

PEDODONTİ

ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE DEĞERLENDİRMELER

HAZİRAN 2026

EDİTÖR

Prof. Dr. Emin Caner TÜMER

İmtiyaz Sahibi / Yaşar Hız
Yayına Hazırlayan / Gece Kitaplığı

Birinci Basım / HAZİRAN 2026 - Ankara
ISBN / 978-625-321-149-3

© copyright

Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA
0312 384 80 40
www.gecekitapligi.com / gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt

Bizim Büro
Sertifika No: 42488

PEDODONTİ
ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE
DEĞERLENDİRMELER

HAZİRAN 2026

EDİTÖR
Prof. Dr. Emin Caner TÜMER

gece
kitaplığı

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

DİŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI

Gülcan F. ÇİFTÇİ ÖĞÜT, Didem SAKARYALI UYAR 7

BÖLÜM 2

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİNDE REJENERATİF ENDODONTİK TEDAVİ: GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Gaye AHRAZ, Büşra TEKİN 29

BÖLÜM 3

ÇOCUKLUK ÇAĞI OBSTRÜKTİF UYKU APNESİNDE PEDODONTİK DEĞERLENDİRME VE YÖNETİM

Belgin ÖZGÖKÇE DEĞER, Burçin AVCI 43

BÖLÜM 4

NEKROTİK SÜT MOLAR DİŞLERİN MİNİMAL İNVAZİV YÖNETİMİNDE LEZYON STERİLİZASYONU VE DOKU TAMİRİ YAKLAŞIMI

Melike SAYAR KÖKÇİ 61

BÖLÜM 5

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİNDE ANTERİOR SÜT DİŞLERİNİN RESTORASYONUNDA ZİRKONYUM KRONLARIN YERİ

Sıla Beren ADIGÜZEL ERDOĞAN 79

BÖLÜM 6

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİNDE FLORÜR UYGULAMALARI

Kürşat Fatih YÜKSEL 89

BÖLÜM 1

DİŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI

Gülcan F. ÇİFTÇİ ÖĞÜT¹, Didem SAKARYALI UYAR²

¹ Arş. Gör., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı, ORCID ID: 0000-0002-7700-2536

² Doç. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı, ORCID ID: 0000-0001-7850-2375

Giriş

Yapay zeka, insan zekası gerektiren görevleri yerine getirmek için sistemler oluşturmaya adanan, çeşitli alt alanları ve teknikleri kapsayan bir bilgisayar bilimi dalıdır (Chartrand vd., 2017). Başlangıcından bu yana, yapay zeka günlük yaşamımızı birçok yönden geliştiren büyük öneme sahip ilerlemeler getirmiştir. Diş hekimliğinde, yapay zekanın üstlenebildiği görevlerin çoğu insanlar tarafından yapılabildiğinden, bu görevler yapay zekadaki gelişmelerden büyük ölçüde etkilenmiyor gibi görünmektedir. Ancak günümüzde, hastalıkların görüntü tabanlı tespiti ve teşhis destek sistemleri gibi belirli alanlardaki gelişmeler sayesinde, yapay zeka kullanımı diş hekimliği alanında da kayda değer iyileştirmeler göstermiştir (Carillo-Perez vd., 2022; Shan vd., 2021).

1. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Alanında Yapay Zeka Uygulamaları

Dental radyolojide yapay zeka uygulamaları her yıl önemli ölçüde artmaktadır. Derin öğrenme özellikle görüntü tanıma görevleri için kullanılmaktadır. Bu alandaki erken bir adım, 1990'larda geliştirilen, klinik ve radyolojik özelliklere dayalı ayırıcı tanı listesi sunan *ORAD* sistemidir; daha sonra bu sistem *ORAD II*'ye (<http://www.orad.org/cgi-bin/orad/index.pl>) yükseltilmiştir. Güncel uygulamalarda ise dijital dental radyolojide yapay zeka, temel olarak sınıflandırma, tespit ve segmentasyon gibi görüntü tabanlı görevleri gerçekleştirmek amacıyla geliştirilmiştir (Putra vd., 2022).

Tanısal uygulamalar kapsamında, çeşitli radyolojik görüntüler üzerinden tümör ve kist lezyonlarını tespit etmek ve sınıflandırmak için farklı makine öğrenimi yöntemleri kullanılmıştır (Kwon vd., 2020; Watanabe vd., 2021). Buna ek olarak, derin öğrenme modelleri ile maksiller sinüs patolojilerinin tespiti yapılabilmektedir (Kuwana vd., 2021; Murata vd., 2019). Ayrıca, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ve ultrasonografi görüntüleri, *Sjögren* sendromu teşhisine destek sağlamak için başarıyla kullanılmıştır (Kise vd., 2019). Bununla birlikte, makine öğrenimi yöntemleri, ilaca bağlı çene osteonekrozu tahmininde uygulanmıştır (Gürses vd., 2023; Warin vd., 2025). Ayrıca, farklı radyolojik görüntülerden çenelerde bulunan osteolitik lezyonların tespiti (Van Nistelrooij vd., 2025b) ve semento-osseöz displazilerin segmentasyonu (Özen vd., 2026) için derin öğrenme modelleri geliştirilmiştir.

Tanısal doğruluğun yanı sıra görüntü kalitesini artırmak amacıyla, dental radyoloji alanında evrişimli sinir ağları ve çekişmeli üretici ağlar gibi derin öğrenme mimarileri kullanılmaktadır. Örneğin, gürültü azaltmak (Tian vd., 2020; Ylisiurua vd., 2024), metal artefaktları azaltmak (Liang vd., 2019; Minnema vd., 2019) ve doz azaltmak (Thummerer vd., 2025) amacıyla kullanılmıştır. Bununla birlikte, panoramik radyografilerde tanısal yorumlamayı zorlaştıran yabancı cisimlerin ve hayalet görüntülerin segmentasyonu için evrişimli sinir ağı modeli geliştirilmiştir (Çelebi vd., 2026).

2. Oral Patoloji Alanında Yapay Zeka Uygulamaları

Yapay zeka, oral patoloji alanında *prealign* ve *malign* oral lezyonların teşhisi, sınıflandırılması, ayırıcı tanısı ve prognoz tahmini gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Disiplinler arası bir çalışma alanı olan oral kanser teşhisinde, yapay zeka ile ilgili son gelişmeler görüntü analizinin avantajlarını vurgulamaktadır (Samaranayake vd., 2025). Bu kapsamda, intraoral veya endoskopik görüntüler, radyografiler ve doku kesitleri gibi veriler yapay zeka modelleri ile araştırılmıştır (Aubreville vd., 2017; Halicek vd., 2019). Bu modeller sayesinde,

farklı görüntülerden lezyon ayrımı ve sınıflandırılması yapılabilmektedir (Schwartz vd., 2025; Warin vd., 2022).

Makine öğrenimi algoritmaları ile oral kanser öncülleri ve gelişim riski taşıyan hastalar belirlenebilmektedir (Tandon & Rajawat, 2020). Bu doğrultuda, histopatolojik verilerden *prealign* ve *malign* lezyonların malignite skoru hesaplanmıştır (Kavitha & Hanumanthappa, 2020). Oral kanser prognozu ve nüks değerlendirilmesinde ise, makine öğrenimi tabanlı tahmin modelleri oluşturulmuştur (Alabi vd., 2020; Bur vd., 2019). Oral kanser sağkalım tahmini için literatürde makine öğrenimi algoritmaları kullanan çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir (Alkhadar vd., 2020; Karadaghy vd., 2019). Ayrıca, bu algoritmalar baş ve boyun lenf nodu metastazını tanımlamak ve sınıflandırmak için kullanılmıştır (Ariji vd., 2019; Kann vd., 2018).

Yapay zeka, farklı oral hastalıkların teşhisinde kullanılmaktadır. Örneğin, oral kandidiyazis için risk faktörlerini değerlendirmede bulanık mantık yönteminden yararlanılmıştır (Campisi vd., 2008). Ayrıca, oral liken planusun teşhisi ve ayırıcı tanısında farklı makine öğrenimi algoritmaları (Achararit vd., 2023; Jeon vd., 2015) ve oral lökoplaki lezyonlarının tespitinde derin öğrenme yöntemleri (Li vd., 2025) uygulanmıştır.

Sistemik hastalıkların teşhisinde, derin öğrenme sistemleri panoramik radyografilerde karotis arter kalsifikasyonlarının tespiti için kullanılmıştır (Mitsuya vd., 2026; Yılmaz vd. 2026). Osteoporoz taramasında ise, derin öğrenme yöntemleri farklı yaklaşımlarla panoramik radyografiler üzerinden mandibular kortikal genişlik gibi radyomorfometrik parametreler ile analiz edilmiştir (Hwang vd., 2017; Kavitha vd., 2016). Ayrıca, osteopeni, osteoporoz ve diğer düşük kemik mineral yoğunluğu ile ilişkili hastalıkları teşhis etmek (Aliaga vd., 2020), sınıflandırmak (Lee vd., 2020) ve risk değerlendirmek (Medeiros vd., 2018) için yaygın olarak kullanılmaktadır.

3. Restoratif Diş Hekimliği Alanında Yapay Zeka Uygulamaları

Yapay zeka teknolojisinin, restoratif diş hekimliğinde çeşitli teşhis ve tedavi yaklaşımları için farklı uygulama alanları bulunmaktadır. Dental çürük alanında makine öğrenimi yöntemleri, fotoğraf ve radyolojik görüntülerden çürük tespiti, segmentasyonu ile sınıflandırılması (Cantu vd., 2020; Casalegno vd., 2019), erken aşamada çürük tespiti (Tripathi vd., 2019) ve proksimal çürük tespitinde (Choi vd., 2018) yaygın olarak araştırılmıştır. Buna ek olarak, çürük tahmin modellerinde, diş yüzeyi kaybı ile kök çürüğüne yatkınlık ilişkisi (Hung vd., 2019) ve çürük varlığı ile *Streptococcus mutans* ilişkisi için klinik veri analizi (Javed vd., 2020) değerlendirilmiştir.

Ayrıca, makine öğrenimi yöntemleri dental restorasyonların tespiti ve sınıflandırılması (Khurshid vd., 2025), taşkın restoratif materyallerin tespiti (Mağat vd., 2024), restorasyon ömrünü etkileyen malzeme özellikleri ve farklılıklarını ortaya çıkarmak için veri madenciliği (Käkilehto vd., 2009) gibi konularda kullanılmaktadır. Bununla birlikte, estetik restorasyonlarda renk seçimi amacıyla çeşitli makine öğrenimi algoritmalarından da yararlanılmıştır (Chen vd., 2020a; Wei vd., 2018).

4. Endodonti Alanında Yapay Zeka Uygulamaları

Yapay zeka, endodonti alanında pulpal ve periapikal hastalıkların teşhisi, tedavi planlaması ve yönetimi gibi birçok farklı uygulamada araştırılmıştır. Örneğin, derin öğrenme modelleri ile panoramik radyografiler ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntülerinde periapikal

lezyonların tespiti ve ayırt edilmesinde kullanılmıştır (Ekert vd., 2019; Setzer vd., 2020). Nitekim, periapikal lezyonların otomatik tespiti ve özellikle U-Net modeli kullanılarak yapılan segmentasyonu, sıklıkla başvurulan bir yöntem olarak öne çıkmıştır (Endres vd., 2020; Orhan vd., 2020).

Endodontik değerlendirme açısından, vertikal kök kırığı (Fukuda vd., 2020b; Johari vd., 2017), pulpa taşı (Gürhan vd., 2025; Öztürk vd., 2024) ve C-şekilli kanal (Jeon vd., 2021; Jin vd., 2024) gibi çeşitli varyasyonların tespitinde evrişimli sinir ağlarından yararlanılmıştır. Bunun yanı sıra, kök kanal morfolojisi (Hiraiwa vd., 2019) ve eksternal kök rezorpsiyonu (Reduwan vd., 2024) değerlendirilmesinde de bu yöntemler kullanılmıştır.

Endodontik tedavi süreci yönetiminde, yapay zeka uygulamaları ile otomatik pulpa kavitesi segmentasyonu (Duan vd., 2021; Slim vd., 2024), kök kanal girişlerinin tespiti (Karataş vd., 2025), çalışma uzunluğunun hassasiyetinin belirlenmesi (Saghiri vd., 2012) ve apikal açıklığın sınıflandırması (Coşgun Baybars vd., 2025) mümkün olmuştur. Ayrıca, endodontik tedavi sonrası, kök kanal dolgularının obtürasyon yeterliliği, dolum içi boşluklar, taşkın ve kısa dolum gibi durumların da ayrıntılı olarak değerlendirilebileceği gösterilmiştir (Çelik vd., 2025; Dutra vd., 2016). Endodonti alanında, yapay sinir ağları destekli farklı tahmin modelleri ile yapılan çalışmalarda, dental pulpa kök hücreleri canlılığının da değerlendirilebildiği (Bindal vd., 2017) ve kök kanal tedavisi gerektiren vakalarda zorluk seviyesinin belirlenebildiği gösterilmiştir (Mallishery vd., 2020).

5. Periodontoloji Alanında Yapay Zeka Uygulamaları

Yapay zeka sistemleri periodontoloji alanında, periodontal hastalıkların teşhisi, tedavisi ve tedavi takibini iyileştirmek için birçok açıdan araştırılmıştır (Samaranayake vd., 2025; Shan vd., 2021). Bu kapsamda, evrişimli sinir ağları kullanılarak klinik intraoral görüntülerden gingivitis ve periodontitis tespit edilebilmektedir (Park vd., 2023). Benzer şekilde, dental radyolojik verilerden de periodontal hastalıkların teşhisi yapılabilmektedir (Chang vd., 2022; Ryu vd., 2023). Bu doğrultuda, periodontal durumun sınıflandırılması ve kemik kaybının belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalarda, evrişimli sinir ağlarının periodontal kemik kaybının doğru teşhisini kolaylaştırdığı belirtilmiştir (Chang vd., 2020; Thanathornwong & Suebnukarn, 2020). Bununla birlikte, konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntülerinde furkasyon tutulumunu tespit etmek için yapay zeka sistemlerinin kullanımı da araştırılmıştır (Shetty vd., 2024b).

