

Ekim 2025

PEDODONTİ

ALANINDA ULUSLARARASI AKADEMİK ARAŞTIRMA VE ÇALIŞMALAR

EDİTÖR

DOÇ. DR. MERVE ERKMEN ALMAZ



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 • 978-625-5737-83-0

© 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.seruyenyayinevi.com

e-mail: seruyenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

PEDODONTİ

ALANINDA ULUSLARARASI AKADEMİK
ARAŞTIRMA VE ÇALIŞMALAR

EKİM 2025

EDİTÖRLER

DOÇ. DR. MERVE ERKMEN ALMAZ

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

ÇÜRÜĞÜ UZAKLAŞTIRMADAN ÇÜRÜĞÜ DURDURMA YÖNTEMLERİ: MODERN YAKLAŞIMLAR

<i>Elif Buse KAPLAN</i>	1
<i>Bilal ÖZMEN</i>	1

BÖLÜM 2

CAD/CAM' İN PEDODONTİDE KULLANIMI

<i>Ezgi GÜRLÜK</i>	13
<i>Asu ÇAKIR</i>	13

BÖLÜM 3

ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE DENTAL EROZYON

<i>Damla Maide DAVUTLUOĞLU</i>	31
--------------------------------------	----

BÖLÜM 4

PEDODONTİDE YAPAY ZEKA VE DENTAL ANOMALİ TEŞHİSİ

<i>Binnur Büşra ÖZDEMİR</i>	49
<i>Gül KESKİN</i>	49

BÖLÜM 5

ÇOCUKLARDA ASTİM İLAÇLARI KULLANIMI VE DIŞ ÇÜRÜĞÜ

<i>Asu ÇAKIR</i>	69
------------------------	----

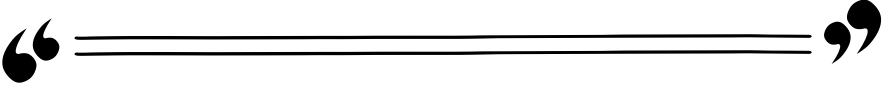
BÖLÜM 6

ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY ZEKA İLE ÇÜRÜK TESPİTİ

<i>Fatma YAMAN TOKTAŞIR</i>	77
<i>Gül KESKİN</i>	77



ÇÜRÜĞÜ UZAKLAŞTIRMADAN ÇÜRÜĞÜ DURDURMA YÖNTEMLERİ: MODERN YAKLAŞIMLAR



Elif Buse KAPLAN¹
Bilal ÖZMEN²

1 Araştırma Görevlisi , Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti
Anabilim Dalı, 0009-0003-0493-3166

2 Doçent Doktor , Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim
Dalı, 0000-0002-4435-288X

Giriş

Diş çürüğü, dünya genelinde çocuklar arasında en yaygın kronik hastalıklardan biri olmaya devam etmektedir ve bu durum, önemli bir halk sağlığı sorunu oluşturmaktadır [1]. Diş çürüğü, birçok ülkede azalmış olmasına rağmen, yakın zamanda yapılan küresel değerlendirmelere göre tedavi edilmemiş çürüklerin yaklaşık %35'lik bir prevalans ile hâlen dünyadaki en yaygın hastalık konumundadır [1,2]. Koruyucu ve tedavi edici stratejilerdeki ilerlemelere rağmen, pediatrik hastalarda çürük yönetimi, özellikle mine demineralizasyonunun erken evrelerinde, hâlâ yenilikçi ve multidisipliner yaklaşımlar gerektirmektedir [3]. Kavitasyonsuz lezyonlarla karakterize edilen erken evre çürüklere müdahale zamanı çok kritiktir. Bu bağlamda, çürük kontrolünde en uygun strateji, günlük ağız hijyeninin iyileştirilmesi ve remineralizasyon ajanlarının uygulanması yoluyla demineralizasyon–remineralizasyon dengesini remineralizasyon lehine çevirmek olmalıdır. Zamanında yapılan remineralizasyon işlemleri, bu lezyonların ilerlemesini durdurabilir, diş dokusunu koruyabilir ve invaziv tedavi ihtiyacını önemli ölçüde azaltabilir [3, 4].

Günümüzde, çürüğe doğrudan müdahale etmeden onun ilerlemesini durdurmayı amaçlayan minimal invaziv tedavi protokolleri ve biomimetik yaklaşımlar giderek daha fazla önem kazanmıştır[5]. Bu yöntemler çürüğe yatkın bireyler özellikle de kooperasyonu sınırlı çocuk hastalar ve özel gereksinimli bireyler için büyük avantajlar sunmakta; sedasyon ya da genel anestezi ihtiyacını ortadan kaldırarak riskleri ve maliyeti azaltmaktadır [6].

Diğer taraftan, çürük lezyonları zaman içinde aşamalı olarak ilerlediğinden, erken evrede uygulanan önleyici tedavi stratejileri, restoratif tedavilere kıyasla daha maliyetekin ve tercih edilebilir yaklaşımlar sunmaktadır [7]. Bu yöntemlere; başlangıç çürük lezyonlarının fissür örtücüler veya rezin infiltrasyonu ile kapatılması, başlıca florür kullanılarak gerçekleştirilen remineralizasyon uygulamaları (vernikler, jeller ve diş macunları), tek başına veya florür ile kombine edilen kazein fosfopeptid/amorf kalsiyum fosfat (CPP/ACP) taşıyıcıları ve mine remineralizasyonu ile çürük oluşumunun önlenmesinde olumlu etkiler gösteren hidroksiapatit içerikli diş macunları örnek verilebilir[8,9]. Ayrıca, diyet kontrolü ve düzenli biyofilm uzaklaştırılması, tükürük aracılığıyla çürük lezyonlarının doğal remineralizasyonunu destekler [10].

Remineralizasyon Temelli Yaklaşımlar

Florür bazlı ürünler, kazein fosfopeptitler (CPP), kalsiyum fosfatlar ve diğer biyomimetik materyaller, mine dokusunun yeniden mineralizasyonunu teşvik ederek çürüğün ilerlemesini önlemede etkili ajanlardan bazılarıdır [11]. Bu materyaller, mine matrisine kaybedilen mineralleri geri kazandırır, mineyi daha dirençli hâle getirir ve asidik ataklara karşı koruma sağlar [12]. Ancak bu ürünlerin klinik etkinliği yalnızca içeriklerine değil, aynı zamanda

uygulama yöntemine de bağlıdır. Demineralizasyonu inhibe edici ve remineralizasyonu destekleyen materyallerden bazıları şunlardır:

- Mineral İyon Teknolojisi: gümüş iyonu, demir iyonu, florür.
- Şeker alkoller: Ksilitol, sorbitol, izomalt.
- Bitkisel ürünler: Kakao, propolis, gliserizin (meyan kökü), biberiye, zencefil, teobromin, üzüm çekirdeği özütü, hesperidin, Kitosan.
- Bioaktif materyaller, nanoteknolojik ürünler ve diğer biomimetrikler: Bioaktif cam, trikalsiyum silikat, nanohidroksiapatit, akort kalsiyum fosfat, kazeinfosfopeptit, trikalsiyum fosfat, kendinden birleşen peptidler, amelogenin, dentin fosfoprotein, dentin matriks protein 1, polisinin fosforik asit, L-glutamik asit, poli-aminoamin dendrimer.
- Kalsiyum ve fosfat içeren diğer ürünler: Dikalsiyum fosfat dihidrat, kalsiyum fosforil oligosakkarit, kalsiyum karbonat, sodyum trimetofosfat, kalsiyum gliserofosfat, kalsiyum fosfat.
- Diğer materyaller ve metodlar: Kloroheksidin, triklosan, arjinin, lazer uygulamaları, ozon uygulamaları, elektiriksel olarak remineralizasyonu arttırma ve hızlandırma yöntemi [13-17].

Bunlar arasında en sık kullanılan flor içerikli materyallerdir. Vernikler, jeller, köpükler ve spreyler gibi farklı formlarda sunulan bu materyeller, uygulama kolaylığı, hasta uyumu ve klinik etkinlik açısından farklı avantajlar ve sınırlılıklar sunar (Tablo 1.) [18]

Tablo 1. Florür Bazlı Materyallerin Uygulama Yöntemlerine Göre Karşılaştırması

Uygulama Yöntemi	Avantajları	Dezavantajları
Vernikler	- Yüksek florür konsantrasyonu, - Mine ile uzun süreli temas, - Kolay uygulama, hızlı kuruma.	- Profesyonel uygulama gerekir. - Erişim ve maliyet sınırlı olabilir.
Jeller	- Yüksek remineralizasyon potansiyeli - Yoğun florür ile kısa sürede etki	- Ağız plağı rahatsızlık verebilir. - Hasta kooperasyonu gerektirir.
Köpükler	- Hızlı, minimal invaziv uygulama - Davranışsal zorluklarda avantajlı	- Uzun dönem etkinlik kanıtı az - Yüzey teması kısa olabilir
Spreyler	- Kendi kendine kullanım uygunluğu - Non-invaziv ve kabul edilebilir	- Düzensiz dağılım - Düşük yüzey yapışması.

Kaynak: Daruich PM, Brizuela M. Remineralization of Initial Carious Lesions. [Updated 2023 Apr 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK573067/>

Florür içeren vernikler, remineralizasyon protokolünün temel taşlarından biridir. Duraphat® ve Clinpro™ gibi ticari ürünler, genellikle %5 sodyum florür içeren reçine bazlı formülasyonlardır [18]. Bu vernikler uygulandığında, mine yüzeyine yoğun florür salınımı sağlayarak fluorapatit oluşumunu teşvik eder. Fluorapatit, hidroksiapatite göre asit çözünürlüğü daha düşük bir bileşiktir ve böylece mineyi asidik saldırılara karşı daha dirençli hâle getirir. Ayrıca, verniklerin yarı viskoz yapısı, ajanların mine üzerinde uzun süre kalmasını sağlayarak temas süresini artırır, bu da remineralizasyon etkinliğini artırır [19].

Jel formundaki remineralizasyon ürünleri, özellikle yüksek florür konsantrasyonuna sahip %1,23 asitlenmiş fosfatlı florür (APF) içeren jeller (örneğin Nupro APF Gel®) ve CPP-ACP bazlı ürünler (örneğin GC Tooth Mousse®) olmak üzere iki ana gruba ayrılır. APF jelleri, florür iyonlarının mine yüzeyine difüzyonunu kolaylaştırırken, CPP-ACP formülasyonları biyomimetik bir mekanizma ile çalışır: CPP, kalsiyum ve fosfat iyonlarını stabilize ederek mine yüzeyinde tutar ve bu iyonları kontrollü bir şekilde serbest bırakarak demineralize yüzeylerin yeniden mineralizasyonunu destekler [20,21].

Köpük formundaki florür ajanları, daha hafif yapıları ve kısa uygulama süreleri nedeniyle özellikle davranışsal zorlukları olan çocuklarda tercih edilmektedir [22]. Örnek olarak Enamel Pro® Fluoride Foam, hem florür hem de potasyum nitrat içeriğiyle çift etki sağlar: bir yandan remineralizasyonu desteklerken, diğer yandan hassasiyet giderici etki sunar. Bu ürünlerin mekanizması, mineye kısa süreli ancak yoğun florür teması sağlayarak topikal etkiden maksimum verim alınmasını hedefler. Ancak köpüklerin klinik etkinliğine dair uzun dönem kanıtlar sınırlıdır ve bu nedenle genellikle destekleyici tedavi olarak değerlendirilir [23].

Kendinden Birleşen Peptitler

Kendinden birleşen peptitler, belirli amino asit dizilimlerine sahip olacak şekilde rasyonel olarak tasarlanmış, biyomimetik potansiyele sahip biyomalzemelerdir. Bu peptitler, uygun fizyokimyasal koşullar altında bantlar, fibriller veya lifler gibi yüksek dereceli yapılar oluşturarak doğal dokuların hücre dışı matriks mimarisini taklit edebilir. Dental uygulamalarda, özellikle P11-4 gibi peptitler, hidroksiapatite yüksek afinite göstermeleri ve Ca^{2+} iyonlarını bağlayarak de novo hidroksiapatit nükleasyonu başlatabilmeleri sayesinde, başlangıç çürük lezyonlarında mine remineralizasyonunu destekleyen iskele yapıları oluşturur [24]. *İn vitro* ve *in vivo* çalışmalar, bu tür peptitlerin biyouyumlu, güvenli ve klinik olarak uygulanabilir olduğunu; sitotoksik veya immünolojik yan etki göstermediklerini ortaya koymuştur. Minimal invaziv yaklaşımlar kapsamında değerlendirilen bu peptitler, restoratif girişim ihtiyacını azaltarak doğal diş dokusunun korunmasına katkı sağlamaktadır [24, 25].

Diğer yandan, kalsiyum içerikli materyaller, florürün olmadığı veya sınırlı kullanıldığı durumlarda alternatif olarak öne çıkmaktadır. Özellikle nano-hidroksiapatit (nHAP) bazlı ürünler (örneğin Biorepair®) mine yapısına benzerliği sayesinde yüzeye entegre olur ve mikro çatlakları doldurarak mekanik bir koruyucu tabaka oluşturur. Bu materyaller florür içermemekle birlikte, doğal mineraller aracılığıyla biyomimetik restorasyon sağlayarak çevresel pH değişimlerine karşı tamponlama etkisi sunar [26].

Çürük Durdurmada Gümüş Diamin Florür

Gümüş diamin florür (GDF), çürük dokusunun kaldırılmasına gerek olmaksızın uygulanabilen, antimikrobiyal etkili gümüş iyonları ile remineralizasyonu destekleyen florür iyonlarını bir arada içeren bir materyallerdir. Bu özelliğiyle, özellikle kooperasyon güçlüğü olan veya invaziv işlemlere toleransı düşük çocuk hastalarda, çürük lezyonlarının ilerlemesini durdurmak amacıyla etkili bir tedavi imkânı sunar [27]. Gümüş iyonları, bakteriyel proteinlerin sülfidril grupları ve DNA ile etkileşime girerek metabolizma, replikasyon ve hücre duvarı sentezini bozar; biyofilm yapısını yıkar. “Zombi etkisi” olarak tanımlanan mekanizma ile ölü bakterilerden salınan metal iyonları, canlı bakterilere karşı ek bir antimikrobiyal bariyer oluşturur. Florür iyonları ise demineralize mine ve dentinde floroapatit, kalsiyum florür ve gümüş fosfat oluşumunu teşvik ederek, asit çözünmesine dirençli daha stabil bir yüzey meydana getirir. Ayrıca dentin tübüllerini tıkayan gümüş çökeltileri, bakteri ve toksin geçişini engellerken matris metalloproteinazlar ve katepsinleri inhibe ederek kollajen yapısının korunmasına katkıda bulunur [28].

Klinik çalışmalar, GDF’nin yılda iki kez uygulanması durumunda, süt dişlerindeki dentin lezyonlarında %80’e kadar durdurma oranı sağladığını göstermiştir [29,30]. Bu etki, çürük dokusu uzaklaştırılmadan ve lokal anestezi ihtiyacı olmaksızın elde edilmekte, böylece hem hasta hem de klinisyen açısından büyük kolaylık sağlanmaktadır [30].

GDF, Amerika Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından diş hassasiyeti tedavisi için onaylanmış olmakla birlikte, günümüzde çürük lezyonlarının çürük dokusu kaldırılmadan durdurulması ve önlenmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Amerikan Pedodonti Akademisi (AAPD) rehberine göre; yüksek çürük riskine sahip hastalar, çok sayıda randevu gerektiren tedavi planı olanlar, kooperasyon problemi yaşayan veya genel anestezi planlanan çocuklar ile dental hizmetlere erişimi sınırlı bireyler GDF için uygun adaylardır [31]. Pulpa patolojisi bulunmayan ve mikrofırça ile ulaşılabilen kaviteye lezyonlar tedaviye uygundur. Ancak gümüş alerjisi olanlarda ve oluşabilecek renklenmeyi kabul etmeyen bireylerde kontrendikedir. Basit, hızlı ve ağrısız uygulanabilirliği, diş dokusu kaldırma gerekliliğini ortadan kaldırması ve aerosol üretmeyen bir işlem olması, GDF’yi hem klinik hem

de saha koşullarında konvansiyonel restoratif tedavilere güçlü bir alternatif haline getirmiştir [32].

2014 yılında FDA, GDF'yi 21 yaş üstü bireylerde dentin hassasiyetine karşı kullanımı için onaylamış, ancak daha sonra etiket dışı kullanım yoluyla çocuklarda da yaygınlaşmıştır. GDF'nin başlıca dezavantajı, çürük alanın koyu renge boyanmasıdır, ancak bu estetik sorun, maliyet etkinliği ve düşük risk profili ile dengelenmektedir [33].

Hall Teknik:

Hall Tekniği (HT), 1990'lı yılların sonlarında İskoçya'da Dr. Norna Hall tarafından, çocuk hastalarda çürük süt molarlarının tedavisinde invaziv olmayan bir yöntem olarak geliştirilmiştir. Geleneksel restoratif tedavilerden farklı olarak HT, çürük dokusunun uzaklaştırılması veya diş preparasyonu yapılmaksızın, uygun boyutta önceden şekillendirilmiş metal kronun (Paslanmaz çelik kron, PÇK) cam iyonomer siman (CİS) kullanılarak doğrudan dişe adapte edilmesine dayanır. Bu yaklaşım, çürük lezyonunu biyolojik olarak izole ederek bakteri metabolizmasını baskılar, asidik ortamı nötralize eder ve lezyon progresyonunu durdurur [34]. Klinik uygulama; uygun kron boyutunun seçilmesi, dişin tükürük ve plak kalıntılarından temizlenmesi, CİS ile kronun yerleştirilmesi ve oklüzyonun kontrol edilmesi aşamalarını içerir. HT'nin başlıca avantajları arasında lokal anestezi gerektirmemesi, hızlı dönen el aletleri kullanımına ihtiyaç duymaması, tedavinin çocuk hastalarca yüksek oranda kabul edilmesi, işlem süresinin kısa olması ve özellikle çok yüzeyle lezyonlarda yüksek restorasyon sağkalımı (beş yıla kadar %90'ın üzerinde) sağlaması yer alır. Dezavantaj olarak, metal kronun estetik açıdan sınırlılıkları, başlangıçta geçici oklüzal vertikal boyut artışı ve nadiren kron adaptasyonu sırasında kısa süreli rahatsızlık bildirilmiştir [35]. Endikasyonları; semptomsuz, pulpa tutulumu olmayan, orta veya ileri düzey çürüğe sahip süt molarları, çok yüzeyle kavite ve dental anksiyetesi yüksek çocuk hastalardır. Kontrendikasyonları ise pulpal patoloji, apse, fistül, diş mobilitesi, periapikal veya furkasyon bölgesinde radyolusensi varlığı ve yeterli kron retansiyonu sağlayacak diş dokusunun bulunmamasıdır [36]. Güncel kılavuzlar HT'yi minimal invaziv pedodontik tedavi protokolleri arasında önermekte; özellikle saha koşullarında, okul temelli programlarda ve dental ekipman erişiminin sınırlı olduğu bölgelerde uygulanabilir ve etkili bir yöntem olarak vurgulamaktadır [37].

Modifiye Hall Tekniği:

Modifiye Hall tekniği, geleneksel Hall uygulamasının biyolojik etkinliğini artırmak amacıyla, paslanmaz çelik kuron yerleştirilmeden önce çürük lezyonlarına %38'lik gümüş diamin florür (GDF) uygulanmasını içeren bir yaklaşımdır. Bu modifikasyon, GDF'nin antimikrobiyal ve çürük ilerlemesini durdurucu etkisinden faydalanarak, kuron altındaki bakteri aktivitesi-

ni azaltmayı ve böylece lezyonların biyolojik kontrolünü sağlamayı amaçlar. Literatürde, GDF ile desteklenen Hall uygulamalarının daha yüksek çürük durdurma başarısı gösterdiği ve özellikle yüksek çürük riski taşıyan çocuk hastalarda etkili bir alternatif sunduğu bildirilmiştir [38].

SONUÇ

Çürüğe invaziv müdahaleye gerek kalmadan çürük ilerlemesini durdurmak, modern pediatrik diş hekimliğinin temel hedeflerinden biridir. Remineralizasyon materyallerinin uygulanması, kombine kullanımları; GDF ve Hall Tekniği diş hekimliği pratiklerinde etlikili bir şekilde kullanılabilir. Klinik kararlar, hastanın yaşı, davranış özellikleri, çürük riski ve erişim olanakları dikkate alınarak bireyselleştirilebilir. Bu gelişmeler doğrultusunda Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi, GDF ve benzeri minimal müdahale teknikleri için klinik kullanım kılavuzları yayımlamıştır. Bu durum, lisans ve yüksek lisans düzeyindeki diş hekimliği eğitiminin de gelecekte daha koruyucu ve davranışsal yaklaşımlara odaklanacağını göstermektedir.

KAYNAKÇA

1. Sicca C, Bobbio E, Quartuccio N, Nicolò G, Cistaro A. Prevention of dental caries: a re- view of effective treatments. J Clin Exp Dent. 2016;1;8(5):e604-e10. [PubMed]
2. Marcenes, W., Kassebaum, N. J., Bernabé, E., Flaxman, A., Naghavi, M., Lopez, A., & Murray, C. J. (2013). Global burden of oral conditions in 1990-2010: a systematic analysis. Journal of dental research, 92(7), 592–597. <https://doi.org/10.1177/0022034513490168>.
3. Basheer, B., Alqahtani, A. A., Abdullah Alowairdhi, A., & Nuri Alohalı, S. (2024). Analyzing the Effectiveness of Different Delivery Methods for Remineralization Agents in Pediatric Dental Health: A Systematic Review. Cureus, 16(12), e76577. <https://doi.org/10.7759/cureus.76577>
4. Zero, D. T., Zandona, A. F., Vail, M. M., & Spolnik, K. J. (2011). Dental caries and pulpal disease. Dental clinics of North America, 55(1), 29–46. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2010.08.010>(Meyer, 2022 #1)
5. Meyer, F., Enax, J., Amaechi, B. T., Limeback, H., Fabritius, H.-O., Ganss, B., Pawinska, M., & Paszynska, E. (2022). Hydroxyapatite as Remineralization Agent for Children's Dental Care [Review]. Frontiers in Dental Medicine, Volume 3 - 2022. <https://doi.org/10.3389/fdmed.2022.859560>
6. Oubenyahya, H., & Bouhabba, N. (2019). General anesthesia in the management of early childhood caries: an overview. Journal of dental anesthesia and pain medicine, 19(6), 313–322. <https://doi.org/10.17245/jdapm.2019.19.6.313>
7. Nguyen, T. M., Tonmukayakul, U., Le, L. K., Calache, H., & Mihalopoulos, C. (2023). Economic Evaluations of Preventive Interventions for Dental Caries and Periodontitis: A Systematic Review. *Applied health economics and health policy*, 21(1), 53–70. <https://doi.org/10.1007/s40258-022-00758-5>
8. Ng, T. C., Chu, C. H., & Yu, O. Y. (2023). A concise review of dental sealants in caries management. Frontiers in oral health, 4, 1180405. <https://doi.org/10.3389/froh.2023.1180405>
9. Reema SD, Lahiri PK, Roy S Sen. Review of casein phosphopeptides-amorphous calcium phosphate. Chin J Dent Res. 2014;17(1):7-14.
10. Cochrane NJ, Cai F, Huq NL, Burrow MF, Reynolds EC. New Approaches to Enhanced Remineralization of Tooth Enamel. J Dent Res. 2010;89(11):1187-1197.
11. Bijle MNA, Yiu CKY, Ekambaram M. Calcium-Based Caries Preventive Agents: A Meta-evaluation of System- atic Reviews and Meta-analysis. J Evid Based Dent Pract. 2018;18(3):203-217.e4.
12. Hegde S, Shetty D. Non-Fluoridated Remineral- ization Agents in Dentistry. https://www.research-gate.net/profile/Roma_E_M/publication/308098107_Non-fluoridated_remineralization_agents_in_dentistry/ links/5a49e032458515f6b058f17b/Non-fluoridated-remin- eralization-agents-in-dentistry.pdf. Accessed

July 3, 2019.

13. Zheng, F. M., Yan, I. G., Duangthip, D., Gao, S. S., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2022). Silver diamine fluoride therapy for dental care. *The Japanese dental science review*, 58, 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2022.08.001>
14. Mäkinen K. K. (2010). Sugar alcohols, caries incidence, and remineralization of caries lesions: a literature review. *International journal of dentistry*, 2010, 981072. <https://doi.org/10.1155/2010/981072>
15. Anil, A., Ibraheem, W. I., Meshni, A. A., Preethanath, R. S., & Anil, S. (2022). Nano-Hydroxyapatite (nHAp) in the Remineralization of Early Dental Caries: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5629. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095629>
16. Bijle, M. N. A., Ekambaram, M., Lo, E. C. M., & Yiu, C. K. Y. (2019). The combined antimicrobial effect of arginine and fluoride toothpaste. *Scientific reports*, 9(1), 8405. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44612-6>
17. Borompiyasawat, P., Putrathan, B., Luangworakhun, S., Sukarawan, W., & Techatharatip, O. (2022). Chlorhexidine gluconate enhances the remineralization effect of high viscosity glass ionomer cement on dentin carious lesions in vitro. *BMC oral health*, 22(1), 60. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02098-1>.
18. Baik, A., Alamoudi, N., El-Housseiny, A., & Altuwirqi, A. (2021). Fluoride Varnishes for Preventing Occlusal Dental Caries: A Review. *Dentistry journal*, 9(6), 64. <https://doi.org/10.3390/dj9060064>.
19. Marinho, V. C., Worthington, H. V., Walsh, T., & Clarkson, J. E. (2013). Fluoride varnishes for preventing dental caries in children and adolescents. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2013(7), CD002279. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002279.pub2>.
20. Mohan, A. G., Ebenezar, A. V. R., Ghani, M. F., Martina, L., Narayanan, A., & Mony, B. (2014). Surface and mineral changes of enamel with different remineralizing agents in conjunction with carbon-dioxide laser. *European journal of dentistry*, 8(1), 118–123. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.126264>.
21. Asl-Aminabadi, N., Najafpour, E., Samiei, M., Erfanparast, L., Anoush, S., Jamali, Z., Pournaghi-Azar, F., & Ghertasi-Oskouei, S. (2015). Laser-Casein phosphopeptide effect on remineralization of early enamel lesions in primary teeth. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 7(2), e261–e267. <https://doi.org/10.4317/jced.52165>.
22. Benedito, L. C. B., Pedro Ricomini-Filho, A., Tabchoury, C. P. M., & Cury, J. A. (2023). Anticaries potential of a fluoride foam. *Brazilian dental journal*, 34(1), 89–98. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202305287>.
23. Sharma, S., Shetty, N. J., & Upoor, A. (2012). Evaluation of the clinical efficacy of potassium nitrate desensitizing mouthwash and a toothpaste in the treatment of dentinal hypersensitivity. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 4(1), e28–e33. <https://doi.org/10.4317/jced.50665>

24. Alkilzy, M., Qadri, G., Splieth, C. H., & Santamaría, R. M. (2023). Biomimetic Enamel Regeneration Using Self-Assembling Peptide P₁₁-4. *Biomimetics (Basel, Switzerland)*, 8(3), 290. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8030290>.
25. Pepla, E., Besharat, L. K., Palaia, G., Tenore, G., & Migliau, G. (2014). Nano-hydroxyapatite and its applications in preventive, restorative and regenerative dentistry: a review of literature. *Annali di stomatologia*, 5(3), 108–114.
26. Amaechi, B. T., Phillips, T. S., Evans, V., Ugwokaegbe, C. P., Luong, M. N., Okoye, L. O., Meyer, F., & Enax, J. (2021). The Potential of Hydroxyapatite Toothpaste to Prevent Root Caries: A pH-Cycling Study. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*, 13, 315–324. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S319631>.
27. Jamal, D., AlMushayt, A., Abujamel, T., Bamashmous, S., Bamashmous, N., & Alamoudi, N. (2025). Silver diamine fluoride: the science behind the action - a narrative review. *BMC oral health*, 25(1), 1195. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-06107-x>.
28. Surendranath, P., Krishnappa, S., & Srinath, S. (2022). Silver Diamine Fluoride in Preventing Caries: A Review of Current Trends. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 15(Suppl 2), S247–S251. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2167>.
29. Ruff, R. R., Barry-Godín, T., & Niederman, R. (2023). Effect of Silver Diamine Fluoride on Caries Arrest and Prevention: The CariedAway School-Based Randomized Clinical Trial. *JAMA network open*, 6(2), e2255458. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.55458>.
30. Abdellatif, E. B., El Kashlan, M. K., & El Tantawi, M. (2023). Silver diamine fluoride with sodium fluoride varnish versus silver diamine fluoride in arresting early childhood caries: a 6-months follow up of a randomized field trial. *BMC oral health*, 23(1), 875. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03597-5>.
31. Quritum, M., Abdella, A., Amer, H., El Desouky, L. M., & El Tantawi, M. (2024). Effectiveness of nanosilver fluoride and silver diamine fluoride in arresting early childhood caries: a randomized controlled clinical trial. *BMC oral health*, 24(1), 701. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04406-3>.
32. Oliveira, B. H., Rajendra, A., Veitz-Keenan, A., & Niederman, R. (2019). The Effect of Silver Diamine Fluoride in Preventing Caries in the Primary Dentition: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries research*, 53(1), 24–32. <https://doi.org/10.1159/000488686>.
33. Featherstone, J. D. B., Crystal, Y. O., Alston, P., Chaffee, B. W., Doméjean, S., Rechmann, P., Zhan, L., & Ramos-Gomez, F. (2021). Evidence-Based Caries Management for All Ages-Practical Guidelines. *Frontiers in oral health*, 2, 657518. <https://doi.org/10.3389/froh.2021.657518>
34. Innes, N. P., Evans, D. J., & Stirrups, D. R. (2007). The Hall Technique; a randomized controlled clinical trial of a novel method of managing carious primary molars in general dental practice: acceptability of the technique and outcomes at 23 months. *BMC oral health*, 7, 18. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-7-18>.

35. Hu, S., BaniHani, A., Nevitt, S., Maden, M., Santamaria, R. M., & Albadri, S. (2022). Hall technique for primary teeth: A systematic review and meta-analysis. *The Japanese dental science review*, 58, 286–297. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2022.09.003>.
36. Badar, S. B., Tabassum, S., Khan, F. R., & Ghafoor, R. (2019). Effectiveness of Hall Technique for Primary Carious Molars: A Systematic Review and Meta-analysis. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 12(5), 445–452. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1666>.
37. Altoukhi, D. H., & El-Housseiny, A. A. (2020). Hall Technique for Carious Primary Molars: A Review of the Literature. *Dentistry journal*, 8(1), 11. <https://doi.org/10.3390/dj8010011>.
38. Ballikaya, E., Ünverdi, G. E., & Cehreli, Z. C. (2022). Management of initial carious lesions of hypomineralized molars (MIH) with silver diamine fluoride or silver-modified atraumatic restorative treatment (SMART): 1-year results of a prospective, randomized clinical trial. *Clinical oral investigations*, 26(2), 2197–2205. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-04236-5>.



CAD/CAM' İN PEDODONTİDE KULLANIMI

“
Ezgi GÜRLÜK¹
Asu ÇAKIR²”

1 Arş. Gör., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, Karaman, Türkiye / Orcid: 0009-0008-5484-3114.

2 Doç. Dr., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, Karaman, Türkiye / Orcid: 0000-0003-1276-9709.

CAD/CAM' in Tanımı:

Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretim (CAM) sistemleri, endüstride uzun süredir kullanılan teknolojilerdir. Bu sistemlerin diş hekimliğine uyarlanması ise 1970'li yıllarda başlamıştır. CAD/CAM, temel olarak bilgisayar yazılımları ile frezeleme cihazlarının birlikte çalışarak farklı materyallerden restorasyon üretilmesini sağlayan bir teknolojidir (Duret & Preston, 1991; Miyazaki ve ark., 2009).

Verilerin toplama işlemi yararlanılan sistemlere göre farklılıklar göstermektedir. Dijital sistemlerle görüntüleme, indirekt ve direkt teknik olarak ikiye ayrılmaktadır. İndirekt teknikte ağız içi tarayıcı kullanılmadan konvansiyonel ölçü ile model elde edilir veya ölçü üzerinden tarama yapılabilir. Direkt yöntemde ise ağız içi görüntüleme sistemleri ile tarama yapılır ve bilgisayar ortamına aktararak planlama aşamasına geçilir.

Optik okuyucularla oral kavitenin dijital olarak taranması ilk kez 1977 yılında gerçekleştirilmiştir. Dr. François Duret, 1980'lerde laboratuvar ortamına gerek kalmadan klinikte kullanılabilecek ilk kuron restorasyonlarını üretmiş ve bu alanda öncü olmuştur (Liu, 2005). Daha sonra Dr. Werner Mörmann ve Dr. Brandestini, 1980'de ilk ticari CAD/CAM sistemini geliştirmiştir. 1985'te bu sistem aracılığıyla ilk inley restorasyon, optik tarama ve frezeleme yöntemiyle üretilmiş, böylece CEREC (Ceramic Reconstruction) adı verilen sistem diş hekimliğine kazandırılmıştır (Tinscherta ve ark., 2004; Davidowitz & Kotick, 2011).

Günümüzde yaygın kullanılan CAD/CAM sistemleri arasında CEREC, CICERO ve LAVA gibi farklı platformlar bulunmaktadır (Miyazaki ve ark., 2009). Bu sistemler sayesinde kuron, köprü, inley, onley, veneer, implant dayanakları ve hatta hareketli protezlerin iskeletleri üretilmektedir. Ayrıca ortodontide de dijital planlama ve aparey tasarımı için kullanılmaktadır (Strub ve ark., 2006).

