere bildirmek de hekimlerin sorumlulukları arasındadır. Son olarak, kişisel veriler yalnızca gerekli süre saklanmalı ve gereksiz hâle geldiğinde imha edilmelidir. Bu önlemler hem hastaların haklarını korur hem de hekimleri yasal sorumluluktan korur (Anon n.d.-d) (Anon n.d.-b).

Tele dişhekimliği ve mobil uygulamaların etik sınırlamaları henüz net tanımlanmamıştır, hekimler bu aşamada bu teknolojilerden yararlanırken hassas davranmalı ve veri güvenliği konusunda hassas olmalıdırlar. Hekimler ve hukukçuların iş birliği ile standart protokollerin belirlenmesi hekim ve hastaların kendilerini güvende hissetmeleri, zaten stresli olan tedavi sürecine hukuksal kaygılar eklememek açısından kritik öneme sahiptir.

11. Sonuç:

Dijital sağlık teknolojilerinin yeri diş hekimliğinde ve giderek gider ek yerini sağlamlaştırmaktadır. Teledişhekimliği, mobil uygulamalar ve sanal gerçeklik; tanı, tedavi, hasta takibi ve eğitim süreçlerinde hekimlere

ve hastalara destek sağlayan araçlar olarak öne çıkmaktadır. Teledişhekimliği, özellikle tedavi sonrası takiplerde hastaların düzenli izlenmesini kolaylaştırırken, mobil uygulamalar bireylerin kendi ağız sağlığını izlemesine ve sağlıklı alışkanlıklar geliştirmesine yardımcı olmaktadır. Sanal gerçeklik ise hem öğrencilerin klinik becerilerini geliştirmede hem de hastaların kaygısını azaltmada etkin bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Ayrıca gelecekte teknoloji, daha karmaşık greftler üretmek ve stabilitelelerini değerlendirmek için geliştirilecek; yaklaşım, diş hekimliği ve rejeneratif tıp alanlarında geniş uygulama potansiyeline sahiptir.

Bu teknolojilerin diş hekimliğindeki güncel misyonu klinik muayenenin yerine geçmek değil, hekime ulaşımı kolaylaştırmak, hasta motivasyonunu artırmak ve eğitimde yenilikçi yaklaşımlar sunmaktır. Ancak, veri güvenliği, hasta gizliliği ve dijital eşitsizlik gibi etik ve hukuksal konuların göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Bu bulgular, dijital uygulamalar erken tanı, hasta eğitimi, tedaviye katılım ve takip süreçlerinde hastaya ve hekime önemli destek olacağını göstermektedir. Teledişhekimliği, sanal gerçeklik ve mobil uygulamaların diş hekimliğine entegrasyonu ile periodontal sağlığa erişim daha kolay erişilebilir hale gelecektir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, bu araçların etkinliğini ve güvenilirliğini ortaya koyarak, dijitalleşmenin diş hekimliğinde kalıcı bir standart hâline gelmesine katkı sağlayacaktır. Bir sonraki bölümde, dijital periodontolojinin geleceği ve araştırma yönelimlerini inceleyerek, bu teknolojilerin uzun vadeli potansiyeli ele alınacaktır.

KAYNAKÇA:

- Abbey, Louis M. .., and John L. .. Zimmerman. 1992. "Dental Informatics : Integrating Technology into the Dental Environment." 348.
- Anon. n.d.-a. "Communication Application for Use During the First Dental Visit for Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorders - PubMed." Retrieved September 30, 2025 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29482677/>).
- Anon. n.d.-b. "KİŞİSEL VERİLERİ KORUMA KURUMU | KVKK | Kurul Karar Özetleri." Retrieved October 5, 2025 (https://www.kvkk.gov.tr/Icerik/5406/Kurul-Karar-Ozetleri?utm_source=chatgpt.com).
- Anon. n.d.-c. "NYSED Issues Teledentistry Guidelines." Retrieved September 30, 2025 (<https://www.nysdental.org/news-publications/news/2025/09/05/nysed-issues-teledentistry-guidelines>).
- Anon. n.d.-d. "TTB | Türk Tabipleri Birliği." Retrieved October 5, 2025 (<https://www.ttb.org.tr/>).
- Bates, S. Brady, and Christine A. Riedy. 2012. "Changing Knowledge and Beliefs through an Oral Health Pregnancy Message." *Journal of Public Health Dentistry* 72(2):104–11. doi: 10.1111/J.1752-7325.2011.00289.X.
- Berndt, Jeff, Paola Leone, and Gregory King. 2008. "Using Teledentistry to Provide Interceptive Orthodontic Services to Disadvantaged Children." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 134(5):700–706. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.12.023.
- Bevizova, Katarina, Hisham El Falougy, Andrej Thurzo, and Stefan Harsanyi. 2024. "Is Virtual Reality Enhancing Dental Anatomy Education? A Systematic Review and Meta-Analysis." *BMC Medical Education* 24(1). doi: 10.1186/S12909-024-06233-0.
- Bhargava, Abhinav, Bhavna Sabbarwal, Amrita Jaggi, Sachin Chand, and Shourya Tandon. 2020. "Teledentistry: A Literature Review of Evolution and Ethicolegal Aspects." *Journal of Global Oral Health* 2:128–33. doi: 10.25259/JGOH_68_2019.
- Ceylan, Ezgi, and Ezgi Gurbuz. 2024. "The Effect of Virtual Reality Glasses on Dental Anxiety during Scaling and Root Planing in Patients with Periodontitis: A Randomized Controlled Clinical Trial." *International Journal of Dental Hygiene* 22(3):749–57. doi: 10.1111/IDH.12788.
- Chau, Reinhard Chun Wang, Guan Hua Li, In Meei Tew, Khaing Myat Thu, Colman McGrath, Wai Lun Lo, Wing Kuen Ling, Richard Tai Chiu Hsung, and Walter Yu Hang Lam. 2023. "Accuracy of Artificial Intelligence-Based Photographic Detection of Gingivitis." *International Dental Journal* 73(5):724–30. doi: 10.1016/J.IDENTJ.2023.03.007.
- Chen, Jung Wei, Martin H. Hob-Dell, Kim Dunn, Kathy A. Johnson, and Jiajie Zhang. 2003. "Teledentistry and Its Use in Dental Education." *Journal of the American Dental Association (1939)* 134(3):342–46. doi: 10.14219/JADA.ARCHI-

VE.2003.0164.

- Dai, Yichen, Peter Wang, Apurva Mishra, Kui You, Yuheng Zong, Wen Feng Lu, Edward Kai-Hua Chow, Philip M. Preshaw, Dejian Huang, Jacob Ren Jie Chew, Dean Ho, and Gopu Sriram. 2025. "3D Bioprinting and Artificial Intelligence-Assisted Biofabrication of Personalized Oral Soft Tissue Constructs." *Advanced Healthcare Materials* 14(13):e2402727. doi: 10.1002/adhm.202402727.
- Farrokhi, Farzaneh, Zahra Ghorbani, Farid Farrokhi, Mahshid Namdari, and Siavash Salavatian. 2023. "Social Media as a Tool for Oral Health Promotion: A Systematic Review." *PloS One* 18(12). doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0296102.
- Golder, Daniel T., and Kathleen A. Brennan. 2000. "Practicing Dentistry in the Age of Telemedicine." *Journal of the American Dental Association (1939)* 131(6):734–44. doi: 10.14219/JADA.ARCHIVE.2000.0272.
- Hao, Tiedan, Jun Pang, Qingmei Liu, and Pengfei Xin. 2023. "A Systematic Review and Network Meta-Analysis of Virtual Reality, Audiovisuals and Music Interventions for Reducing Dental Anxiety Related to Tooth Extraction." *BMC Oral Health* 23(1). doi: 10.1186/S12903-023-03407-Y.
- Hao, Yuchen, Zheqi Zhang, and Yan Meng. 2021. "Application Effect of Computer-Assisted Local Anesthesia in Patient Operation." *Contrast Media & Molecular Imaging* 2021:8643867. doi: 10.1155/2021/8643867.
- Kohara, Eduardo K., Camilla G. Abdala, Tatiane F. Novaes, Mariana M. Braga, Ana E. Haddad, and Fausto M. Mendes. 2018. "Is It Feasible to Use Smartphone Images to Perform Telediagnosis of Different Stages of Occlusal Caries Lesions?" *PloS One* 13(9). doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0202116.
- Kopycka-Kedzierawski, Dorota T., Christine H. Bell, and Ronald J. Billings. 2008. "Prevalence of Dental Caries in Early Head Start Children as Diagnosed Using Teledentistry." *Pediatric Dentistry* 30(4):329–33.
- Krois, Joachim, Thomas Ekert, Leonie Meinhold, Tatiana Golla, Basel Kharbot, Agnes Wittemeier, Christof Dörfer, and Falk Schwendicke. 2019. "Deep Learning for the Radiographic Detection of Periodontal Bone Loss." *Scientific Reports* 9(1):1–6. doi: 10.1038/S41598-019-44839-3;TECHMETA.
- Lee, Dong Woon, Sung Yong Kim, Seong Nyum Jeong, and Jae Hong Lee. 2021. "Artificial Intelligence in Fractured Dental Implant Detection and Classification: Evaluation Using Dataset from Two Dental Hospitals." *Diagnostics (Basel, Switzerland)* 11(2). doi: 10.3390/DIAGNOSTICS11020233.
- Lee, Joshua, Joon Soo Park, Boxi Feng, and Kate N. Wang. 2024. "The Utilisation of Teledentistry in Australia: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Journal of Dentistry* 149. doi: 10.1016/j.jdent.2024.105265.
- Li, Wen, Yuan Liang, Xuan Zhang, Chao Liu, Lei He, Leiying Miao, and Weibin Sun. 2021. "A Deep Learning Approach to Automatic Gingivitis Screening Based on Classification and Localization in RGB Photos." *Scientific Reports* 11(1):1–8. doi: 10.1038/S41598-021-96091-3;SUBJMETA.

- Mai, Hang Nga, Hien Chi Ngo, Seok Hwan Cho, Chau Pham Duong, Hai Yen Mai, and Du Hyeong Lee. 2025. "Effectiveness of Virtual Reality Interactive Simulation Practice in Prosthodontic Education: A Systematic Review and Meta-Analysis." *European Journal of Dental Education : Official Journal of the Association for Dental Education in Europe* 29(3):594–607. doi: 10.1111/EJE.12997.
- Makalesi, Araştırma, and Öğr Gör Pelin ÇAVDAR. 2022. "Türk Hukuku ve Avrupa Birliği Direktifleri Işığında Tele-Tıp." *Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi* 30(2):755–85. doi: 10.15337/SUHFD.1097201.
- Mao, Kaijing, Khaing Myat Thu, Kuo Feng Hung, Ollie Yiru Yu, Richard Tai Chiu Hsung, and Walter Yu Hang Lam. 2025. "Artificial Intelligence in Detecting Periodontal Disease From Intraoral Photographs: A Systematic Review." *International Dental Journal* 75(5):100883. doi: 10.1016/J.IDENTJ.2025.100883.
- Mariño, Rodrigo J., and Carlos Zaror. 2024. "Legal Issues in Digital Oral Health: A Scoping Review." *BMC Health Services Research* 24(1). doi: 10.1186/S12913-023-10476-W.
- Nantakeeratipat, Teerachate, Natchapon Apisaksirikul, Boonyaon Boonrojsaree, Si-rapob Boonkijkullat, and Arida Simaphichet. 2024. "Automated Machine Learning for Image-Based Detection of Dental Plaque on Permanent Teeth." *Frontiers in Dental Medicine* 5:1507705. doi: 10.3389/FDMED.2024.1507705/BIBTEX.
- Patel, Maitri S., Santosh Kumar, Bhavin Patel, Shirishkumar N. Patel, Gaurav A. Gir-dhar, Hiren H. Patadiya, Tanvi Hirani, and Mainul Haque. 2025. "Impact of Artificial Intelligence on Periodontology: A Review." *Cureus* 17(3):e81162. doi: 10.7759/CUREUS.81162.
- Qin, Z., C. Zhou, Y. Zhu, Y. Wang, H. Cao, W. Li, and Z. Huang. 2022. "Virtual Reality for Hypertension in Tooth Extraction: A Randomized Trial." *Journal of Dental Research* 101(4):400–406. doi: 10.1177/00220345211049393.
- Saha, Sarmistha, Olga D. Kucher, Aleksandra O. Utkina, and Nazih Y. Rebouh. 2025. "Precision Agriculture for Improving Crop Yield Predictions: A Literature Review." *Frontiers in Agronomy* 7. doi: 10.3389/FAGRO.2025.1566201.
- Scott, James, Alberto M. Biancardi, Oliver Jones, and David Andrew. 2023. "Artificial Intelligence in Periodontology: A Scoping Review." *Dentistry Journal* 2023, Vol. 11, Page 43 11(2):43. doi: 10.3390/DJ11020043.
- Sivrikaya, Efe Can, Onur Yilmaz, and Pinar Sivrikaya. 2021. "Dentist-Patient Communication on Dental Anxiety Using the Social Media: A Randomized Controlled Trial." *Scandinavian Journal of Psychology* 62(6):780–86. doi: 10.1111/SJOP.12769.
- Teoh, Jonathan, Arthur Hsueh, Rodrigo Mariño, David Manton, and Kerrod Hallett. 2018. "Economic Evaluation of Teledentistry in Cleft Lip and Palate Patients." *Telemedicine Journal and E-Health : The Official Journal of the American Telemedicine Association* 24(6):449–56. doi: 10.1089/tmj.2017.0138.
- Torres, Darlyane Kellen Barros, Milena Cristina Costa Dos Santos, and David Nor-