Görüntü tabanlı verilerin yanı sıra periodontal hastalıkların teşhisi, tedavisi ve takibinde moleküler düzeydeki veriler de makine öğrenimi teknikleri ile analiz edilebilmektedir. Örneğin, gen etkileşimi (Farhadian vd., 2020a), immünolojik yanıtlar (Li vd., 2024a), mikrobiyal kompozisyon (Feres vd., 2018) ve gen ekspresyon profilleri (Nagarajan vd., 2015) gibi çeşitli moleküler veriler ile klinik değişkenler birleştirilerek değerlendirilmektedir. Buna ek olarak, makine öğrenimi modellerinin, periodontitise katkıda bulunan temel sistemik risk faktörlerini belirlediği ve sistemik sağlık ile periodontal hastalıklar arasındaki korelasyonu etkili bir şekilde tanımladığı görülmüştür (Suh, 2025; Zhao vd., 2024a). Ayrıca, periodontal hastalık tahmininde, periodontal açıdan sorunlu dişlerin teşhisi ve çekim gerekliliğinin belirlenmesinde evrişimli sinir ağlarının (Lee vd., 2018), diş kaybı tahmininde ise diğer makine öğrenimi yöntemlerinin (Santamaria vd., 2024) kullanımı değerlendirilmiştir.

6. Pedodonti Alanında Yapay Zeka Uygulamaları

Pedodonti alanında, yapay zeka sistemlerinin dental görüntüleme uygulanması, diş ve anatomik yapı analizi açısından çocuk hastalarda dişlerin otomatik tespiti, hassas segmentasyonu ve kategorik sınıflandırması yoluyla, farklı dentisyon dönemlerinde analiz olanağı sağlamaktadır. Bu kapsamda çocuk hasta grubuna ait radyolojik görüntülerden diş tespiti, segmentasyonu ve numaralandırılması yapılmıştır (Chen vd., 2026; Hu vd., 2024). Bu modeller ile diş tespitine ek olarak, restorasyon ve diğer dental tedavilerin tespiti (Bumann vd., 2023; Yüçetürk & Güner, 2025), eksik dişlerin sınıflandırılması (Kim vd., 2024) ile pulpal ve periapikal patolojilerin tespiti (Ma vd., 2025; Sohrabi vd., 2025) gerçekleştirilebilmektedir. Bununla birlikte, derin öğrenme tabanlı otomatik diş segmentasyonu, intraoral fotoğraflardan (Ghorbani vd., 2025) ve intraoral tarayıcılar ile elde edilen veriler üzerinden (Van Nistelrooij vd., 2025a) de uygulanmaktadır. Ayrıca, derin öğrenme modelleri anatomik yapıların da otomatik tespiti ve lokalize edilmesi için uygulanmıştır (Bağ vd., 2023).

Derin öğrenme modelleri, dental radyolojik görüntüler üzerinden diş germi tespiti (Kaya vd., 2022), diş ve kök gelişimi evrelemesi (Kayacı vd., 2025; Kurt vd., 2024) ile dental yaş tahmini (Balel vd., 2025; Shi vd., 2024) gibi alanlarda yapılan değerlendirmelerde kullanılmıştır. Derin öğrenme modellerinin diğer uygulamaları arasında, gömülü süt dişi tespiti (Çalışkan vd., 2021), diş sayı anomalilerinin değerlendirilmesi (Zeng vd., 2023), süpernumerer diş tespiti ve segmentasyonu (Hayashi-Sakai vd., 2025; Mine vd., 2022), hipodonti tespiti ve sınıflandırılması (Tunç vd., 2025; Uyar & Uyar, 2025) ve hipodonti ile genetik faktörlerin ilişkilendirilmesi (Alhazmi vd., 2024) bulunmaktadır. Benzer şekilde, diğer anomalilerin (Hartman vd., 2024), örneğin taurodontizm teşhisi (Duman vd., 2023), dens evaginatus tespiti (Wang vd., 2025), molar keser hipomineralizasyonu belirlenmesi (Felsch vd., 2023) ve ektopik sürme tespitinde (Yu vd., 2025; Zhu vd., 2022) de kullanılmıştır.

Çürük analizi açısından derin öğrenme modelleri kullanılarak, farklı büyüklükteki çürük lezyonlarının tespiti ve sınıflandırılması için intraoral fotoğraflardan (Ozsunkar vd., 2024; Zeng vd., 2025) ve intraoral taramalardan (Jones vd., 2025) yararlanılmıştır. Ayrıca, dental radyograflardan derin öğrenme yöntemleri ile çürük teşhisi (Mertens vd., 2021) yapılmıştır. Bu alanda derin öğrenme modelleri, erken çocukluk çağı çürüklerinin tespitinde (Schwarzmaier vd., 2024), sınıflandırılmasında (Karhade vd., 2021) ve bu çürüklerle ilgili tedavi sonucunu tahmininde (Wu vd., 2025a) kullanılmıştır. Bu doğrultuda seçilmiş polimorfizmler (Zaorska vd., 2021), tükürük sistatin seviyeleri (Koopae vd., 2021), supragingival biyofilmin biyokimyasal özellikleri (Heimisdóttir vd., 2021) ve oral mikrobiyoma (Wu vd., 2021) dayalı olarak tahmin modelleri oluşturulmuştur. Buna ek olarak, çürük risk tahmini yapmak (Eusufzai vd., 2025; Toledo Reyes vd., 2023), ağız sağlığı tarama modelleri oluşturmak (Lavado vd., 2025), suyun florlanması yüksek boyutlu etki heterojenitesini belirlemek (Matsuyama vd., 2025) ve dental plağı tespit etmek (Tez vd., 2025; You vd., 2020) için farklı makine öğrenimi algoritmaları kullanılmıştır.

Dental travmatoloji alanında, makine öğrenimi yöntemleri ile travmatik dental yaralanmaların tespiti (Huang vd., 2024), travmatik dental yaralanmaların sınıflandırılması (Sarıoğlu vd., 2025), risk faktörlerinin değerlendirilmesi (Farhadian vd., 2020b) ve yaralanma sonrası restoratif tedavi seçeneklerinin değerlendirilmesi (Binvignat vd. 2025); ayrıca, büyük dil modellerinin pulpal ve periradiküler tanı ile travma geçirmiş daimi dişlerin yönetimi için kullanımı araştırılmıştır (Portilla vd., 2024).

7. Ortodonti Alanında Yapay Zeka Uygulamaları

Yapay zeka, ortodontide maloklüzyonların teşhisi, sefalometrik analiz, tedavi planlaması, sonuç tahmini ve hasta takibi gibi birçok farklı uygulama alanı bulmaktadır (Samaranayake vd., 2025; Shan vd., 2020). Ortodontik planlama açısından, yapay sinir ağları kullanılarak ortodontik tedavi ihtiyacının tespiti (Thanathornwong, 2018), maloklüzyon tespiti (Oka vd., 2025), gömülü diş tespiti (Chen vd., 2020b; Kuwada vd., 2020), çapraz kapanış tespiti (Noeldeke vd., 2024), dental ark genişliği tahmini (Rauf vd., 2023), dental çapraşıklık analizi (Hertig vd., 2025), headgear seçimi (Akçam & Takada, 2022) örnek uygulamalar arasında yer almaktadır.

Özellikle sefalometrik analizde, yapay zeka modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Sefalometrik görüntü analizi ile otomatik sefalometrik referans noktası analizi ve iskeletsel ilişki sınıflandırması yapılarak tedavi planlaması ve tedavi sonucu değerlendirilir, aynı zamanda diş hekiminin iş yükünü azaltarak zaman kazandırır (Putra vd., 2022). Güncel sefalometrik görüntü analizinde, derin öğrenme yöntemleri ile hem iki boyutlu hem de üç boyutlu görüntülerde umut verici sonuçlar elde edilmiştir (Hwang vd., 2020; Park vd., 2019). Bu kapsamda yapay zeka yöntemleri, iskeletsel sınıflandırma (Yu vd., 2020), mandibula büyüme eğilimi tahmini (Zhang vd., 2023), deformite teşhisi (Banumathi vd., 2011), servikal vertebral matürasyon ile büyüme değerlendirmesi (Amasya vd., 2020; Kök vd., 2019) alanlarında uygulanmıştır. Ayrıca, yapay zeka kullanılarak el-bilek radyografilerinden otomatik kemik yaşı tayini yapılmıştır (Booz vd., 2020; Spampinato vd., 2017).

Ortodontide yapay zekanın en önemli devrimi kişiselleştirilmiş ortodontik tedavidir. Üç boyutlu taramalar sonucunda elde edilen şeffaf plaklar ile yapay zeka destekli veri algoritması sayesinde hassas tedavi planlaması sağlanmaktadır. Ayrıca, yapay zeka modelleri ile tedavi süresince uzaktan izlem sağlanabilmekte ve tedavi sonuçları öngörülebilmektedir (Hansa vd., 2021). Bunların yanı sıra, ortodontik tedavi öncesinde ve sırasında çekim gerekliliğini tahmin etmek ve karar vermek için de farklı modeller de geliştirilmiştir (Jung vd., 2016; Xie vd., 2010).

8. Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Alanında Yapay Zeka Uygulamaları

Ağız, diş ve çene cerrahisi alanında çeşitli uygulamalar için yapay zeka araçları araştırılmış ve geliştirilmiştir. Bunlar, görüntü analizinden, cerrahi planlamaya, robot destekli tedaviye ve klinik karar vermeye kadar uzanan geniş bir yelpazede yer alır (Samaranayake vd., 2025). Makine öğrenimi yöntemleri, diş çekimi gerekliliğinin tahmini (Cui vd., 2021), diş çekiminin indirekt nedenlerinin analizi (Miladinović vd., 2010), mandibular kanal tespiti (Jaskari vd., 2020; Kwak vd., 2020), molar açılanması ölçümü (Vranckx vd., 2020), mandibular kanal ile gömülü üçüncü molar diş ilişkisi (Lyu vd., 2025; Vinayahalingam vd., 2019) ve maksiller sinüs ile posterior maksiller diş ilişkisi (Fallah vd., 2025) değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Buna ek olarak, cerrahi zorluk derecesinin belirlenmesi (Fukuda vd., 2020a; Lee vd., 2025) ve postoperatif yüz şişliği tahmini (Zhang vd., 2018) gibi durumlarda da bu yöntemlerden yararlanılmaktadır.

Cerrahi planlama açısından ise, yapay sinir ağları maksillofasiyal yapıların segmentasyonu (Vicente vd., 2026), alveolar kemiğin ölçümü (Nguyen vd., 2020), cerrahi yaklaşımın belirlenmesi (Chang vd., 2024) ve cerrahi öncesinde kondil lokalizasyonu değerlendirilmesinde (Berends vd., 2024) uygulanmaktadır. Cerrahi operasyonlara yardımcı teknolojiler olarak, artırılmış gerçeklik; operasyon bölgesi görselleştirilmesi (Raslan vd., 2025), ortognatik cerrahi (Holzinger vd., 2018) ve dental eğitimde (Ma vd., 2016) kullanılmaktadır. Bu kapsamda robotik destekli cerrahi, implant yerleştirme (Wu vd., 2025b) ve tümör modeli çalışmalarında (Zhao vd., 2024b) yer almaya başlamıştır.

Maksillofasiyal travmatoloji alanında ise, kondil ve mandibula fraktürlerinin (Van Nistelrooij vd., 2024; Wang vd., 2022) değerlendirilmesinin yanı sıra, nazal (Jeong vd., 2024) ve zigomatik (Yari vd., 2025) fraktürler gibi fasiyal kırıkların tespitinde kullanılmaktadır.

Disiplinlerarası bir çalışma alanı olan dental implantoloji, yapay zeka yaklaşımları açısından güncel bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir. Bu kapsamda implant tedavisi planlaması (Alarifi & AlZubi, 2018), implant yerleştirme (Satapathy vd., 2024), implant sistemi tanımlama (Kim vd., 2020; Takahashi vd., 2020), tasarım optimizasyonu (Łodygowski vd., 2009) ve implant başarı tahmini (Liu vd., 2018) gibi birçok konuda yapay zeka modelleri uygulanmıştır.

Yapay zeka modelleri, dental ve orofasiyal ağrı ile temporomandibular eklem bozukluklarının teşhisinde destekleyici olarak geliştirilmiştir. Örneğin, *naive Bayes* sınıflandırıcı dental ağrıyı tahmin etmek için kullanılırken (Chattopadhyay vd., 2012), makine öğrenimi algoritmaları beyin görüntüleme verileri ile trigeminal nevralji gibi nöropatik yüz ağrısı alt tiplerini (Latypov vd., 2023) sınıflandırabilmektedir.

Temporomandibular eklem bozuklukları alanında, teşhis amacıyla derin öğrenme sistemleri radyolojik görüntülerdeki kondil morfolojisi (Shoukri vd., 2019), osteoartrit (Jung vd., 2023), disk deplasmanı (Baş vd., 2012) gibi morfolojik ve patolojik değişiklikleri analiz etmede kullanılmıştır. Diğer uygulamalar arasında, manyetik rezonans görüntüleme verilerinden temporomandibular eklem bozukluğu olan hastalarda obstrüktif uyku apnesi teşhisi (Li vd., 2024b) ve mandibula hareketlerinin analizi ile uyku bruksizminin tespiti (Martinot vd., 2021) yer almaktadır.