CAD/CAM Sistemlerinin Avantajları:

CAD/CAM sistemleri, ağız içinin optik tarayıcılarla ölçülmesini sağlayarak geleneksel ölçü yöntemlerine kıyasla kullanım kolaylığı sunar. Restorasyonların tasarımı ve üretimi hasta başında hızla gerçekleştirildiğinden, geçici restorasyon veya ek seans gereksinimi ortadan kalkar; bu durum hem hasta hem de hekim için zaman tasarrufu sağlar. Ayrıca, sistemler yüksek kaliteli materyallerle hassas restorasyon üretimini mümkün kılar ve teknisyen hatalarının önüne geçer. Kontak noktaları, restorasyon-siman aralığı gibi birçok parametre kullanıcı tarafından kontrol edilebilir. Bunun yanı sıra, hasta bilgileri dijital ortamda güvenli bir şekilde saklanabilir (Liu, 2005).

CAD/CAM Sistemlerinin Dezavantajları:

CAD/CAM sistemlerinin kullanımı bazı dezavantajlar da içermektedir. Öncelikle, kullanılan ekipman oldukça maliyetlidir. Mevcut yazılım veri tabanları hâlihazırda süt dişi morfolojisini kapsamamaktadır. Ayrıca, hekim ve teknisyenin sistemleri etkin şekilde kullanabilmesi için yeterli bilgi ve deneyime sahip olması gerekmektedir. Preparasyonun belirgin basamağa sahip olmadığı durumlarda ölçü alma işlemleri zorlaşabilir. Bunun yanı sıra, cihazın temizliği ve düzenli bakımının yapılması da büyük önem taşır (Dursun ve ark., 2018).

CAD/CAM Sistemlerinin Pedodontide Kullanım Alanları:

CAD/CAM restorasyonu günümüzde çocuk hastalarda kalıcı dişlerini restore etmek için kullanılan yaygın bir tedavi yöntemi haline gelmiştir. Süt dişleri için de daha küçük kompozit bloklar oluşturulabilmekte ve böylece restorasyonun üretim süresi kısaltılabilmektedir (Dursun ve ark., 2018).

1. CAD/CAM ile Üretilen Kuronlar:

Dijital diş hekimliği uygulamaları, ilk olarak 1971 yılında CAD/CAM teknolojisinin öncü isimleri Francois Duret ve Dr. Werner Mormann tarafından geliştirilmiştir. Bu teknolojinin başlangıcından günümüze kadar geçen sürede, özellikle restoratif diş hekimliğinde önemli ilerlemeler kaydedilmiş ve restorasyonların tek bir seansta tamamlanması mümkün hale gelmiştir. Günümüzdeki gelişmiş CAD/CAM sistemleri sayesinde hem daimî hem de süt dişler için fonksiyonel ve estetik restorasyonlar üretilebilmektedir (Açar Tuzluca, 2023).

Modern CAD/CAM sistemleri ile inley, onley, tam kuron, laminate veneer ve hareketli protez iskeletleri gibi birçok farklı restoratif yapı tasarlanabilmektedir. Bu sistemlerde kullanılan materyaller arasında seramik, rezin seramik, hibrit seramikler ve zirkonya bloklar yer almaktadır. Bu malzemeler, sahip oldukları yüksek mekanik dayanıklılık sayesinde CAD/CAM uygulamalarının klinik başarı oranlarını artırmakta ve yöntemin güvenilirliğini pekiştirmektedir. Düşük kırılma riski ve uzun ömürlü kullanımları sayesinde bu restorasyonlar, hasta memnuniyetini de olumlu yönde etkilemektedir.

Özellikle ciddi madde kaybı yaşanan süt dişlerinde, ebeveynlerin çekime alternatif aradığı durumlarda CAD/CAM teknolojisinin önemi daha da belirginleşmektedir. Bu sistemler, endodontik tedavi görmüş dişlerin korunarak restore edilmesine olanak tanıyan konservatif bir yaklaşım sunar. Bilgisayar destekli planlama ile dijital veriler üzerinden hazırlanan kuronlar, kısa sürede üretilebilmekte; diş hazırlığı, restorasyonun tasarımı ve yapıştırılması gibi tüm aşamalar, tek bir seansta tamamlanabilmektedir. Böylece geçici restorasyonlara ihtiyaç kalmadan tedavi süresi kısaltılmakta ve hastaların tedaviye uyumu artmaktadır (Açar Tuzluca, 2023).

Konjenital Olarak Eksik Dişler:

Premolar dişler, doğuştan eksik olma açısından ikinci sıradadır. Premolar diş eksikliği durumunda eğer süt azı dişinin çekimi için net bir gerekçe yoksa, tedavi seçeneklerinden biri süt azı dişinin korunmasıdır. Ancak süt azısının mezial-distal genişliği premolardan büyük olduğu için küçültülmesi önerilir. Bu küçültme sırasında dentin açığa çıkabilir ve çürük riski artar. Bu nedenle süt ikinci azı dişi, CAD/CAM ile yeniden şekillendirilerek premolar görünümüne yaklaştırılabilir.

Konjenital Olarak Şekil Bozukluğu Olan Dişlerin Restorasyonu:

Amelogenesis imperfekta gibi genetik durumlar mine yapısını etkiler ve çocuklarda fonksiyon, görünüm ve psikolojik sorunlara yol açar. CAD/CAM sistemleri sayesinde minimal diş dokusu kaybıyla restorasyon yapılabilir, polimerle infiltre edilmiş seramik bloklar kullanılabilir, ince (0,3 mm) bile olsa yüksek kırılma direnci sunar, çocuğun ergenlik dönemine kadar estetik ve fonksiyonel çözüm sağlar. Gerekirse, ilerleyen yaşlarda kompozit ile uyumlu tamir yapılabilir (Bhuyan ve ark., 2024). Ayrıca CAD/CAM sistemiyle anormali dişlerin de tedavi planlaması ve uygulaması geleneksel yöntemlere göre daha kısa sürmektedir.

Özel Sağlık İhtiyacı Olan Çocuklar:

Engelli hastalar, kooperasyon ve karmaşık klinik durumları nedeniyle dolgu veya tam koronal restorasyonlar yerine sıklıkla ilgili dişin çekimi ile tedavi edilmektedir. CAD/CAM ile üretilen kaplamaların, aşırı madde kayıplı dişleri bulunan özel çocuklarda çürüğün tedavisinde uzun ömürlü ve estetik bir alternatif olduğu bildirilmiştir.

Özel gereksinimli çocuklarda (ör. zihinsel engel, fiziksel engel, görme/işitme sorunları, motor bozukluklar) uzun süreli tedaviler oldukça zordur. CAD/CAM sistemleri sayesinde daha kısa klinik süresi içinde, daha az invaziv işlem yapılarak, kuma refleksi olan çocuklarda bile daha iyi tolere edilerek, geleneksel ölçülerle eşit ya da daha iyi kalitede restorasyonlar üretilir (Açar Tuzluca, 2023).

Özellikle CAD/CAM ile üretilen seramik veneerler, dayanıklılık, estetik ve çürükten korunma açısından en iyi seçeneklerden biridir (Bhuvan ve ark., 2024).

CEREC Sistemi

CEREC sistemi (Sirona Dental Systems, GmbH, Bensheim, Almanya), klinikte direkt ağız içi tarama yapabilen ilk CAD/CAM sistemlerinden biridir. Zaman içinde geliştirilen bu sistemle inley, onley, veneer, kuron ve köprü gibi farklı restorasyonlar tek bir seansta üretilmektedir. Sistem; üç boyutlu tarayıcı kamera, video işlemcisi, hafıza ünitesi ve frezeleme cihazına bağlı bilgisayardan oluşmaktadır (Skramstad, 2019).

Klinik uygulamada ağız içi tarayıcıyla hazırlanan dişin ölçüsü alınır ve veriler bilgisayara aktarılır. Yazılım, bu verilerden restorasyonun üç boyutlu tasarımını oluşturur. Ardından frezeleme ünitesine gönderilen komutlarla seramik bloklardan restorasyon kazınarak üretilir. Hekim, bilgisayar ekranında restorasyonun sanal modelinde kontur düzeltmeleri, aşındırma veya ekleme işlemleri yapabilir. Ayrıca antagonist dişlerle olan temas noktaları ayarlanarak fonksiyonel uyum sağlanır (Beuer ve ark., 2008).

Son yıllarda tanıtılan CEREC Primescan sistemi, tarama hassasiyetini artırmış ve özellikle subgingival bölgelerde daha güvenilir ölçü alınmasına imkân tanımıştır. Bu yazılım, ayrıca tarama sırasında istenmeyen yumuşak doku görüntülerini (ör. yanak, dil, dudak) ve artefaktları otomatik olarak ayıklayabilmektedir (Skramstad, 2019).

CEREC Sisteminde Kullanılan Güncel Materyaller:

Zirkonya Seramikler:

Zirkonya, 1990'lı yıllardan itibaren diş hekimliğinde estetik seramik restorasyonların desteklenmesi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek mekanik dayanımı, biyouyumluluğu, düşük korozyon değerleri ve bakteriyel tutulumunun titanyuma göre daha az olması, bu materyalin protetik uygulamalarda yaygın şekilde tercih edilmesine neden olmuştur. Saf zirkonya, oda sıcaklığında monoklinik (m), 1170–2370 °C arasında tetragonal (t) ve 2370–2680 °C arasında kübik (k) olmak üzere üç farklı kristal fazda bulunur. Bu fazlar arasında geçişler boyutsal değişimlere yol açabilir. Örneğin, zirkonya soğuduğunda tetragonal fazın monoklinik faza dönüşmesi yaklaşık %4–5 oranında hacim artışına neden olur ve bu da materyalde sıkıştırma tipi gerilme oluşturur. Bu faz dönüşümlerini kontrol altına almak ve tetragonal fazı oda sıcaklığında kararlı hale getirmek için zirkonyaya MgO, CaO, Y₂O₃ ve CeO₂ gibi oksitler eklenmektedir. En sık kullanılan stabilizatör ise itriyum oksit (Y₂O₃). Bu katkı sayesinde itriyumla stabilize edilmiş polikristalin zirkonya (Y-TZP) elde edilmektedir. Ani sıcaklık değişimleri, aşırı mekanik kuvvetler ve sinterleme koşulları zirkonyada çatlak oluşumuna sebep olabilir; fakat itriyum oksiti, “transformasyon sertleşmesi” olarak bilinen mekanizma sayesinde çatlak ilerlemesini sınırlandırarak zirkonyanın kırılma ve bükülme direncini artırmaktadır. Yapılan çalışmalarda, zirkonyanın bükülme direncinin 900–1200 MPa, kırılma tokluğunun ise 9–10 MPa arasında olduğu bildirilmiştir. Klinik uygulamalarda zirkonya, çift tabakalı (altta altyapı + üstte tabakalama seramiği) veya tek tabakalı (monolitik) restorasyonlar şeklinde kullanılabilir.

Çift tabakalı restorasyonlar: Metal desteklilere göre daha estetik, tam seramiklere göre daha dayanıklıdır. Ancak tabakalama seramiğine bağlı adeziv başarısızlık sık görülmektedir. Klinik takiplerde ufalanma/kopma oranı %2–36 arasında değişmektedir.

Monolitik restorasyonlar: Tabakalama hatalarını ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilmiştir. Daha kısa üretim süresi, yüksek kırılma dayanımı ve minimal preparasyon avantajı vardır. Parlatılmış yüzeyleri karşıt dişte daha az aşınmaya neden olur. İn vivo çalışmalarda ise monolitik zirkonyanın diğer seramiklere göre daha az aşındırıcı olduğu bildirilmiştir. 0,5 mm kalınlıktaki monolitik zirkonya kronların bile lityum disilikattan daha yüksek kırılma direncine sahip olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, uzun dönem kullanımlarda faz değişimine bağlı dayanıklılık sorunları olabileceği belirtilmektedir (Baghirova, 2019).

Hibrit Seramikler:

Son yıllarda CAD/CAM üretim teknolojisinin diş hekimliğinde rutin hale gelmesi, yeni materyal arayışlarını hızlandırmıştır. Porselen restorasyonlar; üstün estetik özellikleri, aşınma direnci, biyouyumluluğu ve renk stabilitesi ile öne çıkmaktadır. Ancak fazla diş dokusu kaybına yol açmaları, karşıt dişte aşınma oluşturabilmeleri ve kırılğan yapıları dezavantaj olarak değerlendirilmektedir. Özellikle marjinal bölgeler gibi ince kenarların şekillendirilmesi gereken durumlarda üretim sırasında ince kırıklar ve çatlaklar oluşabilmektedir. Ayrıca overlay, inley ve endokron gibi restorasyonlarda, porselenin bükülme dayanıklılığı ile dentin dokusu arasındaki farklılık zamanla dentinde kırılmalara neden olabilmektedir. Bununla birlikte porselen restorasyonların ağız içinde kırılması durumunda, özellikle geniş çaplı kırıklarda tamir başarısı sınırlıdır.

Kompozitler ise polimerizasyon büzülmesi, düşük aşınma direnci ve yetersiz mekanik özellikler gibi dezavantajlara sahiptir. Bu nedenle porselen materyallerin estetik özellikleri ile kompozit rezinlerin avantajlarını bir arada sunabilmek amacıyla, farklı kimyasal yapılarda porselen ve kompozitin hibrit edildiği materyaller geliştirilerek klinik kullanıma sunulmuştur.

Son yıllarda CAD/CAM teknolojisinin diş hekimliğinde yaygınlaşması, yeni restoratif materyal arayışlarını hızlandırmıştır. Porselen restorasyonlar; estetik görünümleri, aşınmaya karşı dirençleri, biyouyumlulukları ve renk stabiliteyi sayesinde avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte fazla diş dokusu kaybına yol açabilmeleri, karşıt dişlerde aşınmaya neden olabilmeleri ve kırılğan yapıları olumsuz yönler olarak öne çıkmaktadır. Özellikle marjinal bölgeler gibi ince yapı alanlarda üretim sırasında mikroçatlak ve kırıkların oluşması mümkündür. Ayrıca overlay, inley ve endokron gibi restorasyonlarda porselen ile dentin dokusunun farklı elastikiyet özellikleri zamanla dentinde kırılmalara neden olabilmektedir. Porselen restorasyonlarda oluşan kırıkların, özellikle geniş alanları kapsayan vakalarda ağız içi tamirinin sınırlı başarı göstermesi de bir diğer dezavantajdır. Son yıllarda geliştirilen reçine içerikli seramikler hem seramik hem de kompozit fazı içeren çift fazlı yapıları sayesinde her iki materyalin avantajlarını bir arada sunmaktadır. Litera-

türde “reçine içerikli seramikler” olarak adlandırılan bu materyaller; kolay işlenebilirlik, yüksek kenar uyumu ve artırılmış kırılma direnci gibi üstün özellikleri ile öne çıkmaktadır. Kompozit rezin materyaller ise polimerizasyon büzülmesi, düşük mekanik dayanıklılık ve yetersiz aşınma direnci gibi sınırlılıklar göstermektedir. Bu nedenlerle porselenin estetik üstünlükleri ile kompozitlerin bazı avantajlarını bir araya getirmek amacıyla, farklı kimyasal yapılar kullanılarak porselen-kompozit hibrit materyaller geliştirilmiş ve klinik uygulamalara sunulmuştur (Yaşar, 2021).

Lityum Disilikat:

Lityum disilikat seramikler, lösit bazlı seramiklerle karşılaştırıldığında biyomekanik açıdan daha dayanıklı bir yapıya sahiptir. Ayrıca, lösit içerikli seramiklere kıyasla daha doğal görünümlü restorasyonların elde edilmesine olanak tanır. Bu seramiklerin yapısında, rastgele yönlendirilmiş ve tabakalaşmış iğnemsî kristaller bulunur. Bu kristaller, oluşabilecek çatlakların yön değiştirmesini ve ilerlemesini engelleyerek materyalin mekanik dayanıklılığını artırır. Yapıya gelen stres sonucu oluşan çatlaklar, lityum disilikat kristalleri tarafından sınırlandırılarak seramiğin bükülmeye karşı direnç kazanmasına katkı sağlar. Lityum disilikat cam seramikler, 350–400 MPa arasında değişen bükülme dayanımına sahiptir ve güncel kullanımda düşük kırılma oranlarıyla öne çıkmaktadır. Yüksek dayanıklılık ile estetik beklentileri karşılayabilme özelliklerinin bir arada bulunması, bu materyali diş hekimliğinde farklı restoratif endikasyonlar için önemli bir alternatif haline getirmiştir (Yamalı & Turhan Bal, 2020).

2. Yer Tutucu Apareyler:

Dijital uygulamaların pedodonti pratiğinde artması ile gelişen yeniliklerden biri de erken süt dişi kaybı sonrasında kullanılan yer tutucu apareylerin dijital olarak üretilmesidir. CAD/CAM ya da 3D yazıcılar ile modern ve biyouyumlu malzemeler kullanılarak üretilen yer tutucular, dijital yer tutucular olarak adlandırılmaktadır (Dhanotra & Bhatia, 2021). Geleneksel yer tutucuların, korozyon ve apareyin kırılması gibi bazı dezavantajları nedeniyle, estetik ve metal içermeyen yer tutucular olan fiber ilaveli kompozit yer tutucular ve CAD/CAM destekli seramik bant loop yer tutucular geliştirilmiştir (Soni, 2017). Dijital yer tutucu üretiminde kullanılan malzemeler güçlü mekanik özellikleri, yüksek sıcaklık karşısındaki boyutsal stabiliteleri, biyouyumlu olmaları ve metal alerjisi olan hastalarda kullanılabilir olmaları avantajları ile hekimler tarafından tercih edilmektedir. Geleneksel yöntemlerde meydana gelen ölçü aşamasındaki hatalar, kullanılan materyalin polimerizasyon büzülmesine uğraması, yetersiz teknisyen hassasiyeti gibi sorunlar, dijital yer tutucu planlaması ve üretiminde ortadan kaldırıldığı için, tedavi süresi kısılırken, hasta memnuniyeti artmaktadır (Soni, 2017).

CAD/CAM ile dijital yer tutucu hazırlama aşamaları;

1. Konvansiyonel ölçü veya ağız içi tarayıcı aracılığıyla model oluşturulması ve modelin dijital ortama aktarılması,

2. Sanal model oluşturulması

3. Yazılım programında (CAD), elde edilen sanal model üzerinde destek dişler, tutucu alanlar, simantasyon alanları belirlenerek yer tutucu planlaması yapılması,

4. Tasarımı biten dosya CAM'e aktarılır, burada üretim için seçilen materyalin frezlenmesi ile yer tutucunun üretimi şeklindedir (Ierardo ve ark., 2017).

CAD/CAM gibi aşındırma temelli üretim tarzından farklı olarak geliştirilen üç boyutlu baskı adı verilen sistemler de günümüzde diş hekimliği pratiğinde yaygınlaşmaktadır. Sanal ortamda tasarlanan üç boyutlu tasarımın katı olarak basılması işlemine üç boyutlu baskı, bu işlemi yapan cihazlara da üç boyutlu yazıcı denmektedir. Üç boyutlu yazıcılar teknik olarak eklemeli üretim teknolojisi ile çalışmakta, katmanlar birbiri üzerine eklenerek birleştirilmektedir. Üç boyutlu yazıcı ile üretim sisteminin, CAD/CAM sistemlerden temel farkını bu üretim şekli oluşturmaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile Pawar tarafından titanyum bazlı toz metal ve şeffaf foto polimer reçine kullanılarak üretilen ilk yer tutucu üç boyutlu baskı teknolojisinin pedodontide kullanımı açısından bir örnek olmuştur (Pawar, 2019).

İn vitro olarak yapılan bir çalışmada dijital yöntemlerle üretilen yer tutucu apareylerin, geleneksel yöntemlerle üretilen yer tutucu apareylere göre polimerizasyon büzülmesi olmaması ve aşındırma işlemi gerektirmemesi nedeniyle, model ile daha iyi uyum sağlandığı ve klinik uygulamalarda kullanılabilir olduğu belirtilmiştir. Dijital yöntemlerle üretilen yer tutucu apareylerin kullanımının avantajları; artan hasta memnuniyeti, tedavi süresinin kısalması, üretim sırasında deformasyonun ve hata payının düşük olmasına ek olarak metal alerjisi olan hastalarda uygulanabilir, kırılmaya karşı dayanıklılığı yüksek, dental plak tutulumunu azaltan dişetine uyumlu malzemeler ile üretim yapılmasıdır (Beretta, 2017). Dezavantajları ise, maliyeti yüksek uygulamalar olması, donanım ve tecrübeli personel gerektirmesi, dijital üretim yapan laboratuvar desteğinin gerekli olmasıdır (Dhanotra & Bhatia, 2021; Soni, 2017).

3.Şeffaf Plaklar:

1900' lü yıllardan bu yana kullanılmakta olan termoplastik materyaller, günümüzde CAD/CAM teknolojisi ile geliştirilerek, şeffaf plaklar olarak kullanılmaktadır (Kesling, 1945). Şeffaf plaklar ile tel, braket veya bant olmaksızın dişlerin hareket ettirilebilmesi sağlanabilmektedir (Kesling, 1945). CAD/

CAM tekniklerinde konvansiyonel yolla alınan ölçüden elde edilen modeller bilgisayar ortamında taranmakta, 3 boyutlu yazılım programlarında hastanın tedavi planı oluşturulmakta ve plaklar hazırlanmaktadır (Wong ve ark., 2002; Yavuz & Yılmaz, 2021). Bu apareyler ile miks dentisyondaki çocuklarda, daimî dişleri sürmüş genç erişkinlerde ve yetişkinlerde tedaviler yapılabilir. Çocuklarda şeffaf plaklar sıklıkla, ön çapraz kapanış, derin örtülü kapanış tedavisinde ve oklüzal rehberlik ile yer problemlerinin tedavisinde kullanılmaktadır. (Zhang ve ark., 2021; Staderini ve ark., 2020).

Çocuklarda şeffaf plak tedavisinde, ilk randevuda başlangıç plağı takılarak uyum sağlanmakta ve rahatlık kontrol edilmektedir. Planlama doğrultusunda her plak 5- 7 gün kullanılmakta ve bir sonraki plağa geçilmektedir. Hastanın 3 plakta bir kontrolü önerilmektedir. Tedavi sonrasında da pekiştirme apareyi kullanımı ihtiyacı yetişkinlere göre daha az olmaktadır (Staderini ve ark., 2020).

Şeffaf plak tedavilerinin avantajları arasında kullanım kolaylığı, estetik görünüm, dekalsifiye mine alanlarının önlenmesi ve ağız hijyeninin daha kolay sağlanması yer almaktadır. Çocuk hastalarda yetişkinlere göre kullanıma alışmak daha zor olabilmektedir. Diğer tedaviler ile kıyaslandığında ise uyum daha kolay sağlanabilmektedir. Bunlarla birlikte, şeffaf plak tedavilerinde diş hareketleri konusunda sınırlılık bulunmaktadır. Başlangıçta iyi bir planlama yapılması gerekmekte, tedavi sırasında plaklar üzerinde değişiklikler yapılamamaktadır (Al-Nadawi ve ark., 2021).

Yüksek maliyetlerin varlığı de dezavantajları arasında yer almaktadır (Staderini ve ark., 2020).

4. Ağız ve Diş Sağlığı Ürünlerinin Test Edilmesi:

Bilgisayar Destekli İlaç Geliştirme (Computer Aided Drug Design-CADD) yöntemleri, ağız ve diş sağlığının geliştirilmesi amacıyla kullanılan ürünlerin simüle ortamda test edilmesi amacıyla, ürün geliştirme aşamasında kullanılmaktadır. Bu yöntem, moleküler düzeyde inceleme ve bilgisayar ortamında yeni kimyasal moleküllerin tasarlanması ile ağız ve diş sağlığının geliştirilmesinde, yeni yöntem ve ürünlerin, kimyasal ve biyolojik açıdan daha güvenilir ve hızlı bir şekilde incelenmesine olanak tanır (Thomford ve ark., 2018).

5. Çocuklarda Obstrüktif Uyku Apnesi:

Çocuklarda sık görülen ve tedavi edilebilir bir durumdur. Uyku sırasında hava yolunun kısmi ya da tam tıkanmasıyla oluşur, hipoksiye ve bölünmüş uykuya neden olur. CAD/CAM ile üretilen uyku apnesi apareyleri ağız, damak ve dişlerle uyumlu, ön-arka ve yan hareketlere izin veren menteşeler içerir, rahat kullanım sunar (Bhuyan ve ark., 2024).

6. Endokron:

Süt dişleri özellikle süt azılar, koronal diş yapısının kısmen/ tamamen kaybı ve pulpa tedavisi görmüş dişlerde kalan diş dokusunun zayıflaması nedeniyle kırılmaya daha yatkındır. Bu durumda dişlere kron yerleştirilmesi gereklidir. Altın standart tedavi paslanmaz çelik kronlar olarak kabul edilse de estetik kaygılar nedeniyle çocuklar ve ebeveynler tarafından sıklıkla reddedilmektedir. Estetik alternatifler (zirkonya kronlar, pre-veneered paslanmaz çelik kronlar vb.) yüksek maliyet, fazla diş kesimi veya karışık dişlerde aşınma gibi dezavantajlara sahiptir. Bu nedenle, çocuk diş hekimliğinde estetik, biyouyumlu ve ekonomik alternatiflere ihtiyaç vardır. Bu alternatiflerden birisi endokronlardır. Endokronlar, pulpa odasının iç kısmına ve kavite kenarlarına oturarak makro-mekanik ve mikro-mekanik tutuculuk sağlar. Özellikle kısa, obliterasyona uğramış, fragil köklü süt azılarında ve fazla koronal doku kaybı olan durumlarda endokronlar avantajlıdır. Daha önce yapılan bazı in vitro çalışmalar, süt dişlerinde de endokronların uygulanabileceğini ortaya koymuştur. Morfolojik ve kimyasal farklılıklar bulunsa da (ör. dentin yapısı), süt dişlerine endokron uygulanması mümkündür. Endokron preparasyonu, zirkonya kron preparasyonuna kıyasla daha konservatiftir. Ayrıca supra-gingival margin sayesinde periodontal dokular daha sağlıklı kalır, periferde daha fazla diş dokusu korunur, bağlanma yüzeyi artar. Zirkonya kronlara göre daha az preparasyon gerektirir, daha düşük maliyetlidir. Kişiyi özel CAD-CAM tasarımı yapılabilir. Supra-gingival margin sayesinde bazen lokal anesteziye gerek kalmayabilir (Saji ve ark., 2025).

7. Nazoalveoler Şekillendirme Apareyi:

Dudak-damak yarığı (DDY) olan bireylerde, nazoalveoler şekillendirme, burun simetrisini sağlamak amacıyla burun stenti kullanılarak yapılan bir cerrahi öncesi orto-fasiyal işlemdir. Alveoler segmentlerin yaklaşık hizalanmasına yardımcı olur ve tedavinin başlangıç evresinde burun simetrisini artırır. Dişsel büyüme veya yarıklı küçülmesi nedeniyle plaklar değiştirildiğinde, burun stentinin yeni plağa monte edilmesi gerekir. Bu da hasta ve aileler için tedavi süresini uzatır. Bunu çözmek için RAPID nazoalveoler şekillendirme apareyi geliştirilmiştir. Bu sistem, CAD/CAM tabanlı hızlı kilitli üretim teknolojilerini içerir. Önceden uyumlanan burun stenti, yalnızca vidası gevşetilerek bir sonraki plağa aktarılabilir. Bu yeni sistem sayesinde burun yüksekliği artırılır, burun daha simetrik hale gelir, stent tekrar kullanılabilirdiği için ayarlama ihtiyacı azalır (Bhuyan ve ark., 2024).

8. Onleyler:

CAD/CAM teknolojisiyle yapılan onleyler hazırlanan dişe mükemmel uyum sağlar, daha ince yapıştırıcı tabakası sayesinde daha iyi adezyon sunar, estetik ve mekanik olarak dayanıklıdır, kısa sürede tek seansta uygulanabilir, paslanmaz çelik kronlara kıyasla biyouyumlu ve daha estetik bir seçenektir.

Ayrıca CAD/CAM materyalleri karşıt dişi daha az aşındırır, yüksek parlaklık ve plak birikimini azaltan yüzey özelliklerine sahiptir (Bhuyan ve ark., 2024).

CAD/CAM ile Restorasyon Üretimi:

Günümüzde diş hekimliğinde kullanılan CAD/CAM sistemleri, üç temel aşamadan oluşmaktadır: verilerin elde edilmesi, bilgisayar ortamında restorasyonun tasarlanması ve restorasyonun üretilmesi.

Verilerin elde edilmesi aşamasında ağız içi tarayıcılar ya da model tarayıcıları kullanılmaktadır. Ağız içi tarayıcılar, diş ve çevre dokuların dijital veriye dönüştürülmesini sağlayarak bilgisayarda işlenebilir hale getirir. CEREC sistemlerinde bu veriler hem direkt yöntemle (ağız içi optik tarama) hem de indirekt yöntemle (konvansiyonel ölçü alınıp model üzerinden tarama) elde edilebilir. Direkt tarama, hız ve doğruluk açısından daha avantajlıdır; ayrıca verilerin dijital ortamda arşivlenmesine de imkân tanır (Beuer ve ark., 2008).

İkinci aşama, CAD yazılımı kullanılarak sanal model üzerinde restorasyonun tasarlanmasıdır. Yazılım, tarayıcıdan alınan verileri işleyerek üç boyutlu sanal tasarım oluşturur. Her sistemin kendine özgü yazılımı ve tasarım olanakları bulunur. Bu aşamada restorasyonun konturları, kontak alanları ve oklüzal uyum yazılım aracılığıyla düzenlenebilir (Beuer ve ark., 2008).

Üretim aşaması ise iki farklı yöntemle gerçekleştirilir: eksiltmeli üretim (subtraktif) ve eklemeli üretim (additif). Eksiltmeli yöntemde prefabrike bloklar, elmas frezler yardımıyla aşındırılarak restorasyon hazırlanır. Bu yöntemin dezavantajı, materyalin bir kısmının işlenmeden boşa gitmesidir. Eklemeli üretimde ise üç boyutlu yazıcılar kullanılır ve materyal katman katman eklenerek restorasyon oluşturulur. Bu teknik, özellikle karmaşık ve detaylı yapılar için yüksek doğruluk sağlar ve materyal kaybını en aza indirir (Otto & Nisco, 2003; Van Noort, 2012).

Yapıştırma Simanları:

Dental simanlar, restorasyon ile diş yüzeyi arasında yer alarak aradaki boşluğu doldurmakta ve bu iki yüzeyin birbirine tutunmasını sağlamaktadır. Temel amaçları, restorasyonun dişe tutunmasını (retansiyon) artırmak, diş dokusunu termal değişikliklere ve mikrobiyal sızıntıya karşı korumaktır (Uludamar ve ark., 2011).

İdeal bir siman materyalinin taşınması gereken özellikler şunlardır:

Kırılma, çekme ve basma gibi mekanik kuvvetlere karşı yüksek dayanıklılık göstermelidir.

Ağız içindeki çiğneme basınçlarına ve parafonksiyonel (örneğin diş sıkma, gıcırdatma gibi) kuvvetlere karşı dirençli olmalıdır.

Diş yüzeyine iyi bir şekilde ıslanabilmeli; uygun viskozite ve yeterli film kalınlığı sayesinde restorasyonun doğru konumlandırılmasına imkân tanımalıdır.

Ağız ortamındaki sıvılar içinde çözünmemeli ve uzun süreli sızdırmazlık sağlamalıdır.

Isı yalıtımı sağlayarak, oral sıvılarla iletilen ısıнын dış pulpasına ulaşmasını engellemelidir.

Biyolojik olarak dokularla uyumlu olmalı, alerjik reaksiyon riskini minimize etmelidir.

Uygulama sırasında yeterli çalışma süresi sunmalı ve bu süre zarfında kolaylıkla kullanılabilmelidir.

Materyalin rengiyle uyumlu olmalı ve zamanla renk stabilitesini korumalıdır.

Antimikrobiyal etki göstermeli ve restorasyon kenarlarında plak birikimini azaltmalıdır.

Radyografilerde ayırt edilebilir olmalı, böylece siman boşlukları çürüklerle karıştırılmamalıdır (Diaz-Arnold ve ark., 1999).

Siman Türleri:

Çinkofosfat Siman:

Çinkofosfat siman, uzun yıllar boyunca indirekt restorasyonların siman-tasyonunda en çok tercih edilen materyallerden biri olmuş ve bu alanda “altın standart” olarak kabul edilmiştir. Yüksek basma dayanımı ve uygun çalışma süresi ile klinikte güvenilir bulunmuştur. Bununla birlikte, ağız sıvılarında çözünürlüğünün yüksek olması, çekme dayanımının düşük kalması, anti-karyojenik özellik taşıması ve başlangıçta düşük pH nedeniyle postoperatif hassasiyete yol açabilmesi önemli sınırlılıklarıdır.

Polikarboksilat Siman:

1960’lı yılların sonunda kullanıma giren polikarboksilat simanlar, çinkofosfat simanlara göre daha yüksek çekme dayanımı göstermektedir. Poliakrilik asidin kalsiyum iyonları ile şelasyon bağları kurabilmesi sayesinde mine ve dentine kimyasal olarak bağlanabilmektedir. Ancak yüksek viskozitesi, kısa çalışma süresi ve uzun dönemde çözünürlüğünün artması klinik uygulamalarda zorluk yaratabilmektedir. Özellikle çoklu restorasyonlarda ve artık temizliğinde sınırlılıklar söz konusudur.