- mando. 2023. "Is Teledentistry Effective to Monitor the Evolution of Orthodontic Treatment? A Systematic Review and Meta-Analysis." *Dental Press Journal of Orthodontics* 28(4). doi: 10.1590/2177-6709.28.4.E2322195.OAR.
- Tsai, Carrie, Sarah Raphael, Caitlin Agnew, Gordon McDonald, and Michelle Irving. 2020. "Health Promotion Interventions to Improve Oral Health of Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 48(6):549–60. doi: 10.1111/CDOE.12567.
- Uhrin, Eszter, Zsuzsanna Domokos, László Márk Czumbel, Tamás Kói, Péter Hegyi, Péter Hermann, Judit Borbély, Bianca Golzio Navarro Cavalcante, and Orsolya Németh. 2023. "Teledentistry: A Future Solution in the Diagnosis of Oral Lesions: Diagnostic Meta-Analysis and Systematic Review." *Telemedicine Journal and E-Health : The Official Journal of the American Telemedicine Association* 29(11):1591–1600. doi: 10.1089/TMJ.2022.0426.
- Väyrynen, Elina, Sanna Hakola, Anniina Keski-Salmi, Hannaleena Jämsä, Raija Vainionpää, and Saujanya Karki. 2023. "The Use of Patient-Oriented Mobile Phone Apps in Oral Health: Scoping Review." *JMIR MHealth and UHealth* 11(1). doi: 10.2196/46143.
- Wen, Chang, Xueying Bai, Jiaxin Yang, Sihong Li, Xiaoxuan Wang, and Dong Yang. 2024. "Deep Learning Based Approach: Automated Gingival Inflammation Grading Model Using Gingival Removal Strategy." *Scientific Reports* 14(1):1–13. doi: 10.1038/S41598-024-70311-Y;SUBJMETA.
- Wilson, Robert. 2021. "Ethical Issues in Teledentistry: Following the American Dental Association Principles of Ethics and Code of Professional Conduct." *Journal of the American Dental Association* 152(2):176–77. doi: 10.1016/j.adaj.2020.12.001.
- Wu, Shiwen, Li Gao, Jiarun Fu, Chuanjiang Zhao, and Panpan Wang. 2024. "The Application of Virtual Simulation Technology in Scaling and Root Planing Teaching." *International Dental Journal* 74(2):303–9. doi: 10.1016/j.identj.2023.09.007.
- Yan, Xinyi, Yongyang Yan, Mengyao Cao, Wenxuan Xie, Siobhán O'Connor, Jung Jae Lee, and Mu Hsing Ho. 2023. "Effectiveness of Virtual Reality Distraction Interventions to Reduce Dental Anxiety in Paediatric Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Journal of Dentistry* 132. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104455.
- Zhang, Jie, Jiawei Xing, Min Zheng, Jie Sheng, Kailiang Zhang, and Baoping Zhang. 2021. "Effectiveness of Virtual Simulation and Jaw Model for Undergraduate Periodontal Teaching." *BMC Medical Education* 21(1). doi: 10.1186/S12909-021-03064-1.



“DİJİTAL PERİODONTOLOJİNİN GELECEĞİ VE ARAŞTIRMA YÖNELİMLERİ”

“ ”

GİZEM MAHRAMLI¹
İLAYDA İLDAY²

¹ ORCID ID:0000-0001-6483-5494,

² DR. DT. İLAYDA İLDAY ORCID ID: 0000-0003-4987-8626,

Önceki bölümde, teledişhekimliği, mobil sağlık uygulamaları ve Sanal Gerçeklik (VR)-Artırılmış Gerçeklik (AR) gibi teknolojilerin klinik iletişimden eğitime uzanan geniş etkileri ele alındı. Bu genel çerçevenin üzerine, şimdi odağı periodontolojiye daraltıyoruz. Bu bölümde dijital araçların kişiselleştirilmiş periodontal tanı, tedavi ve takibinde nasıl konumlandığını; sundukları hassasiyet, hasta odaklılık ve iş akışı kazanımlarını, aynı zamanda sınırlılıklarını ve gelecek olanaklarını bütüncül biçimde inceleyeceğiz.

Diş hekimliğinde; dijital tanısal görüntüleme, bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM), ağız içi tarayıcılar, 3 boyutlu baskı ve yapay zeka (YZ) gibi dijital teknolojilerin entegrasyonu sayesinde tanı, tedavi ve hasta takibi gibi alanlarda klasik uygulamalara yeni bakış açıları eklenmiştir. (Spagnuolo&Sorrentino, 2020)

Özellikle implant diş hekimliğinde bu dijital teknolojilerin entegrasyonu ile 3 boyutlu anatominin ameliyat öncesi değerlendirilmesi ve ağız içi taramalarla birleştirilmesi ile protez odaklı kişiselleştirilmiş tedavi planlamaları yapılmaktadır. (C. S. Chen, Hsu, Kuo, Kuo, & Wang, 2025; Elgarba, Fontenele, Mangano, & Jacobs, 2024) Preoperatif planlamaya entegre edilen yapay zekâ, anatomik segmentasyonu ve sanal implant yerleştirmenin bazı adımlarını otomatikleştirerek süreci hızlandırıp, güvenilirlik ve tutarlılığı artırmaktadır. (Elgarba, Fontenele, Mangano, et al., 2024; Elgarba, Fontenele, Tarce, & Jacobs, 2024)

Dijital iş akışı, elde edilen veriler ile yönlendirilmiş kemik rejenerasyonunda kişiselleştirilmiş titanyum meshlerin uygulanması ve kemik ogmentasyonu için CAD/CAM iskelelerinin kullanımı dahil olmak üzere, optimum konumları planlanan implantların klinisyen tarafından uygulanması için statik ve dinamik kılavuzlu cerrahi yaklaşımlarını da mümkün kılarak cerrahi iş akışını iyileştirmekte ve öngörülebilir hale getirmektedir. (C. S. Chen et al., 2025; Elgarba, Fontenele, Tarce, et al., 2024) Bununla birlikte sonuçlar, hasta faktörleri ile klinisyen deneyiminin farklılıklarından etkilenebilir; bu da multidisipliner iş birliği ve titiz bir planlama süreci gerektirir. (Elgarba, Fontenele, Mangano, et al., 2024)

Bu bölümde periodontal uygulamalardaki dijital teknolojileri ve modern pratikteki rolünü; dijital araçların kişiselleştirilmiş periodontal tanı, tedavi ve takibindeki rolünü, artırdığı hassasiyet ve hasta odaklı hizmete katkılarıyla birlikte mevcut avantajları, sınırlılıkları ve geleceğe dönük olanakları bütüncül biçimde irdeleyerek, dijital teknolojilerin ağız ve diş sağlığı hizmetleri üzerindeki dönüştürücü etkisine ilişkin bir çerçeve sunulacaktır.

1.PERİODONTAL UYGULAMALARDA DİJİTAL TEKNOLOJİLER

A) YAPAY ZEKA

YZ, makinelerin insan zekâsı gerektiren örüntü tanıma, karar verme, problem çözme ve doğal dil işleme gibi bilişsel görevleri yürütmesini sağlayan algoritmalar bütünüdür. (Agrawal&Nikhade, 2022; Revilla-León et al., 2023)Alt dalları arasında veriden kuralları çıkaran makine öğrenimi (MÖ) ve çok katmanlı yapay sinir ağlarıyla (CNN, RNN, GAN vb.) yapılandırılmamış veriyi işleyen derin öğrenme (DÖ) yer alır. (Sarker, 2021; Vázquez-Sebrango, Anitua, Macía, & Arganda-Carreras, 2025)

YZ; radyografiler, konik ışınli bilgisayarlı tomografi(CBCT), intraoral taramalar, klinik kayıtlar gibi büyük veri kümelerini algoritmalarla işler; veriden özellikleri otomatik çıkarır, örüntüleri öğrenir ve görülmemiş örneklerde tahmin yapar. Görüntü görevlerinde CNN temelli modeller segmentasyon, sınıflandırma ve ölçümde öne çıkar; özellik çıkarımı ile sınıflandırmayı eş zamanlı yapabilir.(Vázquez-Sebrango et al., 2025) . Modellerin etkinliği eğitim verisinin niteliğine, çok modlu entegrasyona (STL–DICOM eşleştirme) ve insan-yapay zekâ etkileşiminin (klinik doğrulama- denetim) kalitesine bağlıdır.(Elgarba, Fontenele, Tarce, et al., 2024)

Periodontoloji pratiğine YZ'nin entegrasyonu; ölçümlerin standardize edilmesi, tutarlılığın artırılması, operatöre bağlı değişkenliğin azaltılması, zaman etkinliği ve radyografiler ile intraoral taramalarda gözden kaçabilen ince paternlerin yakalanması sayesinde erken tanıyı güçlendirerek mevcut kısıtları hafifletir. MÖ, bilgisayarla görü ve veri odaklı modellerden yararlanan klinisyenler, riskli alanları daha erken saptayabilir, hastalığın seyrini öngörebilir ve idame bakımını hasta merkezli biçimde önceliklendirirken idari iş yükünü de azaltabilir.(Revilla-León et al., 2023; Sarakbi, Varma, Muthiah Annamma, &Sivaswamy, 2025)

YZ, implant diş hekimliğinde tanısal görevlerde yüksek potansiyel göstermektedir. Aynı zamanda planlanan implant aç sapmalarını azaltma, uzun dönem sonuçları iyileştirme ve idame döneminde erken uyarı üretme potansiyeli öne çıkmaktadır.(Revilla-León et al., 2023)Bununla birlikte kanıt tabanlı özellikle cerrahi ve protetik aşamalarda sınırlıdır; çok merkezli, prospektif, daha büyük örneklemli, standart değerlendirme ölçütleri ve harici doğrulamalı çalışmalar gereklidir.(Moraschini et al., 2025)

Diş hekimliğinde başlıca kullanım alanları:

- Tanısal görüntüleme: Mandibular kanal, maksiller sinüs, alveol kret gibi anatomik yapıların otomatik tespiti; kemik kalitesi sınıflandırılması (çoğu çalışmada doğruluk %85–100) (Moraschini et al., 2025)
- Cerrahi tedavi planlaması: Kemik kalitesi değerlendirme, anatomik

verilere göre kişiye özel implant boyut-pozisyon öngörüsü, çok modlu (CBCT, IOS, yüz taraması) veri entegrasyonu; yönlendirilmiş kemik rejenerasyonunda kişiselleştirilmiş titanyum meshlerin uygulanması ve kemik ogmentasyonu için CAD/CAM iskelelerinin kullanımı.(Moraschini et al., 2025; Revilla-León et al., 2023)2Boyutlu görüntülerde implant tipinin otomatik tanımlanması. (J. H. Lee, Kim, Lee, &Jeong, 2020, 2022; Vázquez-Sebrango et al., 2025)

- Kılavuzlu cerrahi: Statik cerrahi kılavuz tasarımı ve dinamik cerrahi navigasyon.(Moraschini et al., 2025; Revilla-León et al., 2023)

- Protetik rehabilitasyon: Oklüzal tasarımın optimizasyonu.(Revilla-León et al., 2023)

- Postoperatif izlem ve prognoz: Peri-implant kemik kaybının saptanması, implant entegrasyon değerlendirmesi (bazı çalışmalarda doğruluk >%90).(Moraschini et al., 2025).