9. Protetik Diş Hekimliği ve Gülüş Tasarımında Yapay Zeka Uygulamaları

Diş hekimliğinde dijital veri kullanımının ve otomasyonun öncüsü olarak bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (*Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing-CAD/CAM*) sistemleri doğrudan bir yapay zeka uygulaması olmasa da bu uygulamaların temelini oluşturmuştur. Bu doğrultuda *3Shape*, *Exocad* ve *Bellus 3D* gibi dijital gülüş tasarımı yazılımları, tedavi planlaması ve iletişimi kolaylaştırmak için segmentasyon ve otomasyon gibi makine öğrenimi tekniklerinden yararlanmaktadır (Carillo-Perez vd., 2022). Bu yazılımlar, fotoğraf, intraoral tarama ve tomografi görüntüleri gibi verileri kullanarak dişlerin manuel veya otomatik işlenmesini, rekonstrüksiyonunu ve optimizasyonunu sağlamaktadır (Meereis vd., 2016). Ayrıca, CAD/CAM tabanlı sistemler, yapay zeka ile entegre edilerek inley, onley, kron ve köprülerin tasarımında kullanılmaktadır. Bununla birlikte, CAD/CAM sistemlerinin üç boyutlu yazıcılara entegrasyonu ile verimli bir dijital iş akışı sunulmaktadır. Bu doğrultuda yapay zeka, gülüş tasarımı alanında gülüş analizi (Baaj & Alangari, 2025), renk eşleştirmesi (Li vd., 2015) ve kron üretiminde (Ding vd., 2023) kullanılmaktadır. Ayrıca, yapay zeka uygulamaları ile restorasyon ömrü (Aliaga vd., 2015) ve *debonding* olasılığı (Yamaguchi vd., 2019) tahmini yapılabilmektedir. Son olarak protetik diş hekimliği alanında, evrişimli sinir ağları kullanılarak panoramik radyografilerde dişlerin ve dental protezlerin otomatik tespitinin yapıldığı çalışmalar da bulunmaktadır (Ali vd., 2023).

10. Adli Diş Hekimliği Alanında Yapay Zeka Uygulamaları

Adli diş hekimliğinde yaş tahmini, cinsiyet belirleme ve yüz rekonstrüksiyonu, özellikle ölen kişi hakkında bilginin kısıtlı olduğu durumlarda değerli olan temel alt disiplinlerdir. Bu amaçlara yönelik yapay zeka modelleri, insan ısırık izi analizi, iskeletsel mandibular

morfolojiyi tahmin etme, cinsiyet belirleme, yaş tahmini ve dental karşılaştırma gibi konuları da kapsayan çeşitli çalışmalarda geliştirilmiş ve kullanılmıştır (Putra vd., 2022; Samaranayake vd., 2025). Bu kapsamda, derin öğrenme yöntemleri, kitlesel felaketlerde pre-mortem ve post-mortem verilerin ilişkilendirilmesi sürecinde çeşitli radyografilerde otomatik diş segmentasyonu gerçekleştirmek için kullanılır (Leite vd., 2020; Tuzoff vd., 2019). Bu doğrultuda kimlik tespitinde, evrişimli sinir ağları ile otomatik dental kimliklendirme (Nassar & Ammar, 2007), kişisel kimlik tespitinde farklı modellerin duyarlılıklarının karşılaştırması (Matsuda vd., 2020) ve kraniyomaksiller değişkenlerden mandibular morfoloji tahmini (Niño-Sandoval vd., 2017) yapılmıştır.

Cinsiyet belirleme alanında ise, farklı yaklaşımlar ve değişkenler belirlenip, bunlar yapay sinir ağları modelleri ile araştırılmıştır (Avuçlu & Başçiftçi, 2019; Ferraz vd., 2024). Bununla birlikte, yaş tahmininde yapıların analizi için dişleri kesmek veya çıkarmak yerine, invaziv olmayan alternatifler olarak dental radyoloji tabanlı yöntemler kullanılabilir. Bu doğrultuda, el-bilek radyografileri, panoramik radyografiler (Bizjak & Robič, 2024; Lee vd., 2022) ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntüleri (Keyrouz vd., 2024) derin öğrenme algoritmalarına parametre olarak dahil edilebilmektedir. Özellikle panoramik radyografilerde, derin evrişimli sinir ağları *Demirjian* sınıflandırmasına karşılık gelen diş gelişiminin evrelendirilmesi yoluyla yaş tahmini için kullanılmıştır (Banar vd., 2020; Galibourg vd., 2021). Bunun yanı sıra, diş-pulpa oranı da yaş tahmini için kullanılmaktadır (Farhadian vd., 2019). Benzer şekilde, farklı yöntemler değerlendirilerek çocuklarda dental yaş ve adli yaş tayini yapılan çalışmalar da bulunmaktadır (Sributsayakarn vd., 2025; Štepanovský vd., 2017).

Sonuç

Yapay zeka, teşhis doğruluğunu, tedavi planlamasını ve hasta bakımını geliştirerek diş hekimliğini yeniden tanımlamaktadır. Bununla birlikte, yapay zekanın diş hekimliğinde hala büyük bir gelişim potansiyeli bulunmaktadır. Gelecekteki gelişmelerin, tedavi modalitelerini daha da iyileştireceği, iş akışlarını optimize edeceği ve hasta sonuçlarını iyileştirerek kanıta dayalı diş hekimliğine katkıda bulunacağı öngörülmektedir. Bu nedenle, diş hekimliği alanında temel klinik ve araştırma uygulamalarının yanı sıra, en son teknolojik gelişmelerin de takip edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Achararit, P., Manaspon, C., Jongwannasiri, C., Phattarataratip, E., Osathanon, T., & Sappayatosok, K. (2023). Artificial intelligence-based diagnosis of oral lichen planus using deep convolutional neural networks. *European Journal of Dentistry*, 17 (4), 1275-1282.
- Akçam, M. O., & Takada, K. (2002). Fuzzy modelling for selecting headgear types. *European Journal of Orthodontics*, 24(1), 99-106.
- Alabi, R. O., Elmusrati, M., Sawazaki-Calone, I., Kowalski, L. P., Haglund, C., Coletta, R. D., ... & Leivo, I. (2020). Comparison of supervised machine learning classification techniques in prediction of locoregional recurrences in early oral tongue cancer. *International Journal of Medical Informatics*, 136, Article 104068.
- Alarifi, A., & AlZubi, A. A. (2018). Memetic search optimization along with genetic scale recurrent neural network for predictive rate of implant treatment. *Journal of Medical Systems*, 42(11), 202. h
- Alhazmi, N., Alaqla, A., Almuzzaini, B., Aldrees, M., Alnaqa, G., Almasoud, F., ... & Alshamlan, H. (2024). What could be the role of genetic tests and machine learning of AXIN2 variant dominance in non-syndromic hypodontia? A case-control study in orthodontically treated patients. *Progress in Orthodontics*, 25(1), 31.
- Ali, M. A., Fujita, D., & Kobashi, S. (2023). Teeth and prostheses detection in dental panoramic X-rays using CNN-based object detector and a priori knowledge-based algorithm. *Scientific Reports*, 13(1), 16542.
- Aliaga, I. J., Vera, V., De Paz, J. F., García, A. E., & Mohamad, M. S. (2015). Modelling the longevity of dental restorations by means of a CBR system. *BioMed Research International*, 2015(1), 540306.
- Aliaga, I., Vera, V., Vera, M., García, E., Pedrera, M., & Pajares, G. (2020). Automatic computation of mandibular indices in dental panoramic radiographs for early osteoporosis detection. *Artificial Intelligence in Medicine*, 103, 101816.
- Alkhadar, H., Macluskey, M., White, S., Ellis, I., & Gardner, A. (2021). Comparison of machine learning algorithms for the prediction of five-year survival in oral squamous cell carcinoma. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 50(4), 378-384.
- Amasya, H., Yıldırım, D., Aydoğan, T., Kemaloğlu, N., & Orhan, K. (2020). Cervical vertebral maturation assessment on lateral cephalometric radiographs using artificial intelligence: comparison of machine learning classifier models. *Dentomaxillofacial Radiology*, 49(5), 20190441.
- Ariji, Y., Fukuda, M., Kise, Y., Nozawa, M., Yanashita, Y., Fujita, H., ... & Ariji, E. (2019). Contrast-enhanced computed tomography image assessment of cervical lymph node metastasis in patients with oral cancer by using a deep learning system of artificial intelligence. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 127(5), 458-463.
- Aubreville, M., Knipfer, C., Oetter, N., Jaremenko, C., Rodner, E., Denzler, J., ... & Maier, A. (2017). Automatic classification of cancerous tissue in laserendomicroscopy images of the oral cavity using deep learning. *Scientific Reports*, 7(1), Article 11979.
- Avuçlu, E., & Başçiftçi, F. (2019). Novel approaches to determine age and gender from dental X-ray images by using multiplayer perceptron neural networks and image processing techniques. *Chaos, Solitons & Fractals*, 120, 127-138.
- Baaj, R. E., & Alangari, T. A. (2025). Artificial intelligence applications in smile design dentistry: A scoping review. *Journal of Prosthodontics*, 34(4), 341-349.

- Bağ, İ., Bilgir, E., Bayrakdar, İ. Ş., Baydar, O., Atak, F. M., Çelik, Ö., & Orhan, K. (2023). An artificial intelligence study: Automatic description of anatomic landmarks on panoramic radiographs in the pediatric population. *BMC Oral Health*, 23(1), 764.
- Balel, Y., Sağtaş, K., & Bülbül, H. N. (2025). Development and evaluation of a deep learning-based system for dental age estimation using the Demirjian method on panoramic radiographs. *BMC Oral Health*, 25(1), 1172.
- Banar, N., Bertels, J., Laurent, F., Boedi, R. M., De Tobel, J., Thevissen, P., & Vandermeulen, D. (2020). Towards fully automated third molar development staging in panoramic radiographs. *International Journal of Legal Medicine*, 134(5), 1831-1841.
- Banumathi, A., Raju, S., & Abhaikumar, V. (2011). Diagnosis of dental deformities in cephalometry images using support vector machine. *Journal of Medical Systems*, 35(1), 113-119.
- Baş, B., Özgönenel, O., Özden, B., Bekçioğlu, B., Bulut, E., & Kurt, M. (2012). Use of artificial neural network in differentiation of subgroups of temporomandibular internal derangements: A preliminary study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 70(1), 51-59.
- Berends, B., Vinayahalingam, S., Baan, F., Flügge, T., Maal, T., Bergé, S., ... & Xi, T. (2024). Automated condylar seating assessment using a deep learning-based three-step approach. *Clinical Oral Investigations*, 28(9), 512.
- Bindal, P., Bindal, U., Lin, C. W., Kasim, N. H. A., Ramasamy, T. S. A., Dabbagh, A., ... & Shamshirband, S. (2017). Neuro-fuzzy method for predicting the viability of stem cells treated at different time-concentration conditions. *Technology and Health Care*, 25(6), 1041-1051.
- Binvignat, P., Valette, S., Hara, A. T., Lahoud, P., Jacobs, R., Chaurasia, A., ... & Richert, R. (2025). AI in learning anatomy and restoring central incisors: A comparative study. *Journal of Dental Research*. Advance online publication.
- Bizjak, Ž., & Robič, T. (2024). DentAge: Deep learning for automated age prediction using panoramic dental X-ray images. *Journal of Forensic Sciences*, 69(6), 2069-2074.
- Booz, C., Yel, I., Wichmann, J. L., Boettger, S., Al Kamali, A., Albrecht, M. H., ... & Bodelle, B. (2020). Artificial intelligence in bone age assessment: Accuracy and efficiency of a novel fully automated algorithm compared to the Greulich-Pyle method. *European Radiology Experimental*, 4(1), 6.
- Bumann, E. E., Al-Qarni, S., Chandrashekar, G., Sabzian, R., Bohaty, B., & Lee, Y. (2024). A novel collaborative learning model for mixed dentition and fillings segmentation in panoramic radiographs. *Journal of Dentistry*, 140, 104779.
- Bur, A. M., Holcomb, A., Goodwin, S., Woodroof, J., Karadaghy, O., Shnayder, Y., ... & Shew, M. (2019). Machine learning to predict occult nodal metastasis in early oral squamous cell carcinoma. *Oral Oncology*, 92, 20-25.
- Campisi, G., Panzarella, V., Matranga, D., Calvino, F., Pizzo, G., Muzio, L. L., & Porter, S. (2008). Risk factors of oral candidosis: A twofold approach of study by fuzzy logic and traditional statistic. *Archives of Oral Biology*, 53(4), 388-397.
- Cantu, A. G., Gehrung, S., Krois, J., Chaurasia, A., Rossi, J. G., Gaudin, R., ... & Schwendicke, F. (2020). Detecting caries lesions of different radiographic extension on bitewings using deep learning. *Journal of Dentistry*, 100, 103425.
- Casalegno, F., Newton, T., Daher, R., Abdelaziz, M., Lodi-Rizzini, A., Schürmann, F., ... & Markram, H. (2019). Caries detection with near-infrared transillumination using deep learning. *Journal of Dental Research*, 98(11), 1227-1233.
- Chang, H. J., Lee, S. J., Yong, T. H., Shin, N. Y., Jang, B. G., Kim, J. E., ... & Yi, W. J. (2020). Deep learning hybrid method to automatically diagnose periodontal bone loss and stage periodontitis. *Scientific Reports*, 10(1), 7531.