Cam İyonomer Siman (CİS):

1970’lerden beri restoratif materyal olarak kullanılmakta ve zamanla yapıştırıcı ajan olarak da tercih edilmeye başlanmıştır. Resmi olarak cam polial-

kenoat simanı olarak bilinen CİS, kalsiyum fluoroalumino-silikat cam tozu-
nun suyla çözünebilen polikarboksilik asit ile birleşmesiyle elde edilir. 1990'lı
yıllarda ince cam partikülleri ve yüksek moleküler ağırlıklı susuz poliakrilik
asit ile formülasyonu geliştirilmiştir. Karışım, poliakrilik asidin karboksil
iyonlarının camdaki alüminyum ve kalsiyum iyonlarıyla iyonik bağ oluşturu-
duğu bir asit-baz reaksiyonu ile sertleşir. CİS, mekanik tutuculuğun yanı sıra
kalsiyum ve fosfat iyonlarıyla şelat oluşturarak diş yapısına moleküler düzey-
de bağlanabilir ve florür salınımı ile antikaryojenik etki sağlar. İlk 24 saatte
yoğun olan florür salınımı, uzun süreli bir salınım sürecine dönüşür. CİS'in
mekanik performansı sınırlıdır; eğilme dayanımı düşük, elastikiyet modülü
yüksek olduğundan kırılğan ve çatlamaya yatkındır. Su bazlı yapısı nedeniyle
oral sıvılarda çözünerek mikrosızıntıya neden olabilir. Düşük başlangıç pH'ı
ise postoperatif hassasiyete yol açabilir. CİS'ler, metal, metal-seramik kuron
ve köprüler, porselen kuronlar, inleyler, implant destekli restorasyonlar ve es-
tetik post-core yapılarda kullanılır ve çinko fosfat simanlara göre %65 daha
yüksek tutuculuk sağlar. Erken dönemde neme maruz kalmaları dayanımları-
nı azaltabilir; nem kanyon kaybına ve erozyona, aşırı kurutma ise büzülme-
ye ve hassasiyete yol açar.

Rezin Siman:

Rezin simanlar, diş hekimliğinde kullanılan modern yapıştırıcı mater-
yallerdir. İlk dönemlerinde polimerizasyon büzülmesi ve biyouyumluluk so-
runları görülse de günümüzde mine ve dentine kimyasal bağ oluşturabilir
ve yüksek bağlanma dayanımı sağlar. Yapışma, HEMA ve 4-META gibi bi-
leşenlerle hibrit tabaka oluşturularak gerçekleşir. Rezin simanlar, BİS-GMA
veya UDMA içeren bir rezin matriks ve %50–70 dolgu içerir; dolgu miktarı
mekanik dayanımı etkiler.

Çözünmezlik, yüksek sıkıştırma dayanımı, düşük termal genleşme ve
aşınma direnci gibi üstün fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptir. Klinik
olarak metal, seramik, zirkonya kuronlar, indirekt kompozit restorasyonlar,
fiber postlar ve implant destekli kuronlarda kullanılır (105). Rezin siman-
lar kimyasal, ışıkla veya kombine polimerize olabilir. Kimyasal polimerize
olanlar ışık geçirmeyen restorasyonlar için uygundur ancak renk stabilitesi
düşüktür; ışık polimerize olanlar ise ince restorasyonlar için idealdir. Dentin
tübüllerine nüfuz ederek mikro-mekanik kilitleme sağlar. Yüksek bağlanma
gücü, aşınma direnci ve düşük marjinal geçirgenlik avantaj sağlarken, ikin-
cil çürük önlemede sınırlıdır. Polimerizasyon büzülmesi sırasında hassasiyet
oluşabilir ve nem kontrolü gerektirir.

Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman (RMCİS):

RMCİS, CİS'in rezin ile modifiye edilmiş halidir. Her iki tip de dişe iyo-
nik bağlarla tutunur; RMCİS'in dentine yapışma kuvveti, içerdiği rezin sa-
yesinde daha yüksektir, ancak biyolojik etkinliği daha düşüktür. 1990'larda

geliştirilen RMCİS, ideal fiziksel ve mekanik özellikler sunar ve mine ile dentine güçlü bağ sağlar. Rezin bileşen fotopolimerizasyonla sertleşirken, ardından cam iyonomer kimyasal sertleşir. Rezinin eklenmesi kullanım kolaylığı, sertleşme süresi ve aşınma direncini artırır.

RMCİS, total kuron ve köprüler, metal-seramik ve zirkonya restorasyonlar, metal postlar, inleyler, ortodontik apareyler ve estetik post-core yapılarında kullanılır. Konvansiyonel CİS'e göre daha yüksek kırılma direnci ve aşınma dayanımı sunar. Polimer dayanıklılığı ve çözünmezliği ile CİS'in florür salımı ve yapışma özellikleri birleştirilmiştir. Su bazlı olması nedeniyle nemden daha az etkilenir, ince film tabakası oluşturur ve estetik olarak üstündür. Ancak su emilimi nedeniyle genişleyen RMCİS, kırılğan tüm-seramik restorasyonlarda kullanılmamalıdır. Fazlalıklar jelleşme veya sertleşme sonrası temizlenebilir; toz-sıvı, macun-macun ve kapsül formunda sunulur.

Biyoaktif Siman:

Biyoaktif materyaller, doku ile biyolojik tepki oluşturarak bağlanma sağlar (161). İki grubu vardır: osteoprodüktif ve osteokondüktif. Güncel biyoaktif estetik materyaller, oral sıvılarla etkileşerek kendilerini yeniden şarj edebilir; bu sayede bakteriyel mikrosızıntıyı azaltır ve marjinal bütünlüğü artırır.

Örnek olarak, ACTİVA (Pulpdent, ABD) indirekt seramik restorasyonlar için geliştirilmiştir. Silika cam partikülleri ile kalsiyum, fosfat ve flor içeren iyonik rezin matrisi, pH'a bağlı iyon alışverişiyle biyoaktif özellik gösterir. Biyoaktif simanlarda bağlayıcı ajan gerekmemesi, hibrid kompleks içinde ve dışında sıvı sızıntısını engeller. Matrisin hidroksil grupları, dentindeki kalsiyumla yer değiştirerek kimyasal bağ oluşturur; bu da hidroksiapatit kompleksi ve marjinal sızdırmazlık sağlar (Özsoy, 2025).

Zirkonya Restorasyonların Simantasyonu:

Zirkonya esaslı restorasyonların ağza yerleştirilmesinde, farklı tipte simanlar tercih edilebilmektedir. Bu simanlar arasında geleneksel cam iyonomer, reçine modifiye cam iyonomer siman (RMCİS), çinkofosfat, polikarboksilat ve adeziv rezin simanlar yer almaktadır. Günümüzde cam iyonomer simanlar, uygulama kolaylıkları nedeniyle yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu simanların dikkat çeken avantajları arasında, yüksek basınç ve sıkıştırma kuvvetlerine karşı dirençli olmaları, dentine yakın termal genleşme katsayısına sahip olmaları, bakteriostatik etkiler göstermeleri, dentinle iyi bir adaptasyon sağlamaları ve mikrosızıntıya karşı dirençli yapıları sayılabilir.

Adeziv rezin simanlar ise hem diş sert dokularına hem de seramik restorasyonlara güçlü bağlanma özelliğine sahiptir. Bu nedenle, tutuculuğun kritik olduğu durumlarda tercih edilmesi avantaj sağlar. Aynı zamanda, bu simanlar marjinal uyumu koruyarak restorasyonun başarısını destekler.

Yüksek kırılma direnci sunmaları sayesinde, restorasyonların dayanıklılığını ve kullanım ömrünü artırmaktadır.

Zirkonya restorasyonların rezin simanlarla etkin bir şekilde yapıştırılabilmesi için yüzey ön işlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Cam seramiklerde yaygın olarak uygulanan hidroflorik asit ile pürüzlendirme ve ardından silan uygulaması, zirkonyanın asitlere karşı dirençli olması nedeniyle etkili değildir. Bu nedenle, zirkonya yüzeyine farklı ön hazırlık yöntemleri uygulanmalıdır (Kern & Wegner, 1998).

KAYNAKLAR

- Açar Tuzluca S. (2023). CAD/CAM ile üretilen pediatrik zirkonyum kuronların kırılma dirençlerinin prefabrike zirkonyum kuronlarla karşılaştırmalı değerlendirilmesi: İn vitro çalışma (Yayımlanmış uzmanlık tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye.
- Al-Nadawi M, Kravitz ND, Hansa I, Makki L, Ferguson DJ, Vaid NR. (2021). Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement: A randomized clinical trial. *Angle Orthod.*, 91:157-163.
- Baghirova N. (2019). Tek distal uzantılı zirkonyum restorasyonları destekleyen Ti-alt-yapılı zirkonyum dayanaklarının yorulma dayanımlarının ve kırılma direncinin in vitro olarak incelenmesi (Yayımlanmış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Beretta M. (2017). Metal Free Spacemaintainer for Special Needspatients. *Adv Dent Oral Heal.*, ;6:9-11.
- Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*, 204(9):505-11.
- Bhuyan L, Singh Dhull K, Pattnaik S, Mysore Devraj I, Nishat R, Panda A. (2024). CAD- CAM in Pediatric Dentistry: A brief insight. *Bangladesh Journal of Medical Science*, 23.
- Davidowitz G, Kotick PG. (2011). The use of CAD/CAM in dentistry. *Dental Clinics*, 55(3):559-70.
- Dhanotra KGS, Bhatia R. (2021). Digitainers—digital space maintainers: A review. *Int J Clin Pediatr Dent.*, 14(S1):S66-S72. doi:10.5005/jp-journals10005-2040.
- Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. (1999). Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *Journal Prosthet Dent.*, 81(2): 135-41.
- Duret F, Preston J. (1991). CAD/CAM imaging in dentistry. *Curr Opin Dent*, 1:150-154.
- Dursun E, Monnier-Da Costa A, Moussally C. Chairside. (2018). CAD/CAM composite onlays for the restoration of primary molars. *J Clin Pediatr Dent*, 42(5):349-54.
- Ierardo G, Luzzi V, Lesti M, et al. (2017). Peek polymer in orthodontics: A pilot study on children. *J Clin Exp Dent*, 9:e1271-e1275.
- Kern M, Wegner SM. (1998). Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater*, 14(1):64-71.
- Kesling H. (1945). The philosophy of the tooth positioning appliance. *Am J Orthod Oral Surg*, 31:297-304.
- Liu P-R. (2005). A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compendium*, 26(7):507-13.
- Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. (2009). A review of dental CAD/

- CAM: Current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J*, 28:44-56.
- Otto T, De Nisco S. (2003). Computer-manufactured, direct ceramic restorations: a prospective, clinical 10-year study of Cerec CAD-CAM inlays and onlays. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 113(2):156-69.
- Özsoy Z. (2025). Anterior süt dişlerinde prefabrik zirkonya kuron simantasyonunda siman seçiminin mikrosızıntı ve renklenme üzerindeki etkisi: in vitro inceleme (Yayımlanmış doktora tezi). Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Pawar B. (2019). Maintenance of space by innovative threedimensional-printed band and loop space maintainer. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 37:205.
- Saji S, Bansal, K, Jain V, Mathur VP, Tewari N, Morankar R. (2025). Fracture resistance and failure-modes of endocrowns with two margin designs (butt versus shoulder) in primary molars: an in vitro study. The Author(s), under exclusive licence to European Academy of Paediatric Dentistry.
- Skramstad M. (2019). Welcome to Cerec Primescan AC Willkommen Cerec Primescan AC. *Int J Comput Dent*, 22(1):69-78.
- Soni HK. (2017). Application of CAD-CAM for fabrication of metal-free band and loop space maintainer. *J Clin Diagnostic Res.*, 11(2):ZD14-ZD16.
- Staderini E, Patini R, Meuli S, Camodeca A, Guglielmi F, Gallenzi P. (2020). Indication of clear aligners in the early treatment of anterior crossbite: A case series. *Dental Press J Orthod*, 25:33-43.
- Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. (2006). Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *J Am Dent Assoc*, 137(9):1289-96.
- Thomford NE, Senthebane DA Rowe A, et al. (2018). Natural products for drug discovery in the 21st century: Innovations for novel drug discovery. *Int J Mol Sci*.
- Tinscherta J, Nattb G, Hassenpflugb S, et al. (2004). Status of Current CAD/CAM Technology in Dental Medicine Stand der aktuellen CAD/CAM-Technik in der Zahnmedizin. *Int J Comput Dent.*, 7(1):25-45.
- Uludamar A, Aygün Ş, Özkan YK. (2011). Tam Seramik Restorasyonların Simantasyonu. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.*, 2011(2):150-62.
- Van Noort R. (2019). The future of dental devices is digital. *Dent Mater* 2012; 28(1):3-12.
- Skramstad M. Welcome to Cerec Primescan AC Willkommen Cerec Primescan AC. *Int J Comput Dent*, 22(1):69-78
- Wong BH, Scholz RP, Turpin DL. (2002). Invisalign A to Z. *Am J Orthod Dentofac Orthop*, 121:540-541.
- Yamalı AY, Turhan Bal B. (2020). Lityum disilikat seramiklerin özellikleri ve klinik uygulamaları. *Curr Res Dent Sci*, 33(2):122-130.

- Yaşar K. (2021). Hibrit seramikler. Yayımlanmış bitirme tezi. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, İstanbul, Türkiye.
- Yavuz E, Yılmaz S. (2021). Diş hekimliğinde Yeni ve Hızla İlerleyen Üretim Teknolojisi: 3 Boyutlu Yazıcılar. Akdeniz Med J, 7:197-205.
- Zhang J, Yang Y, Han X, et al. (2021). The application of a new clear removable appliance with an occlusal splint in early anterior crossbite. BMC Oral Health, 21:1-11.



ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE DENTAL EROZYON

“ ”

Damla Maide DAVUTLUOĞLU¹

¹ Arş. Gör, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Klinik Bilimleri Bölümü, Çocuk Diş Hekimliği AD, damladavutluoglu@gazi.edu.tr, ORCID iD: 0009-0004-7228-0678

GİRİŞ

Diş sert doku kayıpları günümüzde yalnız erişkinlerde değil, çocuk ve adölesanlarda da önemli bir ağız sağlığı sorunu hâline gelmiştir. Hastalık örüntüsü, beslenme ve alışkanlıklarla yakından ilişkilidir; uzun vadede oklüzyon, fonasyon ve estetik üzerinde belirgin etkiler bırakabilir. Eroziv aşınma süt dişlenmede erken madde kaybına, buna bağlı fonksiyonel bozukluklara ve estetik nedenli psikososyal sorunlara yol açabilir. Bu nedenle süt dişlerinde erozyonun saptanması ve yönetilmesi çocuk diş hekimliğinde ayrı bir öneme sahiptir (Ganss & Lussi, 2008).

1. DENTAL EROZYONUN TANIMI VE PATOGENEZİ

1.1. Dental Erozyonun Tanımı

Dental erozyon; travma ve çürük sürecinden bağımsız, asitlerin neden olduğu kimyasal çözünme sonucunda sert dokularda gelişen kalıcı madde kaybıdır. Klinik olarak plak tutmayan, sınırları yumuşak geçişli, ipeksi-düz bir yüzey morfolojisi tipiktir. Erozyon çoğu zaman atrizyon ve abrazyon ile birlikte seyreder; atrizyon, oklüzal ve insizal temasların yol açtığı mekanik madde kaybını, abrazyon ise aşırı abraziv fırçalama gibi dış kaynaklı etkiler sonucunda gelişen aşınmayı ifade eder. Abfraksiyon terimi ise özellikle servikal bölgede, oklüzal yüklerin oluşturduğu gerilme birikimine bağlı stres kaynaklı mikroçatlak örüntülerini tanımlamak için kullanılır (Hamasha, Zawaideh, & Al-Hadithy, 2014; Lussi & Jaeggi, 2008).

1.2. Dental Erozyonun Patogenezi

Çürük için kritik pH yaklaşık 5,5-5,7 aralığındayken, erozyon için sadece kritik pH değeri yoktur; zira eroziv pH'a ek olarak asit tipi/konsantrasyonu, maruziyet süresi-sıklığı ve bireysel duyarlılıkla belirlenir. Düşük pH'lı çözeltiler genel olarak daha hızlı madde kaybına yol açar. Mine, yüksek hidroksiapatit içeriği nedeniyle dentine kıyasla daha dirençli; dentin organik matriksi ve kolajen yapısı nedeniyle daha kolay etkilenir. Mine florür içeriğinin görece yüksek olması eroziv saldırılara karşı direnci artırır. Süreç önce yüzey demineralizasyonu ile başlar; ardından organik matriks etkilenir ve mekanik streslerin yani çiğneme, dudak/yanak kas aktivitesinin eşlik etmesiyle lezyon derinliği artar (Devadiga, Shetty, & Hegde, 2022).

2. DENTAL EROZYONUN FARKLI YAŞ GRUPLARINDAKİ PREVALANSI

Prevalans verileri popülasyon, beslenme ve ölçüm yöntemlerindeki farklılıklar nedeniyle geniş bir aralıkta rapor edilmektedir. Örneğin Avusturalya'da 6-12 yaşta erozyon oranı %66'ya ulaşırken ebeveyn farkındalığının yalnızca %17 olduğu bildirilmiştir (Fung & Messer, 2013). İngiltere'de süt dişlenmede prevalans %8-%65, Almanya'da 8-11 yaşta %71, Hong Kong'da 12

yaşta %75 olarak rapor edilmiştir. Adölesan daimi dişlerinde bildirilen aralık %10-%90'dır. Türkiye verileri 6-12 yaşta yaklaşık %25, 13-15 yaşta %52 düzeylerini işaret etmektedir (Çoğulu, Menderes, & Ersin, 2009; Fung & Messer, 2013; Ganss, Klimek, & Giese, 2001; Smithers et al., 2000; Zhang et al., 2014).

3. ETİYOLOJİ

Dental erozyon çok etmenlidir; içsel (intrinsik) asit kaynakları, dışsal (ekstrinsik) asit maruziyeti ve biyolojik/davranışsal predispozan faktörler birlikte rol oynar (O'Sullivan & Milosevic, 2008).

3.1. İçsel Faktörler

İçsel erozyonda temel etken gastrik asittir. Kusma, regürjitasyon, gastroözofageal reflü (GÖR), ruminasyon ve anoreksiya/bulimiya nervoza gibi yeme bozuklukları ağız ortamında asit maruziyetini artırır. Erken evrede lezyonlar çoğunlukla üst kesici dişlerin palatinal yüzeylerinde belirir; şiddet arttıkça maksiller premolar ve molarların palatinal yüzeylerine, zamanla oklüzal ve vestibüler yüzeylere yayılabilir (Bartlett, 2006; O'Sullivan & Milosevic, 2008).

3.1.1. Kusma ve Beslenme Bozuklukları

Çocukluk çağında uzun süreli kusma epizotları kendini sınırlayabilse de ergen kızlarda yeme bozuklukları daha belirgindir. Bu hastalarda palatinal yüzeylerde tipik eroziv paternler ve eroziv gıda tüketimi bir arada görülebilir (Cuadrado-Ríos, Huamán-Garaicoa, & Cruz-Moreira, 2023).

3.1.2. Gastroözofageal Reflü Hastalığı

GÖR, mide içeriğinin istemsiz biçimde özofagusla taşınmasıdır; bazı içecek/yiyeceklerle tetiklenebilir. Çocuklarda GÖR'e bağlı erozyon daha seyrek bildirilir; olasılıkla maruziyet süresinin kısa ve çoğu kez özofagusla sınırlı olmasına bağlıdır. Serebral palsi gibi nörolojik sorunlu çocuklarda GÖR çok daha yüksek olduğu gibi astımlı çocuklarda da reflü prevalansı artmıştır (Reyes et al., 1993; Tolia & Vandenplas, 2009).

3.2. Dışsal Asit Kaynakları

Diyet kaynaklı asidik içecek/yiyecekler, bazı ilaçlar ve yaşam tarzı faktörleri dışsal eroziv yükü oluşturur (Zero, 1996).

3.2.1. Asidik İçecekler

Çoğunlukla pH'ı 4'ün altında olan gazlı içecekler, meyve suları, spor içecekleri demineralizasyonu tetikler. Çocuk ve adölesanlarda tüketimle erozyon arasında doğrudan ilişki gösterilmiştir; küçük yaşlarda meşrubat tüketimi oransal olarak daha yüksektir (Al-Malik, Holt, & Bedi, 2001; Zero, 1996).

3.2.2. Asidik Yiyecekler

Turunçgiller, sirkeli-turşulu gıdalar, domates sosları ve bazı atıştırmalıklar eroziv potansiyele sahiptir. Günde iki kezden fazla turunçgil tüketiminde erozyon riskinin belirgin arttığı bildirilmektedir (Milosevic, Bardsley, & Taylor, 2004; Zero, 1996).

3.2.3. Asidik İlaçlar

Uzun süreli ve/veya sık kullanıma konu olan asidik farmasötik ürünler, özellikle çocuklarda yaygın olan likit ve efervesan formlar nedeniyle dişlerde eroziv aşınmayı tetikleyebilir. Güncel pratikte popülerleşen C vitamini takviyeleri belirgin asidite taşır; sık tüketim ve diş yüzeyiyle doğrudan temas halinde erozyon riskini artırdığı bilinmektedir (Hellwig & Lussi, 2006). Aspirin ve çeşitli demir tuzları başta olmak üzere pek çok ilaç asidik özelliktedir; ayrıca çocuklarda uzun süre reçete edilebilen antibiyotikler, analjezikler, kardiyovasküler, gastrointestinal, antipsikotik ve antiemetik ajanlar ile potasyum ve astım ilaçlarının düşük pH profilleri eroziv potansiyel taşır (Nunn et al., 2001).

İlaç kökenli eroziv etkinin deneysel kanıtlarına ilişkin bir in vitro çalışmada, pediyatrik hastalarda sık karşılaşılan içeriklerden guaifenesin (ekspektoran), ferröz sülfat (demir preparatı) ve salbutamol (β_2 -agonist) süt dişi minesinde test edilmiştir. Bulgular, salbutamolün mine mikrosertliğini 7. günden itibaren kademeli olarak düşürdüğünü; ferröz sülfat ve guaifenesin için ise anlamlı azalışın 28. günden sonra belirginleştiğini göstermiştir (Scatena et al., 2014).

Erozyon gelişimi yalnızca pH düşüklüğü ile açıklanamaz; bazı ilaçlar tükürük akış hızını ve/veya tamponlama kapasitesini azaltarak koruyucu mekanizmaları zayıflatır. Bu etkiye sahip gruplar arasında antihistaminikler, antiemetikler ve antidepresanlar sayılabilir. Nitekim Kilpatrick ve ark., fenilketonürlü çocuklarda erozyon insidansının daha yüksek olduğunu, bunun da tedavide kullanılan amino asit karışımlarının düşük pH'ına bağlı olabileceğini bildirmiştir (Kilpatrick et al., 1999).

Astım-erozyon ilişkisini irdeleyen Shaw ve ark., ortalama yaşı 14 olan 418 çocukta yaptıkları değerlendirmede 66 astımlı olguda daha yüksek erozyon skorları saptamıştır. Yazarlar bu ilişkiyi dört olası mekanizmayla açıklamıştır: (i) uzun süreli β_2 -agonist kullanımı (ör. salbutamol, terbutalin) tükürük akışını azaltarak tükürüğün koruyucu etkisini zayıflatabilir; (ii) aminofilin ve teofilin gibi bronkodilatörlerin düz kas gevşetici etkisi GÖR gelişimine zemin hazırlayabilir; (iii) ilaçlara bağlı ağız kuruluğu, düşük pH'lı içecek tüketimine yönelimi artırabilir; (iv) kullanılan bazı preparatların formülasyon asiditesi doğrudan eroziv yük oluşturabilir (Shaw, Al-Dlaigan, & Smith, 2000).

Analjeziklerin çocuk hastalarda eroziv potansiyelini inceleyen Rocha ve ark., süt dişi minesinde in vitro bir model kullanmıştır. Numuneler, her bir test çözeltisinde 5 mL hacimde 30 dakika, günde 4 kez, 3 gün süreyle bekletilmiş; aralardaysa 37 °C'de yapay tükürük içinde tutulmuştur. Süreç sonunda yüzey mikrosertliği ölçülmüş ve her gruptan üç örnekte SEM analizi yapılmıştır. Çalışmada değerlendirilen tüm ilaçların asidik pH gösterdiği, bunlar içinde Daisy'nin en düşük ortalama pH ve en yüksek titre edilebilir asitlik değerlerine sahip olduğu; incelenen koşullarda Magnopyrol'un ise mine yüzey mikrosertliğinde aşınma oluşturan tek ilaç olarak saptandığı rapor edilmiştir (Rocha et al., 2023).

Klinik yansımalar: İlaç kaynaklı eroziv yük şüphesinde, mümkünse tablet/kapsül formlar tercih edilmeli; sıvı preparatlar hızlı tüketilmeli, ardından su ile çalkalama alışkanlığı kazandırılmalıdır. Gece dozlarından kaçınmak, uzun süreli temas riskini azaltabilir; uzun dönem tedavilerde diş hekimi-pediatrici iş birliğiyle risk izlem planı yapılması önerilir (Hellwig & Lussi, 2006; Nunn et al., 2001; Scatena et al., 2014; Kilpatrick et al., 1999; Shaw, Al-Dlaigan, & Smith, 2000; Rocha et al., 2023).

3.2.4. Yaşam Tarzı ve Alışkanlıklar

Biberonla asidik içecek tüketimi, içeceklerin ağızda çalkalanması, teneke kutudan içme gibi davranışlar temas süresini ve eroziv yükü artırır. Sert fırçalama ve yüksek abrazyiviteye sahip macunlar, kazanılmış pelikül incelterek yüzeyi daha duyarlı hâle getirebilir (Maupomé et al., 1998; O'Sullivan & Milosevic, 2008; Smith & Shaw, 1987).

3.3. Predispozan Faktörler

Tükürük; dilüsyon, temizleme, tamponlama, mineral doygunluğu ve pelikül oluşumuyla koruyucudur. Akış hızı ve tamponlama kapasitesindeki bireysel farklılıklar eroziv sonuçları belirgin etkiler. Çocuk çalışmalarında tamponlama kapasitesinin temel belirleyicilerden biri olabileceği gösterilmiştir (O'Sullivan & Curzon, 2000).

4. DENTAL EROZYONUN KLİNİK GÖRÜNTÜSÜ

Erozyonun erken evrelerinde diş yüzeyi pürüzsüz, ipeksi ve cam benzeri bir parlaklık sergiler. Klinik ilerleme ile birlikte yüzey anatomisinin silinmesi, insizal translüsens artışı, mine kaybı ve insizal kenarlarda çentiklenme gözlenebilir. Daha ileri aşamalarda tüberkül tepelerinde oluklanma, insizal kenarların yuvarlaklaşması ve sonuçta oklüzal morfolojinin belirgin biçimde kaybı ortaya çıkar. Klinik görünüm kişiden kişiye davranışsal farklılıklara bağlı olarak değişkenlik gösterir. Özellikle asitli içeriğin alınma biçimi (ör. pipet kullanımı, biberon, yudumlayarak uzun süre tüketim), dişlerle temasın süresi ve maruziyet sıklığı lezyon paternini anlamlı ölçüde etkiler (Ganss & Lussi, 2014; Lussi & Carvalho, 2014).

4.1. Süt ve Daimi Dişlerde Klinik Patern

En sık molar oklüzal yüzler ile üst kesicilerin palatinal/insizal yüzeyleri etkilenir. Molar tüberkül eğimlerinde “fincan biçimli” dentin açıklıkları tipiktir (O’Sullivan & Milosevic, 2008; Taji & Seow, 2010).

4.2. Dental Erozyonun Süt ve Daimi Dişlerde Farklı Hızda İlerlemesinin Nedenleri

Süt dişleri, yapısal ve kimyasal özellikleri nedeniyle daimi dişlere kıyasla eroziv aşınmaya daha duyarlıdır. Süt minesinin daha ince oluşu ve mikrosertliğinin düşük olması, erozyon sonrası dentin tutulumunun daha erken ve hızlı gelişmesine yol açar. Bu durum, süt minesindeki daha düşük mineralizasyon/kristalit düzeni, daha yüksek su içeriği ve buna bağlı artmış geçirgenlik ile ilişkilidir. Sonuç olarak aynı asit yükünde, süt dişlerinde madde kaybı daha hızlı ilerleme eğilimi gösterir. Duyarlılıktaki fark yalnızca mine yapısıyla sınırlı değildir; diş yüzeyini koruyan kazanılmış pelikül tabakasının özellikleri de yaş grupları arasında değişir. Süt dişi minesinde pelikülün oluşum hızı daha yavaştır ve oluşan tabaka, daimi diş minesindeki pelikülün yaklaşık üçte biri kalınlığında dengeye ulaşır. Ayrıca amino asit/protein bileşimi yönünden saptanan farklılıklar, pelikülün koruyucu kapasitesinde de ayrılmaya neden olabilir. Bu bulgular bir arada değerlendirildiğinde, süt dişlerinin daimi dişlere göre dental erozyona daha yatkın olduğu açıkça ortaya konmaktadır (Clasen et al., 1997).

Erozyonla ilgili temel klinik zorluklardan biri, onu diğer aşınma türlerinden doğru şekilde ayırmaktır. Oklüzal olarak erozyon, yıpranma lezyonlarından ayırt edilebilir; ikincisi genellikle düz, parlak ve belirgin kenarlara sahiptir. Ayrıca aşınma durumunda antagonist dişlerde de lezyonlar belirgindir. Süt dişleri bu sürecin gerçekleşmesine izin verecek yeterli süre boyunca intraoral olarak mevcut olmadığı için çocuklarda servikal lezyonlar nadiren meydana gelir (Ganss & Lussi, 2014).

5. DENTAL EROZYONUN TEŞHİSİ, KAYDEDİLMESİ VE TAKİBİ

Ayrıntılı medikal öykü, diyet ve ağız hijyeni alışkanlıkları, şikâyetler ve yaşam tarzı bilgileri toplanmalıdır. İyi aydınlatma altında, kurutulmuş yüzeylerin sistematik muayenesi önerilir. Başlangıç lezyonları genellikle mine-sement birleşiminin koronali boyunca sağlam mine sınırı ile seçilir (Ravishanker et al., 2022).

Diş aşınması skorlamak amacıyla birçok indeks kullanılmıştır. En sık kullanılan indeks Smith ve Knight’ın oluşturduğu Diş Aşınma İndeksidir (TWI). Smith–Knight Diş Aşınma İndeksi (TWI): mm cinsinden doku kaybını ve sekonder dentin varlığını dikkate alan, epidemiyolojik amaçlara uygun bir standarttır (Çizelge 5.1) (Smith & Knight, 1984).

Skor	Yüzey	Kriter
0	B/L/O/I C	Mine yüzeyinde kayıp yok Diş konturlarında değişiklik yok
1	B/L/O/I C	Mine yüzeyinde kayıp var Diş konturlarda minimal kayıp var
2	B/L/O I C	Dentin yüzeyinde içeren derinliği yüzeyin 1/3'den az olan kayıp var
3	B/L/O I C	Dentin yüzeyinin 1/3'den fazla miktarda kayıp var Yüzey derinliği 1-2 mm olup pulpayı içermeyen kayıp
4	B/L/O I C	Minenin tamamen kaybı Pulpayı veya sekonder dentini içermesi Defekt derinliğinin 2 mm'den fazla olması

Çizelge 5.1- *Smith ve Knight'a ait Diş Aşınma İndeksi (Smith & Knight, 1984)*

Bardsley ve diğerlerinin oluşturduğu basitleştirilmiş indeks: Çürük dışı servikal lezyonların değerlendirilmesine de olanak veren sadeleştirilmiş sürüm tasarlanmıştır (Çizelge 5.2) (Bardsley, Taylor, & Milosevic, 2004).

Gol	Kriterler
0	Dentin aşınması yok
1	Dentin sadece görünür (hapalanma dahil) veya yüzeyin 1/3'ünden daha az bir kısmı açıkta kalan dentin
2	Yüzeyin 1/3'ünden fazla dentine maruz kalma
3	Pulpa veya ikincil dentinin açığa çıkması

Çizelge 5.2- *Bardsley ve diğerlerinin oluşturduğu Basitleştirilmiş Diş Aşınma İndeksi (Bardsley, Taylor, & Milosevic, 2004)*

O'Sullivan ve Milosevic tarafından özellikle erozyonun kaydedilmesi amacıyla oluşturulan indeksin (Çizelge 5.3) klinik olarak kullanışlı olduğu da kabul edilmektedir (O'Sullivan & Milosevic, 2008).

Erozyonun yerleşim yeri		Her bir diş için erozyonun şiddet derecesi	
Kod A	Sadece lingual ya da bukkal	Kod 0	Normal mine
Kod B	Sadece labial ya da palatinal	Kod 1	Mat görünümde mine-kontur kaybı yok
Kod C	Sadece insizal ya da okluzal	Kod 2	Sadece mine kaybı-yüzey konturunun kaybı
Kod D	Labial ve insizal/okluzal	Kod 3	Dentinin açığa çıktığı mine kaybı
Kod E	Lingual ya da insizal/okluzal	Kod 4	Mine ve dentin kaybı
Kod F	Çok sayıda yüzeyi içeren	Kod 5	Pulpanın da açığa çıktığı mine ve dentin kaybı
		Kod 9	Değerlendirilemeyen dişler (ör: PCK)
Etkilenen yüzey alanı			
Kod -	Yüzeyin yarısından azı etkilennmiş		
Kod +	Yüzeyin yarısından fazlası etkilennmiş		

Çizelge 5.3- *O'Sullivan Aşınma İndeksi (O'Sullivan & Milosevic, 2008)*

Basic Erosive Wear Examination (BEWE) ise periodontal tarama mantığını temel alan, basit ve tekrarlanabilir bir sistemdir. Üst-alt çeneler, sağ-sol arka ve ön bölgeler olmak üzere değerlendirme yapılır; her bölgedeki en şiddetli yüzey skoru alınarak toplam puan elde edilir (Çizelge 5.4) (Young et al., 2008).