YZ, implant ve periodontoloji dâhil diş hekimliğinde tanıdan planlamaya, cerrahiden protetiğe ve izleme kadar geniş bir yelpazede yüksek potansiyel göstermektedir; en olgun kullanım alanı tanısal görüntülemedir. (Moraschini et al., 2025)Dijital iş akışları (CBCT, intraoral tarayıcı (IOS), CAD/CAM) ile bütünleştğinde YZ; öngörülebilirliği, doğruluğu ve hasta deneyimini artırabilir. (Colombo et al., 2017; Elgarba, Fontenele, Tarce, et al., 2024; García-Gil, Cortés-Bretón-Brinkmann, Jiménez-García, Peláez-Rico, &Suárez-García, 2020; Sarakbi et al., 2025)YZ, dental hasta bakımında da tanıdan tedavinin uygulanmasına ve takibe kadar uzanan geniş bir çizgide güçlü bir dönüştürücüye evrilmiştir; güncel çalışmalar, tanı doğruluğu, hastalık riski ve prognoz sınıflandırması, klinik karar verme ve müdahale planlamasında anlamlı kazanımlar gösterir. (Gawali et al., 2024)

YZ tabanlıkarardesteksisistemleri, hasta kayıtlarınıvegörüntüleriişleyerekhekimekoltukbaşındaikincigörüşsunar; tedaviolasılıklarınıvebaşarışansınısayısallaştırır. Literatürdepanoramikveperiapikalradyografiler, intraoral fotoğraflarve periodontal USG'ninperiodontolojideençokkullanılanverikaynaklarıolduğubildirilmektedir(Scott, Biancardi, Jones, & Andrew, 2023). Bu sistemlerinperformansıçalışmadançalışmayadeğişmeklebirlikte, cep derinliği, periodontal kemikkayıbveperiapikalpatolojileriçintanısaldoğrulukçoğunlukla %70–90 bandındadır; bazıperiapikaltemelliçalışmalardaduyarlılık %90'ın üzerineçıkmıştır(J. H. Lee, Kim, Jeong, & Choi, 2018). Güncelbirsistematikderleme, dento-maksillofasiyalradyografilerde peri-implant kemik kaybınısaptamada YZ modellerinininyüksekdoğrulukdüzeylerineulaşabildiğinigöstermiştir. Böylecehekimler, tedaviplanınıdaha net belirleyipolasıriskleriöngörebilmektedir.(Mugri, 2025)

YZ tabanlı sistemler, hekiminden deneyimine bağlı değişkenliği azaltarak daha tutarlı kararlar üretmeyi hedefler. Sadece görüntüler değil, bazı hematolojik göstergeler (örn. lökosit sayımı) ve subgingival mikrobiyom profillerinin kullanıldığı modeller de agresif ve kronik periodontitis ayırımında yüksek doğruluk bildirmiştir (Feres et al., 2018; Scott et al., 2023). Bu yaklaşımlar ile kişiselleştirilmiş protokoller oluşturmak mümkün hale gelmektedir. (S. J. Lee et al., 2025)

Periodontal tedavinin başarısı, destekleyici periodontal tedavi (DPT) sürecinde düzenli takip, risk temelli geri çağırma aralıkları ve davranış değişikliğinin sürdürülmesine bağlıdır. (Musa, Elamin, Barrie, & Kimmie-Dhansay, 2024) Periodontal hasta takibinde izlenen veri akışının omurgasını radyografiler, klinik kayıtlar ve 3 boyutlu (3B)/4 boyutlu (4B) dijital ölçümler oluşturur. DÖ temelli modeller, bite-wing ve panoramik görüntülerde alveoler kemik kaybını, furkasyon ve kemik defekti örüntülerini otomatik saptayarak klinisyene hızlı bir “ön görüş” sunabilir. Sistematik derlemeler bu CNN tabanlı yaklaşımların genelde yüksek doğruluk verdiğini bildirmiştir. Fakat çalışma tasarımına ve veri kalitesine göre değişkenlik gözlenmektedir. (Jundaeng, Chamchong, & Nithikathkul, 2024)

Cep derinliği, sondalamada kanama, sigara ve diyabet durumu, geçmiş ataşman kaybı vb. gibi kliniğe ait kayıtlar Periodontal Risk Değerlendirmesi (PRA) ve Periodontal İnflame Yüzey Alanı (PISA) gibi göstergelere dönüştürülerek hastaya özgü izlem aralığı ve bakım yoğunluğu planlanabilir. (Petsos, Arendt, Eickholz, Nickles, & Dannewitz, 2020)

İntraoral tarayıcı temelli 3B/4B izlem ise yumuşak dokunun hacim ve morfolojisini zaman içinde aynı referansa oturarak karşılaştırmaya imkân verir; böylece dişeti çekilmesi ya da papil dolgunluğu gibi milimetre altı değişimler sayısallaştırılabilir. (César Neto et al., 2024)

Bu veri katmanlarının üzerinde çalışan yapay zekâ, geçmiş muayene ve görüntülerden öğrenerek alevlenme, ataşman kaybı ya da diş kaybı riskini öngören erken uyarılar üretebilir; radyografilerde kemik seviyesini renklendirip ölçerek standart raporlar çıkarır ve zaman içi değişimi görselleştirir. (Jundaeng et al., 2024)

Tamamlayıcı olarak, tele-periodontoloji uygulamaları hatırlatıcılar, öz-izlem ve uzaktan danışma ile plak-kanama kontrolünü ve randevu uyumunu destekler. Birlikte ele alındığında bu yaklaşım, kişiselleştirilmiş takip planlarını güçlendirirken klinik kararların tutarlılığını ve bakımın sürekliliğini artırma potansiyeli taşır. (C. T. Lee, Huang, Sun, & Karimbux, 2015)

B) 3 BOYUTLU BASKI

3B baskı (eklemeli imalat), bilgisayardaki bir dijital modeli, katman katman malzemeleri birleştirerek fiziksel 3 boyutlu nesneye dönüştürür. Sık kullanılan yöntemler: stereolitografi (SLA), fotopolimer püskürtme, seçici lazer

sinterleme (SLS/DMLS), ergitilerek biriktirme (FDM) ve toz-bağlayıcı yazıcılarıdır. İlk yazıcı 1986'da tanıtılmıştır ve teknoloji o günden beri hızla gelişmektedir.(Y. Chen &Wei, 2025)3B baskı; kişiye özel ve yüksek hassasiyetli üretime imkân vererek hedeflenen planın ağız içine güvenle aktarılmasını, zamanın kısılmasını, malzeme israfının azalmasını ve öngörülebilirliği artırmaktadır(Ligon, Liska, Stampfl, Gurr, &Mülhaupt, 2017).

CBCT ve IOS'lar ile işlem öncesi görselleştirilen ve hasta ile paylaşılabilen dijital verilerin doğrudan üretime bağlanması, hasta hekim iletişimini güçlendirmektedir. 3B baskı ile hasta ve diş hekimliği eğitimlerinde kullanılmak üzere gerçekçi modeller elde edilebilir.(Passos, Soares, Choi, &Cortes, 2020)Ayrıca doku mühendisliğiyle birlikte rejeneratif yaklaşımlar desteklenmektedir (Y. Chen &Wei, 2025) Bununla birlikte ekipman ve yazılım gereksinimi, öğrenme eğrisi, maliyet, uzun dönem klinik kanıt eksiklikleri yaygın kullanımı sınırlandıran başlıca etmenlerdir.

Klinik diş hekimliğinde dijital iş akışı ilk olarak CBCT, intraoral tarama ve gerektiğinde yüz taraması ile görüntü alma, sonrasında edinilen verileri eşleştirme ve planlanan işleme uygun bilgisayar destekli tasarım aşaması, son olarak 3B baskı sonrası sterilizasyonu içerir. Biyouyumlu ve sterilize edilebilir 3B baskı malzemelerinin kullanılması, cerrahi ortamda güvenilirliği sağlar.(Passos et al., 2020)Sterilizasyonda buhar, otoklav (ör. 121 °C) ve bazı düşük ısı kimyasal yöntemler (H_2O_2) uygundur. ETO/perasetik asit gibi kimyasallar polimer özelliklerini bozabileceğinden önerilmez. Radyasyonun da polimerler üzerinde olumsuz etkileri görülebilmektedir.(DiSpirito et al., 2024; Valls-Esteve et al., 2023)

Diş hekimliğinde başlıca kullanım alanları:

- Cerrahi tedavi planlaması: Anatomik modeller, hasta spesifik implantlar ve cerrahi kılavuzlar kompleks olgularda planlama hassasiyetini ve uygulama doğruluğunu artırır. Dijital planlamadan elde edilen kişiye özel cerrahi kılavuzlar ile implant güvenli ve planlanan şekilde konumlandırılırken aynı zamanda operasyon süresi azalır, postoperatif hasta konforu artar ve hata payı düşürülmüş olur. (Y. Chen &Wei, 2025)Yakın tarihli bir sistematik derleme ve Meta-analizde klinik veriler tam kılavuzlu cerrahide koronal/apikal sapmaların serbest ele göre azaldığını; ortalama giriş $\approx 0,9$ mm, apeks $\approx 1,3$ mm, $3,5^\circ$ açısal sapma raporlandığını ve 5yılda %94,5–100 sağkalım aralıklarını bildirmektedir.(C. S. Chen et al., 2025)(Walker-Finch&Ucer, 2020) (Vercruyssen, Laleman, Jacobs, &Quirynen, 2015)Bir randomize kontrollü çalışmada (RKÇ) çeşitli statik sistemler, serbest el ve pilot frez şablonlarıyla karşılaştırıldığında, mukoza veya kemik destekli olsun tüm statik kılavuzlar serbest el yaklaşımlardan anlamlı derecede daha isabetli bulunmuştur.(C. S. Chen et al., 2025; Vercruyssen et al., 2015)Yine de açısal ve doğrusal sapma, şablon uyumsuzluğu, kırılma, dikey derinlik hataları, frez sürtünmesi kay-

naklı ısınma ve görüş kısıtlılıkları görülebilir. Bu riski azaltmak için başlıca öneriler; kemikdestekli kılavuz tasarımlarının tercih edilmesi, ek kemik pinleriyle fiksasyon, keskin frez ve mekanik frez durdurucularının kullanımı ile en az üç fiksasyon vidasının tripod konfigürasyonunda yerleştirilmesi olabilir. Bu önlemler kılavuz stabilitesini artırır ve hata riskini aza indirir.(Vercruyssen et al., 2015)

- Kişiye özel implantlar: 3B baskı, kök şeklinde ve hasta spesifik implantların (ör. PEEK veya metal) üretilmesine olanak verir; klinikte kullanım ve ticarileşme başlamış olsa da dayanıklılık ve tribokorozyon için daha fazla araştırma gereklidir.(Y. Chen &Wei, 2025)

- Ortodonti: Şeffaf plaklar, kişiye özel braket ve retainer üretimi ile 3B baskı, daha iyi uyum ve hasta konforu sunar ayrıca randevu sayısını azaltır. Ortognatik cerrahilerde kullanılmak üzere hassas şablonların üretilmesi ile kompleks operasyonlarda tedavi başarısını arttırmaktadır. (Y. Chen &Wei, 2025)