- Chang, J. S., Ma, C. Y., & Ko, E. C. (2024). Prediction of surgery-first approach orthognathic surgery using deep learning models. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 53(11), 942-949.
- Chang, J., Chang, M. F., Angelov, N., Hsu, C. Y., Meng, H. W., Sheng, S., & Ayilavarapu, S. (2022). Application of deep machine learning for the radiographic diagnosis of periodontitis. *Clinical Oral Investigations*, 26(11), 6629-6637.
- Chartrand, G., Cheng, P. M., Vorontsov, E., Drozdal, M., Turcotte, S., Pal, C. J., & Tang, A. (2017). Deep learning: A primer for radiologists. *Radiographics*, 37(7), 2113-2131.
- Chattopadhyay, S., Davis, R. M., Menezes, D. D., Singh, G., Acharya, R. U., & Tamura, T. (2012). Application of Bayesian classifier for the diagnosis of dental pain. *Journal of Medical Systems*, 36(3), 1425-1439.
- Chen, L., Wang, Y., Wu, W., Zhu, Z., Mao, X., & Chen, X. (2026). Children's dental panoramic radiograph image segmentation via dual aggregation transformer UNet. *Medical Physics*, 53(1), e70202.
- Chen, S. L., Zhou, H. S., Chen, T. Y., Lee, T. H., Chen, C. A., Lin, T. L., & Lin, M. Y. (2020a). Dental shade matching method based on hue, saturation, value color model with machine learning and fuzzy decision. *Sensors and Materials*, 32(10), 3185-3207.
- Chen, S., Wang, L., Li, G., Wu, T. H., Diachina, S., Tejera, B., & Ko, C. C. (2020b). Machine learning in orthodontics: Introducing a 3D auto-segmentation and auto-landmark finder of CBCT images to assess maxillary constriction in unilateral impacted canine patients. *Angle Orthodontist*, 90(1), 77-84.
- Choi, J., Eun, H., & Kim, C. (2018). Boosting proximal dental caries detection via combination of variational methods and convolutional neural network. *Journal of Signal Processing Systems*, 90(1), 87-97.
- Coşgun Baybars, S., Daldal, M., Parlak Baydoğan, M., & Arslan Tuncer, S. (2025). Evaluation of apical closure in panoramic radiographs using vision transformer architectures ViT-based apical closure classification. *Diagnostics*, 15(18), 2350.
- Cui, Q., Chen, Q., Liu, P., Liu, D., & Wen, Z. (2021). Clinical decision support model for tooth extraction therapy derived from electronic dental records. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 126(1), 83-90.
- Çelebi, E., Akkaya, N., & Ünsal, G. (2026). U-net-based segmentation of foreign bodies and ghost images in panoramic radiographs. *Oral Radiology*, 42, 333-340.
- Çelik, B., Genç, M. Z., & Çelik, M. E. (2025). Evaluation of root canal filling length on periapical radiograph using artificial intelligence. *Oral Radiology*, 41(1), 102-110.
- Ding, H., Cui, Z., Maghami, E., Chen, Y., Matinlinna, J. P., Pow, E. H. N., ... & Tsoi, J. K. H. (2023). Morphology and mechanical performance of dental crown designed by 3D-DCGAN. *Dental Materials*, 39(3), 320-332.
- Duan, W., Chen, Y., Zhang, Q., Lin, X., & Yang, X. (2021). Refined tooth and pulp segmentation using U-Net in CBCT image. *Dentomaxillofacial Radiology*, 50(6), 20200251.
- Duman, S., Yılmaz, E. F., Eşer, G., Çelik, Ö., Bayrakdar, İ. Ş., Bilgir, E., ... & Orhan, K. (2023). Detecting the presence of taurodont teeth on panoramic radiographs using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Oral Radiology*, 39(1), 207-214.
- Dutra, K. L., Haas, L., Porporatti, A. L., Flores-Mir, C., Santos, J. N., Mezzomo, L. A., ... & Canto, G. D. L. (2016). Diagnostic accuracy of cone-beam computed tomography and conventional radiography on apical periodontitis: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 42(3), 356-364.

- Ekert, T., Krois, J., Meinhold, L., Elhennawy, K., Emara, R., Golla, T., & Schwendicke, F. (2019). Deep learning for the radiographic detection of apical lesions. *Journal of Endodontics*, 45(7), 917-922.
- Endres, M. G., Hillen, F., Salloumis, M., Sedaghat, A. R., Niehues, S. M., Quatela, O., ... & Gaudin, R. A. (2020). Development of a deep learning algorithm for periapical disease detection in dental radiographs. *Diagnostics*, 10(6), 430.
- Eusufzai, S. Z., Jamayet, N. B., Ahmed, S., Islam, M. B., Ahmad, W. M. A. W., & Alam, M. K. (2025). Development and evaluation of an early childhood caries prediction model: A deep learning-based hybrid statistical modelling approach. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 26, 953–964.
- Fallah, A., Soltani, P., Mehdizadeh, M., Riahi Farsani, M., Moannaei, M., Ourang, S. A. H., & Rengo, C. (2025). Deep learning models for evaluating the anatomical relationship between posterior maxillary teeth and maxillary sinus in panoramic radiographs. *Clinical and Experimental Dental Research*, 11(6), e70264.
- Farhadian, M., Salemi, F., Saati, S., & Nafisi, N. (2019). Dental age estimation using the pulp-to-tooth ratio in canines by neural networks. *Imaging Science in Dentistry*, 49(1), 19.
- Farhadian, M., Shokouhi, P., & Torkzaban, P. (2020a). A decision support system based on support vector machine for diagnosis of periodontal disease. *BMC Research Notes*, 13(1), 337.
- Farhadian, M., Torkaman, S., & Mojarad, F. (2020b). Random forest algorithm to identify factors associated with sports-related dental injuries in 6 to 13-year-old athlete children in Hamadan, Iran-2018- a cross-sectional study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 12(1), 69.
- Felsch, M., Meyer, O., Schlickerrieder, A., Engels, P., Schönewolf, J., Zöllner, F., ... & Kühnisch, J. (2023). Detection and localization of caries and hypomineralization on dental photographs with a vision transformer model. *NPJ Digital Medicine*, 6(1), 198.
- Feres, M., Louzoun, Y., Haber, S., Faveri, M., Figueiredo, L. C., & Levin, L. (2018). Support vector machine-based differentiation between aggressive and chronic periodontitis using microbial profiles. *International Dental Journal*, 68(1), 39-46.
- Ferraz, A. X., Schroder, Â. G. D., Gonçalves, F. M., Küchler, E. C., Santos, R. S., Zeigelboim, B. S., ... & de Araujo, C. M. (2024). Artificial intelligence model for predicting sexual dimorphism through the hyoid bone in adult patients. *PLoS One*, 19(11), e0310811.
- Fukuda, M., Arij, Y., Kise, Y., Nozawa, M., Kuwada, C., Funakoshi, T., ... & Arij, E. (2020a). Comparison of 3 deep learning neural networks for classifying the relationship between the mandibular third molar and the mandibular canal on panoramic radiographs. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 130(3), 336-343.
- Fukuda, M., Inamoto, K., Shibata, N., Arij, Y., Yanashita, Y., Kutsuna, S., ... & Arij, E. (2020b). Evaluation of an artificial intelligence system for detecting vertical root fracture on panoramic radiography. *Oral Radiology*, 36(4), 337-343.
- Galibourg, A., Cussat-Blanc, S., Dumoncel, J., Telmon, N., Monsarrat, P., & Maret, D. (2021). Comparison of different machine learning approaches to predict dental age using Demirjian's staging approach. *International Journal of Legal Medicine*, 135(2), 665-675.
- Ghorbani, Z., Mirebeigi-Jamasbi, S. S., Hassannia Dargah, M., Nahvi, M., Hosseinihah Manshadi, S. A., & Akbarzadeh Fathabadi, Z. (2025). A novel deep learning-based model for automated tooth detection and numbering in mixed and permanent dentition in occlusal photographs. *BMC Oral Health*, 25(1), 1-14.
- Gürhan, C., Yiğit, H., Yılmaz, S., & Çetinkaya, C. (2025). A novel deep learning-based pipeline architecture for pulp stone detection on panoramic radiographs. *Oral Radiology*, 41(2), 285-295.

- Gürses, B. O., Alpoz, E., Şener, M., Çankaya, H., Boyacıoğlu, H., & Güneri, P. (2023). A support vector machine-based algorithm to identify bisphosphonate-related osteonecrosis throughout the mandibular bone by using cone beam computerized tomography images. *Dentomaxillofacial Radiology*, 52(4), 20220390.
- Halicek, M., Shahedi, M., Little, J. V., Chen, A. Y., Myers, L. L., Sumer, B. D., & Fei, B. (2019). Head and neck cancer detection in digitized whole-slide histology using convolutional neural networks. *Scientific Reports*, 9(1), Article 14043.
- Hansa, I., Katyal, V., Ferguson, D. J., & Vaid, N. (2021). Outcomes of clear aligner treatment with and without dental monitoring: a retrospective cohort study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 159(4), 453-459.
- Hartman, H., Nurdin, D., Akbar, S., Cahyanto, A., & Setiawan, A. S. (2024). Exploring the potential of artificial intelligence in paediatric dentistry: A systematic review on deep learning algorithms for dental anomaly detection. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 34(5), 639-652.
- Hayashi-Sakai, S., Nishiyama, H., Hayashi, T., Sakai, J., & Shimomura-Kuroki, J. (2025). Deep learning with convolution neural network detecting mesiodens on panoramic radiographs: Comparing four models. *Odontology*, 113(1), 448-455.
- Heimisdóttir, L. H., Lin, B. M., Cho, H., Orlenko, A., Ribeiro, A. A., Simon-Soro, A., ... & Divaris, K. (2021). Metabolomics insights in early childhood caries. *Journal of Dental Research*, 100(6), 615-622.
- Hertig, G., van Nistelrooij, N., Schols, J., Xi, T., Vinayahalingam, S., & Patcas, R. (2025). Quantitative tooth crowding analysis in occlusal intra-oral photographs using a convolutional neural network. *European Journal of Orthodontics*, 47(3), cja025.
- Hiraiwa, T., Arijji, Y., Fukuda, M., Kise, Y., Nakata, K., Katsumata, A., ... & Arijji, E. (2019). A deep-learning artificial intelligence system for assessment of root morphology of the mandibular first molar on panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48(3), 20180218.
- Holzinger, D., Juergens, P., Shahim, K., Reyes, M., Schicho, K., Millesi, G., & Seemann, R. (2018). Accuracy of soft tissue prediction in surgery-first treatment concept in orthognathic surgery: A prospective study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 46(9), 1455-1460.
- Hu, Y., Liu, C., Liu, W., Xiong, Y., Zeng, W., Chen, J., ... & Tang, W. (2024). Fully automated method for three-dimensional segmentation and fine classification of mixed dentition in cone-beam computed tomography using deep learning. *Journal of Dentistry*, 151, 105398.
- Huang, B., Estai, M., Pungchanchaikul, P., Quick, K., Ranjitkar, S., Fashingbauer, E., ... & Louie, J. P. (2024). Mobile health assessment of traumatic dental injuries using smartphone-acquired photographs: A multicenter diagnostic accuracy study. *Telemedicine and e-Health*, 30(10), 2592-2600.
- Hung, M., Voss, M. W., Rosales, M. N., Li, W., Su, W., Xu, J., ... & Licari, F. W. (2019). Application of machine learning for diagnostic prediction of root caries. *Gerodontology*, 36(4), 395-404.
- Hwang, H. W., Park, J. H., Moon, J. H., Yu, Y., Kim, H., Her, S. B., ... & Lee, S. J. (2020). Automated identification of cephalometric landmarks: Part 2-Might it be better than human?. *Angle Orthodontist*, 90(1), 69-76.
- Hwang, J. J., Lee, J. H., Han, S. S., Kim, Y. H., Jeong, H. G., Choi, Y. J., & Park, W. (2017). Strut analysis for osteoporosis detection model using dental panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 46(7), 20170006.