Skor	Kriter
0	Erozyon yok
1	Yüzeyel yapıda başlangıç aşamasında kayıp var
2 ^a	Belirgin defekt, yüzeyin %50'sinden az sert doku kaybı
3 ^a	Yüzeyin %50'sinden fazla sert doku kaybı

Çizelge 5.4- Erozyon Temel Skorlama Sistemi (Young et al., 2008)

Takipte silikon ölçüler teorik olarak yararlı olsa da çocuklarda büyüme nedeniyle uyum sorunları görülebilir; bu nedenle çalışma modelleri ve standardize fotoğraflar pratik ve güvenilir bir alternatiftir. Yıllık kontroller önerilebilir (O'Sullivan & Milosevic, 2008).

6. DENTAL EROZYONLA İLİŞKİLİ DURUMLAR

6.1. Dental Erozyon ile Mine Hipoplazisi Arasındaki İlişki

Mine hipoplazisi, mine dokusunun gelişimindeki bozukluklara bağlı olarak minenin eksik ya da kusurlu oluşmasıdır. Bu tablodaki mineralizasyon anomalileri, dokunun asitlere karşı çözünürlüğünü artırarak erozyona duyarlılığı yükseltebilir; bu nedenle hipoplazi, dental erozyon için potansiyel bir risk belirleyicisi olarak kabul edilmektedir (Kazoullis et al., 2007).

6.2. Dental Erozyon ile Diş Çürüğü Arasındaki İlişki

Diş çürüğü ile dental erozyon etyoloji ve yerleşim açısından farklı süreçler olmakla birlikte, her ikisi de tükürük akış hızı/miktarı gibi biyolojik parametrelerden etkilenir ve kronik seyir gösterebilir. Klinik gözlemler, çürük bulunan çocuklarda hem süt hem de daimi dişlerde daha yüksek şiddette erozyon görülebildiğini ortaya koymaktadır (Auad et al., 2009).

Erozyona katkıda bulunan asidik içecek ve yiyeceklerin önemli bir bölümü aynı zamanda karyojenik şeker içerir; dolayısıyla karyojenik olmayan diyet sürdürülemeyen çocukların eroziv olmayan diyet sürdürmesi de genellikle mümkün olamaz. Bu grup hastalarda eroziv ve karyojenik doku kayıpları birlikte izlenebilir; çürük varlığı yalnızca erozyonla ilişkili olmakla kalmayıp bazı olgularda predispozan bir etmen olarak da rol oynayabilir (Al-Malik, Holt, & Bedi, 2001; Auad et al., 2009).

İki durum arasındaki başka bir ilişki de ağız içi asidik mikroçevre ile ilgilidir: düşük pH ortamı *Streptococcus mutans* gibi asidofilik/asidüre bakterilerin gelişimini kolaylaştırarak, hastanın çürüğe yatkınlığını artırabilir (Auad et al., 2009).

7. DENTAL EROZYONUN ÖNLENMESİ VE TEDAVİSİ

7.1. Dental Erozyonun Önlenmesi

Koruyucu yaklaşımın başlangıç noktası, erken saptama ve risk profillemesidir. İçsel (intrinsik) ve dışsal (ekstrinsik) asit kaynaklarının ayırt edilmesi; tükürük akışı ve kazanılmış pelikül gibi biyolojik unsurların, diş sert doku özelliklerinin, yeme-içme alışkanlıklarının, egzersiz sırasında alınan sıvıların ve ağız hijyeni davranışlarının sistematik biçimde değerlendirilmesi gerekir (Lussi & Jaeggi, 2008). Anamnezde ayrıca tıbbi öykü ve kullanılan ilaçlar ayrıntılı biçimde sorgulanmalı; asidik içerikli ya da tükürüğün koruyucu etkilerini zayıflatabilecek preparatların varlığı belirlenmelidir (Taji & Seow, 2010). İçsel aside işaret eden yakınmaların bulunduğu, ancak henüz kesin tıbbi tanı almamış olgular uygun branşlara yönlendirilmelidir. Hasta ve ebeveynin bilinçlendirilmesi için yazılı bilgilendirme materyalleri yararlı olur. Diyetle ilişkili risklerin ortaya konması amacıyla ebeveyn/bakıcı tarafından ayrıntılı bir diyet günlüğü hazırlanmalı ve klinisyen tarafından gözden geçirilmelidir (Bartlett, 2006). Eğitim sürecinde, eroziv potansiyeli yüksek yiyecek-içecekler özellikle vurgulanmalı; bu ürünlerin tüketimi azaltılmalı ve sadece öğün zamanlarıyla sınırlandırılmalıdır. Çünkü öğünlerde tükürük akış hızı ve tampon kapasitesi en yüksek düzeydedir. Kalsiyum, fosfat, florür ve ksilitol açısından zengin seçenekler tercih edilmeli; öğün sonunda peynir/süt gibi ağız pH'ını dengelemeye katkı veren gıdalara yer verilmelidir. Asit maruziyetinden sonra su ile çalkalama veya su içme alışkanlığı kazandırılmalıdır (O'Sullivan & Milosevic, 2008). Asitli içecekler hızla yutulup tüketilmeli; yavaş içim gerekiyorsa içecek ağzın arka bölgesine yönlendirilen geniş delikli bir pipet ile alınarak dişlerle temas en aza indirilmelidir (O'Sullivan & Curzon, 2000).

Ağız bakımında yumuşak kıllı fırça ve düşük abrazyon-yüksek florür içerikli diş macunları önerilir. Fırçalama mümkünse asit temasından önce yapılmalı; asitli gıda tüketimi ya da kusma gibi olayların ardından fırçalama en az 30 dakika ertelenmelidir; bu gecikme, asit atağından sonra yüzeyin yeniden sertleşmesine fırsat tanır (O'Sullivan & Curzon, 2000). Laboratuvar ve klinik veriler, 5000 ppm florürlü macunların, 1450 ppm formülasyonlara kıyasla portakal suyu kaynaklı mine kaybını anlamlı ölçüde daha fazla azalttığını göstermektedir (Ren et al., 2010). Çocuk diş macunları üzerinde yapılan 2023 tarihli kontrollü bir in-vitro çalışmada, yalnızca 1400 ppm F içeren bir formülün mine erozyonunu %15 azaltabildiği; buna karşılık tüm florürlü macunların dentin kaybını %32-69 oranında düşürdüğü bildirilmiştir (Chal-kidis et al., 2023).

Restoratif olmayan yönetimde topikal erozyon önleyici ajanlar yaygın kullanıma sahiptir. Bu ürünler genel olarak; topikal florür bileşik-leri, kalsiyum-fosfat temelli materyaller, organik içerikler ve diğer ko-

ruyucu maddeler başlıklarında sınıflandırılabilir (Chawhuaveang et al., 2022). Bu ajanların ortak hedefi, yüzeyde koruyucu bir tabaka ve/veya iyonik doygunluk oluşturarak demineralizasyonu azaltmak ve gerektiğinde dentin tübüllerini kapatarak hassasiyeti kontrol altına almaktır.

• Florür Ajanlar

Florür ajanların en yaygın topikal erozyon önleyici ajanlardır ve bunlar arasında sodyum florür (NaF), kalay florür (SnF₂), titanyum tetraflorür (TiF₄) ve gümüş diamin florür (SDF) yer alır. Topikal florür diş yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşumunu kolaylaştırır ve diş sert dokusunun asit direncini arttırmaktadır. Bazı florür ajanları tükürük pelikülünü modifiye edebilir ve tükürük pelikülünün asit direncini arttırabilmektedir. Florür ayrıca dentin içeriğindeki matriks metalloproteinazların (MMP'ler) aktivasyonunu da inhibe edebilmektedir (Chawhuaveang et al., 2022; Johannes et al., 2024). Sarvori ve diğerleri florür verniğin ve solüsyonun mine erozyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak uygulanan florür tedavisinin mine sertliğini artırdığı gibi aynı zamanda başlangıçtaki erozyonu önlediğini bildirmişlerdir (Sorvari et al., 1994),.

• Kalsiyum Fosfat Bazlı Ajanlar

Kazein Fosfopeptid Amorf Kalsiyum Fosfat (CPP-ACP), diş çürüklerinin tedavisinde vernik, krem, sakız ve asitli içecekler gibi ağız sağlığı ürünlerinde kullanılmaktadır. CPP-ACP'ye florürün eklenmesi, Kazein Fosfopeptid Amorf Kalsiyum Florür Fosfatın (CPP-ACFP) oluşumuyla sonuçlanır. CPP-ACP yüksek miktarda kalsiyum ve fosfat iyonları içerir. Bu iyonlar, asitler ve diş yüzeyleri arasında fiziksel bir bariyer görevi gören bir kalsiyum hidrojen fosfat çökeltme katmanı oluşturmaktadır. Kalsiyum ve fosfat iyonları asidik koşullar altında bile diş yüzeyi çevresinde tutulur ve demineralizasyon sürecini azaltır. Aynı zamanda aşınmış yüzeydeki mineral iyonlarını sağlayarak remineralizasyonu da desteklemektedir (Chawhuaveang et al., 2022). Fernandes ve diğerlerinin yapmış oldukları çalışmada, CPP-ACP'nin mine kaybını, mikrosertlik değişimini ve kalsiyum iyonu salınımını azalttığı ortaya çıkarılmıştır (Fernandes et al., 2019). CPP-ACP piyasada 2 farklı formda bulunur: biri şekersiz sakız formunda (Recaldent™, Recaldent Pty Limited, Cadbury Japan Limited, Adams Division), diğeri ise Tooth Mousse (GC Corporation, Itabashi-ku, Tokyo, Japan) adıyla bilinen topikal uygulanan krem formudur. Bu ürünler çocuk hastalarda dental erozyonun önlenmesi ve idaresinde, özellikle topikal florür ajanları ile birlikte kullanıldığında sinerjistik etki yaratarak anlamlı avantajlar sağlamaktadır (Mammadli & Özdemir, 2025).

Kalsiyum Silikat ve Sodyum Fosfat (CSSP) uzun yıllardan beri ağız hijyeni ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. CSSP, kalsiyum ve fosfat iyonları sağlamaktadır ve diş yüzeyini çevreleyen mineral iyonlarının konsantrasyonunu doymuş seviyelere yükseltmektedir. Böylece, diş yüzeyin-

deki demineralizasyonun azaltılmasına yardımcı olmaktadır ve diş sert dokusunun remineralizasyon sürecini desteklemektedir. CSSP ayrıca kalsiyum silikat parçacıklarını diş yüzeyinde biriktirerek koruyucu bir tabaka oluşturmaktadır (Chawhuaveang et al., 2022). Hiçbir çalışma tek başına CSSP'nin etkisini incelememiştir. CSSP ile ilgili yapılan çalışmalar, CSSP'nin mine sertliği değişimini azalttığını ve florür ile kombine edildiğinde eroziv aşınmadan sonra dentin geçirgenliğini azalttığını bildirmiştir. Bununla birlikte, CSSP'nin koruyucu etkisinin nispeten kısa bir etkili süresi olduğu ortaya çıkmıştır. Koruyucu tabaka kararsızdır ve güçlü bir asit tarafından kolayca aşınabilmektedir (de Carvalho Leal, Costa, & Passos, 2020).

Sodyum Trimetafosfat/Sodyum Heksametafosfat (TMP/SHP) inorganik polifosfat bileşikleridir. TMP genellikle florürlü vernik, diş macunu ve ağız gargarasında katkı maddesi olarak kullanılırken, SHP esas olarak florürlü diş macununa eklenmektedir. TMP, diş yüzeyinin hidroksiapatit yapısına ve dentin yüzeyinin kolajenine absorbe olarak aside dirençli bir katman sağlayabilir (Chawhuaveang et al., 2022). TMP veya SHP'nin tek başına erozyon önleyici etkisini araştıran hiçbir çalışma yoktur. Danelon ve diğerlerinin yapmış oldukları çalışmada, TMP/SHP'nin florür ile birleştirildiğinde minede yüzey kaybını ve yüzey mikrosertlik değişimini azalttığı gösterilmiştir. Düşük bir TMP/SHP konsantrasyonu florür ile sinerjistik olarak etki ettiği ancak yüksek bir TMP/SHP konsantrasyonu ise florürün erozyon önleyici etkisini azaltabildiği anlaşılmıştır (Danelon et al., 2018).

• Organik bileşikler

Arjinin, dentin yüzeyine güçlü bir afiniteye sahip olan pozitif yüklü bir amino asittir. Kalsiyumun diş yüzeyine tutunmasını iyileştirmektedir ve kalsiyum karbonat çökmesini desteklemektedir. Bu çökme tabakası diş sert dokusunun asitlere karşı direncini arttırmaktadır. Çökme tabakası dentin tübüllerinin tıkanmasına yardımcı olmaktadır ve dentin hassasiyetini hafifletmektedir (Chawhuaveang et al., 2022). Arjinin ile florür veya kalsiyum karbonatın kombine uygulaması, erozyonun kontrol edilmesinde olumlu bir sonuç göstermiştir. Florürlü arjininin dentin tübülünü tıkayarak dentin asitlerine karşı geçirgenliğini azalttığını gözlenmiştir (West et al., 2018).

Kitosan bazı florürlü ağız sağlığı ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Florür içeren maddelerin viskozitesini ve stabilitesini ve florür maddelerinin erozyon önleyici kapasitesini arttırmaktadır. Kitosan tek başına diş yüzeyindeki mineral iyonlarına bağlanarak diş yüzeyinde koruyucu bir tabaka sağlamaktadır. Diş yüzeyindeki kalsiyum ve fosfat iyonları ile şelat oluşturarak remineralizasyon sürecini destekleyen fosforile edilmiş kitosan oluşmaktadır (Chawhuaveang et al., 2022). De Souza ve diğerlerinin yapmış oldukları çalışmada, florürlü kitosanın, erozyon sonucu mine yüzey kaybını azaltabileceği desteklenmiştir. Kitosanın tek başına zayıf bir erozyon önleyici

etkisi olduğu ve farklı pH seviyelerine sahip kitosanın farklı erozyon önleyici etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Alkali kitosan, nötr veya asidik olanlara göre erozyona daha dayanıklıdır (de Souza et al., 2020).

• Diğer Erozyon Önleyici Ajanlar

Demir sülfat, MMP-2 ve MMP-9'un bir inhibitörüdür ve dentin yüzeyindeki kolajen fibrillerinin hidrolize olmasını engellemektedir. Demir sülfatın diş yüzeyine uygulanması, diş yüzeyinde ferrik tuzlarından oluşan koruyucu bir tabakanın oluşumunu kolaylaştırmaktadır (Chawhuaveang et al., 2022). Yapılan in situ çalışmada, erozyon sonucu minede oluşan yüzey kaybını ve dentindeki mikrosertlik değişimini azalttığı görülmüştür. Bununla birlikte demir sülfat özellikle yüksek konsantrasyonlarda veya uzun süre kullanıldığında diş yüzeyinde lekeler neden olabilmektedir (Kato et al., 2010).

Klorheksidin (CHX), MMP inhibitörü olduğundan dental erozyonunun kontrolünde kullanılmaktadır. Asit ataklarında MMP 2, 8 ve 9'u inhibe ederek kolajen bozulmasını engellemektedir. Ek olarak CHX, kalsiyum iyonlarına bağlanarak diş yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturmaktadır (Chawhuaveang et al., 2022). CHX, erozyon tedavisinde florür ile birlikte kullanılmamalıdır çünkü florür ile antagonistik bir etkiye sahiptir. Uzun süreli kullanımının dişlerde renk bozulmasına ve tat kaybına neden olabilmektedir (Ozan, Sar Sancaklı, & Yücel, 2020).

Ayrıca asidik meşrubatların yapısına kalsiyum ve fosfat ilave edilmesi bu maddelerin eroziv potansiyelini anlamlı olarak düşürmektedir. Yapılan bir araştırmada, 40mmol/l kalsiyum ve 30mmol/l fosfat ilave edilen portakal suyunun eroziv potansiyelinin azaldığı saptanmıştır (Larsen et al., 1999).

Florür uygulamasıyla birlikte diş minesinin lazerle ışınlanması, mine mineralinin çözünürlüğünde önemli bir azalmaya yol açtığı, dolayısıyla florürün erozyona karşı koruyucu etkilerini arttırdığı gösterilmiştir (Moslemi et al., 2009).

7.2. Dental Erozyonun Tedavisi

Girişimsel plan, öncelikle hastanın ve/veya ebeveynlerin birincil beklentisinin ne olduğunun, estetik görünümün düzeltilmesi mi yoksa dentin hassasiyetinin giderilmesi mi, netleştirilmesiyle şekillendirilmelidir. Koruyucu önlemler ve risk kontrolü sağlandıktan sonra, mevcut sert doku miktarını korumayı hedefleyen minimal invaziv yaklaşımlar tercih edilir. Bu kapsamda dentin bağlayıcı sistemlerin kullanımı, rezin kompozit restorasyonlar ve endikasyon dâhilinde protetik seçenekler tedavi yelpazesini oluşturur (Aliping-McKenzie, Linden, & Nicholson, 2004).

Süt dentisyonunda, klinik semptom özellikle hassasiyet yoksa restoratif girişim zorunlu değildir. Dentin duyarlılığı bulunan olgularda, erozyona

uğramış alanlar uygun restoratif materyallerle stabilize edilebilir. Bununla birlikte, konvansiyonel cam iyonomer simanların eroziv ortamlarda çözünürlüğe yatkın olmaları nedeniyle, bu lezyonlarda sınırlı endikasyona sahip oldukları vurgulanmalıdır (Aliping-McKenzie et al., 2004).

Geniş madde kaybı görülen vakalarda; anterior bölgede kompozit kronlar, posterior dişlerde paslanmaz çelik kronlar tedavi etkinliği ve dayanıklılığı açısından uygun seçeneklerdir. Ağrı, pulpaya yakın aşınma veya enfeksiyon gibi şiddetli semptomlar söz konusu olduğunda, ilgili dişte endodontik tedavi ya da çekim gerekliliği doğabilir (O'Sullivan & Milosevic, 2008).

Lokelize anterior aşınma bulunan hastalarda erozyona bağlı dikey boyut kaybı, restoratif materyal için gerekli interoklüzal mesafeyi kısıtlayabilir. Bu durumda Dahl yaklaşımı veya modifiye Dahl tekniği ile oklüzal düzlemin kademeli yükseltilmesi etkili bir çözümdür. Güncel uygulamalarda özellikle genç bireylerde en yaygın modifikasyon, üst ön dişlerde (gerektiğinde palatinal yüzeyler dâhil) yapılan kompozit yükseltmeler ile dikey boyutun artırılmasıdır. Yöntem, başlangıçta arka bölgede bilateral açık kapanış oluşturur; ancak zaman içinde kompanse edici alveoler adaptasyon ve anterior dişlerin sınırlı intrüzyonu ile oklüzon fizyolojik olarak normalleşir ve kompozit restorasyon varlığında stabil bir kapanış elde edilir (Dahl, Krogstad, & Karlsen, 1975).

Yedi yaşındaki bir erkek olguda, bir yıl önce semptomsuz biçimde tedavi edilmiş gastroözofageal reflü öyküsü ve aynı dönemde aralıklı uyanık brüksizm anamnezine karşın, muayenede primer dentisyonda erozyon-abrazyon birlikteliği, daimi yeni sürmüş kesicilerde ise patoloji saptanmaması mevcut aktif intrinsik kaynaklı etkenlerin olası dışlanması düşündürmüştür; günlük meyve suyu tüketimi başlıca risk faktörü olarak belirlenmiştir. İlk randevuda aileye eroziv ürünler ve ağız bakımının korunmadaki rolü konusunda danışmanlık verilmiş, ebeveyn gözetiminde günde iki kez bezelye tanesi kadar florürlü macun ve ev içi destek olarak CPP-ACP önerilmiştir. Bir hafta sonra ağız hijyeninde düzelme izlenmiş; palyatif tedavide hassasiyetin giderilmesi ve remineralizasyonu desteklemek amacıyla etkilenen süt kanin/molarlar ile daimi molarlara florür verniği, açık dentin tübüllerinin oklüzyonu için süt maksiller kesicilere dentin bağlayıcı uygulanmıştır. İkinci haftada soğukla tetiklenen hassasiyetin kaybolduğu ve tedavi memnuniyetinin yüksek olduğu bildirilmiş; COVID-19 koşulları nedeniyle düzenli teledişhekimliği izlemlerinde olgunun asemptomatik seyrettiği doğrulanmıştır (Khan, 2023).

SONUÇ

Çocukluk çağında dental erozyon, beslenme ve yaşam tarzındaki değişimlerle artan bir toplumsal sağlık sorunu hâline gelmiştir. Erken tanı, risk temelli danışmanlık ve düzenli izlem ile davranış değişikliklerinin zamanında uygulanması, biyolojik maliyeti düşük ve sürdürülebilir yönetimin te-

melini oluşturur. İçsel asit maruziyeti düşünülen olgularda uygun branşlara yönlendirme; ebeveynlere verilecek diyet-ağız bakımı eğitimiyle birlikte riski azaltmanın yanı sıra obezite ve gastrointestinal sorunlar gibi daha geniş sağlık hedeflerine de katkı sağlar; bu nedenle pedodontide multidisipliner iş birliği ve risk odaklı takip esastır.

KAYNAKÇA

1. Ganss, C., & Lussi, A. (2008). Current erosion indice flawed or valid. *Clinical Oral Investigations*, 12(1), 1–3. doi:10.1007/s00784-007-0178-0
2. Hamasha, A. A. H., Zawaideh, F. I., & Al-Hadithy, R. T. (2014). Risk indicators associated with dental erosion among Jordanian school children aged 12–14 years of age. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 24(1), 56–68. doi:10.1111/ipd.12014
3. Lussi, A., & Jaeggi, T. (2008). Erosion diagnosis and risk factors. *Clinical Oral Investigations*, 12(1), 5–13. doi:10.1007/s00784-007-0177-1
4. Zhang, S., Chau, A. M., Lo, E. C., et al. (2014). Dental caries and erosion status of 12-year-old Hong Kong children. *BMC Public Health*, 14(7), 1–7. doi:10.1186/1471-2458-14-7
5. Maden, E. A. (2012). Dental erozyonda tanı ve tedavi yöntemleri. *Gülhane Tıp Dergisi*, 54, 86–91.
6. Devadiga, D., Shetty, P., & Hegde, M. N. (2022). Characterization of dynamic process of carious and erosive demineralization—An overview. *Journal of Conservative Dentistry*, 25(5), 454.
7. Fung, A., & Messer, L. B. (2013). Tooth wear and associated risk factors in a sample of Australian primary school children. *Australian Dental Journal*, 58(2), 235–245. doi:10.1111/adj.12055
8. Smithers, G., Gregory, J. R., Bates, C. J., et al. (2000). The National Diet and Nutrition Survey: Young people aged 4–18 years. *Nutrition Bulletin*, 25(2), 105–111. doi:10.1046/j.1467-3010.2000.00027.x
9. Ganss, C., Klimek, J., & Giese, K. (2001). Dental erosion in children and adolescents: A cross-sectional and longitudinal investigation using study models. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 29(4), 264–271. doi:10.1034/j.1600-0528.2001.290405.x
10. Coğulu, D., Menderes, M., & Ersin, N. (2009). Çocuklarda dental erozyon. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 15(2), 87–92.
11. O’Sullivan, E., & Milosevic, A. (2008). UK National Clinical Guidelines in Paediatric Dentistry: Diagnosis, prevention and management of dental erosion. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 18(4), 29–38. doi:10.1111/j.1365-263X.2008.00936.x
12. Bartlett, D. (2006). Intrinsic causes of erosion. *Dental Erosion*, 20(2), 119–139. doi:10.1159/000093359
13. Cuadrado-Ríos, S., Huamán-Garaicoa, F., & Cruz-Moreira, K. (2023). Anorexia and bulimia nervosa in the practice of the paediatric dentist. *European Eating Disorders Review*, 31(1), 9–23.
14. Tolia, V., & Vandenplas, Y. (2009). Systematic review: The extra-oesophageal symptoms of gastro-oesophageal reflux disease in children. *Alimentary Pharmacology*

logy & Therapeutics, 29(3), 258–272. doi:10.1038/sj.bdj.4811645

15. Reyes, A., Cash, A., Green, S., et al. (1993). Gastroesophageal reflux in children with cerebral palsy. *Child: Care, Health and Development*, 19(2), 109–118.
16. Zero, D. T. (1996). Etiology of dental erosion—Extrinsic factors. *European Journal of Oral Sciences*, 104(2), 162–177. doi:10.1023/A:1011243121591
17. Al-Malik, M., Holt, R., & Bedi, R. (2001). The relationship between erosion, caries and rampant caries and dietary habits in preschool children in Saudi Arabia. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 11(6), 430–439. doi:10.1590/0103-6440201302383
18. Milosevic, A., Bardsley, P., & Taylor, S. (2004). Epidemiological studies of tooth wear and dental erosion in 14-year old children in North West England. Part 2: The association of diet and habits. *British Dental Journal*, 197(8), 479–483.
19. Hellwig, E., & Lussi, A. (2006). Oral hygiene products and acidic medicines. *Dental Erosion*, 20(2), 112–118. doi:10.4034/PBOCI.2023.233.22
20. Nunn, J. H., Ng, S. K., Sharkey, I., et al. (2001). The dental implications of chronic use of acidic medicines in medically compromised children. *Pharmacy World and Science*, 23(7), 118–119. doi:10.1038/sj.bdj.4806227
21. Scatena, C., Galafassi, D., Gomes-Silva, J. M., et al. (2014). In vitro erosive effect of pediatric medicines on deciduous tooth enamel. *Brazilian Dental Journal*, 25(1), 22–27. doi:10.1159/000177290
22. Kilpatrick, N. M., Awang, H., Wilcken, B., et al. (1999). The implications of phenylketonuria on oral health. *Pediatric Dentistry*, 21(7), 433–438. doi:10.1159/000016117
23. Shaw, L., Al-Dlaigan, Y. H., & Smith, A. (2000). Childhood asthma and dental erosion. *ASDC Journal of Dentistry for Children*, 67(2), 102–106.
24. Rocha, C. T., Nogueira, A. S. B., Almeida, J. A., et al. (2023). Erosive effect of analgesics on primary tooth enamel—An in vitro study. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*, 22(5), 1–9.
25. Smith, A., & Shaw, L. (1987). Baby fruit juices and tooth erosion. *British Dental Journal*, 162(2), 65–67.
26. Maupomé, G., Díez-de-Bonilla, J., Torres-Villaseñor, G., et al. (1998). In vitro quantitative assessment of enamel microhardness after exposure to eroding immersion in a cola drink. *Caries Research*, 32(2), 148–153. doi:10.1111/j.1834-7819.2010.01223.x
27. O’Sullivan, E., & Curzon, M. (2000). Salivary factors affecting dental erosion in children. *Caries Research*, 34(1), 82–87.
28. Ganss, C., & Lussi, A. (2014). Diagnosis of erosive tooth wear. *Erosive Tooth Wear*, 25(2), 22–31.
29. Lussi, A., & Carvalho, T. S. (2014). Erosive tooth wear: A multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge. *Erosive Tooth Wear*, 25(3), 1–15.

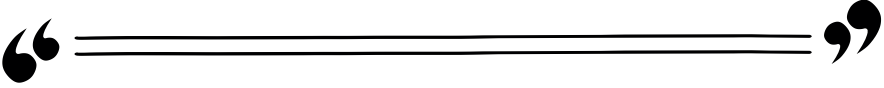
30. Taji, S., & Seow, W. (2010). A literature review of dental erosion in children. *Australian Dental Journal*, 55(4), 358–367. doi:10.1038/sj.bdj.4811644
31. Clasen, A. B. S., Hannig, M., Skjörland, K., et al. (1997). Analytical and ultrastructural studies of pellicle on primary teeth. *Acta Odontologica Scandinavica*, 55(6), 339–343. doi:10.1007/s00784-007-0180-6
32. Ravishankar, T., Sudan, S., Tandon, V., et al. (2022). Dental erosion: Prevalence, etiology, diagnosis and its management. *Chronicles of Dental Research*, 11(1), 9–15.
33. Smith, B., & Knight, J. (1984). An index for measuring the wear of teeth. *British Dental Journal*, 156(12), 435–438. doi:10.3390/healthcare10081413
34. Bardsley, P., Taylor, S., & Milosevic, A. (2004). Epidemiological studies of tooth wear and dental erosion in 14-year-old children in North West England. Part 1: The relationship with water fluoridation and social deprivation. *British Dental Journal*, 197(7), 413–416.
35. Young, A., Amaechi, B. T., Dugmore, C., et al. (2008). Current erosion indices—Flawed or valid? Summary. *Clinical Oral Investigations*, 12(1), 59–63.
36. Kazoullis, S., Seow, W. K., Holcombe, T., et al. (2007). Common dental conditions associated with dental erosion in schoolchildren in Australia. *Pediatric Dentistry*, 29(1), 33–39. doi:10.4034/PBOCI.2019.191.75
37. Auad, S. M., Waterhouse, P. J., Nunn, J. H., et al. (2009). Dental caries and its association with sociodemographics, erosion, and diet in schoolchildren from southeast Brazil. *Pediatric Dentistry*, 31(3), 229–235.
38. O'Sullivan, E. A., & Curzon, M. (2000). A comparison of acidic dietary factors in children with and without dental erosion. *ASDC Journal of Dentistry for Children*, 67(3), 186–192.
39. Ren, Y., Fadel, N., Liu, X., et al. (2010). Prevention of dental erosion by 5000 ppm fluoride treatment in situ. *Journal of Dental Research*, 89(1), 2596.
40. Chalkidis, J., Barke, S., Rohland, B., Schmidt, A., Kanzow, P., & Wiegand, A. (2023). In vitro study on the preventive effect of children's toothpastes on erosive tooth wear of primary bovine enamel and dentin. *Scientific Reports*, 13, 10884. doi:10.1038/s41598-023-38043-7
41. Chawhuaveang, D. D., Yu, O. Y., Yin, I. X., et al. (2022). Topical agents for nonrestorative management of dental erosion: A narrative review. *Healthcare*, 10(8), 1413. doi:10.1159/000315932
42. Johannes, N., Hertel, S., Stoffel, V., Hannig, C., Basche, S., Schmitt, V., et al. (2024). Impact of pH-adjusted fluoride and stannous solutions on the protective properties on the pellicle layer in vitro and in situ. *Scientific Reports*, 14(1), 3378. doi:10.1038/s41598-024-53732-7
43. Sorvari, R., Meurman, J., Alakuijala, P., et al. (1994). Effect of fluoride varnish and solution on enamel erosion in vitro. *Caries Research*, 28(4), 227–232.
44. Fernandes, L. H. F., Alencar, C. R. B., Melo, J. B. C. A. d., et al. (2019). In situ effect

of intra-oral application of pastes containing CPP-ACP or CPP-ACPF against initial enamel erosion. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*, 19(2), 1–9.

45. Mammadli, N., & Özdemir, Ş. (2025). Prevention of erosion caused by pediatric medications in primary teeth with CPP-ACP and fluoride: An in vitro study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 49(3), 99–106. doi:10.22514/jocpd.2025.055
46. de Carvalho Leal, I., Costa, W. K. D. F., & Passos, V. F. (2020). Fluoride dentifrice containing calcium silicate and sodium phosphate salts on dental erosion: In vitro study. *Archives of Oral Biology*, 118(1), 108.
47. Danelon, M., Pessan, J. P., Santos, V. R., et al. (2018). Fluoride toothpastes containing micrometric or nano-sized sodium trimetaphosphate reduce enamel erosion in vitro. *Acta Odontologica Scandinavica*, 76(2), 119–124.
48. West, N., He, T., Hellin, N., et al. (2018). Erosion protection efficacy of a 0.454% stannous fluoride dentifrice versus an arginine-containing dentifrice. *American Journal of Dentistry*, 31(2), 63–66.
49. de Souza, B. M., Santi, L. R. P., João-Souza, S. H., et al. (2020). Effect of titanium tetrafluoride/sodium fluoride solutions containing chitosan at different viscosities on the protection of enamel erosion in vitro. *Archives of Oral Biology*, 120(1), 104.
50. Kato, M. T., Leite, A., Hannas, A., et al. (2010). Effect of iron on matrix metalloproteinase inhibition and on the prevention of dentine erosion. *Caries Research*, 44(3), 309–316.
51. Ozan, G., Sar Sancaklı, H., & Yücel, T. (2020). Effect of black tea and matrix metalloproteinase inhibitors on eroded dentin in situ. *Microscopy Research and Technique*, 83(7), 834–842.
52. Larsen, M., Jensen, A., Madsen, D., et al. (1999). Individual variations of pH, buffer capacity, and concentrations of calcium and phosphate in unstimulated whole saliva. *Archives of Oral Biology*, 44(2), 111–117.
53. Moslemi, M., Fekrazad, R., Tadayon, N., et al. (2009). Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation and fluoride treatment on acid resistance of the enamel. *Pediatric Dentistry*, 31(5), 409–413.
54. Aliping-McKenzie, M., Linden, R., & Nicholson, J. (2004). The effect of Coca-Cola and fruit juices on the surface hardness of glass-ionomers and “compomers”. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(11), 1046–1052.
55. Dahl, B. L., Krogstad, O., & Karlsen, K. (1975). An alternative treatment in cases with advanced localized attrition. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2(3), 209–214.
56. Khan, M. K. (2023). Unusual combined dental attrition and erosion of primary teeth with its multiple risk factors: A rare pediatric case report with literature review. *Journal of the Scientific Society*, 50(2), 268–274.