- Yönlendirilmiş doku rejenerasyonu: Planlama evresinde, 3B yazılımlar kullanılarak defektin morfolojisi ve hedeflenen implant destekli protezin ideal konumu birlikte değerlendirilir; bu veriler temel alınarak hastaya özel mesh, membran, kemik grefti, periodontal onarım ve rejenerasyon için biyomimetik iskeleler, soket koruma, kemik ve sinüs ogmentasyonu işlemleri için greftler ve dental implantlar tasarlanabilmektedir. Dijital wax-up'ın planlamaya üst üste bindirilmesi, rejenerasyonun protezden geriyoğlendirilmiş şekilde kurgulanmasına imkân tanır ve gerektiğinde tamamen dijital bir iş akışı içinde kişiye özgü CAD/CAM ile tasarlanıp üretilen protetik restorasyonu da kapsar. Ayrıca, cerrahi yaklaşımı öngörmek ve defekti irdelemek için 3B yazdırılabilir modeller oluşturularak analog modellerin analizi ve simülasyonu yapılabilir (DiSpirito et al., 2024)Mevcut yayınlar, periodontal rejenerasyona ilişkin 3B baskı uygulamalarında çoğunluğun prelinik deneyler, in vivo/ in vitro çalışmalar ve olgu sunumlarında olduğunu ve bu çalışmaların umut verici bulgular sunduğunu ortaya koymaktadır (Gul, Arif, &Ghafoor, 2019). Rasperini ve ark., labial yumuşak ve sert doku dehisensi içeren periodontal bir defekte 3B baskıiskeleyi ilk kez uygulamış; 12. aya dek olumlu sonuçlar izlense de sonrasında başarısızlık bildirilmiştir.(Rasperini et al., 2015)Lei ve ark., maksiller lateral kesici çevresindeki kemik defektinde 3B baskı iskele ile trombositten zengin fibrin eşliğinde yönlendirilmiş doku rejenerasyonu uyguladıkları bir olguda, 15 aylık izlemde cep derinliğinde anlamlı azalma ve kemik dolumunda artış saptamıştır.(Lei, Yu, Ke, Sun, & Chen, 2019)Sumida ve ark. tarafından yürütülen RKÇ'deise, kemik defektleri için hastaya özgü 3B baskılı aygıtın, ticari mesh'e kıyasla daha kısa işlem süresi ve daha az vida gereksinimi sağladığı rapor edilmiştir.(Sumida et al., 2015) Bununla birlikte, yüksek kaliteli randomize kontrollü ve uzun dönemli klinik verilere duyulan ihtiyaç sürmektedir.(Gul et al., 2019)

· Periodontal cerrahi prosedürler: Tek kılavuzla gingivektomive kuron boyu uzatma gibi işlemlerde intraoperatif hassasiyet, öngörülebilirlik ve kişiselleştirmeyi arttır, işlem süresi kısılır ve doğruluk artmaktadır. DSD tabanlı tasarımlar ile hasta ameliyat öncesinde planlanan sonucu görebilmektedir. Böylelikle hasta memnuniyeti artmaktadır(Alazmi, 2022; Passos et al., 2020). Kılavuzlu periodontal plastik cerrahi ile dişeti çekilmesinde tedavi yaklaşımlarında, intraoral tarama ve CBCT verilerinin CAD/CAM ortamında birleştirilmesiyle kesi çizgilerini ve bağ dokusu grefti penceresini önceden tanımlayan, 3B yazdırılmış cerrahi şablonlar üzerinden cerrahi operasyon yapılabilmektedir. Bu sayede papilla tabanındaki yatay ve oblik kesilerin konumu standardize edilip, kanlanmayı koruyacak flep tasarımı daha öngörülebilir hâle gelmektedir.Donör bölgede kritik anatomik yapılardan kaçınma kolaylaşır. Bu dijital iş akışı öğrenme eğrisini kısaltma ve operatörler arası değişkenliği azaltma potansiyeli taşıırken, flebin ayrılması, serbestleştirilmesi ve dikişgibi adımlar hâlen cerrahi beceriye bağlıdır. Ayrıca görüntüleme, tasarım ve baskı sebebiyle ek zaman ve maliyet gerektirebilir. Geniş örneklemli, karşılaştırmalı çalışmalar bu yöntemin uzun dönem maliyet-etkinliğini netleştirmek için gereklidir.(Santamaria, FerreiraBonafé, et al., 2025; Santamaria, Rossato, et al., 2025)

· Eğitim ve hasta iletişimi: 3B modeller hasta ile iletişimde, tedaviyi anlatmada ve diş hekimliği eğitiminde etkili olmaktadır. (Gul et al., 2019)

3B baskı, dijital diş hekimliğinin omurga teknolojilerinden biri hâline gelmiştir. Hedeflenen planı ağız içine doğru ve tekrarlanabilir biçimde aktarmayı, kişiselleştirilmiş çözümler üretmeyi ve rejeneratif seçenekleri genişletmeyi sağlar.(Gul et al., 2019)

En güçlü kanıtlar cerrahi kılavuzlar, Ti-mesh ve iskele uygulamalarında; ancak uzun dönem insan verileri, standart protokoller ve maliyet-etkinlik analizleri hâlâ gereklidir.(DiSpirito et al., 2024) Sonuç olarak 3B baskı, doğru vaka seçimi, sağlam dijital iş akışı, uygun sterilizasyon ve eğitimle birlikte kullanıldığında, implantoloji ve periodontoloji başta olmak üzere diş hekimliğinde öngörülebilirliği, etkinliği ve hasta memnuniyetini belirgin biçimde artırma potansiyeline sahiptir.

C) DİNAMİK CERRAHİ YAKLAŞIM-ROBOTİK CERRAHİLER

Dinamik kılavuzlu yaklaşım, hastaya ait dijital planı ameliyat sahasına canlı olarak taşıyan; frezin uzaydaki konumunu, açısını ve derinliğini kızılötesi/stereo-kamera tabanlı izleme ile anlık gösteren bir bilgisayar destekli navigasyon sistemidir.(C. S. Chen et al., 2025)Robotik cerrahi ise, otonom ya da işbirlikçi robot kolların önceden oluşturulmuş implant yolunu yüksek stabilite ve kontrolle uygulamasına dayanır. Her iki teknoloji de özünde protezden geriye planlamayı sahaya aktararak restoratif hedeflerle uyumlu, biyolojik olarak daha öngörülebilir bir yerleştirmeyi amaçlar.(J. Y. Shi et al., 2025)

Klinik işleyişte dinamik navigasyon, CBCT ve intraoral taramalardan üretilen planın sisteme kaydedilmesi ve kalibre edilmesiyle başlar; cerrah, kısıtlayıcı manşonlar olmaksızın ekrandaki 3 boyutlu geri bildirim eşliğinde, el-göz koordinasyonuna dayanarak ilerler. Bu esneklik; sınırlı ağız açıklığı, geniş flepler veya zor erişimli bölgelerde önemli bir operatif rahatlık sağlamaktadır. Ancak yöntemin el titremesine duyarlılığı, kayıt ve kalibrasyon için ek süre gereksinimi, rijit referansı olmayan tam ark vakalardaki zorlukları ve yaklaşık yirmi vakalık belirgin bir öğrenme eğrisini de beraberinde getirir. (C. S. Chen et al., 2025)

Robotik cerrahide plan robot yazılımına aktarılır; sistem derinlik, açı ve konumu yazılım-kontrollü mekanik sınırlamalarla uygular. Delme stabilitesi ve tekrarlanabilirlik bu sistemin güçlü yanlarıdır; öte yandan kurulum, kalibrasyon ve eşleştirme (görüntü-hasta hizalaması) adımlarının görece uzunluğu pratikte dikkate alınması gereken bir değişkendir. (J. Y. Shi et al., 2025)

Doğru üç boyutlu yerleştirme, protez yönelimli tedaviyi mümkün kılar, transmukozal çıkış profilini optimize eder ve peri-implant hastalıkların önlenmesine katkı sağlar. Serbest ele kıyasla statik kılavuzların doğruluk üstünlüğü iyi bilinmekle birlikte, dinamik navigasyon ve robotik sistemler bu doğruluğu kinematik geri bildirim ve hareket özgürlüğüyle birleştirir. Bu nedenle özellikle posterior bölgeler, sınırlı ağız açıklığı olan hastalar, sinüs komşuluğu ya da ileri rezorbe kret gibi erişimi güç anatomilerde klinik anlam taşımaktadır. (J. Y. Shi et al., 2025)

Karşılaştırmalı bir RKÇ'nın nicel bulgularına göre robotik cerrahi, platform ve apeks düzeylerinde mezial-distal diferansiyel sapmalarda statik kılavuzdan daha düşük değerler sunmuş ve başlangıç planından neredeyse sıfır üç boyutlu sistematik hata sergilemiştir. Dinamik navigasyon ve statik kılavuzlarda ise distale eğilimli düşük sistematik hatalar gözlenmiştir. Öte yandan ameliyat süresi bakımından statik kılavuz bariz biçimde daha kısa bulunmuş olup üçüncü günde post-op hasta bildirimi daha anlamlıdır. Çalışmaya göre operatör değerlendirmeleri cerrahi sahaya erişimi dinamik navigasyonla daha kolay bulmaktadır. (J. Y. Shi et al., 2025) Bununla birlikte literatürdeki bir pilot RKÇ'de robotik doğruluğun daha düşük bildirildiği de hatırlanmalıdır; sistem farklılıkları ve metodolojik çeşitlilik sonuçların yorumuna dikkat gerektirir. (JunYuShi et al., 2024)

Sonuç olarak, dinamik navigasyon ve robotik cerrahi, implant yerleştirmede gerçek zamanlı yönlendirme ile mekanik stabilite sağlayan etkili yöntemlerdir. Dinamik navigasyon esneklik, erişim ve olası maliyet avantajlarıyla öne çıkarken, kayıt ve kalibrasyon gereksinimleri ile öğrenme eğrisi uygulamayı sınırlandırabilir. Robotik sistemler planlama ile hizalanmada yüksek bir potansiyel sunsa da süre, kurulum karmaşıklığı ve sistem-bağımlı değişkenlik dikkat istemektedir. Bugünkü kanıtlar, uygun vaka seçimi ve de-

neyimli ekiplerle her üç yaklaşımın da klinik uygulanabilir olduğunu gösterirken; geniş ölçekli, çok merkezli ve standardize ölçütlerle tasarlanmış uzun dönemli çalışmalara ihtiyaç vardır.

D) TANISAL DİJİTAL GÖRÜNTÜLEME

Tanısall dijital görüntüleme, diş hekimliğinde analog ve 2 boyutlu yöntemlerden 3 boyutlu dijital görüntülemelere doğru son yıllarda önemli ilerleme kaydetmiş olup elde edilen veriyi tanı ve tedavi planına dönüştüren görüntü elde etme süreci olarak tanımlanabilir. Günümüzde bu ilerleme ile implant diş hekimliğinde hassas bir tanı ve tedavi planlaması, cerrahi aşamalarda rehberlik ve protetik rehabilitasyon basamaklarının daha yakından takibi kolaylıkla yapılabilmektedir.(M. Bornstein, Scarfe, Vaughn, & Jacobs, 2014; Harris et al., 2012; Horner, Jacobs, & Schulze, 2013; Jacobs, Salmon, Codari, Hassan, & Bornstein, 2018; Tyndall et al., 2012) Dijital görüntülemeye implant tedavisinin her basamağında başvurulabilir. Tedavi başlangıcında kemik kalitesi ve hacim değerlendirilmesi, anatomik sınırlar ve patoloji varlığı/yokluğu saptanmasında kullanılmakta olup uygulama aşamasında statik kılavuzlu cerrahiler ve dinamik cerrahi navigasyonlar için başvurulmaktadır. Ve son olarak takip evresinde implant stabilitesi, kemik seviyesi ve komplikasyon varlığı/yokluğunun değerlendirilmesinde dijital görüntülemeler gerekmektedir. (E, R, F, & I, 2002; Fokas, Vaughn, Scarfe, & Bornstein, 2018; Jacobs, Quirynen, & Bornstein, 2014; Romandini, Ruales-Carrera, Sadilina, Hämmerle, & Sanz, 2023; Tahmaseb, Wu, Wismeijer, Coucke, & Evans, 2018)

İmplant diş hekimliğinde optimizasyon, literatürde “Görüntüleme 3.0” olarak anılan yaklaşım yani ileri görüntü işleme ile YZ nin bütünleşik kullanımı sayesinde tanı, planlama, cerrahi yönlendirme, protetik rehabilitasyon ve uzun dönem izlem dâhil tüm basamakların yeniden kurgulanmasını mümkün kılmaktadır(Hung, Yeung, Bornstein, & Schwendicke, 2023; Norbash et al., 2014) YZ tabanlı sistemler; dijital görüntülerden kritik anatomik yapıların otomatik tespiti ve segmentasyonu, kemik yoğunluğu/morfolojisi ile estetik gereksinimleri dikkate alan sanal implant yerleşimi modellemeleri ve kılavuzlu uygulamalar için veri üretimi gibi işlevlerle iş akışını rasyonelleştirir; implant fonksiyona geçtiğinde osseointegrasyonun nicel değerlendirilmesini destekler ve peri-implantitis benzeri komplikasyonlar için erken uyarı sağlayabilir. (Fuglsig, Reis, Yeung, Bornstein, & Spin-Neto, 2024)

Son dönemde diş hekimliğinde iyonizan radyasyon içermeyen görüntüleme seçeneklerine yönelim belirginleşmektedir (M. M. Bornstein, 2021).Bu bağlamda MRG ve ultrasonografi gibi görüntülemeler yumuşak doku odaklı tanıda yeni olanaklar sunmaktadır. (Dhondt et al., 2022; Flugge et al., 2023; Tanaka et al., 2023)Her ne kadar günümüzde diş hekimlerince erişimleri sınırlı olsa da mevcut görüntüleme yaklaşımlarını tamamlayıcı bir rol üstlenme potansiyelleri vardır.