- Jaskari, J., Sahlsten, J., Järnstedt, J., Mehtonen, H., Karhu, K., Sundqvist, O., ... & Kaski, K. (2020). Deep learning method for mandibular canal segmentation in dental cone beam computed tomography volumes. *Scientific Reports*, 10(1), 5842.
- Javed, S., Zakirulla, M., Baig, R. U., Asif, S. M., & Meer, A. B. (2020). Development of artificial neural network model for prediction of post-streptococcus mutans in dental caries. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 186, 105198.
- Jeon, S. H., Jeon, E. H., Lee, J. Y., Kim, Y. S., Yoon, H. J., Hong, S. P., & Lee, J. H. (2015). The potential of interleukin 12 receptor beta 2 (IL12RB2) and tumor necrosis factor receptor superfamily member 8 (TNFRSF8) gene as diagnostic biomarkers of oral lichen planus (OLP). *Acta Odontologica Scandinavica*, 73(8), 588-594.
- Jeon, S. J., Yun, J. P., Yeom, H. G., Shin, W. S., Lee, J. H., Jeong, S. H., & Seo, M. S. (2021). Deep-learning for predicting C-shaped canals in mandibular second molars on panoramic radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 50(5), 20200513.
- Jeong, Y., Jeong, C., Sung, K. Y., Moon, G., & Lim, J. (2024). Development of AI-based diagnostic algorithm for nasal bone fracture using deep learning. *Journal of Craniofacial Surgery*, 35(1), 29-32.
- Jin, L., Zhou, W., Tang, Y., Yu, Z., Fan, J., Wang, L., ... & Zhang, P. (2024). Detection of C-shaped mandibular second molars on panoramic radiographs using deep convolutional neural networks. *Clinical Oral Investigations*, 28(12), 646.
- Johari, M., Esmaeili, F., Andalib, A., Garjani, S., & Saberkari, H. (2017). Detection of vertical root fractures in intact and endodontically treated premolar teeth by designing a probabilistic neural network: An ex vivo study. *Dentomaxillofacial Radiology*, 46(2), 20160107.
- Jones, B., Lambach, M., Chen, T., Michou, S., Kilpatrick, N., Curtis, N., ... & Silva, M. (2025). Dental caries detection in children using intraoral scans and deep learning. *Journal of Dentistry*, 160, 105906.
- Jung, S. K., & Kim, T. W. (2016). New approach for the diagnosis of extractions with neural network machine learning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 149(1), 127-133.
- Jung, W., Lee, K. E., Suh, B. J., Seok, H., & Lee, D. W. (2023). Deep learning for osteoarthritis classification in temporomandibular joint. *Oral Diseases*, 29(3), 1050-1059.
- Käkilehto, T., Salo, S., & Larmas, M. (2009). Data mining of clinical oral health documents for analysis of the longevity of different restorative materials in Finland. *International Journal of Medical Informatics*, 78(12), e68-e74.
- Kann, B. H., Aneja, S., Loganadane, G. V., Kelly, J. R., Smith, S. M., Decker, R. H., ... & Husain, Z. A. (2018). Pretreatment identification of head and neck cancer nodal metastasis and extranodal extension using deep learning neural networks. *Scientific Reports*, 8(1), Article 14036.
- Karadaghy, O. A., Shew, M., New, J., & Bur, A. M. (2019). Development and assessment of a machine learning model to help predict survival among patients with oral squamous cell carcinoma. *JAMA Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 145(12), 1115-1120.
- Karataş, E., Ünal, O., Çelik, Ö., & Bayrakdar, İ. Ş. (2025). Artificial intelligence for root canal orifice identification using dental operating microscope images: A preliminary evaluation. *Australian Endodontic Journal*, 51(2), 407-414.
- Karhade, D. S., Roach, J., Shrestha, P., Simancas-Pallares, M. A., Ginnis, J., Burk, Z. J., & Divaris, K. (2021). An automated machine learning classifier for early childhood caries. *Pediatric Dentistry*, 43(3), 191-197.
- Kavitha, M. S., Ganesh Kumar, P., Park, S. Y., Huh, K. H., Heo, M. S., Kurita, T., & Chien, S. I. (2016). Automatic detection of osteoporosis based on hybrid genetic swarm fuzzy classifier approaches. *Dentomaxillofacial Radiology*, 45(7), 20160076.

- Kavitha, V., & Hanumanthappa, M. (2020). Predicting oral squamous cell carcinoma in tobacco users by utilising fuzzy-based decision tree algorithm. *International Journal of Medical Engineering and Informatics*, 12(5), 435-446.
- Kaya, E., Güneç, H. G., Aydın, K. C., Ürkmez, E. Ş., Duranay, R., & Ateş, H. F. (2022). A deep learning approach to permanent tooth germ detection on pediatric panoramic radiographs. *Imaging Science in Dentistry*, 52(3), 275.
- Kayacı, S. T., İlhan, H. O., Serbes, G., & Arslan, H. (2025). End-to-end CNN-based detection of permanent first molars and prediction of root development stages from panoramic radiographs. *Scientific Reports*, 15(1), 38814.
- Keyrouz, Y., Saade, M., Gholmieh, M. N., & Saadé, A. (2024). A machine learning approach for age prediction based on trigeminal landmarks. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 107, 102742.
- Khurshid, Z., Faridoun, F., Silkosessak, O. C. U. D., Trachoo, V., Waqas, M., Hasan, S., & Porntaveetus, T. (2025). Multi-Regional deep learning models for identifying dental restorations and prosthesis in panoramic radiographs. *BMC Oral Health*, 25(1), 1-17.
- Kim, E., Hwang, J. J., Cho, B. H., Lee, E., & Shin, J. (2024). Classification of presence of missing teeth in each quadrant using deep learning artificial intelligence on panoramic radiographs of pediatric patients. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 48(3), 76-85.
- Kim, J. E., Nam, N. E., Shim, J. S., Jung, Y. H., Cho, B. H., & Hwang, J. J. (2020). Transfer learning via deep neural networks for implant fixture system classification using periapical radiographs. *Journal of Clinical Medicine*, 9(4), 1117.
- Kise, Y., Ikeda, H., Fujii, T., Fukuda, M., Arijii, Y., Fujita, H., ... & Arijii, E. (2019). Preliminary study on the application of deep learning system to diagnosis of Sjögren's syndrome on CT images. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48(6), 20190019.
- Koopaie, M., Salamati, M., Montazeri, R., Davoudi, M., & Kolahdooz, S. (2021). Salivary cystatin S levels in children with early childhood caries in comparison with caries-free children; statistical analysis and machine learning. *BMC Oral Health*, 21(1), 650.
- Kök, H., Acılar, A. M., & İzgi, M. S. (2019). Usage and comparison of artificial intelligence algorithms for determination of growth and development by cervical vertebrae stages in orthodontics. *Progress in Orthodontics*, 20(1), 41.
- Kurt, A., Günaçar, D. N., Şilbir, F. Y., Yeşil, Z., Bayrakdar, İ. Ş., Çelik, Ö., ... & Orhan, K. (2024). Evaluation of tooth development stages with deep learning-based artificial intelligence algorithm. *BMC Oral Health*, 24(1), 1034.
- Kuwada, C., Arijii, Y., Fukuda, M., Kise, Y., Fujita, H., Katsumata, A., & Arijii, E. (2020). Deep learning systems for detecting and classifying the presence of impacted supernumerary teeth in the maxillary incisor region on panoramic radiographs. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 130(4), 464-469.
- Kuwana, R., Arijii, Y., Fukuda, M., Kise, Y., Nozawa, M., Kuwada, C., ... & Arijii, E. (2021). Performance of deep learning object detection technology in the detection and diagnosis of maxillary sinus lesions on panoramic radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 50(1), 20200171.
- Kwak, G. H., Kwak, E. J., Song, J. M., Park, H. R., Jung, Y. H., Cho, B. H., ... & Hwang, J. J. (2020). Automatic mandibular canal detection using a deep convolutional neural network. *Scientific Reports*, 10(1), 5711.
- Kwon, O., Yong, T. H., Kang, S. R., Kim, J. E., Huh, K. H., Heo, M. S., ... & Yi, W. J. (2020). Automatic diagnosis for cysts and tumors of both jaws on panoramic radiographs using a deep convolution neural network. *Dentomaxillofacial Radiology*, 49(8), 20200185.
- Latypov, T. H., So, M. C., Hung, P. S. P., Tsai, P., Walker, M. R., Tohyama, S., ... & Hodaie, M. (2023). Brain imaging signatures of neuropathic facial pain derived by artificial intelligence. *Scientific Reports*, 13(1), 10699.

- Lavado, S., Costa, E., Sturm, N. F., Tafferter, J. S., Rodrigues, O., Barros, P. P., & Zejnilovic, L. (2025). Low-cost and scalable machine learning model for identifying children and adolescents with poor oral health using survey data: An empirical study in Portugal. *PloS One*, 20(1), e0312075.
- Lee, J. H., Kim, D. H., Jeong, S. N., & Choi, S. H. (2018). Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 48(2), 114.
- Lee, J., Park, J., Lee, S., Moon, S. Y., & Lee, K. (2025). Automated diagnosis for extraction difficulty of maxillary and mandibular third molars and post-extraction complications using deep learning. *Scientific Reports*, 15(1), 19036. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-00236-7>
- Lee, K. S., Jung, S. K., Ryu, J. J., Shin, S. W., & Choi, J. (2020). Evaluation of transfer learning with deep convolutional neural networks for screening osteoporosis in dental panoramic radiographs. *Journal of Clinical Medicine*, 9(2), 392. <https://doi.org/10.3390/jcm9020392>
- Lee, Y. H., Won, J. H., Auh, Q. S., & Noh, Y. K. (2022). Age group prediction with panoramic radiomorphometric parameters using machine learning algorithms. *Scientific Reports*, 12(1), 11703.
- Leite, A. F., Gerven, A. V., Willems, H., Beznik, T., Lahoud, P., Gaêta-Araujo, H., ... & Jacobs, R. (2021). Artificial intelligence-driven novel tool for tooth detection and segmentation on panoramic radiographs. *Clinical Oral Investigations*, 25(4), 2257-2267.
- Li, D., Wang, X., Liu, J., & Sun, J. (2025). Deep learning-based automated detection of oral leukoplakia in clinical imaging. *Cureus*, 17(5).
- Li, H., Lai, L., Chen, L., Lu, C., & Cai, Q. (2015). The prediction in computer color matching of dentistry based on GA+ BP neural network. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2015(1), 816719.
- Li, Y., Zhang, B., Li, D., Zhang, Y., Xue, Y., & Hu, K. (2024a). Machine learning and Mendelian randomization reveal molecular mechanisms and causal relationships of immune-related biomarkers in periodontitis. *Mediators of Inflammation*, 2024(1), 9983323.
- Li, Z., Jia, Y., Li, Y., & Han, D. (2024b). Automatic prediction of obstructive sleep apnea event using deep learning algorithm based on ECG and thoracic movement signals. *Acta Oto-Laryngologica*, 144(1), 52-57.
- Liang, K., Zhang, L., Yang, H., Yang, Y., Chen, Z., & Xing, Y. (2019). Metal artifact reduction for practical dental computed tomography by improving interpolation-based reconstruction with deep learning. *Medical Physics*, 46(12), e823-e834.
- Liu, C. H., Lin, C. J., Hu, Y. H., & You, Z. H. (2018). Predicting the failure of dental implants using supervised learning techniques. *Applied Sciences*, 8(5), 698.
- Łodygowski, T., Szajek, K., & Wierszycki, M. (2009). Optimization of dental implant using genetic algorithm. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 47(3), 573-598.
- Lyu, W., Lou, S., Huang, J., Huang, Z., Zheng, H., Liao, H., ... & OuYang, K. (2025). Assessing the spatial relationship between mandibular third molars and the inferior alveolar canal using a deep learning-based approach: a proof-of-concept study. *BMC Oral Health*, 25(1), 1297.
- Ma, M., Fallavollita, P., Seelbach, I., Von Der Heide, A. M., Euler, E., Waschke, J., & Navab, N. (2016). Personalized augmented reality for anatomy education. *Clinical Anatomy*, 29(4), 446-453.
- Ma, T., Zhu, J., Wang, D., Xu, Z., Bai, H., Ding, P., ... & Xia, B. (2025). Deep learning-based detection of irreversible pulpitis in primary molars. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 35(1), 57-67.

- Mağat, G., Altındağ, A., Pertek Hatipoğlu, F., Hatipoğlu, Ö., Bayrakdar, İ. Ş., Çelik, Ö., & Orhan, K. (2024). Automatic deep learning detection of overhanging restorations in bitewing radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*, 53(7), 468-477.
- Mallishery, S., Chhatpar, P., Banga, K. S., Shah, T., & Gupta, P. (2020). The precision of case difficulty and referral decisions: an innovative automated approach. *Clinical Oral Investigations*, 24(6), 1909-1915.
- Martinot, J. B., Le-Dong, N. N., Cuthbert, V., Denison, S., Gozal, D., Lavigne, G., & Pépin, J. L. (2021). Artificial intelligence analysis of mandibular movements enables accurate detection of phasic sleep bruxism in OSA patients: A pilot study. *Nature and Science of Sleep*, 13, 1449-1459.
- Matsuda, S., Miyamoto, T., Yoshimura, H., & Hasegawa, T. (2020). Personal identification with orthopantomography using simple convolutional neural networks: A preliminary study. *Scientific Reports*, 10(1), 13559.
- Matsuyama, Y., Ha, D. H., Kiuchi, S., Spencer, A. J., Aida, J., & Do, L. G. (2025). Water fluoridation as a population strategy for reducing oral health inequalities: High-dimensional effect heterogeneity analysis using machine learning. *International Journal of Epidemiology*, 54(4), dyaf080.
- Medeiros, F. C. F. L., Kudo, G. A. H., Leme, B. G., Saraiva, P. P., Verri, F. R., Honório, H. M., ... & Santiago Junior, J. F. (2018). Dental implants in patients with osteoporosis: A systematic review with meta-analysis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 47(4), 480-491.
- Meereis, C. T. W., De Souza, G. B. F., Albino, L. G. B., Ogliari, F. A., Piva, E., & Lima, G. S. (2016). Digital smile design for computer-assisted esthetic rehabilitation: Two-year follow-up. *Operative Dentistry*, 41(1), E13-E22.
- Mertens, S., Krois, J., Cantu, A. G., Arsiwala, L. T., & Schwendicke, F. (2021). Artificial intelligence for caries detection: Randomized trial. *Journal of Dentistry*, 115, 103849.
- Mine, Y., Iwamoto, Y., Okazaki, S., Nakamura, K., Takeda, S., Peng, T. Y., ... & Murayama, T. (2022). Detecting the presence of supernumerary teeth during the early mixed dentition stage using deep learning algorithms: A pilot study. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 32(5), 678-685.
- Minnema, J., van Eijnatten, M., Hendriksen, A. A., Liberton, N., Pelt, D. M., Batenburg, K. J., & Wolff, J. (2019). Segmentation of dental cone-beam CT scans affected by metal artifacts using a mixed-scale dense convolutional neural network. *Medical Physics*, 46(11), 5027-5035.
- Mitsuya, Y., Kuwada, C., Yang, S., Kise, Y., Mori, M., Takashi, Y., ... & Arijji, E. (2026). Side- and patient-based performance of a deep learning system based on the results of individual detection of carotid artery calcifications on panoramic radiographs. *Imaging Science in Dentistry*, 56(1), 83.
- Murata, M., Arijji, Y., Ohashi, Y., Kawai, T., Fukuda, M., Funakoshi, T., ... & Arijji, E. (2019). Deep-learning classification using convolutional neural network for evaluation of maxillary sinusitis on panoramic radiography. *Oral Radiology*, 35(3), 301-307.
- Nagarajan, R., Miller, C. S., Dawson III, D., Al-Sabbagh, M., & Ebersole, J. L. (2015). Patient-specific variations in biomarkers across gingivitis and periodontitis. *PLoS One*, 10(9), e0136792.
- Nassar, D. E. M., & Ammar, H. H. (2007). A neural network system for matching dental radiographs. *Pattern Recognition*, 40(1), 65-79.
- Niño-Sandoval, T. C., Pérez, S. V. G., González, F. A., Jaque, R. A., & Infante-Contreras, C. (2017). Use of automated learning techniques for predicting mandibular morphology in skeletal class I, II and III. *Forensic Science International*, 281, 187-e1.