PEDODONTİDE YAPAY ZEKA VE DENTAL ANOMALİ TEŞHİSİ



Binnur Büşra ÖZDEMİR¹
Gül KESKİN²

1 Araştırma Görevlisi, Diş Hekimi
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Pedodonti Anabilim Dalı ,Alanya Türkiye
E-posta:busra.ozdemir@alanya.edu.tr, (ORCID İD:0009-0004-7992-7753)
2 Doç.Dr.,Diş Hekimi,Doktora
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Pedodonti Anabilim Dalı ,Alanya Türkiye
E-Posta:gul.keskin@alanya.edu.tr, (ORCID İD:0000-0003-4569-7174)

1. DENTAL ANOMALİLER

1.1. Dental Anomalilerin Tanımı ve Önemi

Diş gelişimi, epitelyal ve mezenkimal dokular arasındaki karmaşık etkileşimlerle ilerleyen, birçok gen ve biyolojik sinyal yolunun düzenlediği dinamik bir süreçtir. Bu sürecin herhangi bir aşamasında meydana gelen bozukluklar, dişlerde anomalilere neden olabilir (1). Dental anomaliler, dişlerin gelişim süreci sırasında veya gelişim tamamlandıktan sonra ortaya çıkan, dişlerin morfolojisi, sayısı, boyutu, yapısı ya da konumunda normalden sapmalarla karakterize bozukluklardır. Bu anomaliler genetik, çevresel veya multifaktöriyel kökenli olabilir (2). Etiyolojik faktörler, oldukça geniş bir yelpazede yer almakta olup; genetik mutasyonlar, kromozomal anomaliler, sistemik hastalıklar, travmalar, radyasyona maruz kalma, bazı ilaçların kullanımı, endokrin bozukluklar ve beslenme yetersizlikleri gibi pek çok unsur bu tabloda rol oynayabilmektedir (3). Bu faktörlerin tek başına ya da etkileşim içinde bulunması, odontogenez sürecinin farklı evrelerinde bozulmalara yol açarak klinik olarak değişen şiddette dental anomalilerin oluşmasına neden olmaktadır.

Araştırmacılar, toplumun yaklaşık %5'inin kalıtsal bir anomali ile doğduğunu ve bu anomalilerin yaklaşık %60'ının dişleri, maksillayı veya yüzü etkilediğini bildirmiştir. Dental anomaliler, dişlerin estetik görünümü, maksiller ve mandibular ark uzunluğundaki problemler ve oklüzyon bozuklukları nedeniyle hastaların psikolojik iyilik halini olumsuz etkileyebilir. Bu durum, özellikle çocuklarda yaşam kalitesini ve benlik saygısını önemli ölçüde azaltabilir. Araştırmalar, dental anomalisi bulunan çocukların sosyal etkileşimlerde zorluk yaşadıklarını, öz güvenlerinin daha düşük olduğunu ve görünüşlerinden daha az memnun olduklarını göstermiştir (4).

Epidemiyolojik veriler, dental anomalilerin prevalansının popülasyon, yaş grubu, cinsiyet ve kullanılan tanı kriterlerine göre değişiklik gösterdiğini ortaya koymaktadır.(5) Anomalilerin dağılımı incelendiğinde, maksillada mandibulaya kıyasla daha yüksek sıklıkta görüldüğü, maksilladaki lezyonların çoğunlukla anterior bölgede, mandibuladakilerin ise posterior bölgede ortaya çıktığı rapor edilmiştir (6).

1.2. Dental Anomalilerin Sınıflandırılması

Dental anomaliler, klinik pratikte sık karşılaşılan gelişimsel bozukluklar olup, tek başına ortaya çıkabilecekleri gibi, birden fazla anomaliyle birlikte de gözlenebilirler. Bu anomaliler, genellikle bozukluğun odontogenez sürecinin hangi evresinde meydana geldiğini yansıtan karakteristik paternler gösterir (7, 8).

Odontogenez, karmaşık bir biyolojik süreç olup; başlatma (initiation), proliferasyon, morfodiferansiyasyon, histodiferansiyasyon, appozisyon ve

mineralizasyon olmak üzere bir dizi ardışık aşamadan oluşur. Bu aşamalardan herhangi birinde meydana gelen aksama, farklı tipte dental anomalilerin ortaya çıkmasına neden olabilir (9):

Sayısal Anomaliler: Odontogenezisin başlangıç aşamasında diş tomurcuğunun oluşumunu etkileyen herhangi bir faktör, eksik diş (hipodonti, oligodonti, anodonti) veya fazla diş (hiperdonti, süpernümerer) oluşumuna yol açabilir (6, 10).

Boyut ve Şekil Anomalileri: Morfodiferansiyasyon evresindeki aksamalar, dişin biçim ve boyut gelişimini bozarak peg-şekilli diş, füzyon veya geminasyon gibi morfolojik anomalilere neden olur (6, 11, 12).

Konum Anomalileri: Dişin çene üzerindeki konumunun gelişimsel süreçte sapma göstermesi sonucu transpozisyon veya transmigrasyon gibi yerleşim bozuklukları oluşabilir.

Sürme Anomalileri: Sürme evresindeki bozukluklar, dişin zamanında veya doğru yönde sürememesiyle sonuçlanır. Bu durum ektopik sürme, impaksiyon, batık diş veya süt dişinin retansiyonu şeklinde gözlenebilir (6).

Yapısal veya Dokuya İlişkin Anomaliler: Histodiferansiyasyon, appozisyon ve mineralizasyon evrelerinde ortaya çıkan bozukluklar, sert dokuların kalitesi ve yapısında değişimle sonuçlanır. Bu tür bozukluklar, mine hipoplazisi veya hipomineralizasyon gibi klinik bulgularla kendini gösterir ve sıklıkla Amelogenesis Imperfecta (AI), Dentinogenesis Imperfecta (DI) ve Dentin Displazisi (DD) gibi kalıtsal bozukluklarla ilişkilidir (9, 13).

Dental anomaliler, etkilenen dişlerin klinik ve radyografik özelliklerine göre çeşitli alt gruplara ayrılmaktadır. Bu anomalilere ilişkin tanımlar ve sınıflandırma ölçütleri ayrıntılı olarak Tablo 1’de sunulmuştur (14).

<i>Tablo 1. Dental anomalilerin tanımları ve sınıflandırma ölçütleri</i>	
Dental Anomali	Tanım
Makrodonti	Karşıt dişine göre çok daha büyük olan diş; dental arkta “aşırı büyük” yer kaplayan ya da belirgin şekilde genişlemiş diş (kronik olarak geniş veya konik, kök kısmı dar)
Mikrodonti	Karşıt dişine göre çok daha küçük olan diş; dental arkta “küçük” bir boşluk kaplayan veya belirgin şekilde küçülmüş diş (kronik olarak dar veya konik)
Diş agenezisi	Radyografide dişin varlığına dair hiçbir işaret bulunmaması (hipodonti, oligodonti veya anodonti dâhil). Agenezisi olan diş bölgesinde herhangi bir dental gelişim belirtisi bulunmaz
Süpernümerer diş	Normal diş sayısının üzerinde oluşmuş dişler; konumlarından bağımsız olarak ağızda veya gömülü durumda bulunabilirler. Örneğin, santral kesiciler arasında yer alan süpernümerer diş “meziodens” olarak adlandırılır

Tablo 1. Dental anomalilerin tanımları ve sınıflandırma ölçütleri

Dental Anomali	Tanım
Füzyon	Normalde ayrı gelişmesi gereken iki dental germin birleşmesiyle tek, genellikle daha büyük bir dişin oluşması. Bu durumda anormal diş, iki ayrı pulpa odası ve kanal içerebilir.
Geminasyon	Tek bir dental germin kısmi bölünmesi sonucu ikiye benzer bir yapı oluşturan anomali. Bu durumda diş sayısı normaldir; füzyondan farkı, dişin tek kök sistemine sahip olmasıdır.
Konkreans	İki komşu dişin sadece sement dokusu düzeyinde birleşmesi.
Kök dilaserasyonu	Dental kökün anormal kıvrımı veya bükülmesi.
Hipersementoz	Kök boyunca aşırı sement birikimiyle karakterize patolojik durum; radyografide kök kalınlaşması olarak görülür.
Taurodontizm	Bifurkasyon veya trifurkasyonun apikal bölgeye doğru yer değiştirmesi sonucu geniş pulpaya ve kısa köklere sahip diş yapısı.
Mine incisi (Enamel pearl)	Kök yüzeyinde iyi sınırlı, mine benzeri radyopak küçük odaklar.
Süpernümerer kök	Normalden fazla sayıda kök bulunması.
Diş sürme bozukluğu (Impaksiyon)	Dişin, normal fonksiyonel pozisyonuna sürememesi; genellikle kemik, yumuşak doku veya komşu diş tarafından engellenmesi.
Ankiloz	Dişin fizyolojik hareketliliğini kaybetmesi; kök yüzeyinin alveoler kemikle kaynaşması.
Amelogenezis imperfekta	Mine tabakasının gelişimsel bozukluğu; hipoplastik tipte mine kalınlığı azalmış, hipokalsifiye tipte ise mine yumuşak ve zayıftır.
Dentinogenezis imperfekta	Radyografide bulböz kronlar, dar kökler ve obliterasyon gösteren pulpa odaları ve kök kanalları varlığı.

1.3. Dental Anomalilerin Erken ve Doğru Teşhisinin Klinik Önemi

Dental anomalilerin klinik önemi, yalnızca estetik veya morfolojik farklılıklarla sınırlı değildir. Bu durumlar, sürme bozuklukları, oklüzal düzensizlikler, fonksiyonel problemler ve psikososyal etkiler gibi çok boyutlu sonuçlara yol açabilmektedir. Özellikle çocukluk döneminde erken tanı konulması, ilerleyen dönemlerde gelişebilecek ortodontik, protetik veya cerrahi gereksinimlerin önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır (15).

Bununla birlikte, bazı dental anomaliler — örneğin taurodontizm, multiple hipodonti veya dens invaginatus kümeleri — belirli genetik sendromların klinik göstergeleri olabilir. Bu nedenle, bu anomalilerin doğru tanımlanması yalnızca dental tedavi açısından değil, aynı zamanda genetik konsültasyonun yönlendirilmesi ve eşlik eden sistemik durumların erken fark edilmesi açısından da kritik öneme sahiptir. Bu tür bulgular, klinisyene olası sistemik hastalıklar veya sendromlar hakkında erken bir uyarı işareti sunabilir (11, 16).

Özellikle sistemik hastalığa sahip pediatrik hastalarda, dental gelişim anomalilerinin sıklığı ve tipi, uygulanan tedavi protokolü, doz yoğunluğu ve tedavi zamanı ile yakından ilişkilidir. Yapılan çalışmalar, 5–6 yaş gibi erken yaşlarda kemoterapi veya radyoterapi alan çocuklarda agenezi ve mikrodon-

ti görülme sıklığının belirgin şekilde arttığını göstermektedir. Ayrıca, mine gelişim kusurları ve kök şekillenme bozukluklarının, tedavi süresinin uzunluğu, ilaç toksisitesi ve baş-boyun radyasyonuna maruziyet ile artış gösterdiği bildirilmiştir. Aynı bireyde birden fazla malformasyonun eş zamanlı olarak görülebilmesi ve farklı dişlerde mineralizasyon derecelerinin değişken etkilmesi, bu süreçlerin kompleks doğasını yansıtmaktadır (5, 17, 18).

1.4. Dental Anomalilerin Tanısında Geleneksel Yöntemler

1.4.1. Klinik muayene

Diş anomalilerinin tanısı, en sık olarak klinik muayene ve panoramik radyografiler aracılığıyla konur (19). Klinik değerlendirme, steril ayna, sond ve pamuk kullanılarak, uygun aydınlatma koşulları altında hekim tarafından gerçekleştirilir (20).

Mine defektleri; tükürük, dental plak veya yetersiz aydınlatma ile maskeleyebilir. Ayrıca çürük, atrisyon ya da travma sonrası doku kaybı gibi post-erüptif değişiklikler, bu defektlerin saptanmasını zorlaştırır. Mine defektlerinin görünümünün özgül olmaması, özellikle mine hipoplazisinin etiyolojik tanısını güçleştirir (21). Bu gibi durumlar için klasik klinik değerlendirmeye ek olarak, optik floresans sistemleri ve operasyon mikroskobu (OM) gibi yeni tanısal yaklaşımlar geliştirilmiştir. OM, 3–20 kat büyütme, gölgesiz görüş alanı ve yüksek görsel keskinlik sağlayarak erken lezyonların saptanmasında avantaj sunar. Floresans tabanlı sistemler ise, demineralize dokuların ayırt edilmesi özelliği sayesinde hem çürük tanısında hem de mine defektlerinin erken tespitinde yardımcı olmaktadır (22).

Klinik değerlendirme sırasında mikrodonti, makrodonti, füzyon, geminasyon, dens invaginatus, dens evaginatus, taurodontizm gibi morfolojik anomaliler aranır. Bu tür anormallikler, dişin biçimsel sapmalarını temsil eder ve literatürde sıkça tartışılmıştır (23, 24).

Ektopik sürme, gömülü dişler veya geç/erken sürme gibi anomaliler de klinik muayene ile saptanabilir. Hekim, eruptif yön ve diş arkındaki konumu gözlemleyerek lokal ya da sistemik faktörleri tahmin edebilir. Örneğin, ektopik sürme olgularında dişlerin mesial açısı veya komşu süt dişin rezorpsiyonunun gecikmesi, dikkatli muayene ile tespit edilebilir. Ancak, özellikle gömülü veya ektopik pozisyondaki dişlerde radyografik doğrulama zorunludur; panoramik veya gerektiğinde Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (CBCT) görüntüleme, anomalinin boyutu, konumu ve etkilenen komşu yapılar hakkında kesin bilgi sağlar (25).

1.4.2. Radyografik muayene

Diş anomalilerinin kesin tanısında radyografik muayene, klinik bulguların doğrulanması ve ek bilgilerin elde edilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Periapikal radyografi, özellikle tek bir diş veya küçük diş gruplarının detaylı incelenmesinde kullanılır. Bu yöntem, kök yapısı, apikal bölgeler, periodontal bağ ve çevre kemik yapısı hakkında yüksek çözünürlüklü bilgi sağlar. Periapikal lezyonlar, kök kırıkları, rezorpsiyonlar ve lokalize patolojiler klinik muayene bulgularını doğrulamak ve detaylandırmak için idealdir (26). Periapikal radyografinin avantajı, küçük alanlarda ayrıntılı görüntü sunması ve dental anomalilerin lokal etkilerini net olarak göstermesidir. Örneğin gömülü kaninlerin komşu diş köklerine etkisi, dens invaginatus gibi karmaşık morfolojiler veya apikal kistlerin sınırları periapikal radyografi ile ayrıntılı olarak belirlenebilir.

Panoramik radyografi (PR), çenelerin tamamını tek seferde görüntüleme olanağı sağlayan, klinik muayeneyi tamamlayan temel bir tanı aracıdır. Önce diş hekimliği fakültelerinde, ardından özel muayenehanelerde hızla yaygınlaşan PR; düşük maliyeti, düşük radyasyon dozu ve geniş anatomik kapsama alanı sayesinde özellikle ilk kez diş hekimine başvuran veya klinik muayenede gömük/eksik diş, kist, displazi veya neoplazm şüphesi bulunan hastalar için tercih edilmektedir (27). PR, dişlerin sayısı, sürme paterni ve pozisyonunu değerlendirmek için güvenilir bir yöntemdir. Özellikle süt ve kalıcı dişlerin sürme zamanlaması, ektopik veya gömülü dişlerin varlığı PR ile net olarak gözlemlenebilir. Ayrıca çene yapısı, diş arka ilişkileri ve bazı kemik patolojileri hakkında genel bilgi sağlar. Ancak üç boyutlu detay ve komşu yapıların ilişkisi konusunda sınırlıdır, bu nedenle daha karmaşık vakalarda ek görüntüleme yöntemleri gerekir (28).

CBCT, üç boyutlu radyografik görüntüleme sağlayarak PR ve periapikal radyografilerin sunduğu bilgiyi tamamlar. Bu yöntem özellikle gömülü kaninler, kök rezorpsiyonları, dens invaginatus ve gibi kompleks morfolojik anomaliler için üstündür. CBCT ile dişin tam lokalizasyonu, komşu kökler ve sinüs ilişkileri ve anomalinin hacmi gibi bilgiler yüksek doğrulukla elde edilir (29-31).

1.4.3. Yapay zekâ destekli tanı yöntemleri

Son on yılda yapay zekâ (YZ) ve veri odaklı sağlık teknolojileri, diş hekimliğinde hastaya özgü karar desteği, davranış değişikliği yönetimi ve uzaktan izlemin standart bakım süreçlerine entegrasyonunu hızlandırmıştır. Bu dönüşümün sahadaki en görünür bileşenlerinden biri, dijital sağlık asistanları ve bağlantılı ağız-diş sağlığı cihazlarıdır. Dijital sağlık asistanları, YZ ve doğal dil işleme altyapılarıyla çalışan sohbet botları/uygulamalar üzerinden bireye kişiselleştirilmiş öneriler sunar; öz-bakım uyumunu, semptom/alışkanlık takibini ve eğitimi destekler. Klinik erişimi kısıtlı veya kırılğan gruplarda, ağız içi giyilebilir sensörler ile bütünleşik çalışarak pH, biyofilm ve kulanim desenlerini gerçek zamanlı olarak toplayıp klinik karar destek sistemlerine aktarabilir. Böylece; erken uyarı, önleyici bakım ve tedaviye uyumun artırılması mümkün olur (32-34).

Dental anomaliler ve hastalıkların tanısında derin öğrenme (DÖ) yöntemleri dikkat çekici bir potansiyel göstermektedir. Doğru uygulamalar, klinisyenlerin iş yükünü hafifletebilir; daha kapsamlı, güvenilir ve tarafsız bir görüntü analizi imkânı sunabilir. Ayrıca, maliyetlerin azaltılmasıyla birlikte özellikle gelişmekte olan ülkelerde tanı ve tedavi hizmetlerine erişimin artırılmasına katkı sağlayabilir. Bu avantajların hayata geçirilebilmesi için ise, dental alanda DÖ'ye yönelik klinik kullanım modellerinin geliştirilmesi ve standart veri setleri, test yöntemleri ile performans ölçütlerinin belirlenmesi gerekmektedir (35).

Son yıllarda yapılan araştırmalar, YZ'nin panoramik radyografilerde diş çürükleri, vertikal kök kırıkları, apikal lezyonlar, periodontal kemik kaybı, tümörler ve maksiller sinüzit gibi pek çok patolojinin belirlenmesinde, ayrıca alt üçüncü molar kökleri ile mandibular kanal arasındaki mesafenin ölçülmesinde değerli bir tanı aracı olduğunu ortaya koymuştur. Bu modellerin doğruluk oranları; çürük tespitinde %91,5, osteoporozda %89,29, maksiller sinüzitte %87,5, periodontal kemik kaybında %93,09, dişlerin tanımlanması ve numaralandırılmasında %93,67 olarak bildirilmiştir. Özellikle periapikal lezyonlarda ise YZ uygulamaları %99,95 duyarlılık ve %92 özgüllük ile oldukça yüksek bir başarı göstermektedir (36).

1.4.4. Fotoğraf tabanlı teşhis sistemleri

İki aşamalı derin öğrenme tabanlı evrimsel sinir ağları (CNN) algoritması ve özel olarak oluşturulan eğitim verileri kullanılarak PyTorch tabanlı bir yazılım aracı geliştirilmiştir. Bu sistem, premolarların otomatik tanımlanmasını ve dens evaginatus (DE) varlığının saptanmasını mümkün kılmaktadır. Kullanıcı arayüzünde, "Open Image" seçeneği ile intraoral görüntü yüklenebilmekte; "Gen Boxes" komutu ile dört premolar için otomatik dikdörtgen kutular oluşturulmaktadır. Bu kutular, fareyle sürüklenerek veya boyut ayar butonları aracılığıyla manuel olarak düzeltilebilmektedir. Premolarlar seçildikten sonra "Central Cusp Deformity" fonksiyonu çalıştırıldığında, sistem DE varlığını otomatik olarak değerlendirerek sonucu "P" (pozitif) veya "N" (negatif) şeklinde raporlamaktadır. Modelin tanısal performansı, tüm DE premolarlarının tanımlanmasında %85,0 genel doğruluk göstermiştir. Ayrıca, renk yoğunluğu haritaları BiStageNet'in diş görüntüsündeki farklı bölgelere yönelttiği dikkat düzeyini yansıtmaktadır; kırmızı en yüksek dikkati, mor ise en düşük dikkati ifade etmektedir (37).

1.4.5. Üç boyutlu dijital tarama ve YZ entegrasyonu

Dijital diş hekimliği ve 3d yazıcılar; dijital ölçüm yöntemleri, konvansiyonel tekniklere kıyasla üstün doğruluk ve hassasiyet sunmakta, ayrıca hastalarda görülen rahatsızlık ve öğürme refleksini belirgin ölçüde azaltmaktadır. Ölçülerin eşzamanlı olarak laboratuvara aktarılabilmesi, restoratif sürecin süresini kısaltmakta; dijital verilerin paylaşımı ise uzaktan iletişim ve disip-

linler arası iş birliğini kolaylaştırmaktadır. Bunun yanı sıra, üç boyutlu modellerin sanal ortamda görselleştirilmesi ve düzenlenebilmesi hem hasta eğitiminin etkinliğini artırmakta hem de tedavi planlamasının daha kapsamlı yapılmasına olanak tanımaktadır (38, 39).

CAD/CAM ve 3D baskı teknolojilerindeki gelişmeler, özellikle diş kronlarının üretim aşamalarında bu teknolojilerin rolünü giderek daha kritik hale getirmiştir (39).

YZ, CAD/CAM diş sistemlerinde giderek daha etkin bir rol oynamakta; estetik gerekliliklerin, oklüzyon düzenlerinin ve önceki klinisyen tercihleri gibi verilerin restorasyon tasarımına entegre edilmesine olanak tanımaktadır (40).

2. YAPAY ZEKÂNIN TEMELLERİ

2.1. Yapay Zekâ (YZ), Makine Öğrenimi (MÖ) ve Derin Öğrenme (DÖ) Kavramları

YZ, günümüzde tıp ve diş hekimliği alanlarında giderek daha fazla önem kazanan bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. İnsan desteğine ihtiyaç duyulan pek çok süreçte işlevsel katkılar sunan YZ, aynı zamanda yeni teknolojik gelişmeler aracılığıyla sağlık hizmetlerini desteklemektedir. Literatürde, YZ'ye ilişkin ilk çalışmaların 1943 yılına dayandığı, “yapay zekâ” kavramının ise 1956’da John McCarthy tarafından literatüre kazandırıldığı ifade edilmektedir (41).

YZ yöntemleri, özellikle CNN; nesne, yüz ve aktivite izleme, tanıma, üç boyutlu haritalama ve konumlandırma gibi bilgisayar iletişimi alanlarında başarılı performans göstermiştir. Görüntü işleme ve görüntü tanıma yöntemleri, tıbbi görüntülerin segmentasyonu ve tanısında da uygulanmaktadır (42).

YZ, insan zekâsını taklit eden ve kararlar alan akıllı sistemleri geliştirmeye yönelik çalışmaları kapsar. Bilgisayar bilimi, matematik, psikoloji gibi çeşitli alanların birleşiminden oluşan çok yönlü bir araştırma sahasıdır (43). MÖ, görülmemiş veriler üzerinde tahminlerle istatistiksel yapıları öğrenmeyi amaçlar (44). DÖ ise çok katmanlı CNN kullanarak ham veriden hiyerarşik temsilleri otomatik çıkartan MÖaltı dalıdır; konuşma, görüntü ve dil gibi karmaşık alanlarda seviye atlatan ilerlemeler sağlamıştır. Bu kapasite, dental görüntüleme (ör. panoramik, periapikal, CBCT) üzerinde sınıflandırma, tespit, segmentasyon görevlerinin otomasyonunda klinik karar desteği potansiyeli sunar (45-47).

2.2. Görüntü işleme

YZ ve görüntü işleme teknolojileri, dental görüntülerin analizinde ve klinik karar destek sistemlerinde giderek önemli bir rol üstlenmektedir. Radyografik veriler, model eğitimi öncesinde ön işleme ve standardizasyon

adımlarından geçirilir; bu süreçte gürültü giderme, kontrast artırma ve histogram eşitleme gibi teknikler uygulanarak farklı cihazlardan elde edilen veriler tutarlı hâle getirilir. Sınırlı veri setleri için dönme, çevirme, ölçekleme ve parlaklık değişimi gibi veri artırma yöntemleri, modellerin genelleme kapasitesini artırır (48).

YZ modelleri, farklı görevler için uygulanabilir; bunlar arasında sınıflandırma, nesne tespiti, anlamsal (semantic) ve örnek (instance) segmentasyon ile kantitatif ölçümler (diş boyutu, kök uzunluğu, aç, çene ölçümleri) yer almaktadır. Bu noktada, etiketleme düzeyi, kullanılacak modelin türüne ve hedeflenen göreve bağlı olarak değişir (49, 50).

2.3. Diş hekimliğinde kullanılan YZ teknolojileri

Ağız sağlığı; konuşma, gülümseme, koku ve tat alma, dokunma, çiğneme, yutma ve yüz ifadeleriyle duyguları güvenle iletebilme gibi çok boyutlu bir işlevselliğe dayanır. YZ destekli çözümler, bu geniş işlev alanında eğitim, izlem, öz-bakım ve geri bildirim mekanizmalarıyla tamamlayıcı bir rol üstlenir (51).

YZ destekli diş fırçaları ve davranışsal geri bildirim; özel gereksinimli veya bakıma bağımlı bireylerde ağız hijyeninin sürdürümü güçtür. Çeşitli çalışmalar, titreşimli/elektrikli fırçaların bu popülasyonlarda plak uzaklaştırmada manuele kıyasla üstün olabildiğini; artırılmış gerçeklik ve akıllı fırça tabanlı eğitimlerin motivasyon ve teknik doğruluğu artırarak ağız hijyeni performansını iyileştirebildiğini bildirmektedir (52-56).

Bununla birlikte genel popülasyonda, doğru teknikle kullanıldığında hem manuel hem elektrikli fırçalar etkili kabul edilir. Kılavuz ve derlemeler, elektrikli fırçaların ortalama bir üstünlük gösterebildiğini, ancak engellilik kategorilerinde kanıtların heterojen olduğunu vurgular. Klinik yorum, bireyselleştirilmiş cihaz seçimi, davranışsal koçluk ve düzenli geri bildirimle birleştirildiğinde daha anlamlıdır (51, 57, 58).

Güncel bağlantılı (Bluetooth) akıllı fırçalar, uygulama içi YZ geri bildirimleri ile fırçalama süresi, basınç, bölge kapsamı gibi metrikleri izler; atlanmış yüzeyleri görselleştirir ve gerçek zamanlı yönlendirme sağlar. Çalışmalar, bu sistemlerin plak/gingivitis göstergelerinde ilave azalma sağlayabildiğini; Bu bağlamda, YZ destekli izlem araçları ve mikro-eğitim modülleri, ekip içi uygulamaların standardizasyonu, atlanan bölgelerin azaltılması ve uyumun izlenmesi için pratik araçlar sunar (59, 60).

YZ, sadece günlük bakımda değil, klinik karar destek sistemlerinde de etkili bir rol üstlenmektedir. Literatürde YZ'nin; maloklüzyonun tanılanması, diş tespiti ve diş/kök segmentasyonunda CBCT ve ağız içi tarayıcı verilerinin CNN tabanlı modellerle entegre edildiği ve yüksek doğruluklara ulaşıldığı bildirilmektedir (61). Thurzo ve arkadaşlarının yaptığı araştırmaya göre, diş

hekimliğinde YZ kullanımına yönelik yayınların en çok yoğunlaştığı alanlar radyoloji (%26,36), ortodonti (%18,31), genel kapsam (%17,10), restoratif diş hekimliği (%12,09), cerrahi (%11,87) ve eğitim (%5,63) olarak bildirilmiştir (62).

Robot destekli implant yerleştirme, konumlandırma doğruluğu açısından umut verici sonuçlar sunmaktadır; ancak çok merkezli ve karşılaştırmalı klinik çalışmalar hâlâ gereklidir (63-65). Öte yandan, bilgisayarlı ve haptik simülatörler (DentSim, Simodonti) prelinik eğitimde standart geri bildirim ve tekrarlanabilirlik sağlayarak öğrencilerin beceri kazanımını ve öz-yeterlik algısını iyileştirmektedir (66, 67).

Diş yaşının belirlenmesinde genellikle radyografilerdeki kalsifikasyon ve sürme düzeyleri temel alınarak yapılır. Bu amaçla Willems formülü, Cameriere-Avrupa yöntemi ve London Atlası gibi farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Ancak büyüme çağındaki kronik hastalıklar ve beslenme yetersizlikleri tahmin doğruluğunu etkileyebilmektedir. Güncel çalışmalar, DÖ yöntemlerinin geleneksel tekniklere benzer doğruluk sağlamakla birlikte daha hızlı ve nesnel sonuçlar sunduğunu bildirilmiştir (68). Adli diş hekimliği ve YZ alanında çalışmalar; YZ teknolojilerinin diş kalıntılarından yaş ve cinsiyet tahmini amacıyla uygulanabildiğini ortaya koymuş olup, bu yaklaşımın özellikle mağdurların yaşının belirlenmesinde kritik bir rol üstlendiği bildirilmiştir (69).

Endodontide YZ uygulamaları; diş, kök ve kanal anatomisinin analizi, kırıkların tespiti, çenedeki radyolusent lezyonların tanımlanması ve kök kanal tedavisi verilerinin değerlendirilmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır (70).

5. Dental Anomaliler ve Yapay Zekâ Uygulamaları

YZ ve DÖ tabanlı sistemler, dental anomalilerin otomatik olarak tanımlanması ve sınıflandırılmasında önemli bir potansiyel gösterir. Bu teknolojiler, büyük veri setlerinden öğrenerek, farklı radyografik modalitelerde yüksek doğruluk ve duyarlılık ile anomalileri tespit edebilmekte; aynı zamanda klinisyenlerin iş yükünü azaltarak tanısal süreci hızlandırabilmektedir. Derin öğrenme teknolojisinin, özellikle CNN'in ortaya çıkışı ve gelişimiyle, derin öğrenme hedef tespiti alanında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, derin öğrenme tabanlı yöntemler görüntü özelliklerini manuel müdahale olmadan otomatik olarak çıkarabilmekte; bu nedenle daha yüksek doğruluk ve dayanıklılık sağlamaktadır (71). Aşağıdaki bölümde, pediatrik diş hekimliğinde farklı dental anomalilerin tanısında kullanılan YZ uygulamaları ve bu sistemlerin performansına ilişkin güncel araştırmalar ele alınmaktadır.

Hartman ve arkadaşları (72), 2012–2022 yılları arasında yayımlanan çalışmaların sistematik bir derlemesini gerçekleştirerek, YZ tabanlı modellerin panoramik radyografi ve CBCT verilerinde dental anomalileri tespit performansını değerlendirmiştir. Derleme kapsamında başlangıçta 3918 makale taranmış ve PICO kriterlerine uygun altı çalışma analiz edilmiştir. Analiz edilen çalışmalarda toplam dokuz farklı derin öğrenme modeli kullanılmış ve bu modellerin ortalama %85,38 doğruluk ve %86,61 duyarlılık ile dental anomalileri tespit ettiği belirlenmiştir. Aynı derlemede, uzman insan gözlemcilerin ortalama %95 doğruluk ve %99 duyarlılık oranlarıyla YZ sistemlerinden daha yüksek tanısal performans gösterdiği tespit edilmiştir. Yazarlar, bu farkın sınırlı veri setleri, görüntü heterojenliği ve standart protokol eksikliğine bağlı olabileceğini belirtmiştir. Sonuç olarak, araştırmacılar, derin öğrenme tabanlı YZ sistemlerinin pediatrik diş hekimliğinde dental anomalilerin erken tanısında umut verici bir potansiyele sahip olduğunu; ancak klinik güvenilirliği artırmak için çok merkezli, geniş örneklemli ve standardize edilmiş çalışmaların gerekliliğini vurgulamıştır.

Faadiya ve arkadaşları (73) alt çenede gömülü dişleri sınıflandırmak için DÖ kullanmıştır. Diş panoramik röntgen görüntülerinde düşük kontrast ve düzensiz yoğunluk dağılımı problemlerini çözmek amacıyla, Li ve arkadaşları (71), iki aşamalı dikkat segmentasyon ağı (TSASNet) önermiştir. İlk aşamada ağ, diş bölgesini kabaca tespit etmek için bir dikkat modülü kullanmakta; ikinci aşamada ise daha iyi sınıflandırma için tam evrişimli bir ağ kullanılmaktadır.

Lee ve arkadaşları (74), geniş anatomik alanları kapsayan panoramik görüntülerde 17 farklı dental anomalinin tespitine yönelik bir derin öğrenme modeli geliştirmiştir. Çalışmada, Temmuz 2020 – Temmuz 2021 tarihleri arasında yerel diş kliniklerinden toplanan yaklaşık 23.000 anonimleştirilmiş panoramik radyografi analiz edilmiştir. Geliştirilen model, normal görüntüleri %99'a yakın duyarlılık ile doğru biçimde filtrelerken, anormal bulguları da yüksek doğrulukla tespit etmiştir. Yazarlar, bu yaklaşımın, panoramik radyografilerin manuel değerlendirilmesinde karşılaşılan zaman ve gözlemciye bağlı hataları azaltabileceğini; klinik ortamda diş hekimlerinin tanısal iş yükünü hafifletebileceğini belirtmiştir. Ayrıca, çalışmada vurgulandığı üzere, YZ tabanlı sistemlerin yaygın klinik entegrasyonu, erken tanı, tanısal doğruluk ve hasta bakım kalitesinin artırılması açısından önemli potansiyel taşımaktadır.