İyonizan radyasyon kullanan klasik 2B/3B teknikler, yumuşak dokuya sınırlı erken enflamatuvar değişimleri ayırt etmede yetersizdir; periapikal ve periodontal lezyonların radyografide görünmesi çoğunlukla %30–50 mineral kaybı eşğine bağlıdır. MRI, radyasyon içermeyen ve invaziv olmayan bir yöntem olarak diş hekimliğinde mevcut iyonizan temelli yaklaşımların yumuşak dokudaki sınırlılıklarını tamamlayabilecek bir alternatif sunar. Diş-odaklı MRI (ddMRI) kavramı; düşük alan gücü, özel dental RF bobini ve endikasyona özgü çekim dizileriyle sistemi klinik gereksinimlere uyarlamayı hedefler. Bu sayede marjinal kemik değişiklikleri ve furkasyon gibi bulgular görüntülenebilir; sıvı duyarlı sekanslarla periodontal dokulardaki inflamasyon hakkında dolaylı bilgi sağlanarak tanı ve tedavi izlemi desteklenebilir. Klinikte doğrudan kullanılabilir bir ddMRI'ye geçebilmek için cihazın hem maliyetinin hem de kurulum ve işletim karmaşıklığının azaltılması; ayrıca mevcut diş hekimliği ekibinin ek uzmanlık gerektirmeden güvenle çalıştırabileceği yalın bir iş akışının oluşturulması gerekir. Bu tür bir sistem, radyasyonsuz ve yumuşak dokuya duyarlı yapısı sayesinde erken hastalık saptaması ve geniş ölçekli taramalar için umut vericidir. Ancak ddMRI'nin farklı klinik endikasyonlarda tanısallı doğruluğunu sayısal olarak ortaya koymak için daha fazla, iyi tasarlanmış çalışmaya ihtiyaç vardır.(Greiser et al., 2024; Sumida et al., 2015)

2.DİŞ HEKİMLİĞİ EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKANIN ROLÜ

Diş hekimliği eğitiminde yapay YZ; öğrenci verilerini işleyip öğrenme örüntülerini tanıyan, içerik ve geri bildirimi kişiye uyarlayan ve klinik senaryoları gerçekçi biçimde simüle eden sayısal sistemlerin bütünüdür. Bu çatı altında üç temel uygulama öne çıkar: adaptif öğrenme yazılımları, simülasyonlar/Sanal Gerçeklik (VR)-Artırılmış Gerçeklik (AR) ortamları ve idari verimlilik.

YZ destekli adaptif öğrenme, öğrencinin gereksinimine göre içerik ve hızı ayarlayarak diş hekimliği eğitimini kişiselleştirir; karmaşık işlemleri ve bilgiyi daha derin kavramayı kolaylaştırır (Huang, Chen, &Chutinan, 2025; Schropp, Sørensen, Devlin, &Matzen, 2024). Radyografi yorumlama eğitiminde yapılan bir çalışmada, bitewing görüntülerin YZ ile değerlendirilmesi yüksek doğruluk vermiş ve programı kullanan öğrencilerin daha isabetli tanımlar koyduğu gösterilmiştir (Schropp et al., 2024). Bu bulgular ile YZ'nin öğrenme hızını artırma, kliniğe hazırlığı güçlendirme ve bilgiyi gerçek vaka senaryolarına aktarmayı kolaylaştırma potansiyeline işaret edilebilir (Danesh, Pazouki, Danesh, Danesh, & Vardar-Sengul, 2024; Schropp et al., 2024). Öte yandan, yakın tarihli bir çalışma öğrencilerin diş hekimliği eğitiminde uzmanlaşmamış YZ araçlarına temkinli yaklaştığını ve üretken YZ ile geleneksel kaynaklar arasında tutarsızlıklar gördüğünü bildirerek dikkatli ve rehberli kullanıma ihtiyaç olduğunu hatırlatmaktadır (Huang et al., 2025). Sonuç olarak, YZ'nin gelişimi sürdükçe fakültelerde daha verimli, etkili ve bi-

reyselleştirilmiş bir eğitimi destekleyen tamamlayıcı bir araç olarak konumu da güçlenecektir.

YZ destekli simülasyon ve VR/AR, diş hekimliği eğitiminde giderek temel bir altyapı hâline gelmektedir. Yalnız YZ, yalnız VR/AR ve hibrit YZ+VR/AR yaklaşımları bulunmaktadır. YZ tabanlı öğrenme platformları, öğrencinin hız ve ihtiyacına uyumlanarak klinik veriyi MÖ ile analiz eder ve anlık, kişiye özgü geri bildirim sunar (Fang et al., 2024; Kanwal et al., 2024). VR/AR çözümleri ise haptik (dokunsal) geri bildirimle enstrüman hissini taklit eden gerçekçi simülasyonlar üzerinden pratik olanağı verir (Kanwal et al., 2024; Mahrous et al., 2023). Hibrit yaklaşımlar YZ ile VR/AR'ı birleştirerek özellikle kavite preparasyonu gibi işlemlerde eşzamanlı ölçme, değerlendirme ve geri bildirim sağlar; böylece preklinik eğitimde beceri kazanımını hızlandırır ve standardizasyonu güçlendirir (Fang et al., 2024; Mahrous et al., 2023). Bu platformlar, canlı hasta riski olmadan operatif diş hekimliği, periodontoloji ve radyografik yorumlama üzerinde tekrarlı pratik yapılmasına imkân verir (Kanwal et al., 2024). YZ tabanlı sanal hastalar ve sohbet botları, geniş bir klinik senaryo yelpazesini canlandırarak tanı ve karar verme becerilerini destekler; oyun temelli uygulamalar ise otomatik geri bildirimle motivasyon ve öğrenme algısını güçlendirir (Mahrous et al., 2023; Suárez, Adanero, Díaz-FloresGarcía, Freire, & Algar, 2022). Algoritmalar performansı izleyip hataları olduğu anda gösterir, doğru tekniğin pekişmesini ve becerilerin daha hızlı gelişmesini sağlar (Fang et al., 2024).

YZ, diş hekimliği eğitiminde idari süreçleri hızlandıran güçlü bir yardımcıya dönüşmüştür: büyük veri yığınlarını kısa sürede işleyerek kurum içi iletişim, intihal taraması ve hatta personel seçimi gibi rutin işleri otomatikleştirir; böylece eğitimcilerin zamanı öğretim ve mentörlük için serbestleşir (Islam et al., 2022). Zamanlama sistemleri, ders gereklilikleri, öğrenci uygunluğu ve kaynak kullanımı gibi çoklu değişkeni birlikte değerlendirip çakışmaları en aza indiren programlar üreterek ders akışını ve klinik rotasyonları düzenler (Thorat, Rao, Joshi, Talreja, & Shetty, 2024). Değerlendirme tarafında, ince ayar yapılmış YZ tabanlı notlandırma araçları yazılı ödevleri tutarlı biçimde puanlayarak iş yükünü azaltabilir; ancak bu sistemlerin doğruluk ve etkinliğinin ayrıntılı biçimde sınanmasına hâlâ ihtiyaç vardır (Quah, Zheng, Sng, Yong, & Islam, 2024).

YZ, diş hekimliği eğitiminde öğretmeni ikame eden değil, öğretimi kişiselleştiren, hızlandıran ve standardize eden bir tamamlayıcıdır. Doğru tasarlanmış adaptif içerikler, yüksek doğruluklu simülasyonlar ile öğrencinin güvenli ortamda yetkinlik kazanmasını mümkün kılar.

3. DİŞ HEKİMLİĞİ KLİNİK YÖNETİMİNDE YAPAY ZEKA

YZ, diş hekimliği klinik yönetiminde giderek merkezî bir rol üstlenerek iş akışlarını hızlandıran ve hasta bakımının niteliğini yükselten akıllı çözümler

sunar (Surdilovic, Ille, &D'Souza, 2022). Günümüzde çok sayıda YZ tabanlı uygulama klinik pratiğinde uygulanabilmektedir. Bu uygulamalar pratikte dört ana eksende toplanır: (i) randevu ve iletişimi kapsayan hasta yönetimi, (ii) elektronik sağlık kayıtlarının (EHR) düzenlenmesi, (iii) faturalama-öde-me-sigorta süreçlerini içeren finansal yönetim ve (iv) bakım standartlarını izleyen kalite güvencesi.

1.Hasta Yönetimi

YZ tabanlı hasta yönetimi, klinik işleyişi belirgin biçimde iyileştirir: akıllı zamanlama modülleri randevu oluşturma, iptal ve yeniden planlamayı otomatikleştirir; hasta ve hekim takvimlerini elektronik kayıtlarla eşleştire-rek en uygun saatleri önerir ve idari iş yükünü azaltır.(Mazaheri Habibi et al., 2018)Randevu öncesi hatırlatmalar ile randevuya uyum oranı ve kliniğin verimliliği artar. Ayrıca recall hizmeti ile kontrol muayenesi zamanı gelen hastaların hatırlatılması sayesinde klinik gelirinde artış sağlayabilir.(Paton, Kushniruk, Borycki, English, & Warren, 2021)Ayrıca laboratuvar işlerinin takibi ile de gecikme durumunda kliniği uyarmakta ve tekrar planlama için zaman kazandırmaktadır. Bazı yazılımlarda o gün için tedavi planlanan has-taların tek bir ekranda veri özeti ve hasta bakım önerileri sunulmaktadır. YZ destekli hasta yönetim yazılımları, randevu akışını otomatikleştirip izlem süreçlerini düzenleyerek bakımın sürekliliğini güçlendirir; böylece idari yük azalır ve klinik ekip, zamanını doğrudan hasta bakımına ayrılabilir.(S. J. Lee et al., 2025)

2. Elektronik Sağlık Kayıtları

YZ, hekimin girdiği bulguları analiz edip olası tanılar ve bütüncül hasta kayıtları üreterek EHR süreçlerinin hızını ve doğruluğunu artırabilmektedir. Radyografilerde çürük, restorasyon ve kemik seviyelerini renk kodlarıyla vurgulayan sistemler, sorun listesini otomatik oluşturur ve iletişimi netleş-tirir . Ses tanıma sayesinde periodontal sondalamada cep derinlikleri eller serbest kaydedilir; bu da dokümantasyonu kolaylaştırıp hijyen ve verimliliği artırabilmektedir.(Dela Cruz et al., 2014; S. J. Lee et al., 2025).

3. Finansal Yönetim

Diş hekimliği kliniklerinde finans yönetimi, YZ entegrasyonu ile daha düzenli ve izlenebilir bir yapıya kavuşmaktadır: otomatik faturalama ve tah-silat sistemleri fatura kesiminden ödemeyi almaya kadar tüm süreci baştan sona yönetir (Surdilovic et al., 2022). Örneğin bir yazılım farklı ödeme ka-nallarıyla entegre çalışarak tahsilatları gerçek zamanlı izleyip ödemeleri genel muhasebe kayıtlarıyla eşleştirerek mutabakatı hızlandırır, hata riskini azaltır. Sigorta tarafında ise kodlama ve başvuru adımlarının otomasyonu, eksik veya hatalı kayıtları en aza indirir ve onay süresini kısaltır (Fernando, Kumarage, Thiyanathan, Hillary, &Abeywardhana, 2022). Randevu öncesi

poliçe doğrulaması yapan, gerekli onayları önceden tamamlayarak ret olasılığını düşüren yazılımlar da mevcuttur. Daha kapsamlı bir yaklaşım ile başka bir yazılımda ise önce klinik bulguları YZ ile değerlendirip hastanın tüm sorunlarını belirler. Ardından ilgili görseller, açıklamalar ve anlatımlarla talebi oluşturup sigortaya iletir ve kararları izleyerek değerlendiricilere nesnel bir referans sağlar. Bu bütünlük çözümler, finansal süreçlerin hızını ve doğruluğunu artırırken yönetsel yükü azaltır ve gelirin daha sağlıklı yönetilmesine katkıda bulunur (S. J. Lee et al., 2025; Surdilovic et al., 2022).