- Noeldeke, B., Vassis, S., Sefidroodi, M., Pauwels, R., & Stoustrup, P. (2024). Comparison of deep learning models to detect crossbites on 2D intraoral photographs. *Head & Face Medicine*, 20(1), 45.
- Oka, K., Uemura, S., Morishita, S., Yamamoto, Y., & Kurita, K. (2025). Accuracy of AI-based binary classification for detecting malocclusion in the mixed dentition stage. *PloS One*, 20(12), e0338713.
- Orhan, K., Bayrakdar, İ. Ş., Ezhov, M., Kravtsov, A., & Özyürek, T. (2020). Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathosis on cone-beam computed tomography scans. *International Endodontic Journal*, 53(5), 680-689.
- Ozsunkar, P. S., Özen, D. Ç., Abdelkarim, A. Z., Duman, S., Uğurlu, M., Demir, M. R., ... & Duman, Ş. B. (2024). Detecting white spot lesions on post-orthodontic oral photographs using deep learning based on the YOLOv5x algorithm: A pilot study. *BMC Oral Health*, 24(1), 490.
- Özen, D. Ç., Altun, O., Duman, Ş. B., & Bayrakdar, İ. Ş. (2026). Segmentation of cemento-osseous dysplasias using an artificial intelligence algorithm. *International Dental Journal*, 76(2), 109340.
- Öztürk, B., Altındağ, A., Çelik, Ö., Bayrakdar, İ. Ş., & Orhan, K. (2024). Pulp-stone detection in panoramics using deep learning: A multi-institutional study. *International Dental Journal*, 74(Suppl.), S40-S41.
- Park, J. H., Hwang, H. W., Moon, J. H., Yu, Y., Kim, H., Her, S. B., ... & Lee, S. J. (2019). Automated identification of cephalometric landmarks: Part 1—Comparisons between the latest deep-learning methods YOLOV3 and SSD. *Angle Orthodontist*, 89(6), 903-909.
- Park, S., Erkinov, H., Hasan, M. A. M., Nam, S. H., Kim, Y. R., Shin, J., & Chang, W. D. (2023). Periodontal disease classification with color teeth images using convolutional neural networks. *Electronics*, 12(7), 1518.
- Portilla, N. D., Garcia-Font, M., Nagendrababu, V., Abbott, P. V., Sanchez, J. A. G., & Abella, F. (2024). Accuracy and consistency of gemini responses regarding the management of traumatized permanent teeth. *Dental Traumatology*, 41(2), 171-177.
- Putra, R. H., Doi, C., Yoda, N., Astuti, E. R., & Sasaki, K. (2022). Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 51(1), 20210197.
- Rauf, A. M., Mahmood, T. M. A., Mohammed, M. H., Omer, Z. Q., & Kareem, F. A. (2023). Orthodontic implementation of machine learning algorithms for predicting some linear dental arch measurements and preventing anterior segment malocclusion: A prospective study. *Medicina*, 59(11), 1973.
- Reduwan, N. H., Aziz, A. A., Mohd Razi, R., Abdullah, E. R. M. F., Mazloom Nezhad, S. M., Gohain, M., & Ibrahim, N. (2024). Application of deep learning and feature selection technique on external root resorption identification on CBCT images. *BMC Oral Health*, 24(1), 252.
- Ryu, J., Lee, D. M., Jung, Y. H., Kwon, O., Park, S., Hwang, J., & Lee, J. Y. (2023). Automated detection of periodontal bone loss using deep learning and panoramic radiographs: a convolutional neural network approach. *Applied Sciences*, 13(9), 5261.
- Saghiri, M. A., Garcia-Godoy, F., Gutmann, J. L., Lotfi, M., & Asgar, K. (2012). The reliability of artificial neural network in locating minor apical foramen: A cadaver study. *Journal of Endodontics*, 38(8), 1130-1134.
- Samaranayake, L., Tuygunov, N., Schwendicke, F., Osathanon, T., Khurshid, Z., Boymuradov, S. A., & Cahyanto, A. (2025). The transformative role of artificial intelligence in dentistry: A comprehensive overview. Part 1: fundamentals of AI, and its contemporary applications in dentistry. *International Dental Journal*, 75(2), 383-396.

- Santamaria, P., Troiano, G., Serroni, M., Araùjo, T. G., Ravidà, A., & Nibali, L. (2024). Exploring the accuracy of tooth loss prediction between a clinical periodontal prognostic system and a machine learning prognostic model. *Journal of Clinical Periodontology*, 51(10), 1333-1341.
- Sarioğlu, D., Güner, Z., Kuran, A., Çelik, Ö., Bayrakdar, İ. Ş., & Orhan, K. (2025). Automated detection and classification of dental trauma in periapical radiographs using deep learning: a study based on the Andreasen classification. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 141(5), 701-714.
- Satapathy, S. K., Kunam, A., Rashme, R., Sudarsanam, P. P., Gupta, A., & Kumar, H. K. (2024). AI-assisted treatment planning for dental implant placement: Clinical vs AI-generated plans. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 16(Suppl. 1), S939-S941.
- Schwärzler, J., Tolstaya, E., Tichy, A., Paris, S., Aarabi, G., Chaurasia, A., & Schwendicke, F. (2025). Machine learning versus clinicians for detection and classification of oral mucosal lesions. *Journal of Dentistry*, 161, 105992.
- Schwarzmaier, J., Frenkel, E., Neumayr, J., Ammar, N., Kessler, A., Schwendicke, F., & Dujic, H. (2024). Validation of an artificial intelligence-based model for early childhood caries detection in dental photographs. *Journal of Clinical Medicine*, 13(17), 5215.
- Setzer, F. C., Shi, K. J., Zheng, Z., Yan, H., Yoon, H., Mupparapu, M., & Li, J. (2020). Artificial intelligence for the computer-aided detection of periapical lesions in cone-beam computed tomographic images. *Journal of Endodontics*, 46(7), 987-993.
- Shan, T., Tay, F. R., & Gu, L. (2021). Application of artificial intelligence in dentistry. *Journal of Dental Research*, 100(3), 232-244.
- Shetty, S., Talaat, W., AlKawas, S., Al-Rawi, N., Reddy, S., Hamdoon, Z., & David, L. R. (2024). Application of artificial intelligence-based detection of furcation involvement in mandibular first molar using cone beam tomography images-A preliminary study. *BMC Oral Health*, 24(1), 1476.
- Shi, Y., Ye, Z., Guo, J., Tang, Y., Dong, W., Dai, J., ... & You, M. (2024). Deep learning methods for fully automated dental age estimation on orthopantomograms. *Clinical Oral Investigations*, 28(3), 198.
- Shoukri, B., Prieto, J. C., Ruellas, A., Yatabe, M., Sugai, J., Styner, M., ... & Cevidane, L. (2019). Minimally invasive approach for diagnosing TMJ osteoarthritis. *Journal of Dental Research*, 98(10), 1103-1111.
- Slim, M. L., Jacobs, R., de Souza Leal, R. M., & Fontenele, R. C. (2024). AI-driven segmentation of the pulp cavity system in mandibular molars on CBCT images using convolutional neural networks. *Clinical Oral Investigations*, 28(12), 650.
- Sohrabi, A., Ameli, N., Mirimoghaddam, M., Berlin-Broner, Y., Lai, H., & Amin, M. (2025). Deep learning-based assessment of pulp involvement in primary molars using YOLO v8. *PLOS Digital Health*, 4(4), e0000816.
- Spampinato, C., Palazzo, S., Giordano, D., Aldinucci, M., & Leonardi, R. (2017). Deep learning for automated skeletal bone age assessment in X-ray images. *Medical Image Analysis*, 36, 41-51.
- Sributsayakarn, N., Intharath, T., Hirunchavarod, N., Pornprasertsuk-Damrongsri, S., & Jirarattanasopha, V. (2025). Automated age and sex estimation from dental panoramic radiographs. *International Dental Journal*, 75(6), 103967.
- Štepanovský, M., Ibrová, A., Buk, Z., & Velemínská, J. (2017). Novel age estimation model based on development of permanent teeth compared with classical approach and other modern data mining methods. *Forensic Science International*, 279, 72-82.
- Suh, B., Yu, H., Cha, J. K., Choi, J., & Kim, J. W. (2025). Explainable deep learning approaches for risk screening of periodontitis. *Journal of Dental Research*, 104(1), 45-53.

- Takahashi, T., Nozaki, K., Gonda, T., Mameno, T., Wada, M., & Ikebe, K. (2020). Identification of dental implants using deep learning—Pilot study. *International Journal of Implant Dentistry*, 6(1), 53.
- Tandon, D., & Rajawat, J. (2020). Present and future of artificial intelligence in dentistry. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 10(4), 391–396.
- Tez, B. Ç., Güzel, Y., Kızıltan Eliaçık, B. B., & Aydın, Z. (2025). Deep-learning-based AI-model for predicting dental plaque in the young permanent teeth of children aged 8–13 years. *Children*, 12(4), 475.
- Thanathornwong, B. (2018). Bayesian-based decision support system for assessing the needs for orthodontic treatment. *Healthcare Informatics Research*, 24(1), 22-28.
- Thanathornwong, B., & Suebnukarn, S. (2020). Automatic detection of periodontal compromised teeth in digital panoramic radiographs using faster regional convolutional neural networks. *Imaging Science in Dentistry*, 50(2), 169.
- Thummerer, A., Schmidt, L., Hofmaier, J., Corradini, S., Belka, C., Landry, G., & Kurz, C. (2025). Deep learning based super-resolution for CBCT dose reduction in radiotherapy. *Medical Physics*, 52(3), 1629-1642.
- Tian, C., Fei, L., Zheng, W., Xu, Y., Zuo, W., & Lin, C. W. (2020). Deep learning on image denoising: An overview. *Neural Networks*, 131, 251-275. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2020.07.025>
- Toledo Reyes, L., Knorst, J. K., Ortiz, F. R., Brondani, B., Emmanuelli, B., Saraiva Guedes, R., & Ardenghi, T. M. (2023). Early childhood predictors for dental caries: A machine learning approach. *Journal of Dental Research*, 102(9), 999-1006.
- Tripathi, P., Malathy, C., & Prabhakaran, M. (2019). Genetic algorithms based approach for dental caries detection using back propagation neural network. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(1), 317-319.
- Tunç, H., Akkaya, N., Aykanat, B., & Ünsal, G. (2025). U-net-based deep learning for simultaneous segmentation and agenesis detection of primary and permanent teeth in panoramic radiographs. *Diagnostics*, 15(20), 2577.
- Tuzoff, D. V., Tuzova, L. N., Bornstein, M. M., Krasnov, A. S., Kharchenko, M. A., Nikolenko, S. I., ... & Bednenko, G. B. (2019). Tooth detection and numbering in panoramic radiographs using convolutional neural networks. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48(4), 20180051.
- Uyar, T., & Uyar, D. S. (2025). Assessment of using transfer learning with different classifiers in hypodontia diagnosis. *BMC Oral Health*, 25(1), 68.
- Van Nistelrooij, N., de Medeiros Maia, H. C., Cao, L., Vinayahalingam, S., Loomans, B., Cenci, M. S., & Mendes, F. M. (2025a). Automated detection and numbering of primary and permanent teeth in digital impressions of children using artificial intelligence. *Journal of Dentistry*, 161, Article 105976.
- Van Nistelrooij, N., Ghanad, I., Bigdeli, A. K., Thiem, D. G., von See, C., Rendenbach, C., ... & Gaudin, R. (2025b). Automated detection and classification of osteolytic lesions in panoramic radiographs using CNNs and vision transformers. *BMC Oral Health*, 25(1), 950.
- Van Nistelrooij, N., Schitter, S., van Lierop, P., Ghoul, K. E., König, D., Hanisch, M., ... & Vinayahalingam, S. (2024). Detecting mandible fractures in CBCT scans using a 3-stage neural network. *Journal of Dental Research*, 103(13), 1384-1391.
- Vicente, A., Hung, K. F., Xu, Z., Yang, J., Li, J., Wiedel, A. P., & Shi, X. Q. (2026). Deep learning for automated alveolar cleft segmentation and bone graft volume estimation in cone-beam computed tomography imaging: a multicenter study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 141(3), 400-408. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2025.10.020>