Ren ve arkadaşları (37), ortodontik ağız içi fotoğraflarda dens evaginatus (DE) anomalisine sahip premolar dişlerin otomatik tespiti için BiStage-Net adlı bir derin öğrenme modeli geliştirmişlerdir. 1.400 ağız içi fotoğraftan oluşturulan veri seti üzerinde eğitilen modelin, yüksek doğruluk ve güvenilirlikte sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, BiStage-Net sistemi premolar dişleri tanıma ve DE lezyonlarını belirlemede uzman

gözlemlerine yakın performans göstermiştir. Ayrıca sistemin kullanımı, diş hekimliği öğrencilerinin yaptığı manuel değerlendirmelere kıyasla tanınal doğruluğu ve tutarlılığı artırmıştır. Araştırmacılar, geliştirilen bu YZ destekli DE tespit platformunun, ortodontik tanılarda erken ve güvenilir teşhis için önemli bir potansiyel sunduğunu vurgulamışlardır.

Choi ve arkadaşları (75), periapikal radyografilerde DE tanısının doğruluğunu artırmak amacıyla derin öğrenme tabanlı bir YZ modeli geliştirmiş ve modelin performansını endodontistlerin değerlendirmeleriyle karşılaştırmıştır. Çalışmada 138 DE ve 264 normal vakanın yer aldığı toplam 402 periapikal görüntü analiz edilmiştir. Ön eğitilmiş modeller arasında en yüksek AUC değerine (0.878) ulaşan ResNet mimarisi seçilmiş ve görüntüler hem tam radyografi hem de kırılmış premolar bölgesi biçiminde işlenmiştir. Bulgular, iki model arasında AUC açısından anlamlı fark olmadığını ($p = 0.753$), ancak endodontistler arasında belirgin performans farklılıkları bulunduğunu ($p = 0.04$) göstermiştir. YZ modeli, her iki görüntüleme yaklaşımında da endodontistlerin ortalama performansından daha yüksek doğruluk sergilemiş; Cohen's kappa analizinde yüksek uyum düzeyi (F modelinde 0.774; C modelinde 0.684) elde edilmiştir. Buna karşılık, klinisyenler arasında yalnızca düşük düzey uyum gözlenmiştir. Ayrıca sınıf aktivasyon haritası (CAM) analizi, modelin karar mekanizmasını özellikle koronal pulpa bölgesine dayandığını ortaya koymuştur.

Uyar ve arkadaşları (76), pediatrik hastalarda tek premolar agenezisi, çoklu premolar agenezisi ve diş agenezisi bulunmayan bireyleri sınıflandırmak amacıyla çeşitli derin öğrenme ve makine öğrenimi modellerini karşılaştırmıştır. Araştırmada, 6–12 yaş aralığındaki 1.068 panoramik radyografi analiz edilmiştir. Çalışmada önceden eğitilmiş evrimsel sinir ağı (CNN) mimarileri ve farklı makine öğrenimi sınıflandırıcıları kullanılarak modellerin performansı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, VGG-19 modeli ile iki katmanlı sinir ağı sınıflandırıcısı en yüksek başarıyı göstermiştir. Bu modelde, genel doğruluk %95,63, kesinlik %93,26, duyarlılık %93,34, özgüllük %96,73, F1-skoru %93,25 ve AUC %95,03 olarak rapor edilmiştir. Sınıflara göre doğruluk oranları ise diş agenezisi olmayan bireylerde %96,72, çoklu premolar agenezisinde %95,79 ve tek premolar agenezisinde %94,39 olarak bulunmuştur.

Dens invaginatus (DI) tanısında YZ uygulamaları üzerine yapılan çalışmalarda, Sarı ve arkadaşları (77), derin öğrenme algoritmalarının panoramik radyografilerde DI bulunan dişlerin otomatik tespitindeki performansını değerlendirmiştir. Çalışmada, fakülte toplam veri kümesi 900 görüntüden oluştu (400 DI, 500 kontrol). Görseller eğitim (%60), doğrulama (%20) ve test (%20) setlerine ayrılmış; eğitim ve doğrulama aşamasında ağız, diş ve çene radyolojisi uzmanları tarafından etiketleme yapılmış ve veri artırma teknikleri ile modelin genelleme yeteneği artırılmıştır. Test seti analizlerinde, YO-

LOv9 modeli en yüksek genel performansı sergileyerek %94,6 kesinlik, %93,0 duyarlılık ve 0,937 F1 skoru elde etmiştir. YOLOv8 modeli, ortalama 0,041 saniyelik tespit süresi ile en hızlı algoritma olurken, doğruluk, duyarlılık ve F1 skorlarında YOLOv9'un gerisinde kalmıştır. Faster R-CNN modeli ise tüm ölçütlerde ikinci en başarılı performans göstermiştir.

Korkmaz ve arkadaşları (78), panoramik radyografiler kullanarak distomolar dişlerin CNN tabanlı makine öğrenimi yöntemleri ile sınıflandırılmasını değerlendirmiştir. Araştırmada, distomolar dışı bulunan 117 ve bulunmayan 146 bireye ait panoramik radyografiler analiz edilmiş; AlexNet, DarkNet, DenseNet, EfficientNet, GoogLeNet, ResNet, MobileNet, NasNet-Mobile, VGG ve XceptionNet gibi farklı CNN mimarileri kullanılmıştır. Veri setinin orta büyüklükte olması nedeniyle transfer öğrenme (transfer learning) ve 5 katlı çapraz doğrulama (5-fold cross-validation) uygulanmış; model performansını artırmak için farklı mimarilerin birleşimi (ensemble learning) yöntemi kullanılmıştır. Deneyisel değerlendirmede, distomolar dışı sınıflandırmasında en yüksek başarı, DarkNet, DenseNet ve ResNet mimarilerinin birleşiminden elde edilmiş ve %96,2 doğruluk oranı ile en iyi genel performans sağlanmıştır. Yazarlar, bu sonuçların CNN mimarilerinin panoramik radyografilerde distomolar tespitinde yüksek potansiyel taşıdığını ve YZ destekli dental tanı sistemlerinin klinik uygulamalarında tanısal doğruluk ile tedavi planlama verimliliğini artırabileceğini göstermektedir.

6. Sonuç ve Öneriler

Son yıllarda YZ ve özellikle DÖ algoritmalarının, dental anomali teşhisi alanında kullanım potansiyeli önemli ölçüde artmıştır. Konvansiyonel radyografik ve klinik değerlendirme yöntemleri, deneyime bağlı olarak değişkenlik gösterebilirken, YZ tabanlı sistemler yüksek doğruluk, hızlı analiz ve tekrarlanabilirlik gibi avantajlar sunmaktadır. CNN ve diğer makine öğrenme yaklaşımları, panoramik ve periapikal görüntülerden otomatik olarak anomali tespiti yapabilmekte; özellikle distomolar, süpernümerer dişler, hipodansiteler ve malformasyonları saptamada umut verici sonuçlar göstermektedir.

Bununla birlikte, literatürdeki çalışmalar genellikle sınırlı veri setleri ve tek merkezli örneklemeyle sınırlıdır. YZ modellerinin klinik kullanıma aktarılabilmesi için veri çeşitliliğinin artırılması, farklı cihaz ve görüntüleme protokollerine uyumun test edilmesi ve etik, gizlilik ve güvenlik konularının titizlikle ele alınması gerekmektedir. Ayrıca, YZ sistemlerinin diş hekimleri tarafından doğru şekilde yorumlanabilmesi için kullanıcı eğitimlerinin sağlanması kritik öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

1. Puthiyaveetil JS, Kota K, Chakkarayan R, Chakkarayan J, Thodiyil AK. Epithelial - Mesenchymal Interactions in Tooth Development and the Significant Role of Growth Factors and Genes with Emphasis on Mesenchyme - A Review. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(9):ZE05-ZE9.
2. de La Dure-Molla M, Fournier BP, Manzanares MC, Acevedo AC, Hennekam RC, Friedlander L, et al. Elements of morphology: Standard terminology for the teeth and classifying genetic dental disorders. *Am J Med Genet A.* 2019;179(10):1913-81.
3. Aberg T, Wang XP, Kim JH, Yamashiro T, Bei M, Rice R, et al. Runx2 mediates FGF signaling from epithelium to mesenchyme during tooth morphogenesis. *Dev Biol.* 2004;270(1):76-93.
4. Alanzi A, Bufersen N, Haider S, Abdulrahim M. Prevalence and Distribution of Dental Anomalies in Schoolchildren in Kuwait. *Int Dent J.* 2024;74(3):566-72.
5. Halperson E, Matalon V, Goldstein G, Saieg Spilberg S, Herzog K, Fux-Noy A, et al. The prevalence of dental developmental anomalies among childhood cancer survivors according to types of anticancer treatment. *Sci Rep.* 2022;12(1):4485.
6. Sella Tunis T, Sarne O, Hershkovitz I, Finkelstein T, Pavlidi AM, Shapira Y, et al. Dental Anomalies' Characteristics. *Diagnostics (Basel).* 2021;11(7).
7. Brook AH. Multilevel complex interactions between genetic, epigenetic and environmental factors in the aetiology of anomalies of dental development. *Arch Oral Biol.* 2009;54 Suppl 1(Suppl 1):S3-17.
8. Zhang H, Gong X, Xu X, Wang X, Sun Y. Tooth number abnormality: from bench to bedside. *Int J Oral Sci.* 2023;15(1):5.
9. Chen D, Li X, Lu F, Wang Y, Xiong F, Li Q. Dentin dysplasia type I-A dental disease with genetic heterogeneity. *Oral Dis.* 2019;25(2):439-46.
10. Soni HK, Joshi M, Desai H, Vasavada M. An orthopantomographic study of prevalence of hypodontia and hyperdontia in permanent dentition in Vadodara, Gujarat. *Indian J Dent Res.* 2018;29(4):529-33.
11. Chetty M, Roomaney IA, Beighton P. Taurodontism in dental genetics. *BDJ Open.* 2021;7(1):25.
12. Dineshshankar J, Sivakumar M, Balasubramaniam AM, Kesavan G, Karthikeyan M, Prasad VS. Taurodontism. *J Pharm Bioallied Sci.* 2014;6(Suppl 1):S13-5.
13. Smith CEL, Poulter JA, Antanaviciute A, Kirkham J, Brookes SJ, Inglehearn CF, et al. Amelogenesis Imperfecta; Genes, Proteins, and Pathways. *Front Physiol.* 2017;8:435.
14. Wagner VP, Arrue T, Hilgert E, Arus NA, da Silveira HLD, Martins MD, et al. Prevalence and distribution of dental anomalies in a paediatric population based on panoramic radiographs analysis. *Eur J Paediatr Dent.* 2020;21(4):292-8.

15. Rajput HAS, Ahmed A, Bilgrami A, Haider B, Nasir Khan J, Afnan M. The Diagnosis and Initial Management of Children Presenting With Premature Loss of Primary Teeth Associated With a Systemic Condition. *Cureus*. 2024;16(6):e62402.
16. Salerno C, D'Avola V, Oberti L, Almonte E, Bazzini EM, Tartaglia GM, et al. Rare Genetic Syndromes and Oral Anomalies: A Review of the Literature and Case Series with a New Classification Proposal. *Children (Basel)*. 2021;9(1).
17. Kang CM, Hahn SM, Kim HS, Lyu CJ, Lee JH, Lee J, et al. Clinical Risk Factors Influencing Dental Developmental Disturbances in Childhood Cancer Survivors. *Cancer Res Treat*. 2018;50(3):926-35.
18. Akitomo T, Ogawa M, Kaneki A, Nishimura T, Usuda M, Kametani M, et al. Dental Abnormalities in Pediatric Patients Receiving Chemotherapy. *J Clin Med*. 2024;13(10).
19. Drenski Balija N, Aurer B, Mestrovic S, Lapter Varga M. Prevalence of Dental Anomalies in Orthodontic Patients. *Acta Stomatol Croat*. 2022;56(1):61-8.
20. Klein OD, Oberoi S, Huysseune A, Hovorakova M, Peterka M, Peterkova R. Developmental disorders of the dentition: an update. *Am J Med Genet C Semin Med Genet*. 2013;163C(4):318-32.
21. Seow WK. Clinical diagnosis of enamel defects: pitfalls and practical guidelines. *Int Dent J*. 1997;47(3):173-82.
22. Kobayashi TY, Vitor LLR, Carrara CFC, Silva TC, Rios D, Machado M, et al. Dental enamel defect diagnosis through different technology-based devices. *Int Dent J*. 2018;68(3):138-43.
23. Jafarzadeh H, Azarpazhooh A, Mayhall JT. Taurodontism: a review of the condition and endodontic treatment challenges. *Int Endod J*. 2008;41(5):375-88.
24. Baumgart M, Hanni S, Suter B, Schaffner M, Lussi A. [Dens invaginatus. Review of the literature and diagnostic and therapeutic guidelines]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2009;119(7):697-714.
25. Yaseen SM, Naik S, Uloopi KS. Ectopic eruption - A review and case report. *Contemp Clin Dent*. 2011;2(1):3-7.
26. Adurty C, Tejaswi KS, Shivani CRN, Navya D, Gopinath C, Dhulipalla R. Accuracy of digital intraoral periapical radiography and cone-beam computed tomography in the measurement of intrabony defects: A comparative study. *J Indian Soc Periodontol*. 2021;25(6):491-5.
27. MacDonald D, Telyakova V. An Overview of Cone-Beam Computed Tomography and Dental Panoramic Radiography in Dentistry in the Community. *Tomography*. 2024;10(8):1222-37.
28. Shin JH, Oh S, Kim H, Lee E, Lee SM, Ko CC, et al. Prediction of maxillary canine impaction using eruption pathway and angular measurement on panoramic radiographs. *Angle Orthod*. 2022;92(1):18-26.
29. Peralta-Mamani M, Rubira CM, Lopez-Lopez J, Honorio HM, Rubira-Bullen

- IR. CBCT vs panoramic radiography in assessment of impacted upper canine and root resorption of the adjacent teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Exp Dent*. 2024;16(2):e198-e222.
30. Alkadi M, Almohareb R, Mansour S, Mehanny M, Alsadhan R. Assessment of dens invaginatus and its characteristics in maxillary anterior teeth using cone-beam computed tomography. *Sci Rep*. 2021;11(1):19727.
31. Wang Y, Su S, Chen X, Jia X. CBCT analysis of the incidence of maxillary lateral incisor dens invaginatus and its impact on periodontal supporting tissues. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):1569.
32. de Almeida EBL, Kwong MT, Bergmann JHM. Performance of Oral Cavity Sensors: A Systematic Review. *Sensors (Basel)*. 2023;23(2).
33. Santonocito S, Cicciu M, Ronsivalle V. Evaluation of the impact of AI-based chatbot on orthodontic patient education: a preliminary randomised controlled trial. *Clin Oral Investig*. 2025;29(5):278.
34. McGrath C, Chau CWR, Molina GF. Monitoring oral health remotely: ethical considerations when using AI among vulnerable populations. *Front Oral Health*. 2025;6:1587630.
35. Sivari E, Senirkentli GB, Bostanci E, Guzel MS, Acici K, Asuroglu T. Deep Learning in Diagnosis of Dental Anomalies and Diseases: A Systematic Review. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(15).
36. Turosz N, Checinska K, Checinski M, Brzozowska A, Nowak Z, Sikora M. Applications of artificial intelligence in the analysis of dental panoramic radiographs: an overview of systematic reviews. *Dentomaxillofac Radiol*. 2023;52(7):20230284.
37. Ren R, Liu J, Li S, Wu X, Peng X, Liao W, et al. Data-driven AI platform for dens evaginatus detection on orthodontic intraoral photographs. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):328.
38. Mangano A, Beretta M, Luongo G, Mangano C, Mangano F. Conventional Vs Digital Impressions: Acceptability, Treatment Comfort and Stress Among Young Orthodontic Patients. *Open Dent J*. 2018;12:118-24.
39. Huang HY, Yang YT, Chuang CC, Shen YK, Chen MH, Lin WC. Evaluation of the clinical application of personalized 3D printing and CAD/CAM resin crowns to replace stainless steel crowns in paediatric dentistry. *Int J Paediatr Dent*. 2024;34(6):811-21.
40. Yeslam HE, Freifrau von Maltzahn N, Nassar HM. Revolutionizing CAD/CAM-based restorative dental processes and materials with artificial intelligence: a concise narrative review. *PeerJ*. 2024;12:e17793.
41. Ossowska A, Kusiak A, Swietlik D. Artificial Intelligence in Dentistry-Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(6).
42. Asci E, Kilic M, Celik O, Cantekin K, Bircan HB, Bayrakdar IS, et al. A Deep Learning Approach to Automatic Tooth Caries Segmentation in Panoramic

Radiographs of Children in Primary Dentition, Mixed Dentition, and Permanent Dentition. *Children* (Basel). 2024;11(6).

43. Acharya S, Godhi BS, Saxena V, Assiry AA, Alessa NA, Dawasaz AA, et al. Role of artificial intelligence in behavior management of pediatric dental patients-a mini review. *J Clin Pediatr Dent*. 2024;48(3):24-30.
44. Abbott LP, Saikia A, Anthonappa RP. Artificial Intelligence Platforms in Dental Caries Detection: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Evid Based Dent Pract*. 2025;25(1):102077.
45. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*. 2015;521(7553):436-44.
46. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. *J Dent Res*. 2020;99(7):769-74.
47. Cui Z, Fang Y, Mei L, Zhang B, Yu B, Liu J, et al. A fully automatic AI system for tooth and alveolar bone segmentation from cone-beam CT images. *Nat Commun*. 2022;13(1):2096.
48. Lashaki RA, Raeisi Z, Razavi N, Goodarzi M, Najafzadeh H. Optimized classification of dental implants using convolutional neural networks and pre-trained models with preprocessed data. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):535.
49. Collins GS, Reitsma JB, Altman DG, Moons KG. Transparent reporting of a multivariable prediction model for individual prognosis or diagnosis (TRIPOD): the TRIPOD statement. *BMJ*. 2015;350:g7594.
50. Collins GS, Moons KGM, Dhiman P, Riley RD, Beam AL, Van Calster B, et al. TRIPOD+AI statement: updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods. *BMJ*. 2024;385:e078378.
51. Glick M, Williams DM, Kleinman DV, Vujicic M, Watt RG, Weyant RJ. A new definition for oral health developed by the FDI World Dental Federation opens the door to a universal definition of oral health. *J Am Dent Assoc*. 2016;147(12):915-7.
52. Patel NG, Bargale S, Shah S, Ardesana A, Kariya PB, Patel HN. Comparison of Plaque Removal Efficacy with Powered and Manual Toothbrushes in 10-14-year-old Visually and Auditory Impaired Children: A Randomized Controlled Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2021;14(3):364-8.
53. Deshpande AN, Naik K, Deshpande N, Joshi N, Jaiswal V, Raol RY. Safety and Efficacy of Plaque Removal Using Manual and Powered Toothbrush in Cerebral Palsy Children by Parents/Caregivers: A Randomized Control Crossover Trial. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2023;16(2):344-9.
54. Dogan MC, Alacam A, Asici N, Odabas M, Seydaoglu G. Clinical evaluation of the plaque-removing ability of three different toothbrushes in a mentally disabled group. *Acta Odontol Scand*. 2004;62(6):350-4.
55. Jeon B, Oh J, Son S. Effects of Tooth Brushing Training, Based on Augmented Reality Using a Smart Toothbrush, on Oral Hygiene Care among People with Intellectual Disability in Korea. *Healthcare* (Basel). 2021;9(3).

56. France K, Urquhart O, Ko E, Gomez J, Ryan M, Hernandez M, et al. A Pilot Study Exploring Caregivers' Experiences Related to the Use of a Smart Toothbrush by Children with Autism Spectrum Disorder. *Children (Basel)*. 2024;11(4).
57. Yaacob M, Worthington HV, Deacon SA, Deery C, Walmsley AD, Robinson PG, et al. Powered versus manual toothbrushing for oral health. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;2014(6):CD002281.
58. Thomassen T, Van der Weijden FGA, Slot DE. The efficacy of powered toothbrushes: A systematic review and network meta-analysis. *Int J Dent Hyg*. 2022;20(1):3-17.
59. Gomez J, Kilpatrick L, Ryan M, Gwaltney C. Impact of connected toothbrushes on patient perceptions of brushing skills and oral health: results from a randomized clinical trial and a single-arm intervention study. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):509.
60. Kim J, Choi Y, Song Y, Park W. Smartphone-Based Telemonitoring for Better Oral Health With Toothbrushes: 6-Month Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res*. 2025;27:e65128.
61. Ueda A, Tussie C, Kim S, Kuwajima Y, Matsumoto S, Kim G, et al. Classification of Maxillofacial Morphology by Artificial Intelligence Using Cephalometric Analysis Measurements. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(13).
62. Thurzo A, Urbanova W, Novak B, Czako L, Siebert T, Stano P, et al. Where Is the Artificial Intelligence Applied in Dentistry? Systematic Review and Literature Analysis. *Healthcare (Basel)*. 2022;10(7).
63. Jain S, Sayed ME, Ibraheem WI, Ageeli AA, Gandhi S, Jokhadar HF, et al. Accuracy Comparison between Robot-Assisted Dental Implant Placement and Static/Dynamic Computer-Assisted Implant Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies. *Medicina (Kaunas)*. 2023;60(1).
64. Cheng J, Shao S, Li L, Zheng N. In Reply. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2024;53(7):627-8.
65. Pisla D, Bulbucan V, Hedesiu M, Vaida C, Zima I, Mocan R, et al. A Vision-Guided Robotic System for Safe Dental Implant Surgery. *J Clin Med*. 2024;13(21).
66. Li Y, Ye H, Ye F, Liu Y, Lv L, Zhang P, et al. The Current Situation and Future Prospects of Simulators in Dental Education. *J Med Internet Res*. 2021;23(4):e23635.
67. Roy E, Bakr MM, George R. The need for virtual reality simulators in dental education: A review. *Saudi Dent J*. 2017;29(2):41-7.
68. Yavuz BS, Ekmekcioglu O, Ankarali H. Comparison of different dental age estimation methods with deep learning: Willems, Cameriere-European, London Atlas. *Int J Legal Med*. 2025;139(4):1661-72.
69. Khanagar SB, Vishwanathaiah S, Naik S, A AA-K, Devang Divakar D, Sarode SC, et al. Application and performance of artificial intelligence technology in

- forensic odontology - A systematic review. *Leg Med (Tokyo)*. 2021;48:101826.
70. Ayhan M, Kayadibi I, Aykanat B. RCFLA-YOLO: a deep learning-driven framework for the automated assessment of root canal filling quality in periapical radiographs. *BMC Med Educ*. 2025;25(1):894.
71. J L. DA-Net: A classification-guided network for dental anomaly detection from dental and maxillofacial images. *J King Saud Univ Comput Inf Sci*. 2024;36(9):102229.
72. Hartman H, Nurdin D, Akbar S, Cahyanto A, Setiawan AS. Exploring the potential of artificial intelligence in paediatric dentistry: A systematic review on deep learning algorithms for dental anomaly detection. *Int J Paediatr Dent*. 2024;34(5):639-52.
73. Faadiya AN, Widyaningrum R, Arindra PK, Diba SF. The diagnostic performance of impacted third molars in the mandible: A review of deep learning on panoramic radiographs. *Saudi Dent J*. 2024;36(3):404-12.
74. Lee S, Kim D, Jeong HG. Detecting 17 fine-grained dental anomalies from panoramic dental radiography using artificial intelligence. *Sci Rep*. 2022;12(1):5172.
75. Choi E, Pang K, Jeong E, Lee S, Son Y, Seo MS. Artificial intelligence in diagnosing dens evaginatus on periapical radiography with limited data availability. *Sci Rep*. 2023;13(1):13232.
76. Uyar T, Uyar DS. Assessment of using transfer learning with different classifiers in hypodontia diagnosis. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):68.
77. Sari AH, Sari H, Magat G. Artificial intelligence-based detection of dens invaginatus in panoramic radiographs. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):917.
78. Korkmaz OE, Guller H, Miloglu O, Ozbek IY, Oral EA, Guller MT. The detection of distomolar teeth on panoramic radiographs using different artificial intelligence models. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2025;126(5):102151.



ÇOCUKLARDA ASTIM İLAÇLARI KULLANIMI VE DİŞ ÇÜRÜĞÜ

“ ”

Asu ÇAKIR¹

¹ Doç. Dr., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, Karaman, Türkiye
/ Orcid: 0000-0003-1276-9709.

Astım

Dünya çapında 300 milyondan fazla insanı etkileyen ciddi bir küresel sağlık sorunu olan astım en yaygın kronik hastalıklardan biridir (Global Strategy for Asthma Management and Prevention Global Initiative for Asthma, 2015). Astım, iltihaplanma ve bronkokonstriksiyonla karakterize, çevresel ve genetik faktörlerin rol oynadığı, kronik inflamatuvar bir hava yolu hastalığıdır (McCarthy & Lenney, 1992, Gern ve ark., 1995). Kronik enflamasyon, özellikle gece ortaya çıkan hırıltılı solunum, nefes darlığı, göğüste sıkışma hissi, göğüs ağrısı ve öksürük ataklarına sebep olan solunum yolu hipersensitivitesi ile sonuçlanır (Grubu TTDAÇ. 2009).

Astım ataklarının gelişimine sebep olan risk faktörleri (Global Initiative for Asthma, 2017);

Kişisel etkenler

- a- Genetik
- b- Epigenetik
- c- Obesite
- d- Cinsiyet

Çevresel etkenler

- a- Alerjenler
- b- Mesleki duyarlaştırıcılar
- c- Sigara
- d- Hava kirliliği
- e- Diyet

Astım prevalansı, ülkeler arasında oldukça büyük farklılıklar göstermektedir. Ortalama %1-18 arasında değişmekte olup, en yüksek prevalansın gelişmiş ülkelerde olduğu görülmektedir (Grubu TTDAÇ. 2009). Her yaş grubundan insanı etkilemesine rağmen, en yüksek yaygınlık 6 ila 11 yaşları arasındadır (Taylor & Newacheck 1992). Bateman ve ark (2008), astımın sıklıkla okul öncesi çocuklarda görüldüğünü belirtmişlerdir. Bir diğer çalışmada ise astımın hastaların %30'unda başlangıç yaşının yaklaşık 1 yaş civarı olduğu belirtilirken, %80 ila 90'ında 4-5 yaşlarından önce ilk belirtilerin ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Tomaç & Saraçlar 2003).

Astım Tedavisinde Kullanılan İlaçlar

Astım tedavisinde hastayı çevresel uyaranlardan korumak, normal akciğer fonksiyonunu devam ettirmek, atakları en aza indirmek, hastaya en uygun ilaçları kullanarak klinik kontrolün sürdürülmesi ve yaşam kalitesini

artırmak amaçlanmaktadır. Bu bilgiler ışığında düşük sistemik yan etkisiyle gündeme gelen ve inhalasyon yoluyla doğrudan hava yollarına verilen inhale astım ilaçlarının bu bölgelerde yüksek konsantrasyonlara ulaştığı bildirilmektedir (Grubu TTDAÇ. 2009). Astım ilaçları yaygın olarak kontrol edici ve rahatlatıcı (semptom giderici) ilaçlar olarak iki kategoriye ayrılmaktadır (Global Initiative for Asthma. 2017). Astım hastasında astım semptomları ortaya çıktığında, semptomları gideren, bronkokonstrüksiyonu geri döndüren ilaçlarının yanında olması önemlidir (Marx & Pretorius 2004).

Kontrol edici ilaçlar; İn hale steroidler, İn hale Steroid ve Uzun Etkili Beta2-Agonist Kombinasyonları, Lökotrien Antagonistleri olarak, rahatlatıcı (semptom giderici) ilaçlar ise, Hızlı Etkili İn hale β 2-Agonistler olarak bilinmektedirler.

Astımın ağız ve diş sağlığı ile ilişkisi

Dental çürük ve periodontal hastalık en yaygın ağız hastalıklarıdır ve sistemik rahatsızlıklarla ağız sağlığı etkileşimi diş hekimliğinde önemli bir husustur (Laurikainen 2002). Yapılan literatür taramasında astım ile diş çürüğü arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar farklı sonuçlara ulaşmıştır. Bazı çalışmalar, astımlı çocukların hastalıkları veya ilaç tedavileri nedeniyle astımlı olmayan çocuklara göre daha yüksek çürük riskine sahip olduğunu öne sürmüştür (Attrill & Hobson 1984, Ryberg ve ark 1991, Ersin ve ark 2006). Diğer bazı çalışmalarda ise sağlıklı bireylerle benzer çürük yaygınlığı bildirilmiştir (Meldrum ve ark 2001, Shulman ve ark 2001). Diş çürüğüne yatkınlığın artması, fermente edilebilir karbonhidratlar içeren astım ilaçlarından kaynaklanıyor olabilir. En yaygın olanı laktoz monohidratı ve en az çürük oluşturan şekerlerden biri olmasına rağmen, yine de diş çürüğü riskini artırabildiği belirtilmektedir (Tootla ve ark 2004).

Astım tedavisinde inhale kortikosteroidler, anti-inflamatuar etkileri sayesinde yıllardır temel ilaç olarak kullanılmaktadırlar. Ancak inhale kortikosteroid kullanımı, büyümenin baskılanması veya kemik mineral yoğunluğunda azalma gibi sistemik yan etkilere ilişkin endişeleri beraberinde getirmektedir. Bu ilaçlar inhalasyon yolu ile uygulandığından doğrudan hava yollarını etkilediği bilinse de, ağız sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabildiği belirtilmiştir. Çünkü bu ilaçların çoğu inhalasyon yoluyla alındığından ilacın sert diş dokuları ve ağız mukozasıyla temasını önlemek imkansızdır; bu durum çoğu çocuğun inhalerleri yanlış kullanması ve ilacın çoğunun ağız boşluğuna dağılması gerçeğiyle daha da kötüleşmektedir (Steinbacher & Glic 2001, Reddy ve ark 2003). İnhalerin bu yanlış kullanım şekli, karyojenik etkilerini daha da güçlendirmektedir. Kargul ve meslektaşları çalışmalarında inhaler kullanımı, su ve sakız tüketimi sonrası plak interdental boşluklarının pH'ını karşılaştırmış ve inhale edilen astım ilaçlarının plak pH'ında önemli bir düşüşe neden olabileceği ve bunun da çürük riskini artırabileceği sonu-

cuna varmışlardır. Bu çalışma ayrıca inhalelerin ilk kullanımından 30 dakika sonra tükürük pH değerinde ve plak pH'ında önemli bir düşüş olduğunu ve bunun da minenin demineralizasyonu için kritik bir değer olan 5,5'in altına düştüğünü göstermiştir (Kargul ve ark 1998). Ayrıca, inhaler kullanan astımlı çocukların, inhale edilen ilaçların ağızda kuruluk hissi yaratması ve sıklıkla şekerli içecekler tüketmesi nedeniyle sık sık rehidratasyona ihtiyaç duydukları ve bunun da çürük oluşumu için daha fazla koşul yarattığı belirtilmektedir (Dubus ve ark 2001). Buradan hareketle astımın diş çürükleri, periodontal hastalık, diş erozyonu ve oral mukoza değişiklikleri gibi ağız sağlığı durumuyla ilişkisi tartışma konusu olabilmektedir (Steinbacher & Glic 2001).

Astım ilaçları, özellikle inhalerler, ağız kuruluşuna neden olabilir, bu da kişiyi çürüklere karşı savunmasız hale getirir ve çocuğu mantar enfeksiyonlarına yatkın hale getirir (Stensson ve ark 2008, Eloit ve ark 2004, Brigid ve ark 2015, Lindemeyer ve ark 2012). Diğer taraftan Astımlı çocuklarda periodontal durumu değerlendiren çalışmalarda, kortikosteroidlerin immünosupresyona bağlı olarak kandida enfeksiyonunun gelişiminde önemli rol oynadığı düşünülmektedir (Stensson ve ark 2008, Eloit ve ark 2004, Hyyppä ve ark 1979). Astımlı çocuklarda çürük prevalansındaki artışın, tükürük akışında ve tükürük pH'ında azalmaya yol açan β_2 -agonistlerin uzun süreli kullanımıyla ilişkili olduğu ileri sürülmektedir. Tükürük akışındaki bu azalmanın, diş çürüklerinin patojenik mikroorganizması olan *Lactobacillus* ve *Streptococcus mutans*'ta eş zamanlı artışla ilişkili olacağı belirtilmiştir (Ryberg ve ark 1987).

O'Sullivan ve arkadaşları çalışmalarında, özellikle toz formunda ilaç içeren inhalerlerin (Kuru Toz İnhalerler DPI) belirli tipte inhalerlerin, minenin hidroksiapatitinin çözünmeye başladığı kritik pH değerinden daha düşük bir pH değerine sahip olduğunu ve bunun erozyon riskini artırdığını göstermiştir (O'Sullivan & Curzon 1998).

Astımlı hastalarda diş çürüğü görülme sıklığının artmasıyla ilişkili bir diğer faktör de nitrik oksittir. İnflamatuvar hava yolu bozukluklarında tek seferde verilen nitrik oksit suyla temas ettiğinde nitrik aside dönüşür ve ağız boşluğunun su açısından zengin olduğu göz önüne alındığında, sert diş dokularında demineralizasyon riskinin yüksek olduğu sonucuna varılabilir (Kharitonov ve ark 1994).

Yapılan literatür taramasında kötü ağız ve diş sağlığı ile sosyoekonomik durum arasında pozitif bir korelasyon olduğu görülmüştür (Zukanovic A. Efikasnost 2005, Shulman ve ark 2001). Bu sonuçları destekleyebilecek bir açıklama, farklı sosyoekonomik düzeylerde olan astımlı çocukların ebeveynlerinin, çocuklarının ciddi bir kronik hastalığıyla karşı karşıya kalmalarına rağmen genel sağlıklarının diğer yönlerine yeterince dikkat etmemeleri olabilir. Ancak yapılan bazı çalışmalar, ağız bakımının önemi göz önü-

ne alındığında astım durumunun mutlaka daha kötü diş durumu anlamına gelmediğini göstermektedir. Shulman ve arkadaşları çalışmalarında astımın daha düşük diş çürüğü prevalansı ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Shulman ve ark 2001, Tanaka ve ark 2008). Japonya’da yapılan bir bölgesel çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Stensson ve ark 2008).