4. Kalite Güvencesi

YZ, kliniklerde kalite güvencesini birkaç yaklaşımla güçlendirebilmektedir: (i) işlem sonrası izlemde, otomatik takip araçları randevu bitiminde kişiselleştirilmiş iletilerle geri bildirim toplar; hasta yorumları üzerinde duygu analizi yaparak tekrar eden sorunları ve iyileştirme alanlarını görünür kılar.(Miotto, Wang, Wang, Jiang, &Dudley, 2018; Perri-Moore et al., 2016) (ii) Kayıt denetiminde, YZ tabanlı “chartaudit” sistemleri hasta dosyalarındaki eksik veya çelişkili alanları işaretleyerek klinik standartlara uyumu ve dokümantasyon doğruluğunu artırır (Surdilovic et al., 2022). (iii) Klinik yetkinlik ve doğrulamada, lisans ve niteliklerin otomatik doğrulanması idari yükü azaltır, kayıtların güncel kalmasını sağlar. (Surdilovic et al., 2022)Bu yaklaşımlar ile, hasta deneyimi ve sonuçlarına odaklanan; aynı zamanda operasyonel verimliliği artıran bütüncül bir kalite güvencesi çerçevesi oluşturur (Miotto et al., 2018; Perri-Moore et al., 2016; Surdilovic et al., 2022)

4. DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN PERİODONTAL ARAŞTIRMALARDAKİ EKSİKLERİ VE KISITLARI

Periodontal tanıda yapay zekâ ve dijital araçlar umut verici olsa da henüz gelişim aşamasındadır. Veri standardı eksikliği ve uzun dönem sonuçların azlığı nedeniyle klinik kanıt sınırlıdır. Daha geniş ölçekte YZ; tanısal süreçlerin tutarlılığını artırma, iş akışlarını düzenleme, gerçek zamanlı karar desteğiyle klinisyenleri destekleme ve izlem basamaklarını standartlaştırma potansiyeli taşır. Öte yandan YZ'nin ciddi bir ilk kurulum yatırımı gerektirdiği, donanım ve yazılımların güncel kalması için sürekli masraf doğurduğu, entegrasyon-siber güvenlik giderleri ve personel eğitimi gibi kalemlerin düzenli harcama yarattığı ve eğitim süreçlerinde kullanılan hassas sağlık verileri nedeniyle etik-hukukî belirsizlikler yarattığı unutulmamalıdır.(Bonny et al., 2023; C. S. Chen et al., 2025; Sarakbi et al., 2025)

Güncel derlemeler, birçok yardımcı teknolojiye tanısal doğruluk, hasta deneyimi ve maliyet-etkinlik kanıtlarının yetersiz olduğunu bildirmektedir. Buna karşın YZ heterojen veriyi birleştirerek kişiselleştirme sağlar, rutin işleri otomatikleştirir ve sürekli izleme imkânı sunar.(Surdu et al., 2024)

Sonuç olarak YZ, periodontal tanıda klinik yargıyı tamamlayan bir yardımcı olarak görülmelidir. Güvenli ve standartlaştırılmış bir çerçevede kademeli olarak yaygınlaştırıldığında doğruluk, zaman ve maliyet göstergelerinde ölçülebilir iyileşmeler sağlayabilir.(Bonny et al., 2023)

5. GELECEKTEKİ YÖNELİMLER: HENÜZ YETERİNCE ÇALIŞILMAMIŞ ALANLAR VE POTANSİYEL UYGULAMALAR

Yakın gelecekte diş hekimliğinde YZ ile 3B verinin birlikte kullanımı; sert ve yumuşak doku değişimlerinin simülasyonu ve öngörüsünü mümkün kılarak tanı, planlama, uygulama ve izlem döngüsünü daha da öngörülebilir hâle getirecektir. VR/AR gözlükleriyle intraoperatif anatominin üst üste bindirilmesi ve robotik kollarla el titremesinin azaltılması mümkündür. Görüntüleme parametrelerinin standartlaştırılması, platformlar arası veri kaybının azaltılması, artefakt giderme ve segmentasyonun iyileştirilmesi ile dijital iş akışı optimize edilebilir.(C. S. Chen et al., 2025)

Hasta bakımında yapay zekâ, tanı doğruluğunu artırır, kişiselleştirilmiş tedaviyi mümkün kılar ve hastanın sürece aktif katılımını teşvik ederek diş hekimliğinde köklü bir dönüşümün kapısını aralamaktadır.(S. J. Lee et al., 2025)

Uygulama ölçeğinde yapay zekâ, hekimlerin iş yükünü hafifletebilir; hizmete erişimin kısıtlı olduğu bölgelerde uzaktan değerlendirme ile tanı ve planlamayı mümkün kılar ve biyobelirteçler ile sosyal/çevresel etmenlerden üretilen yeni ilişkiler aracılığıyla bakımın sürdürülmesine yönelik stratejileri dönüştürebilir.(Sarakbi et al., 2025)

Dijital planlama, implant yerleşiminde hem görselleştirmeyi hem de uygulamayı kolaylaştırır. Uygun endikasyon ve doğru iş akışı ile kullanıldığında hem statik hem dinamik bilgisayar destekli yaklaşımlar yeterli doğruluk sağlar. Planlanan tedavi klinisyen deneyimi, vaka özellikleri ve pratik gerekliliklere göre bireyselleştirilmelidir.(C. S. Chen et al., 2025)

Görüntü analizinde YZ'nin hızlı ilerleyişi, rutin radyoloji ve patoloji görüntülerinin önemli bir bölümünün YZ ön-incelemeinden geçmesini muhtemel kılmaktadır. Aynı doğrultuda, otomatik segmentasyon, konuşma/metin tanıma ve gerçek zamanlı karar desteği araçları hasta iletişimini hızlandıracaktır.(Cholan, Ramachandran, Umesh, P, &Tadepalli, 2023)

Eğitim tarafında YZ; kişiselleştirilmiş öğrenme, VR/AR temelli simülasyon ve öngörüselleştirilmiş sürekli mesleki gelişimi güçlendirmektedir. Gelecekte, eğitimciler ve YZ sistemleri arasında tamamlayıcı iş birliği ile diş hekimliğinde sürekli eğitim programlarına yerleşik YZ modülleri öngörülmektedir.(S. J. Lee et al., 2025)

Gerçek ilerleme veriyle mümkün olacaktır: klinikler, fakülteler, laboratuvarlar ve üretim-tedarik zincirleri arasında paylaşılabılır veri kümeleri oluşturuldukça, YZ modelleri daha adil ve genellenebilir hâle gelir. Açık bilim, sorumlu veri paylaşımı ve kimliği gizlenmiş kayıtların kullanımı; önyargıyı azaltma ve eşit erişim için temel koşullardır.(Stanley, 2023)

Yine de en büyük engeller teknik olmaktan çok benimsenme ve kurumsal yönetim boyutundadır: düzenleyici onaylar, kamu sistemlerine entegrasyon, standartlaştırılmış raporlama, klinisyen eğitimi ve sürdürülebilir finansman sağlanmadıkça geniş ölçekli kullanım gecikecektir. (Cholan et al., 2023)

Gelişimde öncelikler şunlardır: (1) modellerin farklı demografik ve coğrafi popülasyonlarda sistematik olarak doğrulanıp iyileştirilmesi, (2) klinik görüntüleme ve genetik verileri entegre eden çok kipli algoritmaların geliştirilmesi, (3) iş akışını aksatmadan gerçek zamanlı karar desteği sunan kullanıcı dostu araçların üretilmesi ve (4) hassas ve tekrarlanabilir görüntü hizalamasıyla uyumlandırılmış 3 boyutlu veriler üzerinden boylamsal değişimin güvenilir biçimde ölçülmesi ve sonuçların öngörülmesi. Bu hedeflere ulaşmak için ortak raporlama standartları, açık erişimli doğrulama veri setleri ve iyi tasarlanmış RKÇ gereklidir.(Sarakbi et al., 2025)

Yakın gelecekte YZ hassas risk öngörüsü ile fenotip odaklı tedavi planlamasını gündelik pratiğin parçası yapmaya adaydır. Klinik faydanın güvenle hayata geçmesi; etik, teknik ve düzenleyici ilkelerle desteklenen, kanıta dayalı ve kademeli bir yaygınlaştırmayı gerektirir. Bu koşullar sağlandığında YZ, eğitimin niteliğini yükselten, klinik kararları keskinleştiren, hasta deneyimini iyileştiren ve klinisyeni güçlendiren bir tamamlayıcı olarak, dijital diş hekimliğinin ufkunu genişletecektir. (Sarakbi et al., 2025)

6. DİJİTAL PERİODONTOLOJİNİN GÜNCEL DURUMU: KÜRESEL PERSPEKTİF VE TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Yüksek gelirli ülkelerde dijital periodontoloji; dijital tanısal görüntüleme (CBCT, IOS'lar), YZ destekli karar desteği (radyografilerden kemik kaybı/lezyon saptama, risk sınıflaması), tele-dişhekimliği ile uzaktan izlem, CAD/CAM ve 3Baskı tabanlı kılavuzlarla bütünleşik bir iş akışına evrilmiştir. (Cong, Nam, Viet, & Marya, 2024a; C. T. Lee et al., 2015; Rezallah, Sherif, Abdelkarim, & Afifi, 2025)

Statik cerrahi kılavuzlar,IOS ve CBCT temelli dijital planın sahaya aktarımıyla; insizyon hatları, flep tasarımı ve greft yerleşimine yönelik konumlandırma doğruluğunu artırmayı hedefler. Kök kapama (tünel/CAF yaklaşımları), klinik kuron boyu uzatma gibi işlemlerde 3B basılı yumuşak doku/sert doku kılavuzları kullanılabilir. Beklenen yararlar; öngörülebilirlik, operasyon süresinde kısalma ve doku korunumunun artmasıdır. Ancak kanıt tabanı hâlen olgu sunumları ve küçük seriler ağırlıklıdır; cerrahi başarı (tam kök

örtme oranı, keratinize doku kazanımı), morbidite ve hasta bildirimli sonuçlar için karşılaştırmalı, uzun dönem çalışmalar gereklidir.(Cong, Nam, Viet, & Marya, 2024b)

Dijitalleşme ile kliniklerde tekrarlanabilirlik artmakta ve iş yükü azalmaktadır. Bununla birlikte algoritmaların hataya açık doğası, veri güvenliği ve standartlaştırma gereksinimi nedeniyle insan uzmanlığı hâlâ merkezî konumdadır. Bu bağlamda YZ, ağız sağlığı hizmet sunucuları için güçlü bir tamamlayıcı olarak konumlandırılmalıdır.(Federation, 2025)

Türkiye’de özel klinikler ve üniversite hastanelerinde CBCT, intraoral tarama ve 3B yazıcı kullanımı hızlı biçimde yaygınlaşmaktadır. Mühendislik ve diş hekimliği iş birlikleri, yerli yazılım/baskı altyapısı, yerelleştirilmiş YZ çözümleri ve çok merkezli veri havuzları için önemli fırsatlar sunar. Gelişimin ivmelenmesi için veri standardizasyonu ve etik/yasal çerçevelerin netleştirilmesi, klinisyen eğitim programları, geri ödeme ve satın alma politikalarının dijital süreçleri teşvik edecek biçimde güncellenmesi, sonuç odaklı çok merkezli klinik çalışmaların desteklenmesi gereklidir.Bu yönelim, Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021–2025’te belirtilen Ar-Ge kapasitesini büyütme, nitelikli insan kaynağı yetiştirme ve uluslararası iş birliklerini güçlendirme hedefleriyle tam uyum içindedir.(Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofis, 2021) Böylece periodontoloji gibi alanlara özgü yerelleştirilmiş YZ çözümleri için gerekli kanıt tabanı ve etki potansiyeli güçlendirilebilir.