- Vinayahalingam, S., Xi, T., Bergé, S., Maal, T., & De Jong, G. (2019). Automated detection of third molars and mandibular nerve by deep learning. *Scientific Reports*, 9(1), 9007.
- Vranckx, M., Van Gerven, A., Willems, H., Vandemeulebroucke, A., Ferreira Leite, A., Politis, C., & Jacobs, R. (2020). Artificial intelligence (AI)-driven molar angulation measurements to predict third molar eruption on panoramic radiographs. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3716.
- Wang, S., Liu, J., Li, S., He, P., Zhou, X., Zhao, Z., & Zheng, L. (2025). ResNet-Transformer deep learning model-aided detection of dens evaginatus. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 35(4), 708-716.
- Wang, X., Xu, Z., Tong, Y., Xia, L., Jie, B., Ding, P., ... & He, Y. (2022). Detection and classification of mandibular fracture on CT scan using deep convolutional neural network. *Clinical Oral Investigations*, 26(6), 4593-4601.
- Warin, K., Limprasert, W., Suebnukarn, S., Jinaporntham, S., & Jantana, P. (2022). Performance of deep convolutional neural network for classification and detection of oral potentially malignant disorders in photographic images. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 51(5), 699-704.
- Warin, K., Lochanachit, S., Pavarangkoon, P., Techapanurak, E., & Somyanonthanakul, R. (2025). Prediction of Medication-Related osteonecrosis of the jaw in patients receiving antiresorptive therapy using machine learning models. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 83(3), 353-365.
- Watanabe, H., Arijji, Y., Fukuda, M., Kuwada, C., Kise, Y., Nozawa, M., ... & Arijji, E. (2021). Deep learning object detection of maxillary cyst-like lesions on panoramic radiographs: Preliminary study. *Oral Radiology*, 37(3), 487-493.
- Wei, J., Peng, M., Li, Q., & Wang, Y. (2018). Evaluation of a novel computer color matching system based on the improved back-propagation neural network model. *Journal of Prosthodontics*, 27(8), 775-783.
- Wu, T. T., Xiao, J., Sohn, M. B., Fiscella, K. A., Gilbert, C., Grier, A., ... & Gill, S. R. (2021). Machine learning approach identified multi-platform factors for caries prediction in child-mother dyads. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 11, 727630.
- Wu, Y., Jia, M., Fang, Y., Duangthip, D., Chu, C. H., & Gao, S. S. (2025a). Use machine learning to predict treatment outcome of early childhood caries. *BMC Oral Health*, 25(1), 389.
- Wu, Y., Zou, S., Lv, P., & Wang, X. (2025b). Accuracy of an autonomous dental implant robotic system in dental implant surgery. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 133(3), 764-770.
- Xie, X., Wang, L., & Wang, A. (2010). Artificial neural network modeling for deciding if extractions are necessary prior to orthodontic treatment. *Angle Orthodontist*, 80(2), 262-266.
- Yamaguchi, S., Lee, C., Karaer, O., Ban, S., Mine, A., & Imazato, S. (2019). Predicting the debonding of CAD/CAM composite resin crowns with AI. *Journal of Dental Research*, 98(11), 1234-1238.
- Yari, A., Fasih, P., Hakim, L. K., & Asadi, A. (2025). Automated detection of zygomatic fractures on spiral computed tomography using a deep learning model. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 55(1), 68-76.
- Yılmaz, B. G., Altun, S., & Bayrakdar, İ. Ş. (2026). Evaluation of deep learning-based segmentation models for carotid artery calcification detection in panoramic radiographs. *Oral Radiology*, 42(1), 228-235.
- Ylisiurua, S., Sipola, A., Nieminen, M. T., & Brix, M. A. (2024). Deep learning enables time-efficient soft tissue enhancement in CBCT: proof-of-concept study for dentomaxillofacial applications. *Physica Medica*, 117, 103184.

- You, W., Hao, A., Li, S., Wang, Y., & Xia, B. (2020). Deep learning-based dental plaque detection on primary teeth: A comparison with clinical assessments. *BMC Oral Health*, 20(1), 141.
- Yu, H. J., Cho, S. R., Kim, M. J., Kim, W. H., Kim, J. W., & Choi, J. (2020). Automated skeletal classification with lateral cephalometry based on artificial intelligence. *Journal of Dental Research*, 99(3), 249-256.
- Yu, H., Cao, Z., Pang, G., Wu, F., Zhu, H., & Zhu, F. (2025). A deep-learning system for diagnosing ectopic eruption. *Journal of Dentistry*, 152, Article 105399.
- Yüçetürk, B., & Güner, Z. (2025). Deep learning approach for tooth numbering and restoration detection on pediatric periapical radiographs in mixed dentition. *Clinical Oral Investigations*, 29(11), 1-16.
- Zaorska, K., Szczapa, T., Borysewicz-Lewicka, M., Nowicki, M., & Gerreth, K. (2021). Prediction of early childhood caries based on single nucleotide polymorphisms using neural networks. *Genes*, 12(4), 462.
- Zeng, X. Q., Xia, B., Cao, Z. Q., Ma, T. Y., Xu, M. D., Xu, Z. N., ... & Zhu, J. X. (2023). Identification model of tooth number abnormalities on pediatric panoramic radiographs based on deep learning. *Chinese Journal of Stomatology*, 58(11), 1139-1145.
- Zeng, Z., Ramesh, A., Ruan, J., Hao, P., Al Jallad, N., Jang, H., ... & Luo, J. (2025). Use of artificial intelligence to detect dental caries on intraoral photos. *Quintessence International*, 56(1), 82-91.
- Zhang, J. N., Lu, H. P., Hou, J., Wang, Q., Yu, F. Y., Zhong, C., ... & Chen, S. (2023). Deep learning-based prediction of mandibular growth trend in children with anterior crossbite using cephalometric radiographs. *BMC Oral Health*, 23(1), 28.
- Zhang, W., Li, J., Li, Z. B., & Li, Z. (2018). Predicting postoperative facial swelling following impacted mandibular third molars extraction by using artificial neural networks evaluation. *Scientific Reports*, 8(1), 12281.
- Zhao, A., Chen, Y., Yang, H., Chen, T., Rao, X., & Li, Z. (2024a). Exploring the risk factors and clustering patterns of periodontitis in patients with different subtypes of diabetes through machine learning and cluster analysis. *Acta Odontologica Scandinavica*, 83, Article 42435.
- Zhao, Z., Zhang, Y., Lin, L., Huang, W., Xiao, C., Liu, J., & Chai, G. (2024b). Intelligent electromagnetic navigation system for robot-assisted intraoral osteotomy in mandibular tumor resection: A model experiment. *Frontiers in Immunology*, 15, 1436276.
- Zhu, H., Yu, H., Zhang, F., Cao, Z., Wu, F., & Zhu, F. (2022). Automatic segmentation and detection of ectopic eruption of first permanent molars on panoramic radiographs based on nnU-Net. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 32(6), 785-792.

BÖLÜM 2

ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE REJENERATİF ENDODONTİK TEDAVİ: GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Gaye AHRAZ¹, Büşra TEKİN²

¹ Arş. Gör., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Pedodonti Anabilim Dalı, gaye.ahraz@mku.edu.tr, ORCID: 0009-0008-1803-378X

² Dr. Öğr. Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Pedodonti Anabilim Dalı, busra.tekin@mku.edu.tr, ORCID: 0009-0006-5619-1987

GİRİŞ

Çocuk diş hekimliğinde rejeneratif endodontik tedavi (RET), nekrotik pulpalı ve kök gelişimi tamamlanmamış immatür daimî dişlerde uygulanan biyolojik temelli bir yaklaşımdır (Banchs & Trope, 2004; Murray et al., 2007). Tedavi, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunu takiben doku iyileşmesini destekleyen uygun bir biyolojik ortam oluşturmayı amaçlamakta olup, klinikte çoğunlukla revaskülarizasyon veya revitalizasyon protokolleri kapsamında kan pıhtısı ya da trombosit konsantreleri ile biyoseramik esaslı koronal bariyer materyalleri kullanılarak uygulanmaktadır (AAE, 2016; ESE, 2016).

Açık apeks yapısı ve ince dentin duvarları, dezenfeksiyonu güçleştirmenin yanı sıra diş kırılmaya yatkın hâle getirmektedir (Murray et al., 2007). Geleneksel tedaviler enfeksiyon kontrolünü sağlasa da kök gelişimini sınırlı düzeyde desteklerken, RET biyolojik iyileşmeyi destekleyerek kök gelişiminin devamını ve dişin uzun dönem prognozunu iyileştirilmesini hedeflemektedir (AAE, 2016; ESE, 2016). Bu bölümde, RET'nin temel prensipleri, klinik ve radyografik hedefleri ile apeksifikasyona göre avantajları, sınırlılıkları ve kullanım alanları ele alınacaktır.

1.Rejeneratif Endodontinin Temel Prensipleri

Rejeneratif endodonti, hücre kaynağı, iskele (scaffold) ve büyüme faktörlerinden oluşan doku mühendisliği prensiplerine dayanan biyolojik temelli bir yaklaşımdır (Murray et al., 2007). Klinik uygulamada apikal papilla ve periapikal dokulardan köken alan kök hücreler kanama indüksiyonu ile kanal boşluğuna taşınırken, kan pıhtısı ve trombosit konsantreleri hücre göçü ve tutunmasını destekleyen bir iskele görevi görmektedir (Huang et al., 2008). EDTA irrigasyonu ile dentin matriksinden salınan büyüme faktörleri rejeneratif süreci desteklemekte, koronal sızdırmazlık ise yeniden enfeksiyonun önlenmesinde kritik rol oynamaktadır (Galler et al., 2015).

2.Pedodontide Rejeneratif Endodontik Tedavi Endikasyonları

Pedodontide RET, enfeksiyon kontrolü ve koronal sızdırmazlığın sağlanabildiği açık apeksli nekrotik immatür daimî dişlerde apeksifikasyona alternatif olarak uygulanmaktadır (Galler et al., 2015). Apikal periodontitis varlığında minimal enstrümantasyon ve kimyasal dezenfeksiyon ile periapikal iyileşme desteklenmekte olup, ince kök duvarlarına sahip ve kırık riski yüksek dişlerde önemli bir tedavi seçeneği oluşturmaktadır (Banchs & Trope, 2004).

Tedavi başarısı hasta uyumu, restoratif koşullar ve uygun kanal anatomisine bağlı olmakla birlikte fonksiyonel iyileşme kök olgunlaşması ile değerlendirilmektedir (Galler et al., 2015). Uygun olgularda RET, dişin uzun dönem prognozunu iyileştirme potansiyeline sahip biyolojik temelli bir yaklaşımdır (ESE, 2016).

3. Rejeneratif Endodontide Kullanılan Biyomateryaller

3.1. Kan pıhtısı

Kan pıhtısı, rejeneratif endodontide en yaygın kullanılan doğal iskele materyalidir. Apikal dokuların hafif taşkın enstrümantasyonu ile oluşturulan kan pıhtısı, fibrin ağı, trombosit kaynaklı büyüme faktörleri ve mezenkimal kökenli hücreler; hücresel g ve doku organizasyonu için biyolojik bir matriks görevi görmektedir. Ek donanım gerektirmemesi, düşük maliyeti ve kolay uygulanabilmesi nedeniyle özellikle ocuk hastalarda pratik bir seçenek olarak kabul edilmektedir (Kim et al., 2018; AAE, 2021). Bununla birlikte, pıhtının hacmi, stabilitesi ve koronal seviyedeki yerleşimi klinik sonucun öngörülebilirliğini etkilemekte; kök duvar kalınlaşması, kök boyu artışı ve apikal kapanma gibi maturojenik sonuçlarda platelet konsantrlerine göre daha değişken sonuçlar gösterebilmektedir (Ros-Osorio et al., 2023). Buna rağmen güncel sistematik derlemeler ve klinik rehberler, kan pıhtısını rejeneratif endodontide temel ve geçerli bir scaffold seçeneği olarak kabul etmektedir (Sabeti et al., 2024).

3.2. Trombositten Zengin Plazma (Platelet Rich Plasma-PRP)

Rejeneratif endodontik tedavilerde trombosit zengin plazma (PRP), içerdiği biyolojik olarak aktif büyüme faktörleri nedeniyle kök gelişimini destekleyen umut verici bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Sabeti et al., 2024). PRP'nin içerdiği trombosit kaynaklı büyüme faktörü (PDGF), transforme edici büyüme faktörü-beta (TGF- β) ve vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF), hücresel proliferasyon ve anjiyogenezi artırarak pulpa-dentin kompleksinin yeniden oluşumuna katkı sağlamaktadır (Rezazadeh ve Okhovatfard, 2023). Özellikle nekrotik immatür daimî dişlerde, kan pıhtısına kıyasla daha kontrollü bir biyolojik iskele oluşturarak kök uzunluğu ve dentin duvar kalınlığında artış sağlayabildiği, ayrıca periapikal iyileşmeyi hızlandırarak yüksek klinik başarı oranları sunduğu bildirilmiştir (Sabeti ve ark., 2024). Bununla birlikte, hazırlama protokollerindeki standardizasyon eksikliği ve mevcut çalışmaların sınırlı örneklem büyüklüğü nedeniyle uzun dönem etkinliğinin ortaya konulması için daha fazla randomize kontrollü çalışmaya ihtiyaç vardır (Kakti ve ark., 2026).

3.3. Trombositten Zengin Fibrin (Platelet Rich Fibrin-PRF)

PRF; trombositler, lökositler, fibrin matriksi ve çeşitli büyüme faktörlerini içeren ikinci kuşak bir platelet konsantresidir. Rejeneratif endodontide yalnızca fiziksel bir iskele görevi görmekle kalmayıp, hücrel proliferasyonu, anjiyogenezi ve doku iyileşmesini destekleyen biyolojik olarak aktif bir mikroçevre sağlamaktadır. Organize fibrin ağı ve büyüme faktörlerinin uzun süre salınabilmesi, PRF'yi biyolojik iyileşmeyi güçlendirmeyi hedefleyen olgularda öne çıkarmaktadır (Kim et al., 2018). Güncel çalışmalar, PRF'nin kök uzunluğu artışı, dentin duvar kalınlaşması, apikal kapanma ve periapikal iyileşme açısından olumlu sonuçlar verebildiğini göstermektedir (Ríos-Osorio et al., 2023). Bununla birlikte, bazı randomize ve CBCT temelli çalışmalarda kan pıhtısı, PRP ve PRF arasında genel klinik ve radyografik başarı açısından belirgin fark saptanmamış olup, tedavi sonucunda vaka seçimi ve uygulama protokolünün belirleyici olduğu vurgulanmaktadır (Markandey et al., 2022). Pedodontik açıdan venöz kan alınması ve santrifüj gerektirmesi PRF'nin başlıca sınırlılığı olmakla birlikte, uygun kooperasyona sahip hastalarda biyolojik açıdan zengin bir scaffold alternatifi olarak değerlendirilmektedir (Gupta et al., 2025).