Bazı çalışmalar, astımlı kişilerin ağızdaki ilacın tadını nötralize etmek için daha sık şekerli içecekler tükettiğini ve bunun günlük fermente edilebilir karbonhidrat alımını ve dolayısıyla çürük riskini artırdığını göstermiştir. Şekerli içeceklerin sık tüketilmesinin bir diğer olası nedeni de, çoğu astım hastasının karakteristik özelliği olan ağızda kuruluk hissi yaratan oral inhalerlerdir (Tootla ve ark 2004).

Diğer taraftan astım ilaçlarının sebep olduğu ağız kuruluğunu gidermek için hastalar ağız solunumu yaparlar ve bunların bir sonucu olarak da susuzluğun giderilmesi için tercih edilen düşük pH’lı asidik içeceklerin astımlı bireylerde dişlerde erozyon gelişimine katkı sağlayabilmektedir (Keleş ve ark 2016).

Sonuç olarak;

Astım ilaçları kullanan hastalarda, tükürük akışı düşük olan hastalarda akış hızını arttırmak için kullanılan yöntemlerden şekersiz sakız çiğnemek, florür içeren diş macunlarının yaygın kullanımını, ağız hijyeni konusunda bilincin gelişmesini ve böylece iyi plak kontrolünü ve diş hekimliğinde koruyucu önlemlerin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Astım semptomları, ilaçlara maruz kalma süresi ve astımın şiddeti ile astım ve çürükler arasındaki ilişki üzerine yapılan çalışmalar literatürde öne çıkan konulardır. Ancak, birbirinden farklı sonuçlar nedeniyle daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Diğer taraftan astım teşhisi konulmuş çocukların ebeveynlerinin ağız ve diş sağlığı konusunda farkındalıklarının artırılması için çalışmalar yapılması gerektiği kanaatindeyiz.

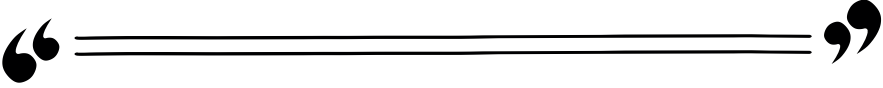
KAYNAKLAR

1. Global Strategy for Asthma Management and Prevention Global Initiative for Asthma (GINA): Definition and Overview of Asthma Guidelines Reports 2010. 2010Last accessed on 2015 Jun 29.
2. McCarthy TP, Lenney W. (1992). Management of asthma in pre-school children. *Br J Gen Pract.* 42:429–34.
3. Gern JE, Schroth MK, Lemanske RF Jr. (1995). Childhood asthma. Older children and adolescents *Clin Chest Med.* 16:657–70.
4. Grubu TTDAÇ. (2009). Astım Tanı Tedavi Rehberi. *Türk Toraks Dergisi* 10: 6-75.
5. Global Initiative for Asthma. Global Strategy for Asthma Management and Prevention, 2017.
6. Taylor WR, Newacheck PW. (1992). Impact of childhood asthma on health *Pediatrics.* 90:657–62.
7. Bateman ED, Hurd SS, Barnes PJ, et al. (2008). Global strategy for asthma management and prevention: GINA executive summary. *Eur Respir J.* 31:143-178.
8. Tomaç N, Saraçlar Y. (2003). Astım epidemiyolojisi. *Klinik Çocuk Forumu Pediatrik Allerji Özel Sayısı* 2. 3(4): 6-16.
9. Marx J, Pretorius E. 2004. Asthma--a risk factor for dental caries. *Journal of South African Dental Association* 59: 323, 5-6.
10. Laurikainen K. (2002). Asthma and oral health, A clinical and epidemiological studies. School of public health, University of Tempere, Finland
11. Attrill M, Hobson P. (1984). The organization of dental care for groups of medically handicapped children *Community Dent Health.* 1:21–7.
12. Ryberg M, Möller C, Ericson T. (1991). Saliva composition and caries development in asthmatic patients treated with beta 2-adrenoceptor agonists: A 4-year follow-up study *Scand J Dent Res.* 99:212–8.
13. Ersin NK, Gülen F, Eronat N, Cogulu D, Demir E, Tanaç R, et al. (2006). Oral and dental manifestations of young asthmatics related to medication, severity and duration of condition *Pediatr Int.* 48:549–54.
14. Meldrum AM, Thomson WM, Drummond BK, Sears MR. (2001). Is asthma a risk factor for dental caries? Finding from a cohort study *Caries Res.* 35:235–9.
15. Shulman JD, Taylor SE, Nunn ME. (2001). The association between asthma and dental caries in children and adolescents: A population-based case-control study *Caries Res.* 35:240–6.
16. Tootla R, Toumba KJ, Duggal MS. (2004). An evaluation of the acidogenic potential of asthma inhalers. *Arch Oral Biol.* 49: 275-283

17. Steinbacher DM, Glick M. (2001). The dental patient with asthma: an update and oral health considerations. *J Am Dent Assoc.* 132: 1229-1239.
18. Reddy DK, Hegde AM, Munshi AK. (2003). Dental Caries Status of Children with Bronchial Asthma. *J Clin Pediatr Dent.* 27(3):293-295.
19. Kargul B1, Tanboga I, Ergeneli S, Karakoc F, Dagli E. (1998). Inhaler medication effects on saliva and plaque pH in asthmatic children. *J Clin Pediatr Dent.* Winter;22(2):137-140.
20. Dubus JC1, Marguet C, Deschildre A, Mely L, Le Roux P, Brouard J, Huiart L. (2001). Réseau de Recherche Clinique en Pneumologie Pédiatrique. Local side-effects of inhaled corticosteroids in asthmatic children: influence of drug, dose, age, and device. *Allergy.* Oct;56(10):944-948.
21. Stensson M, Wendt LK, Koch G, Oldaeus G, Birkhed D. (2008). Oral health in preschool children with asthma. *Int J Paediatr Dent.* 18: 243-250.4.
22. Eloit AK, Vanobbergen JN, De Baets F, Martens LC. (2004). Oral health and habits in children with asthma related to severity and duration of condition. *Eur J Paediatr Dent.* 5: 210-215.5.
23. Brigić A, Kobaslija S, Zukanović A. (2015). Antiasthmatic inhaled medications as favoring factors for increased concentration of streptococcus mutans. *Mater Sociomed.* 27: 237-240.6.
24. Lindemeyer RG, Satpute NS, Katz SH. (2012). Evaluation of bronchial asthma as risk factor for early childhood caries. *J Mich Dent Assoc.* 94: 46-49.
25. Hyypä TM, Koivikko A, Paunio KU. (1979). Studies on periodontal conditions in asthmatic children. *Acta Odontol Scand.* 37: 15-20.
26. Ryberg M, Möller C, Ericson T. (1987). Beta 2-adrenoseptör agonistlerinin astımlı çocuklarda tükürük proteinleri ve diş çürükleri üzerindeki etkisi *J Dent Res.* 66:1404-6.
27. O'Sullivan EA, Curzon MEJ. (1998). Drug treatments for asthma may cause erosive tooth damage *BMJ.* Sep 19;317(7161):820.
28. Kharitonov SA, Yates D, Robbins RA, Logan-Sinclair R, Shinebourne EA, Barnes PJ. (1994). Increased nitric oxide in exhaled air of asthmatic patients. *Lancet.* 15;343(8890):133-135.
29. Zukanović A. (2005). Efikasnost "Cariogram" modela u evaluaciji riziko-faktora karijesa kod dvanaestogodišnjaka (The efficacy of "Cariogram" model in evaluation of cavity risk factors in twelve-year old children) *Magistarski rad, Sarajevo.*
30. Tanaka K, Miyake Y, Arakawa M, Sasaki S, Ohya Y. (2008). Dental caries and allergic disorders in Japanese children: the Ryukyus Child Health Study. *J Asthma.* Nov;45(9):795-799.
31. Keleş S, Aycan Yılmaz N. (2016). Asthma and Its Impacts on Oral Health. *Meandros Medical and Dental Journal* 17: 35-8.



ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY ZEKA İLE ÇÜRÜK TESPİTİ



Fatma YAMAN TOKTAŞIR¹

Gül KESKİN²

1 Araştırma Görevlisi, Diş Hekimi

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Pedodonti Anabilim Dalı, Alanya, Türkiye, E-posta: fatma.yaman@alanya.edu.tr,
(ORCID iD: 0009-0000-2281-4468)

2 Doç. Dr., Diş Hekimi, Doktora

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Pedodonti Anabilim Dalı, Alanya, Türkiye

E-posta: gul.keskin@alanya.edu.tr, (ORCID iD: 0000-0003-4569-7174)

1.GİRİŞ

Diş çürüğü diş sert dokularında mineral kaybı ile karakterize; biyofilm aracılı, diyetle modüle edilen, çok faktörlü, bulaşıcı ve dinamik bir hastalıktır (1). Klinik çürük tanısının temel amacı, her bir lezyon tipi için en uygun tedavi seçeneğini belirleyerek hastaya en iyi sağlık sonucunu sağlamak, hastayı bilgilendirmek ve hastalığın klinik seyrini izlemektir (2).

Erken teşhis, çürük lezyonlarının kavitasyon oluşmadan önce saptanmasına olanak tanıyarak remineralizasyon destekli yaklaşımlarla lezyonun durdurulmasını veya geri döndürülmesini sağlar. Bu sayede sağlıklı diş dokusu korunur, invaziv tedavi ihtiyacı azalır ve hastaya daha koruyucu, maliyeti düşük çözümler sunulabilir. Özellikle çocuklarda çürüklerin hızlı ilerlemesi, erken tanının ağrı, enfeksiyon ve fonksiyon kaybı gibi olumsuz sonuçların önlenmesinde kritik rol oynamasına neden olur (3). Bu nedenle, erken teşhisin etkinliğini artırmak ve doğru klinik kararlar verebilmek için güvenilir, standartlaştırılmış ve bilimsel temellere dayanan tanısal yöntemlerin kullanımı büyük önem taşımaktadır.

Çürük tanısında klinik muayene, görsel ve visüo-taktil yöntemler, radyografik incelemeler (periapikal, bitewing, oklüzal ve panoramik radyografiler) ile yardımcı optik/dijital teknikler (lazer floresans, transilluminasyon, QLF vb.) birlikte kullanılmaktadır. Bu yöntemler, özellikle erken mine lezyonlarının saptanmasında birbirini tamamlayıcı niteliktedir ve doğru tanı için sistematik, dikkatli bir klinik yaklaşım ile uygun görüntüleme tekniklerinin entegrasyonu büyük önem taşır (4, 5).

Son yıllarda tanısal yöntemlerdeki gelişmelere paralel olarak, teknolojik ilerlemelerle birlikte yapay zeka (YZ) uygulamaları da özellikle erken çürük tespiti, radyografik analizlerin değerlendirilmesi ve klinik karar destek süreçlerinde diş hekimliğine entegre edilmeye başlanmıştır.

YZ, bilgisayar sistemlerinin insan zekasına benzer biçimde öğrenme, analiz etme ve karar verme yetenekleri kazanmasını sağlayan algoritmaların geliştirildiği bir bilim alanıdır (6). YZ tabanlı sistemler, geleneksel yöntemlerle fark edilemeyen erken lezyonları yüksek doğrulukla saptayarak büyük veriyi kısa sürede analiz eder ve klinisyene objektif, tekrarlanabilir sonuçlar sunar (6, 7). Derin öğrenme temelli algoritmalar, özellikle konvolüsyonel sinir ağları (CNN) aracılığıyla dental görüntülerde otomatik özellik çıkarımı, sınıflandırma ve segmentasyon yapabilmekte; böylece tanısal süreçlerin hızını ve doğruluğunu artırmaktadır(8). Bu gelişmeler, çürüklerin kavitasyon oluşmadan önce belirlenmesine ve daha koruyucu tedavi yaklaşımlarının planlanmasına olanak tanımaktadır.

Derin öğrenme tabanlı YZ modelleri, panoramik, bitewing ve periapikal radyografilerde erken mine ve dentin çürüklerini yüksek doğrulukla tespit edebilmekte; bazı çalışmalarda klinisyenlerden daha iyi performans göstermektedir (9, 10).

Çocuk diş hekimliğinde, iş birliği eksikliği ve tanısal zorluklar göz önüne alındığında, yapay zekâ destekli yöntemlerin kullanımı, erken tanı ve koruyucu yaklaşımların etkinliğini artırabilecek potansiyel bir araç olarak değerlendirilmektedir. Bu derlemenin amacı, çocuk diş hekimliğinde çürük tespiti yapay zekâ uygulamalarının bu alandaki rolünü değerlendirmektir. Ayrıca, çocuklarda erken çürük tanısının ağız ve diş sağlığı üzerindeki etkileri vurgulanarak, gelecekte yapay zekâ tabanlı sistemlerin klinik uygulamalara entegrasyonu için yol gösterici bir bakış açısı sunmak hedeflenmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diş Çürükleri

Diş çürüğü, diş yüzeyini kaplayan biyofilmdeki metabolik olaylar nedeniyle oluşan lokalize kimyasal çözünmenin belirtisi, semptom ve sonuçlarını tanımlamak için kullanılan bir terimdir (11). Çürük süreci, diş dokularında sürekli devam eden demineralizasyon–remineralizasyon dengesi ile karakterizedir. Asidik ortamda mineraller çözünerek demineralizasyon başlar; ağız ortamı dengelendiğinde florür, kalsiyum ve fosfat iyonlarıyla remineralizasyon gerçekleşir. Bu mekanizma özellikle kavitsiyonsuz lezyonlarda etkilidir ve lezyon ilerlemesini durdurabilir veya geri çevirebilir (12).

Diş çürükleri genellikle mine yüzeyinde ve altında başlar (ilk demineralizasyon yüzeyin altındadır) ve dişin kristalin mineral yapısının, biyofilm bakterileri tarafından diyetle alınan fermente edilebilir karbonhidratların, özellikle şekerlerin metabolizmasından üretilen organik asitler tarafından demineralize edilmesinin bir sonucudur. Diş biyofilm mikroorganizmaları tarafından çok çeşitli organik asitler üretilirse de, laktik asit şeker metabolizmasının baskın son ürünüdür (13) ve çürük oluşumunda rol oynayan ana asit olarak kabul edilir. Biyofilmin sıvı fazında asit biriktikçe, pH, biyofilm-mine ara yüzeyindeki koşulların yetersiz doygun hale geldiği noktaya kadar düşer ve asit, dişin yüzey tabakasını kısmen demineralize eder (14).

Çürük riski; ağızda fazla sayıda çürük yapıcı bakteri bulunması, tükürük akışının yetersiz olması, florürle yeterince temas edilmemesi, kötü ağız hijyeni, bebeklerin yanlış beslenme yöntemleri ve sosyoekonomik güçlükler gibi fiziksel, biyolojik, çevresel, davranışsal ve yaşam tarzı faktörlerinden etkilenir. Çürükten korunmada birincil yaklaşım, bu ortak risk faktörlerini azaltmaya yönelik olmalıdır. İkincil koruma ve tedavide ise, her bireyin çürük süreci zaman içinde takip edilmeli ve minimal invaziv, doku koruyucu yöntemlerle müdahale edilmelidir (15).

2.2. Çürük Teşhis Yöntemleri

Çürük tespitinde kullanılan yöntemler; görsel ve visüo-taktil değerlendirilmeler, radyografik incelemeler, güncel dijital teknolojiler ve geliştirilmekte olan yeni sistemler olmak üzere dört ana grupta ele alınabilir. Günümüzde en temel yaklaşım, dikkatli klinik inspeksiyonla birlikte intraoral film veya dijital sensör kullanılarak yapılan değerlendirmelerdir. Ancak bu yöntemlerin sınırlılıkları da mevcuttur. Yapılan araştırmalara göre, görsel ve visüo-taktil muayene yöntemleriyle çürük lezyonlarının %25–42’si tespit edilememektedir (16). İsmail tarafından yapılan bir incelemede, 29 farklı görsel ve visüo-taktil kriter değerlendirilmiş ve erken lezyon tanımı ile standardizasyon düzeyinde önemli farklılıklar olduğu ortaya konmuştur. Bu durum, çürük tanısında kullanılan sistemlerin bilimsel temele dayanması ve özellikle erken tanıya odaklı olarak geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir (17). Görsel ve visüo-taktil yöntemleri tamamlayan en önemli araçlardan biri radyografik incelemedir. Proksimal diş yüzeylerine doğrudan yaklaşılması veya görüntülenmesi neredeyse imkansızdır ve bu nedenle bu yüzeylerdeki çürükler genellikle radyografiler yardımıyla teşhis edilir (18). Çürük tanısında hem intraoral (periapikal, bitewing, oklüzal) hem de ekstraoral (panoramik, sefalometrik, CBCT) görüntüleme yöntemlerinden yararlanılır. İntraoral teknikler erken mine ve dentin lezyonlarının tespitinde temel yöntemlerdir; ekstraoral yöntemler ise çene ve diş yapılarının genel değerlendirilmesinde tamamlayıcı bilgiler sunar (4). Klinik uygulamalarda çürük tespiti için en yaygın kullanılan radyografik yöntem bitewing radyografidir. Bitewing görüntüler, özellikle aproksimal yüzeylerde erken lezyonların saptanmasında klinik muayeneye önemli katkı sağlar ve lezyonun derinliğinin değerlendirilmesine de olanak tanır (19). Radyografi, uzun yıllardır görsel muayene ile birlikte çürük tespitinde temel yöntemlerden biridir; ancak erken lezyonların saptanmasında sınırlı duyarlılığa sahiptir ve çoğunlukla ileri evre kavitasyonların değerlendirilmesine odaklanır (20). Son yıllarda radyografik yöntemleri tamamlayan birçok yenilikçi tanı teknolojisi geliştirilmiştir. Fiber optik transilluminasyon (FOTI), dijital radyografi, lazer floresans (DIAGNOdent) ve kantitatif ışıkla indüklenen floresans (QLF) bu yöntemlerin başında gelmektedir. Bu teknikler, özellikle mine düzeyindeki erken demineralizasyon alanlarını daha hassas bir şekilde tespit etmeyi mümkün kılar; böylece invaziv tedavilere gerek kalmadan koruyucu yaklaşımların planlanmasına katkı sağlar (5). Güncel dijital teknolojiye dayanan yöntemler arasında elektriksel iletkenlik/empedans temelli ölçümler (örneğin Electronic Caries Monitor), dijital FOTI (DIFOTI), QLF, lazer floresans ve yakın kızılötesi ışıkla transilluminasyon (NIRI) yer alır. Geliştirilmekte olan sistemler arasında ise alternatif akım empedans spektroskopisi ve ultrasonik sistemler öne çıkmaktadır. Bu yöntemlerin birbirini tamamlayıcı şekilde kullanılması, erken mine demineralizasyonu-

nun daha doğru saptanmasını, lezyon ilerlemesinin izlenmesini ve tedavi planlamasının daha isabetli yapılmasını sağlamaktadır (11, 21).

2.3. Çocuk Diş Hekimliğinde Tanısal Zorluklar

Çocuk diş hekimliği; çocukların gelişimsel özelliklerini, psikolojik ihtiyaçlarını ve fizyolojik farklılıklarını dikkate alan özel bir diş hekimliği alanıdır. Bu disiplin, yalnızca mevcut ağız ve diş sağlığı sorunlarının tedavisine odaklanmakla kalmaz; aynı zamanda erken dönemde sağlıklı ağız alışkanlıklarının kazandırılması yoluyla gelecekte ortaya çıkabilecek sorunların önlenmesinde de kritik bir rol üstlenir. Erken yaşta başlatılan düzenli diş bakımı, çocukların yaşam boyu sürdürecekleri iyi bir ağız sağlığı temeli oluşturur ve genel sağlıkla yakından ilişkilidir (22). Bu bağlamda, pediatrik dönemde etkili koruyucu ve önleyici stratejilerin uygulanmasının önemi, dünya genelinde çocuklarda bildirilen yüksek çürük prevalansı ile daha da netleşmektedir (23).

Çocuk diş hekimliğinde tanı süreci, çocukların gelişimsel, anatomik ve psikososyal özellikleri nedeniyle erişkinlerden farklı ve daha karmaşık bir yapı gösterir. Küçük ağız yapıları, sınırlı ağız açıklığı ve henüz tamamlanmamış dişlenme dönemleri; klinik muayene sırasında yeterli görüş alanı elde edilmesini güçleştirir (22). Radyografik değerlendirme, özellikle aproksimal yüzeylerdeki çürüklerin erken teşhisinde klinik muayeneyi tamamlayan önemli bir yöntemdir. Ancak çocuklarda anatomik farklılıklar, hareketli hasta davranışı ve pozisyonlama güçlükleri nedeniyle çekim koşulları her zaman ideal olmayabilir (24). Davranışsal faktörler de çocuklarda tanısal süreci etkileyen önemli unsurlardandır. Dental anksiyete, korku ve kooperasyon eksikliği, özellikle erken yaş grubundaki çocuklarda muayene ve görüntüleme işlemlerinin sağlıklı şekilde yürütülmesini güçleştirir (25).

Son yıllarda dijital tanı araçları ve yapay zekâ destekli sistemler, çocuk diş hekimliğinde bu tanısal güçlüklerin aşılmasına katkı sağlamaktadır. Özellikle erken çürük tespiti için geliştirilen derin öğrenme tabanlı algoritmalar, panoramik, bitewing ve periapikal radyografilerde hem mine hem de dentin düzeyindeki lezyonları yüksek doğrulukla saptayabilmektedir (26). Bu teknolojiler, geleneksel yöntemlerle gözden kaçabilecek erken lezyonların belirlenmesinde klinisyenlere önemli destek sunarak tanısal doğruluğu artırmakta; aynı zamanda çocuklarda daha kısa ve konforlu muayene süreçleri sağlayarak anksiyete ve rahatsızlık hissini azaltmaktadır (22).

2.4. Erken Çürük Tespitinin Önemi

Çocuklar, karyojenik beslenme alışkanlıkları, gelişmekte olan ağız hijyeni uygulamaları ve süt dişlerinin kendine özgü anatomik özellikleri gibi faktörler nedeniyle ağız hastalıklarına karşı özellikle hassas bir grubu oluşturur. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırma, 2-19 yaş arası çocuk-

ların %43,1'inin diş çürüğünden etkilendiğini ortaya koymuştur (27). Bu yaş grubunda tedavi edilmeyen çürüklerin sonuçları, yalnızca kanal tedavisi veya diş çekimi gibi invaziv işlemlere olan gereksinimle sınırlı değildir. Aynı zamanda yetersiz beslenme, konuşma bozuklukları, okul başarısında düşüş ve özgüven kaybına da yol açabilir. Bu nedenle erken ve doğru tanı büyük önem taşır; ancak geleneksel görsel ve visüo-taktil muayeneler, özellikle karmaşık yüzeylerde başlangıç lezyonlarını tespit etmede güçlük yaratabilir. Bu tanısal boşluk, ileri teknolojik araçlara olan acil ihtiyacı ortaya koymaktadır (28).

YZ, tanı süreçlerini ve klinik veri akışını daha etkin hâle getirerek otomatik karar destek yazılımlarının geliştirilmesine güçlü bir zemin oluşturur. Bu sistemler, diş çürüklerini erken evrede güvenilir biçimde saptamaya imkân tanır; böylece tedavi planlaması hızlanır, müdahale süresi kısılır ve diş kaybı riski azalır (29).

3. YAPAY ZEKA

3.1. Yapay Zeka Kavramı ve Temel İlkeleri

YZ, insan zihninin gerektirdiği algılama, öğrenme, akıl yürütme ve karar verme gibi görevleri bilgisayar sistemleriyle yerine getirmeyi amaçlayan bir bilgisayar bilimi alanıdır (6). 2020 yılından itibaren özellikle sağlık sektörü de dahil olmak üzere birçok endüstride kullanımı hızla artmıştır (30). YZ; makine öğrenimi (ML), derin öğrenme (DL) ve özellikle görüntü verilerinin analizinde kullanılan CNN gibi yöntemleri kapsayan üst bir çatı niteliğindedir (31). ML ve DL teknikleri, etiketlenmiş veri kümelerinden örüntüler çıkararak değişkenler arasındaki ilişkileri öğrenen ve bu bilgiyi yeni örneklerle uygulayabilen algoritmaların geliştirilmesini içerir (32). Bu yöntemler sayesinde YZ, büyük veri kümelerinden anlamlı bilgiler üreterek klinik karar verme süreçlerini destekler hale gelmiştir (33).

DL'nin temelini oluşturan yapay sinir ağları (ANN), veriyi çok katmanlı biçimde işleyerek sınıflandırma ve regresyon gibi görevlerde kullanılır. CNN ise özellikle görüntü analizi için geliştirilmiş yapılardır; filtreler aracılığıyla desenleri tanır, alt katmanlarda basit özellikleri, üst katmanlarda ise karmaşık örüntüleri öğrenerek görsel verilerde yüksek doğrulukla tanı yapılmasını sağlar (34, 35). CNN tabanlı sistemler, panoramik ve bitewing radyografilerde patolojik bulguları yüksek doğrulukla tespit ederek klinisyenlere önemli ölçüde destek sağlamaktadır (8). Çekişmeli Üretici Ağlar (GAN) ise veri setlerini genişletme, görüntü kalitesini artırma ve sentetik veri üretimi gibi uygulamalarda önemli bir yer tutar (36).

Bu kuramsal altyapı, YZ teknolojilerinin diş hekimliği pratiğinde özellikle tanı, tedavi planlaması ve hasta yönetimi süreçlerinde etkin bir şekilde uygulanmasının yolunu açmıştır. Özellikle radyografilerin yorumlanması ile çürük ve periodontal patolojilerin erken ve güvenilir bir şekilde saptanması-

na olanak sağlamaktadır (37). DL ve ML temelli modeller, piksel düzeyinde insan gözünün fark edemeyeceği mikroskobik değişimleri ayırt edebilmekte ve popülasyon düzeyinde ağız kanseri yatkınlığıyla ilişkili göstergelerin belirlenmesine yönelik çalışmalarda kullanılmaktadır (38).

3.2. Diş Hekimliğinde Yapay Zeka Uygulamaları

Dental görüntüleme analizi: Röntgen ve bilgisayarlı tomografi verilerinin yapay zekâ ile işlenmesi, diş çürükleri ve periodontal hastalık bulgularının güvenilir biçimde ortaya konmasına yardımcı olur (39, 40).

Endodontik karar desteği: Kök kanalı morfolojisinin haritalanması, minör apikal foramenlerin belirlenmesi, periapikal lezyonlar ile kök kanalı kırıklarının saptanması ve tedavi/yeniden tedavi başarısının izlenmesi süreçlerinde kullanılır (41, 42).

Baş-boyun onkolojisi: Doku örnekleri ve radyografiler üzerinden tümör dokusunun erken belirtilerini ayırt etmeye yönelik güçlü bir yardımcıdır (43, 44).

Adli diş hekimliği: X-ışını görüntülerinden yaş ve cinsiyet tahmini yapılarak bireyin dental profilinin oluşturulmasına katkı sağlar (45, 46).

Kişiselleştirilmiş bakım: Diş görüntüleri ile hasta verilerini birlikte analiz ederek bireye özgü tedavi planlarının geliştirilmesini destekler (40, 47).

Restoratif iş akışları: Bilgisayar destekli tasarım ve üretim süreçlerine entegre olarak dolgu, kuron ve köprülerin tasarım-imal adımlarını hızlandırır (40, 48).

Ortodontik planlama: Diş ve çene yapılarından üç boyutlu modeller üretilerek tedavi planlaması ve simülasyonların gerçekleştirilmesine olanak tanır (49).

Protetik uygulamalar: Kuron ve köprü planlamasında, yine üç boyutlu diş ve çene modellerinin oluşturulmasına dayalı tasarım süreçlerini destekler (49).

Robotik uygulamalar: İmplantoloji, ağız-diş ve çene cerrahisi, protez-restoratif diş hekimliği, endodonti, ortodonti, ağız radyolojisi ve eğitimde belirli prosedürlerin gerçekleştirilmesinde ve iş akışlarının otomasyonunda rol oynar (50, 51).

Hasta iletişimi ve eğitim: Sohbet robotları randevu yönetimi, danışmanlık ve ağız bakımı eğitimi için etkindir; bu kullanım özellikle pandemi döneminde belirgin biçimde artmıştır (52, 53).

Klinik değerlendirmeler, fotoğraflar, radyografiler ve hasta kayıt notlarının ölçülmesi ve analiz edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, klinik karar verme süreçlerinde diş hekimine destek sağlayarak özellikle

dental anomalilerin erken dönemde tespit edilmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, ağız içi tarayıcılar ve kameraların klinik uygulamalara entegrasyonu, tedavi planlaması ve bakım süreçlerinin değerlendirilmesinde önemli kolaylıklar sunmakta; hasta takibini güçlendirerek daha etkili ve kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesine imkân vermektedir (54).

La Rosa ve arkadaşları (55), YZ' nin çocuk diş hekimliğinde farklı uygulama alanlarını kapsamlı şekilde ortaya koymuştur. Çalışmalar; mesiodens tespiti, çene anatomik yapıların tanınması, süt ve daimi diş ayrımı, diş gelişim evrelerinin belirlenmesi, taurodontizm tanısı, çürük risk tahmini ve süt dişlerde plak tespiti gibi çeşitli alanlara odaklanmıştır. Özellikle CNN ve YOLO tabanlı modellerin kullanıldığı bu çalışmalar, pediatrik panoramik radyografilerde yüksek doğruluk oranlarıyla anatomik yapıların ve dental durumların otomatik olarak tanımlanabildiğini göstermektedir (55-58).

Bu gelişmeler, YZ'nin diş hekimliğinde yalnızca tanısal bir destek aracı değil; aynı zamanda hasta yönetimini kolaylaştıran, tedavi süreçlerini hızlandıran ve nesnel karar mekanizmalarını güçlendiren dönüştürücü bir teknoloji olduğunu göstermektedir (49).

4. ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY ZEKA İLE ÇÜRÜK TESPİTİ

YZ algoritmaları; ağız içi fotoğraflık görüntüler, periapikal radyografiler, bitewing radyografiler, panoramik radyografiler, konik ışıklı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve yakın kızılötesi ışıyla yapılan transilluminyasyon gibi çeşitli görüntüleme yöntemlerinden elde edilen veriler aracılığıyla dental çürükleri tespit edebilmektedir. Bu duruma örnek olarak, Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanan YZ tabanlı bir çürük tespit sistemi olan "Videa Dental Assist" gösterilebilir. Söz konusu sistem, 3 yaş ve üzerindeki hastalardan elde edilen bitewing, periapikal ve panoramik radyografileri analiz edebilme kapasitesine sahiptir (59).

4.1. Radyografiler Üzerinden Otomatik Lezyon Tanıma

Gonzalez ve arkadaşları (60), çocuk hastalarda bitewing radyografiler kullanılarak birincil proksimal yüzey çürüklerinin YZ ile tespitine yönelik "no-code" bir YZ modeli geliştirmiştir. Çalışmada, 12 yaş altındaki çocuklara ait 100 bitewing radyografi arasından kalite kriterlerini karşılayan 66 görüntü seçilmiş; toplam 755 proksimal yüzey değerlendirilmiştir. İki deneyimli çocuk diş hekimi uzmanları tarafından yapılan etiketlemeler "ground truth" olarak kullanılmış, veriler eğitim (%70), geliştirme (%20) ve test (%10) kümelerine ayrılmıştır. Veri artırma teknikleri ile örnek çeşitliliği artırılmıştır. Geliştirilen model; %88,8 duyarlılık, %98,8 özgüllük, %95,8 kesinlik, %96,4 doğruluk, %0,92 F1 skoru ve 0,965 ROC-AUC değerine ulaşmıştır. Bu sonuçlar, sınırlı veri setine rağmen modelin yüksek tanısal performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Yazarlar, özellikle uygun radyografilerin seçilmesi ve

uzman etiketlerinin kullanılması sayesinde modelin güçlü sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışma, çocuklarda bitewing radyografiler üzerinden proksimal çürüklerin YZ ile saptanmasına yönelik literatürdeki ilk örneklerden biri olması açısından önemlidir (60).

Ohiomoba ve Nelson (61), çocuk diş hekimi uzmanlarının çürük tanısındaki doğruluk düzeylerini değerlendirmek amacıyla intraoral bitewing radyografiler üzerinden yürütülen bir performans ölçüm sistemi geliştirmiştir. Çalışma, süt ve/veya karma dişlenme dönemindeki pediyatrik hastalara ait toplam 174 vaka üzerinde gerçekleştirilmiş ve bu hastalardan elde edilen 3985 diş yüzeyi, dokuz kalibre Çocuk Diş Hekimi tarafından üç yıllık bir süreçte değerlendirilmiştir. Her yüzey, uygulayıcı hekim ve iki uzman tarafından incelenmiş; en az bir uzmanla tanının örtüşmesi doğru tanı kriteri olarak kabul edilmiştir. Ortalama tanısıl doğruluk oranı yaklaşık %95 olarak bulunmuş; bireysel doğruluk oranları %89–96 arasında değişmiştir. Ayrıca, bölüm ortalamasının zaman içinde %93’ten %97’ye yükseldiği bildirilmiştir. En sık tanı hataları büyük oklüzal lezyonlarda görülmüş, erkek hekimlerde kadınlara kıyasla ve deneyimsiz hekimlerde deneyimlilere kıyasla aşırı tanı eğiliminin daha yüksek olduğu saptanmıştır (61).