Bu kitap, dijital araçların kişiselleştirilmiş periodontal tanı, tedavi ve takibindeki konumunu; sağladıkları hassasiyet, hasta odaklılık ve iş akışı kazanımlarını, aynı zamanda sınırlılıklarını ve gelecek olanaklarını bütüncül biçimde ortaya koymaktadır. Bulgular, dijital periodontolojinindönüştürücü bir potansiyel taşıdığını; ancak kalıcı etki için standartlaştırma, etik-hukuki çerçeve ve kanıta dayalı uygulama adımlarının titizlikle tamamlanması gerektiğini göstermektedir. Türkiye açısından çok merkezli veri altyapıları,yerelleştirilmiş yazılım-donanım ekosistemi, sistematik eğitim ve geri ödeme politikalarının uyumu, bu dönüşümün hızlanmasında belirleyici olacaktır.

KAYNAKÇA

- Agrawal, P., & Nikhade, P. (2022). Artificial Intelligence in Dentistry: Past, Present, and Future. *Cureus*, 14(7). <https://doi.org/10.7759/CUREUS.27405>
- Alazmi, S. O. (2022). Three Dimensional Digitally Designed Surgical Guides in Esthetic Crown Lengthening: A Clinical Case Report with 12 Months Follow Up. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 14, 55–59. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S338476>
- Bonny, T., Al Nassan, W., Obaideen, K., Al Mallahi, M. N., Mohammad, Y., & El-Damhoury, H. M. (2023). Contemporary Role and Applications of Artificial Intelligence in Dentistry. *F1000Research*, Vol. 12, p. 1179. <https://doi.org/10.12688/f1000research.140204.1>
- Bornstein, M. M. (2021). Current trends in dentomaxillofacial research -what is just hype, what has potential impact? *DentoMaxilloFacialRadiology*, 50(5). <https://doi.org/10.1259/DMFR.20219004>
- Bornstein, M., Scarfe, W., Vaughn, V., & Jacobs, R. (2014). Cone beam computed tomography in implant dentistry: a systematic review focusing on guidelines, indications, and radiation doserisks. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29 Suppl(Supplement), 55–77. <https://doi.org/10.11607/JOMI.2014SUPPL.G1.4>
- César Neto, J. B., Cavalcanti, M. C., Silva, C. O., Almeida, V. C., Sapata, V. M., Lazarin, R. O., ... Pannuti, C. M. (2024). Digital three-dimensional assessment of free-gingival graft remodeling over 12 months. *Journal of Dentistry*, 148. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105216>
- Chen, C. S., Hsu, H., Kuo, Y. W., Kuo, H. Y., & Wang, C. W. (2025, June 1). Digital Workflow and Guided Surgery in Implant Therapy—Literature Review and Practical Tip to Optimize Precision. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, Vol. 27. John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/cid.70038>
- Chen, Y., & Wei, J. (2025, April 1). Application of 3D Printing Technology in Dentistry: A Review. *Polymers*, Vol. 17. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/polym17070886>
- Cholan, P., Ramachandran, L., Umesh, S. G., P, S., & Tadepalli, A. (2023). The Impetus of Artificial Intelligence on Periodontal Diagnosis: A Brief Synopsis. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.43583>
- Colombo, M., Mangano, C., Mijiritsky, E., Krebs, M., Hauschild, U., & Fortin, T. (2017). Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. *BMC Oral Health*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/S12903-017-0441-Y>
- Cong, N. T., Nam, P. H., Viet, H., & Marya, A. (2024a). Digitally planned surgical crown-lengthening: a novel bone reduction strategy to correct a gummy smile. *Journal of Surgical Case Reports*, 2024(4). <https://doi.org/10.1093/JSCR/RJAE202>

- Cong, N. T., Nam, P. H., Viet, H., & Marya, A. (2024b). Digitally planned surgical crown-lengthening: a novel bone reduction strategy to correct a gummy smile. *Journal of Surgical Case Reports*, 2024(4). <https://doi.org/10.1093/JSCR/RJAE202>
- Danesh, A., Pazouki, H., Danesh, F., Danesh, A., & Vardar-Sengul, S. (2024). Artificial intelligence in dental education: ChatGPT's performance on the periodontic in-service examination. *Journal of Periodontology*, 95(7), 682–687. <https://doi.org/10.1002/JPER.23-0514>
- Dela Cruz, J. E., Shabosky, J. C., Albrecht, M., Clark, T. R., Milbrandt, J. C., Markwell, S. J., & Kegg, J. A. (2014). Typed versus voice recognition for data entry in electronic health records: emergency physician time use and interruptions. *The Western Journal of Emergency Medicine*, 15(4), 541–547. <https://doi.org/10.5811/WEST-JEM.2014.3.19658>
- Dhondt, R., Quirynen, M., Tarce, M., Teughels, W., Temmerman, A., & Jacobs, R. (2022). The accuracy of probing, ultrasound and cone-beam CT scans for determining the buccal bone plate dimensions around oral implants - A systematic review. *Journal of Periodontal Research*, 57(4), 754–767. <https://doi.org/10.1111/JRE.12998>
- Di Spirito, F., Giordano, F., Di Palo, M. P., Ferraro, C., Cecere, L., Frucci, E., ... Lo Giudice, R. (2024, October 1). Customized 3D-Printed Mesh, Membrane, Bone Substitute, and Dental Implant Applied to Guided Bone Regeneration in Oral Implantology: A Narrative Review. *Dentistry Journal*, Vol. 12. Multidisciplinary-Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/dj12100303>
- E, D. S., R, J., F, G., & I, N. (2002). The accuracy and reliability of radiographic methods for the assessment of marginal bone level around oral implants. *DentoMaxilloFacial Radiology*, 31(3), 176–181. <https://doi.org/10.1038/SJ/DMFR/4600694>
- Elgarba, B. M., Fontenele, R. C., Mangano, F., & Jacobs, R. (2024). Novel AI-based automated virtual implant placement: Artificial versus human intelligence. *Journal of Dentistry*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105146>
- Elgarba, B. M., Fontenele, R. C., Tarce, M., & Jacobs, R. (2024, April 1). Artificial intelligence serving pre-surgical digital implant planning: A scoping review. *Journal of Dentistry*, Vol. 143. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104862>
- Fang, Q., Reynaldi, R., Araminta, A. S., Kamal, I., Saini, P., Afshari, F. S., ... Sukotjo, C. (2024). Artificial Intelligence (AI)-driven dental education: Exploring the role of chatbots in a clinical learning environment. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2024.03.038>
- Federation, F. W. D. (2025). Artificial intelligence in dentistry. *International Dental Journal*, 75(1), 3. <https://doi.org/10.1016/J.IDENTJ.2024.12.004>
- Feres, M., Louzoun, Y., Haber, S., Faveri, M., Figueiredo, L. C., & Levin, L. (2018). Support vector machine-based differentiation between aggressive and chronic periodontitis using microbial profiles. *International Dental Journal*, 68(1), 39–46. <https://doi.org/10.1111/IDJ.12326>
- Fernando, N., Kumarage, A., Thiyanathan, V., Hillary, R., & Abeywardhana, L.

- (2022). Automated vehicle insurance claims processing using computer vision, natural language processing. *22nd International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions, ICTer 2022*, 124–129. <https://doi.org/10.1109/ICTER58063.2022.10024089>
- Flugge, T., Gross, C., Ludwig, U., Schmitz, J., Nahles, S., Heiland, M., & Nelson, K. (2023). Dental MRI-only a future vision or standard of care? A literature review on current indications and applications of MRI in dentistry. *DentoMaxilloFacial Radiology*, 52(4). <https://doi.org/10.1259/DMFR.20220333>
- Fokas, G., Vaughn, V. M., Scarfe, W. C., & Bornstein, M. M. (2018). Accuracy of linear measurements on CBCT images related to presurgical implant treatment planning: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 29 Suppl 16, 393–415. <https://doi.org/10.1111/CLR.13142>
- Fuglsig, J. M. de C. e. S., Reis, I. N. R. dos, Yeung, A. W. K., Bornstein, M. M., & Spin-Neto, R. (2024, August 1). The current role and future potential of digital diagnostic imaging in implant dentistry: A scoping review. *Clinical Oral Implants Research*, Vol. 35, pp. 793–809. John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/clr.14212>
- García-Gil, I., Cortés-Bretón-Brinkmann, J., Jiménez-García, J., Peláez-Rico, J., & Suárez-García, M. J. (2020). Precision and practical usefulness of intraoral scanners in implant dentistry: A systematic literature review. *Journal of Clinical and Experimental Dental*, 12(8), e784–e793. <https://doi.org/10.4317/JCED.57025>
- Gawali, N., Shah, P. P., Gowdar, I. M., Bhavsar, K. A., Giri, D., & Laddha, R. (2024, July 1). The Evolution of Digital Dentistry: A Comprehensive Review. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, Vol. 16, pp. S1920–S1922. Wolters Kluwer Medknow Publications. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_11_24
- Greiser, A., Christensen, J., Fuglsig, J. M. C. S., Johannsen, K. M., Nixdorf, D. R., Burzan, K., ... Spin-Neto, R. (2024). Dental-dedicated MRI, a novel approach for dentomaxillofacial diagnostic imaging: technical specifications and feasibility. *DentoMaxilloFacial Radiology*, 53(1), 74–85. <https://doi.org/10.1093/dmfr/twad004>
- Gul, M., Arif, A., & Ghafoor, R. (2019, November 1). Role of three-dimensional printing in periodontal regeneration and repair: Literature review. *Journal of Indian Society of Periodontology*, Vol. 23, pp. 504–510. Wolters Kluwer Medknow Publications. https://doi.org/10.4103/jisp.jisp_46_19
- Harris, D., Horner, K., Gröndahl, K., Jacobs, R., Helmrot, E., Benic, G. I., ... Quirynen, M. (2012). E.A.O. guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry 2011. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration at the Medical University of Warsaw. *Clinical Oral Implants Research*, 23(11), 1243–1253. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0501.2012.02441.X>
- Horner, K., Jacobs, R., & Schulze, R. (2013). Dental CBCT equipment and performance issues. *Radiation Protection Dosimetry*, 153(2), 212–218. <https://doi.org/10.1093/RPD/NCS289>

- Huang, C. C., Chen, C. Y., & Chutinan, S. (2025). Integrating Generative AI in Case-Based Collaborative Learning: Student's Perceptions. *Journal of Dental Education*. <https://doi.org/10.1002/JDD.13846>
- Hung, K. F., Yeung, A. W. K., Bornstein, M. M., & Schwendicke, F. (2023). Personalized dental medicine, artificial intelligence, and their relevance for dentomaxillofacial imaging. *DentoMaxilloFacialRadiology*, 52(1). <https://doi.org/10.1259/DMFR.20220335>
- Islam, N. M., Laughter, L., Sadid-Zadeh, R., Smith, C., Dolan, T. A., Crain, G., & Squarize, C. H. (2022). Adopting artificial intelligence in dental education: A model for academic leadership and innovation. *Journal of Dental Education*, 86(11), 1545–1551. <https://doi.org/10.1002/JDD.13010>
- Jacobs, R., Quirynen, M., & Bornstein, M. M. (2014). Neurovascular disturbances after implant surgery. *Periodontology 2000*, 66(1), 188–202. <https://doi.org/10.1111/PRD.12050>
- Jacobs, R., Salmon, B., Codari, M., Hassan, B., & Bornstein, M. M. (2018). Cone beam-computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. *BMC Oral Health*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/S12903-018-0523-5>
- Jundaeng, J., Chamchong, R., & Nithikathkul, C. (2024). Advanced AI-assisted panoramic radiograph analysis for periodontal prognostication and alveolar bone loss detection. *Frontiers in Dental Medicine*, 5. <https://doi.org/10.3389/FD-MED.2024.1509361/PDF>
- Kanwal, L., Gulzar, M., Idrees, W., Ikram, F., Sukhia, R. H., & Fida, M. (2024). The application of virtual reality and augmented reality in dentistry - a literature review. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 74(4 (Supple-4)), S126–S131. <https://doi.org/10.47391/JPMA.AKU-9S-19>
- Lee, C. T., Huang, H. Y., Sun, T. C., & Karimbux, N. (2015). Impact of Patient Compliance on Tooth Loss during Supportive Periodontal Therapy: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Dental Research*, 94(6), 777–786. <https://doi.org/10.1177/0022034515578910>
- Lee, J. H., Kim, D. H., Jeong, S. N., & Choi, S. H. (2018). Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 48(2), 114–123. <https://doi.org/10.5051/JPIS.2018.48.2.114>
- Lee, J. H., Kim, Y. T., Lee, J. Bin, & Jeong, S. N. (2020). A Performance Comparison between Automated Deep Learning and Dental Professionals in Classification of Dental Implant Systems from Dental Imaging: A Multi-Center Study. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/DIAGNOSTICS10110910>
- Lee, J. H., Kim, Y. T., Lee, J. Bin, & Jeong, S. N. (2022). Deep learning improves implant classification by dental professionals: a multi-center evaluation of accuracy and efficiency. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 52(3). <https://doi.org/10.5051/JPIS.2104080204>