Bu çalışmalar, YZ tabanlı sistemlerin özellikle bitewing radyografilerde erken evre mine ve dentin lezyonlarının saptanmasında önemli bir tanısıl katkı sunduğunu ortaya koymaktadır.

4.2. İntraoral Fotoğraflarda Görüntü Analizi ve Sınıflandırma

Portella ve arkadaşlarının (62) yürüttüğü çalışmada, CNN temelli DL yöntemlerinin, oklüzal yüzeylerdeki sağlıklı dişleri ve erken çürük lezyonlarını ayırt etmedeki tanısıl doğruluğu değerlendirilmiştir. Çalışmada, ICDAS kriterlerine göre sınıflandırılmış toplam 2481 posterior dişe (2459 daimi, 22 süt dişi) ait yüksek çözünürlüklü oklüzal fotoğraflar kullanılmıştır. VGG-19 mimarisine dayalı CNN modeli, 8749 görüntüyle eğitilmiş ve 140 görüntüden oluşan test setiyle değerlendirilmiştir. Model, test setinde %87,9 doğruluk, 0,827 duyarlılık, 0,949 kesinlik ve 0,887 F1 skoru elde ederek yüksek performans göstermiştir. Ayrıca, farklı deneyim düzeylerine sahip üç değerlendiricinin (öğrenci, yeni mezun diş hekimi ve çocuk diş hekimi uzmanı) karar doğruluğu, CNN desteği olmadan ve CNN çıktılarıyla birlikte iki aşamalı olarak karşılaştırılmıştır. CNN sonuçlarının değerlendirme sürecine dâhil edilmesiyle tüm değerlendiricilerin doğruluk oranlarında anlamlı artışlar gözlenmiştir ($p < 0,05$). Örneğin, öğrenci değerlendiricinin doğruluk oranı %54,3’ten %67,9’a, yeni mezun hekimin doğruluğu ise %77,1’den %88,6’ya yükselmiştir (62).

Li ve arkadaşları (63), Peking Üniversitesi’nde genel anestezi altında tedavi edilen çocuklardan elde edilen 712 intraoral fotoğraf üzerinden çürük tespiti yapabilen derin öğrenme tabanlı bir YZ sistemi geliştirmiştir. Etiketleme

işlemi çocuk diş hekimi uzmanları tarafından yapılmış ve sistem, çukur-fis-sür, aproksimal ve kaviteasyonlu çürükleri yüksek doğrulukla ayırt edebilmiştir. Test sonuçlarında duyarlılık %88–96, özgüllük %97 olarak bulunmuştur. Çalışma, çocuklarda fotoğraf tabanlı YZ sistemlerinin çürük tespitinde klinik doğruluğa yakın sonuçlar verebileceğini göstermektedir (63).

I-Jallad ve arkadaşları (64), erken çocukluk çağı çürüklerinin ev ortamında tespiti için geliştirilen AICaries adlı YZ destekli akıllı telefon uygulamasını değerlendirmiştir. Çalışmanın en önemli bulgusu, uygulamanın ebeveynler tarafından çekilen ağız içi fotoğraflar üzerinden çürük lezyonlarını tanımlayabilmesidir. İki aşamalı kullanılabilirlik testine 42 ebeveyn-çocuk çifti katılmış, uygulama 78,4 kullanılabilirlik puanı elde etmiştir. Katılımcıların %78,6'sı tanısal kalitede fotoğraflar çekebilmiş; özellikle ön dişlerde yüksek başarı sağlanmıştır. Bu çalışma, YZ destekli mobil teknolojilerin klinik dışı ortamlarda erken çürük tespiti için etkili bir araç olabileceğini göstermektedir (64).

4.3. Yapay Zeka ile Kişiselleştirilmiş Çürük Risk Profili Oluşturma

Çürük risk tahmin modelleri (CRPM), erken tanı ve uygun tedavi seçeneklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynayarak minimal invaziv yaklaşımların uygulanmasına zemin hazırlar. Bu modeller sayesinde bireylerin çürük gelişim riskleri öngörülerek, invaziv olmayan önleyici yöntemlerden daha kapsamlı tedavilere kadar uygun müdahaleler planlanabilir (65). Günümüzde en sık kullanılan dört standart model; ADA, CAT, CAMBRA ve Cariogram olup, bu sistemler ağırlıklı olarak sosyo-demografik göstergeler, davranışsal faktörler, plak indeksi, mikrobiyal yük, tükürük akış hızı ve tampon kapasitesi gibi çevresel parametrelere dayanır (66). Klinik tanı her bağlamda aynı şekilde uygulanamayabilir; ayrıca tedaviye erişim, sosyoekonomik ve çevresel etkenler başta olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterebilir (67). Bu çerçevede Wang ve arkadaşları, sosyodemografik göstergeleri temel alan bir değerlendirme algoritması geliştirerek verileri çocuklar ve ebeveynlere yönelik anketler üzerinden toplamış; yaklaşımın ebeveynler ile okul personeli tarafından pratik biçimde kullanılabileceğini ileri sürmüştür (68).

Park ve arkadaşlarının (69) çalışması, erken çocukluk çağı çürüklerinin (ECC) öngörülmesinde ML temelli modellerin potansiyelini ortaya koymaktadır. 2007–2018 yılları arasında gerçekleştirilen Kore Ulusal Sağlık ve Beslenme Araştırması'ndan elde edilen, 1–5 yaş aralığındaki 4195 çocuğa ait veriler kullanılarak XGBoost, Random Forest, LightGBM ve lojistik regresyon algoritmalarıyla tahmin modelleri geliştirilmiştir. Tüm modellerin AUC değerlerinin 0,774–0,785 aralığında, özgüllüklerinin %90 ve duyarlılıklarının %86 düzeyinde olması, ML yaklaşımlarının geleneksel regresyon yöntemleriyle benzer doğrulukta sonuçlar verdiğini göstermektedir. Ayrıca modeller-

rin, şeker tüketimi ve alerjik hastalık öyküsü gibi risk faktörlerini kullanarak yüksek riskli çocuk gruplarını başarılı biçimde belirleyebilmesi dikkat çekicidir. Bu çalışma, ML tabanlı yöntemlerin erken tanı ve önleyici yaklaşımlarda klinik karar süreçlerine entegre edilebilecek etkili bir araç olabileceğini vurgulamaktadır (69).

Karhade ve arkadaşları (70), 3–5 yaş aralığındaki 6404 çocuğun ECC durumunu sınıflandırmak amacıyla otomatik ML (AutoML) algoritmasının geliştirilmesini ve değerlendirilmesini amaçlamıştır. Çalışmada, Kuzey Carolina’da yürütülen epidemiyolojik bir ağız sağlığı araştırmasından elde edilen veriler kullanılmıştır. Google Cloud AutoML platformu üzerinden on farklı prediktör setiyle modeller oluşturulmuş ve bu modeller hem içsel hem de dışsal doğrulama süreçlerinden geçirilmiştir. En yüksek performans, yalnızca iki değişken (çocuğun yaşı ve ebeveyn tarafından bildirilen ağız sağlığı durumu) içeren yalın modelde elde edilmiştir. Bu model, AUC değerinin 0,74, duyarlılığın 0,67 ve pozitif prediktif değerin 0,64 olmasıyla dikkat çekmiştir. Çalışmanın bulguları, AutoML algoritmasının ECC sınıflandırmasında referans modele benzer bir doğruluk düzeyi sağlayabildiğini ve bu yaklaşımın erken dönemde çürük taramalarında klinik açıdan değerli bir araç olma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (70).

Sgiae ve arkadaşlarının (71) yaptıkları derlemede, dijital tükürük pH metrelerinin Çocuk diş hekimi uzmanlarının erken çürük tanısı ve yönetimindeki rolü ile YZ entegrasyon potansiyeli incelenmiştir. 2014–2024 yılları arasında yapılan literatür taramasında 11 klinik çalışma değerlendirilmiş; dijital pH metrelerin geleneksel pH kağıtlarına kıyasla daha doğru, hızlı ve tekrarlanabilir ölçümler sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca bu cihazların, diyet, içecekler veya koruyucu ajanlara bağlı tükürük pH değişimlerini hassas bir şekilde izleyebildiği ve erken çürük riskinin öngörülmesinde önemli bir biyobelirteç işlevi gördüğü vurgulanmıştır. YZ ile bu verilerin birleştirilmesi, bireyselleştirilmiş çürük risk modellerinin oluşturulması ve erken tanı yaklaşımlarının güçlendirilmesi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Gelecekte, akıllı sensörler ve YZ destekli sistemlerin çocuklarda çürük önleme stratejilerini geliştirmesi beklenmektedir (71).

Ramos-Gomez ve arkadaşlarının (72) çalışması, çocuklarda çürük taramasında ML algoritmalarının kullanım potansiyelini incelemiştir. Los Angeles County’de yaşayan 2–7 yaş aralığındaki 182 çocuk ve ebeveynlerinden oluşan örneklemde, ebeveynlerin çocuklarının ağız sağlığına ilişkin algıları anket yoluyla toplanmış ve bu veriler çürük varlığı ile çürük deneyiminin öngörülmesinde kullanılmıştır. Araştırmacılar, önemli öngörücü değişkenleri belirlemek amacıyla random forest algoritmasından yararlanmıştır. Analizler sonucunda ebeveyn yaşı, karşılanmamış sağlık ihtiyaçları ve çocuğun Afrika kökenli olması gibi faktörlerin çürük varlığı açısından güçlü belirleyiciler olduğu saptanmıştır. Bu çalışma, demografik değişkenler de dahil olmak üzere

çok boyutlu risk faktörlerinin dikkate alınmasının önemini vurgulamakta; ML algoritmalarının yüksek riskli çocuk gruplarını belirlemede ve hedefe yönelik koruyucu stratejiler geliştirmede klinisyenlere etkili bir araç sağlayabileceğini göstermektedir (72).

Wu ve arkadaşları (73), çocuklarda çürük riskini tahmin etmek için ağız mikrobiyomu verilerini ML ile birleştiren yenilikçi bir yaklaşım geliştirmiştir. Çalışmada anne-çocuk ikililerinden alınan oral mikrobiyota örnekleri, demografik ve çevresel faktörler ile mantar verileriyle birlikte değerlendirilmiş; LASSO cezalı lojistik regresyon yöntemi kullanılarak çok faktörlü bir model oluşturulmuştur. Analiz sonucunda *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus fermentum* ve *Prevotella histicola* gibi belirli bakteri türlerinin çürük gelişimiyle güçlü şekilde ilişkili olduğu saptanmıştır. Model, çocuklarda çürük öngörüsünde AUC 0,84, annelerde ise AUC 0,87 değeriyle yüksek bir tahmin gücü sergilemiştir. Demografik ve çevresel değişkenlerin eklenmesi, modelin performansını daha da iyileştirmiştir. Bu çalışma, çocuklarda çürük risk değerlendirmesinde mikrobiyal verilerin makine öğrenmesiyle entegre edilmesinin güçlü bir potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır (73).

Pang ve arkadaşları (74) Çin’de 13 yaşındaki ergenlerde çevresel ve genetik faktörleri birlikte kullanarak CRPM geliştirmek amacıyla prospektif bir araştırmadır yürütmüştür. Çalışmada, toplam 1055 katılımcı, iki kohort halinde 21 ay boyunca takip edilmiştir. Katılımcılara ağız sağlığı anketi uygulanmış; klinik muayene, plak değerlendirmesi, tükürük testleri ve SNP (tek nükleotid polimorfizmi) analizleri yapılmıştır. Çürük durumu ICDAS kriterleriyle belirlenmiş, çevresel risk faktörleri arasında cinsiyet, son 6 aydaki dental muayene durumu, cariostat skoru ve önceki çürük deneyimi öne çıkmıştır. Genetik analizlerde ise özellikle TUFT1 (rs3790506) ve AQP5 (rs1996315) varyantlarının çürük riskiyle anlamlı ilişkili olduğu bulunmuştur. ML tabanlı model, random forest algoritması kullanılarak geliştirilmiş ve ayrı bir test kohortuyla doğrulanmıştır. Modelin AUC değeri eğitim kohortunda 0,78, test kohortunda 0,73 olup yüksek ayırt edicilik göstermiştir. Ayrıca, risk stratifikasyonu sonucunda bireyleri çok düşükten çok yükseğe kadar beş risk grubuna doğru şekilde ayırabildiği gösterilmiştir. Özellikle yüksek riskli bireylerin doğru tanımlanmasında modelin performansı güçlüdür. Bu çalışma, çevresel ve genetik faktörleri bir arada kullanarak çürük riskini öngören ilk makine öğrenmesi tabanlı modellerden biridir. Sonuçlar, bu tür modellerin toplumsal düzeyde yüksek riskli grupları belirlemede etkili araçlar olarak kullanılabileceğini göstermektedir (74).

Zaorska ve arkadaşları (75), 2–3 yaş aralığındaki 95 Polonyalı çocuk (48 çürüklü, 47 çürüksüz) üzerinde ECC tahmini için tek nükleotid polimorfizimleri (SNP) temelli bir ANN geliştirmeyi amaçlamıştır. Ağız epitelinin alınan DNA örneklerinden toplam 22 farklı SNP genotiplenmiştir. Öncelikle lojistik regresyonla anlamlı ilişkiler belirlenmiş; ardından anlamlı bulunan

sekiz SNP (ör. AMELX_rs17878486, TUFT1_rs2337360, ENAM_rs12640848) kullanılarak çok değişkenli modeller ve ANN oluşturulmuştur. Lojistik regresyon modeli, %90 duyarlılık, %96 özgüllük ve %93 doğruluk oranıyla yüksek ayırt edicilik göstermiş; AUC değeri 0,97 olarak hesaplanmıştır. ANN ise test setinde %90,9–98,4, doğrulama setinde ise %85,3–87,2 arasında tahmin doğruluğuna ulaşmıştır. Çalışmada özellikle AMELX ve TUFT1 genlerindeki varyantların, süt dişlenme döneminde çürük gelişimi açısından güçlü genetik belirteçler olabileceği vurgulanmıştır. Bu araştırma, çevresel faktörlerden bağımsız olarak yalnızca genetik belirteçlere dayalı çürük tahmin modellerinin küçük yaş gruplarında yüksek doğrulukla çalışabileceğini gösteren öncü çalışmalardan biridir (75).

Koopaie ve arkadaşlarının (76) çalışması, ECC olan ve çürüksüz çocuklarda tükürükteki Cystatin S düzeylerini karşılaştırarak bu biyobelirtecin çürük tanısındaki potansiyelini hem istatistiksel hem de ML yöntemleriyle değerlendirmiştir. 48–72 ay aralığındaki 40 çocuk (20 ECC, 20 kontrol) üzerinde yürütülen çalışmada, sabah saatlerinde toplanan uyarılmamış tükürük örnekleri ELISA yöntemiyle analiz edilmiştir. Bulgular, ECC grubunda Cystatin S düzeyinin anlamlı şekilde düşük olduğunu ($191,55 \pm 81,90$ ng/ml) ve $306,3$ ng/ml eşik değeri kullanıldığında duyarlılığın %95, özgüllüğün %65 olduğunu göstermiştir. ML analizlerinde (sinir ağı, XGBoost, random forest, SVM), Cystatin S düzeyinin modele dahil edilmesi tahmin performansını belirgin şekilde artırmış; özellikle ANN AUC 0,93 değeriyle yüksek ayırt edicilik sergilemiştir. Çalışma, Cystatin S'nin ECC için potansiyel bir koruyucu biyobelirteç olabileceğini ve bu biyolojik verilerin ML'ye entegre edilmesinin erken tanı ve riskli çocukların belirlenmesinde etkili bir yöntem sunduğunu ortaya koymaktadır (76).

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Literatürde temel hedef; tüm çürük tiplerini kapsayacak biçimde yeterli duyarlılık ve özgüllük sunan, aynı zamanda kullanımı pratik ve geniş ölçekte erişilebilir bir tespit yöntemine ulaşmaktır; bu amaca yönelik çalışmalar hâlen sürmektedir (77). Bu doğrultuda araştırmaların önemli bir kısmı, DL temelli yaklaşımların çürük tanısındaki performansını değerlendirerek klinik iş akışlarına entegrasyon potansiyelini irdelemektedir (78).

YZ, çocuk diş hekimliği alanında erken tanı, risk değerlendirmesi ve tedavi planlamasında önemli bir potansiyele sahiptir. Özellikle DL tabanlı modeller, dental görüntülerde çürük lezyonlarını erken evrede yüksek doğrulukla saptayarak klinisyenlere tanısal karar süreçlerinde güçlü bir destek sağlamaktadır. Bu sistemler; tanısal doğruluğu artırmanın yanı sıra klinik iş yükünü azaltmakta, tanı süresini kısaltmakta ve erken müdahaleye olanak sağlayarak çürüğün ilerlemesini önlemeye katkıda bulunmaktadır.

Çocuk diş hekimliğinde YZ uygulamalarının yaygınlaşması hem bireysel hem de toplumsal düzeyde ağız sağlığının korunmasına yönelik önemli bir fırsat sunmaktadır. Bununla birlikte, modellerin performansının klinik ortamlarda güvenilir şekilde değerlendirilmesi, veri setlerinin çocuk popülasyonunu temsil edecek şekilde çeşitlendirilmesi ve etik-yasal çerçevenin netleştirilmesi gerekmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmaların bu alanlara odaklanması, çocuk diş hekimliğinde YZ temelli sistemlerin erken tanı ve koruyucu uygulamalarda standart bir araç haline gelmesini mümkün kılacaktır.

KAYNAKÇA

1. Machiulskiene V, Campus G, Carvalho JC, Dige I, Ekstrand KR, Jablonski-Momeni A, et al. Terminology of dental caries and dental caries management: consensus report of a workshop organized by ORCA and cariology research group of IADR. *Caries research*. 2020;54(1):7-14.
2. Nyvad B FO. Dental Caries: The disease and its clinical management. In: Fejerskov O NB, Kidd E, editor. *The caries control concept*. 3rd ed ed. Oxford: Wiley Blackwell; 2015. p. 235-43.
3. Pitts N, Stamm J. International Consensus Workshop on Caries Clinical Trials (ICW-CCT)—final consensus statements: agreeing where the evidence leads. *Journal of dental research*. 2004;83(1_suppl):125-8.
4. Shah N, Bansal N, Logani A. Recent advances in imaging technologies in dentistry. *World journal of radiology*. 2014;6(10):794.
5. Angmar-Månsson B, Ten Bosch J. Optical methods for the detection and quantification of caries. *Advances in Dental Research*. 1987;1(1):14-20.
6. Shan T, Tay F, Gu L. Application of artificial intelligence in dentistry. *Journal of dental research*. 2021;100(3):232-44.
7. Schwendicke F, Golla T, Dreher M, Krois J. Convolutional neural networks for dental image diagnostics: A scoping review. *Journal of dentistry*. 2019;91:103226.
8. Lee J-H, Kim D-H, Jeong S-N, Choi S-H. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of dentistry*. 2018;77:106-11.
9. Schwendicke F, Rossi J, Göstemeyer G, Elhennawy K, Cantu A, Gaudin R, et al. Cost-effectiveness of artificial intelligence for proximal caries detection. *Journal of dental research*. 2021;100(4):369-76.
10. Ayhan B, Ayan E, Bayraktar Y. A novel deep learning-based perspective for tooth numbering and caries detection. *Clinical Oral Investigations*. 2024;28(3):178.
11. Özgür B, Ünverdi GE, Çehreli Z. Diş çürüğünün tespitinde geleneksel ve güncel yaklaşımlar. *Türkiye Klinikleri Journal of Pediatric Dentistry-Special Topics*. 2018;4(1):1-9.
12. Featherstone JD. Dental caries: a dynamic disease process. *Australian dental journal*. 2008;53(3):286-91.
13. Takahashi N, editor *Microbial ecosystem in the oral cavity: metabolic diversity in an ecological niche and its relationship with oral diseases*. International Congress Series; 2005: Elsevier.
14. Zero DT. Dental caries process. *Dental Clinics of North America*. 1999;43(4):635-64.
15. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *The Lancet*. 2007;369(9555):51-9.

16. Şenel B, Kamburoğlu K, Üçok Ö, Yüksel S, Özen T, Avsever H. Diagnostic accuracy of different imaging modalities in detection of proximal caries. *Dento-maxillofacial Radiology*. 2010;39(8):501-11.
17. Ismail A. Visual and visuo-tactile detection of dental caries. *Journal of dental research*. 2004;83(1_suppl):56-66.
18. Qu X, Li G, Zhang Z, Ma X. Detection accuracy of in vitro approximal caries by cone beam computed tomography images. *European journal of radiology*. 2011;79(2):e24-e7.
19. Abdinian M, Razavi SM, Faghihian R, Samety AA, Faghihian E. Accuracy of digital bitewing radiography versus different views of digital panoramic radiography for detection of proximal caries. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*. 2015;12(4):290.
20. Ismail AI, Tellez M, Pitts NB. A commentary on caries detection, validity, reliability, and outcomes of care. *Caries research*. 2018;52(5):392-6.
21. Korkut B, Arslantunalı Tağtekin D, Çalışkan Yanıkoğlu F. Early diagnosis of dental caries and new diagnostic methods: QLF, Diagnodent, Electrical Conductance and Ultrasonic System. *INTERNATIONAL ARCHIVES OF DENTAL SCIENCES*. 2011;32(2):55-67.
22. Balabed AM, Alqahtani FA, Aldosariy NMH, Alshamrani ASA, Mahnashi BAY, Alshehri MM, et al. Common Challenges in Pediatric Dentistry and the Community's Role in Overcoming Them. *Journal of International Crisis and Risk Communication Research*. 2024;7(S9):869.
23. Kazeminia M, Abdi A, Shohaimi S, Jalali R, Vaisi-Raygani A, Salari N, et al. Dental caries in primary and permanent teeth in children's worldwide, 1995 to 2019: a systematic review and meta-analysis. *Head & face medicine*. 2020;16(1):22.
24. Gopakumar R, Gopakumar M. V Satish, Trimurthy Apartment, Moden Town, Jaipur, Rajasthan, India. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2018;4(1):1-7.
25. Büyük C, Arsan B, Erdem TL. Çocuk Hastada Diş Hekimi Korkusu ve Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi. *Türkiye Klinikleri J Pediatr Dent-Special Top*. 2018;4:173-6.
26. Asci E, Kilic M, Celik O, Cantekin K, Bircan HB, Bayrakdar İS, et al. A deep learning approach to automatic tooth caries segmentation in panoramic radiographs of children in primary dentition, mixed dentition, and permanent dentition. *Children*. 2024;11(6):690.
27. Ali AH, Koller G, Foschi F, Andiappan M, Bruce KD, Banerjee A, et al. Self-limiting versus conventional caries removal: a randomized clinical trial. *Journal of dental research*. 2018;97(11):1207-13.
28. Şevik U, Mutlu O. Detection of Dental Anomalies in Digital Panoramic Images Using YOLO: A Next Generation Approach Based on Single Stage Detection

Models. *Diagnostics*. 2025;15(15):1961.

29. Schleyer TK, Thyvalikakath TP, Spallek H, Torres-Urquidy MH, Hernandez P, Yuhaniak J. Clinical computing in general dentistry. *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2006;13(3):344-52.
30. Khanagar SB, Alfouzan K, Alkadi L, Albalawi F, Iyer K, Awawdeh M. Performance of artificial intelligence (AI) models designed for application in pediatric dentistry—a systematic review. *Applied Sciences*. 2022;12(19):9819.
31. Chartrand G, Cheng PM, Vorontsov E, Drozdal M, Turcotte S, Pal CJ, et al. Deep learning: a primer for radiologists. *Radiographics*. 2017;37(7):2113-31.
32. Khanna SS, Dhaimade PA. Artificial intelligence: transforming dentistry today. *Indian J Basic Appl Med Res*. 2017;6(3):161-7.
33. Schwendicke Fa, Samek W, Krois J. Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. *Journal of dental research*. 2020;99(7):769-74.
34. Kaya E, Gunec HG, Aydin KC, Urkmez ES, Duranay R, Ates HF. A deep learning approach to permanent tooth germ detection on pediatric panoramic radiographs. *Imaging science in dentistry*. 2022;52(3):275.
35. Nguyen TT, Larrivé N, Lee A, Bilaniuk O, Durand R. Use of artificial intelligence in dentistry: current clinical trends and research advances. *J Can Dent Assoc*. 2021;87(17):1488-2159.
36. Tuygunov N, Samaranayake L, Khurshid Z, Rewthamrongsris P, Schwendicke F, Osathanon T, et al. The transformative role of artificial intelligence in dentistry: a comprehensive overview part 2: the promise and perils, and the international dental federation communique. *International Dental Journal*. 2025.
37. Setzer F, Li J, Khan A. The use of artificial intelligence in endodontics. *Journal of dental research*. 2024;103(9):853-62.
38. Kumar Y, Koul A, Singla R, Ijaz MF. Artificial intelligence in disease diagnosis: a systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*. 2023;14(7):8459-86.
39. Putra RH, Doi C, Yoda N, Astuti ER, Sasaki K. Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2022;51(1):20210197.
40. Fatima A, Shafi I, Afzal H, Díez IDLT, Lourdes DR-SM, Breñosa J, et al., editors. *Advancements in dentistry with artificial intelligence: current clinical applications and future perspectives*. Healthcare; 2022: MDPI.
41. Hiraiwa T, Arijji Y, Fukuda M, Kise Y, Nakata K, Katsumata A, et al. A deep-learning artificial intelligence system for assessment of root morphology of the mandibular first molar on panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2019;48(3):20180218.
42. Agrawal P. *Artificial Intelligence in Dentistry*. 2022.

43. Halicek M, Lu G, Little JV, Wang X, Patel M, Griffith CC, et al. Deep convolutional neural networks for classifying head and neck cancer using hyperspectral imaging. *Journal of biomedical optics*. 2017;22(6):060503-.
44. Poedjiastoeti W, Suebnukarn S. Application of convolutional neural network in the diagnosis of jaw tumors. *Healthcare informatics research*. 2018;24(3):236-41.
45. Thurzo A, Kosnáčová HS, Kurilová V, Kosmel' S, Beňuš R, Moravanský N, et al., editors. Use of advanced artificial intelligence in forensic medicine, forensic anthropology and clinical anatomy. *Healthcare*; 2021: MDPI.
46. Mohammad N, Ahmad R, Kurniawan A, Mohd Yusof MYP. Applications of contemporary artificial intelligence technology in forensic odontology as primary forensic identifier: A scoping review. *Frontiers in artificial intelligence*. 2022;5:1049584.
47. Kabir T, Lee C-T, Chen L, Jiang X, Shams S. A comprehensive artificial intelligence framework for dental diagnosis and charting. *BMC Oral Health*. 2022;22(1):480.
48. Singi SR, Sathe S, Reche AR, Sibal A, Mantri N, Reche A. Extended arm of precision in prosthodontics: artificial intelligence. *Cureus*. 2022;14(11).
49. Sunar A, Taş Ç, Sır E, Polater H, Bağlıoğlu N. DİŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI. *Journal of Kocaeli Health and Technology University*. 2024;2(3):41-57.
50. Ahmad P, Alam MK, Aldajani A, Alahmari A, Alanazi A, Stoddart M, et al. Dental robotics: a disruptive technology. *Sensors*. 2021;21(10):3308.
51. Kumar PR, Ravindranath KV, Srilatha V, Alobaoid MA, Kulkarni MM, Mathew T, et al. Analysis of advances in research trends in robotic and digital dentistry: An original research. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*. 2022;14(Suppl 1):S185-S7.
52. Suárez A, Adanero A, Díaz-Flores García V, Freire Y, Algar J. Using a virtual patient via an artificial intelligence chatbot to develop dental students' diagnostic skills. *International journal of environmental research and public health*. 2022;19(14):8735.
53. Pithpornchaiyakul S, Naorungroj S, Pupong K, Hunsrisakhun J. Using a chatbot as an alternative approach for in-person toothbrushing training during the COVID-19 pandemic: comparative study. *Journal of medical Internet research*. 2022;24(10):e39218.
54. Mallineni SK, Sethi M, Punugoti D, Kotha SB, Alkhayal Z, Mubarak S, et al. Artificial intelligence in dentistry: A descriptive review. *Bioengineering*. 2024;11(12):1267.
55. La Rosa S, Quinzi V, Palazzo G, Ronsivalle V, Lo Giudice A, editors. The implications of artificial intelligence in pedodontics: a scoping review of evidence-based literature. *Healthcare*; 2024: MDPI.

56. Ahn Y, Hwang JJ, Jung Y-H, Jeong T, Shin J. Automated mesiodens classification system using deep learning on panoramic radiographs of children. *Diagnostics*. 2021;11(8):1477.
57. Bağ İ, Bilgir E, Bayrakdar İŞ, Baydar O, Atak FM, Çelik Ö, et al. An artificial intelligence study: automatic description of anatomic landmarks on panoramic radiographs in the pediatric population. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):764.
58. Bumann EE, Al-Qarni S, Chandrashekar G, Sabzian R, Bohaty B, Lee Y. A novel collaborative learning model for mixed dentition and fillings segmentation in panoramic radiographs. *Journal of dentistry*. 2024;140:104779.
59. Arzani S, Karimi A, Iranmanesh P, Yazdi M, Sabeti MA, Nekoofar MH, et al. Examining the diagnostic accuracy of artificial intelligence for detecting dental caries across a range of imaging modalities: An umbrella review with meta-analysis. *PLoS One*. 2025;20(8):e0329986.
60. Gonzalez C, Badr Z, Güngör HC, Han S, Hamdan MH. Identifying primary proximal caries lesions in pediatric patients from bitewing radiographs using artificial intelligence. *Pediatric Dentistry*. 2024;46(5):332-6.
61. Ohiomoba HO, Nelson LP. A performance measurement plan for pediatric dentists: using accuracy of caries diagnosis from intraoral radiographs. *Pediatric Dentistry*. 2013;35(1):27-32.
62. Portella PD, de Oliveira LF, Ferreira MFdC, Dias BC, de Souza JF, Assuncao LRdS. Improving accuracy of early dental carious lesions detection using deep learning-based automated method. *Clinical Oral Investigations*. 2023;27(12):7663-70.
63. Li R, Zhu J, Wang Y, Zhao S, Peng C, Zhou Q, et al. Development of a deep learning based prototype artificial intelligence system for the detection of dental caries in children. *Zhonghua kou qiang yi xue za zhi= Zhonghua kouqiang yixue zazhi= Chinese journal of stomatology*. 2021;56(12):1253-60.
64. Al-Jallad N, Ly-Mapes O, Hao P, Ruan J, Ramesh A, Luo J, et al. Artificial intelligence-powered smartphone application, AICaries, improves at-home dental caries screening in children: Moderated and unmoderated usability test. *PLOS digital health*. 2022;1(6):e0000046.
65. Doméjean S, Banerjee A, Featherstone JD. Caries risk/susceptibility assessment: its value in minimum intervention oral healthcare. *British dental journal*. 2017;223(3):191-7.
66. Petersson GH, Twetman S. Caries risk assessment in young adults: a 3 year validation of the Cariogram model. *BMC oral health*. 2015;15(1):17.
67. Naeimi SM, Darvish S, Salman BN, Luchian I. Artificial Intelligence in Adult and Pediatric Dentistry: A Narrative Review. *Bioengineering*. 2024;11(5):431.
68. Wang Y, Hays R, Marcus M, Maida C, Shen J, Xiong D, et al. Developing children's oral health assessment toolkits using machine learning algorithm. *JDR Clinical & Translational Research*. 2020;5(3):233-43.

69. Park Y-H, Kim S-H, Choi Y-Y. Prediction models of early childhood caries based on machine learning algorithms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(16):8613.
70. Karhade DS, Roach J, Shrestha P, Simancas-Pallares MA, Ginnis J, Burk ZJ, et al. An automated machine learning classifier for early childhood caries. *Pediatric dentistry*. 2021;43(3):191-7.
71. Sgiea ED, Cristache CM, Mihut T, Drafta S, Beuran IA. The Integration of Salivary pH Meters and Artificial Intelligence in the Early Diagnosis and Management of Dental Caries in Pediatric Dentistry: A Scoping Review. *Oral*. 2025;5(1):12.
72. Ramos-Gomez F, Marcus M, Maida CA, Wang Y, Kinsler JJ, Xiong D, et al. Using a machine learning algorithm to predict the likelihood of presence of dental caries among children aged 2 to 7. *Dentistry journal*. 2021;9(12):141.
73. Wu TT, Xiao J, Sohn MB, Fiscella KA, Gilbert C, Grier A, et al. Machine learning approach identified multi-platform factors for caries prediction in child-mother dyads. *Frontiers in cellular and infection microbiology*. 2021;11:727630.
74. Pang L, Wang K, Tao Y, Zhi Q, Zhang J, Lin H. A new model for caries risk prediction in teenagers using a machine learning algorithm based on environmental and genetic factors. *Frontiers in Genetics*. 2021;12:636867.
75. Zaorska K, Szczapa T, Borysewicz-Lewicka M, Nowicki M, Gerreth K. Prediction of early childhood caries based on single nucleotide polymorphisms using neural networks. *Genes*. 2021;12(4):462.
76. Koopaie M, Salamati M, Montazeri R, Davoudi M, Kolahdooz S. Salivary cystatin S levels in children with early childhood caries in comparison with caries-free children; statistical analysis and machine learning. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):650.
77. Torres MGG, Santos AdS, Neves FS, Arriaga ML, Campos PSF, Crusoé-Rebello I. Assessment of enamel-dentin caries lesions detection using bitewing PSP digital images. *Journal of Applied Oral Science*. 2011;19:462-8.
78. Corbella S, Srinivas S, Cabitza F. Applications of deep learning in dentistry. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 2021;132(2):225-38.