- Lee, S. J., Poon, J., Jindarojanakul, A., Huang, C. C., Viera, O., Cheong, C. W., & Lee, J. D. (2025, April 1). Artificial intelligence in dentistry: Exploring emerging applications and future prospects. *Journal of Dentistry*, Vol. 155. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105648>
- Lei, L., Yu, Y., Ke, T., Sun, W., & Chen, L. (2019). The Application of Three-Dimensional Printing Model and Platelet-Rich Fibrin Technology in Guided Tissue Regeneration Surgery for Severe Bone Defects. *The Journal of Oral Implantology*, 45(1), 35–43. <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-17-00231>
- Ligon, S. C., Liska, R., Stampfl, J., Gurr, M., & Mülhaupt, R. (2017). Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing. *Chemical Reviews*, 117(15), 10212–10290. <https://doi.org/10.1021/ACS.CHEMREV.7B00074>
- Mahrous, A., Botsko, D. L., Elgreatly, A., Tsujimoto, A., Qian, F., & Schneider, G. B. (2023). The use of artificial intelligence and game-based learning in removable partial denture design: A comparative study. *Journal of Dental Education*, 87(8), 1188–1199. <https://doi.org/10.1002/JDD.13225>
- Mazaheri Habibi, M., Abadi, F., Tabesh, H., Vakili-Arki, H., Abu-Hanna, A., & Eslami, S. (2018). Evaluation of patient satisfaction of the status of appointment scheduling systems in outpatient clinics: Identifying patients' needs. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 9(2), 51. https://doi.org/10.4103/JAPTR.JAPTR_134_18
- Miotto, R., Wang, F., Wang, S., Jiang, X., & Dudley, J. T. (2018). Deep learning for healthcare: review, opportunities and challenges. *Briefings in Bioinformatics*, 19(6), 1236–1246. <https://doi.org/10.1093/BIB/BBX044>
- Moraschini, V., de Almeida, D. C. F., Louro, R. S., de Oliveira Silva, A. M., Neto, M. P. C., dos Santos, G. O., & Granjeiro, J. M. (2025). Accuracy of artificial intelligence in implant dentistry: A scoping review with systematic evidence mapping. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 133(6), 1461.e1–1461.e10. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2024.05.030>
- Mugri, M. H. (2025, March 1). Accuracy of Artificial Intelligence Models in Detecting Peri-Implant Bone Loss: A Systematic Review. *Diagnostics*, Vol. 15. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/diagnostics15060655>
- Musa, R., Elamin, D., Barrie, R., & Kimmie-Dhansay, F. (2024). Effectiveness of Mobile App Interventions to Improve Periodontal Health: Protocol for a Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Research Protocols*, 13. <https://doi.org/10.2196/50479>
- Norbash, A., Bluth, E., Lee, C. I., Francavilla, M., Donner, M., Dutton, S. C., ... McGinty, G. (2014). Radiologist manpower considerations and imaging 3.0: Effort planning for value-based imaging. *Journal of the American College of Radiology*, 11(10), 953–958. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2014.05.022>
- Passos, L., Soares, F. P., Choi, I. G. G., & Cortes, A. R. G. (2020). Full digital workflow for crown lengthening by using a single surgical guide. *The Journal of Prosthetic*

- Dentistry*, 124(3), 257–261. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2019.06.027>
- Paton, C., Kushniruk, A. W., Borycki, E. M., English, M., & Warren, J. (2021). Improving the Usability and Safety of Digital Health Systems: The Role of Predictive Human-Computer Interaction Modeling. *Journal of Medical Internet Research*, 23(5). <https://doi.org/10.2196/25281>
- Perri-Moore, S., Kapsandoy, S., Doyon, K., Hill, B., Archer, M., Shane-McWhorter, L., ... Zeng-Treitler, Q. (2016). Automated alerts and reminder targeting patients: A review of the literature. *Patient Education and Counseling*, 99(6), 953–959. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2015.12.010>
- Petsos, H., Arendt, S., Eickholz, P., Nickles, K., & Dannewitz, B. (2020). Comparison of two different periodontal risk assessment methods with regard to their agreement: Periodontal risk assessment versus periodontal risk calculator. *Journal of Clinical Periodontology*, 47(8), 921–932. <https://doi.org/10.1111/JCPE.13327>
- Quah, B., Zheng, L., Sng, T. J. H., Yong, C. W., & Islam, I. (2024). Reliability of Chat-GPT in automated essays scoring for dental undergraduate examinations. *BMC Medical Education*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/S12909-024-05881-6>
- Rasperini, G., Pilipchuk, S. P., Flanagan, C. L., Park, C. H., Pagni, G., Hollister, S. J., & Giannobile, W. V. (2015). 3D-printed Bioresorbable Scaffold for Periodontal Repair. *Journal of Dental Research*, 94(9 Suppl), 153S–157S. <https://doi.org/10.1177/0022034515588303>
- 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. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 129(2), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.05.008>
- Rezallah, N. N. F., Sherif, G., Abdelkarim, A. Z., & Afifi, S. (2025). Enhancing Periodontal Bone Loss Diagnosis Through Advanced AI Techniques. *Applied Sciences* 2025, Vol. 15, Page 6832, 15(12), 6832. <https://doi.org/10.3390/APP15126832>
- Romandini, M., Ruales-Carrera, E., Sadilina, S., Hämmerle, C. H. F., & Sanz, M. (2023). Minimal invasiveness at dental implant placement: A systematic review with meta-analyses on flapless fully guided surgery. *Periodontology 2000*, 91(1), 89–112. <https://doi.org/10.1111/PRD.12440>
- Santamaria, M. P., Ferreira Bonafé, A. C., Rossato, A., Viana Miguel, M. M., da Costa, A. P., Mathias-Santamaria, I. F., ... Queiroz, L. A. (2025). Guided-modified-coronally advanced flap: Novel digital approach to treat multiple gingival recessions. Workflow and case study. *Clinical Advances in Periodontics*. <https://doi.org/10.1002/cap.10362>
- Santamaria, M. P., Rossato, A., Miguel, M. M. V., Mathias-Santamaria, I. F., Nunes, M. P., & Queiroz, L. A. (2025). Guided coronally advanced flap to treat gingival recession: Digital workflow and case report. *Clinical Advances in Periodontics*, 15(1), 7–13. <https://doi.org/10.1002/cap.10282>
- Sarakbi, R. M., Varma, S. R., Muthiah Annamma, L., & Sivaswamy, V. (2025). Implications of artificial intelligence in periodontal treatment maintenance: a scoping review. *Journal of Periodontology*, 96(1), 1–10. <https://doi.org/10.1002/jper.15123>

- pingreview. *Frontiers in Oral Health*, Vol. 6. Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/froh.2025.1561128>
- Sarker, I. H. (2021). Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 2(6). <https://doi.org/10.1007/S42979-021-00815-1>
- Schropp, L., Sørensen, A. P. S., Devlin, H., & Matzen, L. H. (2024). Use of artificial intelligence software in dental education: A study on assisted proximal caries assessment in bitewing radiographs. *European Journal of Dental Education: Official Journal of the Association for Dental Education in Europe*, 28(2), 490–496. <https://doi.org/10.1111/EJE.12973>
- Scott, J., Biancardi, A. M., Jones, O., & Andrew, D. (2023). Artificial Intelligence in Periodontology: A Scoping Review. *Dentistry Journal* 2023, Vol. 11, Page 43, 11(2), 43. <https://doi.org/10.3390/DJ11020043>
- Shi, J. Y., Wu, X. Y., Lv, X. L., Liu, M., Fu, X. J., Liu, B. L., ... Tonetti, M. S. (2025). Comparison of Implant Precision with Robots, Navigation, or Static Guides. *Journal of Dental Research*, 104(1), 37–44. <https://doi.org/10.1177/00220345241285566>
- Shi, Jun Yu, Liu, B. L., Wu, X. Y., Liu, M., Zhang, Q., Lai, H. C., & Tonetti, M. S. (2024). Improved positional accuracy of dental implant placement using a haptic and machine-vision-controlled collaborative surgery robot: A pilot randomized-controlled trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 51(1), 24–32. <https://doi.org/10.1111/JCPE.13893>
- Spagnuolo, G., & Sorrentino, R. (2020). The Role of Digital Devices in Dentistry: Clinical Trends and Scientific Evidences. *Journal of Clinical Medicine*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/JCM9061692>
- Stanley, K. (2023). *Artificial Intelligence and the Future of Dentistry*.
- 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). <https://doi.org/10.3390/IJERPH19148735>
- Sumida, T., Otawa, N., Kamata, Y., Kamakura, S., Mtsushita, T., Kitagaki, H., ... Mori, Y. (2015). Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Clinical application and the comparison with conventional titanium mesh. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 43(10), 2183–2188. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2015.10.020>
- Surdilovic, D., Ille, T., & D'Souza, J. (2022). Artificial Intelligence and Dental Practice Management. *European Journal of Artificial Intelligence and Machine Learning*, 1(3), 11–14. <https://doi.org/10.24018/EJAI.2022.1.3.8>
- Surdu, A., Budala, D. G., Luchian, I., Foia, L. G., Botnariu, G. E., & Scutariu, M. M. (2024, December 1). Using AI in Optimizing Oral and Dental Diagnoses—A Narrative Review. *Diagnostics*, Vol. 14. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/diagnostics14242804>

- Tahmaseb, A., Wu, V., Wismeijer, D., Coucke, W., & Evans, C. (2018). The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 29 Suppl 16, 416–435. <https://doi.org/10.1111/CLR.13346>
- Tanaka, R., Lau, K., Yeung, A. W. K., Leung, W. K., Hayashi, T., Bornstein, M. M., ... Pelekos, G. (2023). Diagnostic application of intraoral ultrasonography to assess furcation involvement in mandibular first molars. *DentoMaxilloFacial Radiology*, 52(6). <https://doi.org/10.1259/DMFR.20230027>
- Thorat, V., Rao, P., Joshi, N., Talreja, P., & Shetty, A. R. (2024). Role of Artificial Intelligence (AI) in Patient Education and Communication in Dentistry. *Cureus*, 16(5). <https://doi.org/10.7759/CUREUS.59799>
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofis. (2021, August). Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021-2025. Retrieved 8 October 2025, from https://cbddo.gov.tr/uyzs?utm_source=chatgpt.com
- Tyndall, D. A., Price, J. B., Tetradis, S., Ganz, S. D., Hildebolt, C., & Scarfe, W. C. (2012). Position statement of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology on selection criteria for the use of radiology in dental implantology with emphasis on cone beam computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 113(6), 817–826. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2012.03.005>
- Valls-Esteve, A., Lustig-Gainza, P., Adell-Gomez, N., Tejo-Otero, A., Engli-Rueda, M., Julian-Alvarez, E., ... Munuera, J. (2023). A state-of-the-art guide about the effects of sterilization processes on 3D-printed materials for surgical planning and medical applications: A comparative study. *International Journal of Bioprinting*, 9(5). <https://doi.org/10.18063/IJB.756>
- Vázquez-Sebrango, G., Anitua, E., Macía, I., & Arganda-Carreras, I. (2025). The role of artificial intelligence in implant dentistry: a systematic review. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2025.04.005>
- Vercruyssen, M., Laleman, I., Jacobs, R., & Quirynen, M. (2015). Computer-supported implant planning and guided surgery: A narrative review. *Clinical Oral Implants Research*, 26, 69–76. <https://doi.org/10.1111/clr.12638>
- Walker-Finch, K., & Ucer, C. (2020). Five-year survival rates for implants placed using digitally-designed static surgical guides: a systematic review. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 58(3), 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2019.12.007>