3.4. Nanofiberler

Rejeneratif endodontide nanofiber iskeleler, hücre dışı matriksi taklit eden biyomimetik yapılar olarak pulpa-dentin kompleksinin yeniden oluşumunu desteklemek amacıyla geliştirilmektedir. Geniş yüzey alanı ve gözenekli yapıları sayesinde dental pulpa kök hücrelerinin yapışmasını, biyomineralizasyonunu ve odontoblastik farklılaşmasını desteklemektedir. Antibiyotik yüklü nanofiber sistemlerin kontrollü ilaç salınımı ile etkili antimikrobiyal aktivite gösterdiği ve geleneksel antibiyotik patlarına göre daha düşük sitotoksositeye sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca büyüme faktörleri ile kombine edilen nanofiber iskelelerin anjiyogenez, nörojenez ve pulpa benzeri doku oluşumunu desteklediği gösterilmiştir. Bu özellikleri nedeniyle nanofiber iskeleler, rejeneratif endodontide umut verici biyomateryaller olarak değerlendirilmektedir (Huang et al., 2022).

3.5. Hidrojeller

Rejeneratif endodontide hidrojeller, doğal hücre dışı matriksi taklit ederek pulpa-dentin kompleksinin yeniden oluşumunu destekleyen biyomateryaller olarak öne çıkmaktadır (Yuan et al., 2023). Deselülerize ekstraselüler matriks (dECM) hidrojellerinin anjiyogenez, hücre göçü ve odontojenik farklılaşmayı desteklediği gösterilmiştir (Yuan et al., 2023). Gelatin metakrilol (GelMA) bazlı biyoseramik yüklü kompozit hidrojellerin Li, Ca ve Si iyonları aracılığıyla

nörojeniz ve odontogenezini uyardığı, VEGF taklitçisi içeren peptit hidrojellerin ise pulpa revaskülarizasyonunu desteklediğı bildirilmiştir (Tao et al., 2025). Enjekte edilebilir, biyobozunur ve biyoyumlu yapıları sayesinde hidrojellerin kompleks kök kanal anatomisine uyum sağlayarak fonksiyonel pulpa-dentin rejenerasyonu için umut verici biyomateryaller olduğu düşünülmektedir (Siddiqui et al., 2021).

4. Rejeneratif Endodontide Kullanılan Kaide Materyalleri

4.1. MTA (Mineral Trioxide Aggregate)

MTA, rejeneratif endodontide kan pıhtısı veya PRF üzerine yerleştirilen koronal bariyer materyali olarak kullanılan kalsiyum silikat esaslı bir biyoseramiktir. Biyoyumluluğu, sert doku oluşumunu desteklemesi ve iyi marjinal sızdırmazlık sağlaması nedeniyle uzun yıllardır referans materyallerden biri olarak kabul edilmektedir (AAE, 2021). Bununla birlikte, özellikle anterior dişlerde renklenmeye neden olabilmesi, uzun sertleşme süresi ve manipölasyon güçlüğü başlıca dezavantajlarıdır. Bu nedenle estetik kaygının ön planda olduğu olgularda Biodentine gibi daha düşük renklenme riski taşıyan alternatif kalsiyum silikat esaslı materyaller önerilmektedir (Kaur et al., 2017).

4.2. Biodentine

Biodentine, kalsiyum silikat bazlı biyoseramikler içinde kısa sertleşme süresi, kullanım kolaylığı ve düşük renklenme eğilimi nedeniyle öne çıkan biyoyumlu bir materyaldir (Kaur et al., 2017). Rejeneratif endodontide, MTA gibi scaffold üzerine yerleştirilen koronal bariyer materyali olarak kullanılmakta olup, MTA ile benzer periapikal iyileşme ve vitalite ile ilişkili sonuçlar gösterebildiğı bildirilmektedir (Sareen et al., 2025). Bu nedenle özellikle estetik bölge ve daha kısa klinik işlem süresinin istendiğı olgularda MTA'ya güçlü bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

4.3. ERRM (EndoSequence Root Repair Material)

ERRM, rejeneratif tedavilerde koronal bariyer ve kök onarım materyali olarak kullanılan kalsiyum silikat bazlı bir materyaldir (Utneja et al., 2014). Biyoyumlu yapısı sayesinde dental pulpa kök hücrelerinin canlılığını desteklediğı ve rejeneratif iyileşme için uygun biyolojik mikroçevre oluşturduğu bildirilmiştir (Zhang et al., 2013). ERRM'nin yüksek pH ve kalsiyum iyonu salınımına bağlı olarak antibakteriyel özellik gösterdiği ve sert doku oluşumunu teşvik ettiği belirtilmiştir (Lovato & Sedgley, 2011). Ayrıca iyi sızdırmazlık özelliğı ve kolay

uygulanabilirliği sayesinde RET’de mikrosızıntının azaltılmasına katkı sağladığı ifade edilmiştir (Hirschberg et al., 2013).

4.4. Kalsiyumca Zenginleştirilmiş Karışım-Sement (CEM Sement)

Rejeneratif endodontide CEM sement, biyouyumlu ve biyoaktif özellikleri sayesinde pulpa-dentin kompleksinin iyileşmesini destekleyen önemli biyoseramik materyallerden biridir (Asgary et al., 2024). Hidroksiapatit oluşumunu desteklemesi, sert doku rejenerasyonunu uyarması ve antibakteriyel özellik göstermesinin yanı sıra, koronal bariyer materyali olarak iyi sızdırmazlık sağlayarak periapikal iyileşmeye katkıda bulunduğu bildirilmektedir (Asgary et al., 2024). Güncel çalışmalar, CEM sementin kök gelişimi, kök duvar kalınlaşması ve apikal kapanma gibi rejeneratif süreçleri destekleyebileceğini göstermektedir (Shi et al., 2025).

4.5. Bioaggregate

BioAggregate, içeriğindeki trikalsiyum silikat, kalsiyum fosfat ve silikon dioksit sayesinde hidroksiapatit oluşumunu teşvik ederek sert doku rejenerasyonuna katkı sağlamakta, dental pulpa kök hücrelerinin proliferasyonu, mineralizasyonu ve odontoblastik farklılaşmasını desteklemektedir (Camilleri et al., 2015). Yüksek biyouyumluluğu, iyi sızdırmazlık özelliği ve düşük sitotoksitesi nedeniyle rejeneratif endodontik tedavilerde koronal bariyer materyali olarak umut verici bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Matoug-Elwerfelli et al., 2025).

Genel Değerlendirme

Rejeneratif endodontide kullanılan biyomateryaller, pulpa-dentin kompleksinin yeniden yapılanmasını destekleyen uygun biyolojik mikroçevrenin oluşturulmasını amaçlamaktadır. Kan pıhtısı, PRP, PRF, nanofiberler ve hidrojeller kök hücre göçü, anjiyogenez ve doku organizasyonunu desteklerken (Galler et al., 2015; Kim et al., 2018), platelet konsantreleri ve peptit bazlı biyomateryaller kontrollü büyüme faktörü salınımı ile kök gelişimi ve periapikal iyileşmeye katkı sağlayabilmektedir (Ríos-Orsorio et al., 2023; Siddiqui et al., 2021). Ayrıca MTA ve Biodentine, biyouyumlulukları ve etkin koronal sızdırmazlık özellikleri nedeniyle rejeneratif endodontik prosedürlerde önemli bir yer tutmaktadır (AAE, 2021; Kaur et al., 2017).

5. Klinik Protokoller

5.1. Birinci seans

Klinik ve radyografik değerlendirme sonrası uygun anestezi, izolasyon ve aseptik koşullar sağlanarak nekrotik pulpa uzaklaştırılır. İnce dentin duvarlarını korumak amacıyla mekanik preparasyon minimal tutulur (Biedma-Perea et al., 2026). Kanal dezenfeksiyonu için %1,5–3 NaOCl, ardından serum fizyolojik ve %17 EDTA uygulanır (Mohammadi et al., 2018). İntrakanal medikament olarak genellikle kalsiyum hidroksit tercih edilir. Üçlü antibiyotik patı ise renklenme, sitotoksisite ve antibiyotik direnci gibi dezavantajlara sahiptir (Mohammadi et al., 2018).

5.2. İkinci seans

İkinci randevuda klinik değerlendirme tekrarlanır ve gerekirse intrakanal medikament yenilenir (AAE, 2021). %17 EDTA ve serum fizyolojik ile irrigasyonun ardından apikal dokuların irritasyonu ile kanama indüklenerek biyolojik bir iskele oluşturulur (Kyaw et al., 2025). Kanal, sement-mine birleşiminin yaklaşık 2 mm altında kan pıhtısı oluşturacak şekilde doldurulur (Mohammadi et al., 2018). Bu işlem, kök hücrelerin kanal içerisine taşınmasını sağlayarak rejeneratif süreci başlatır (Kyaw et al., 2025).

5.3. Scaffold ve Restoratif Aşama

Kan pıhtısı üzerine kollajen matriks yerleştirildikten sonra MTA gibi kalsiyum silikat esaslı materyaller uygulanır (Mujawar et al., 2025). Ardından cam iyonomer veya benzeri ara tabaka ve adeziv restorasyon ile koronal sızdırmazlık sağlanır ki bu, tedavi başarısı için kritik öneme sahiptir (AAE, 2021).

5.4. Takip

RET sonrası uzun dönem başarının değerlendirilmesi için 6., 12., 18. ve 24. aylarda, ardından en az 5 yıl süreyle yıllık klinik ve radyografik kontroller önerilmektedir (AAE, 2021). Enfeksiyonun persiste ettiği veya intrakanal medikamentin yenilenmesini gerektiren olgularda, özellikle inflamatuvar kök rezorpsiyonu varlığında, 3 aylık erken takip önerilmektedir (Mohammadi et al., 2018). Ayrıca ortodontik tedavi planlanan hastalarda kemik iyileşmesi tamamlanana kadar RET uygulanmış dişler mümkünse ortodontik kuvvetlerden korunmalı ve daha sık izlenmelidir (Kindelan et al., 2008).

6.Başarı Kriterleri

Rejeneratif endodontik tedavinin başarısı; ağrı ve enflamasyon bulgularının ortadan kalkması, periapikal iyileşme, kök gelişiminin devamı, kök rezorpsiyonunun görülmemesi, vitalite testlerine pozitif yanıt alınması, fonksiyonel ve estetik kabul edilebilirlik ile klinik olarak belirgin renk değişikliği olmaması ve periodontal ligament benzeri yapının radyografik olarak izlenebilmesi gibi klinik ve radyografik kriterlerle değerlendirilmektedir. Bu kriterler, rejeneratif tedavinin biyolojik iyileşme ve fonksiyonel restorasyona yönelik hedeflerini yansıtmaktadır (Diogenes et al., 2016).

7.Rejeneratif Endodontik Tedavinin İstenmeyen Sonuçları

RET, immatür dişlerde kök gelişimi ve periapikal iyileşmeyi desteklese de renk değişikliği, yetersiz kök gelişimi ve pulpal rejenerasyonun tam sağlanamaması gibi komplikasyonlar görülebilmektedir (Mohammadi et al., 2018). Renklenme başlıca minosiklin içeren üçlü antibiyotik patı ve MTA ile ilişkili olup, bu nedenle modifiye antibiyotik patları ve renk stabilitesi yüksek biyomateryaller önerilmektedir (Lenherr ve ark., 2012). Uzun süreli nekroz, biyofilmin tam uzaklaştırılamaması ve geniş dentin tübülleri kök gelişimini ve dezenfeksiyonu olumsuz etkileyebilmekle birlikte, kök gelişimi olmadan da periapikal iyileşme sağlanabilmektedir (Nosrat ve ark., 2012). Ayrıca kısa köklü ve geniş apeksli dişlerde kan pıhtısının stabilitesi sınırlı olabilmekte ve nadiren kısmi kanal obliterasyonu görülebilmektedir (Nosrat ve ark., 2012).

SONUÇ

Pedodontide rejeneratif endodontik tedaviler, nekrotik pulpalı immatür daimî dişlerde enfeksiyon kontrolünün yanı sıra kök gelişiminin devamını hedefleyen biyolojik temelli bir yaklaşımdır. Tedavinin başarısı; yaş, apikal açıklık, enfeksiyonun şiddeti ve koronal sızdırmazlık gibi faktörlere bağlı olduğundan, uygun vaka seçimi temel belirleyici konumundadır. Ayrıca dezenfeksiyonu destekleyen ajanlar, uygun biyolojik iskele ve etkili koronal bariyerin sağlanması için biyomateryal seçimi kritik öneme sahiptir. Sonuç olarak, rejeneratif endodontik tedaviler uygun endikasyonlarda ve doğru protokollerle uygulandığında pedodonti pratiğine önemli biyolojik ve fonksiyonel katkılar sağlamaktadır.

Kaynakça

- American Association of Endodontists (AAE). (2016). Clinical considerations for a regenerative procedure.
- American Association of Endodontists. (2021). AAE clinical considerations for a regenerative procedure. *American Association of Endodontists*.
<https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/regenerative-endodontics/>
- Asgary, S., Aram, M., & Fazlyab, M. (2024). Comprehensive review of composition, properties, clinical applications, and future perspectives of calcium-enriched mixture (CEM) cement: A systematic analysis. *BioMedical Engineering OnLine*, 23, 96.
<https://doi.org/10.1186/s12938-024-01290-4>
- Banchs, F., & Trope, M. (2004). Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: New treatment protocol? *Journal of Endodontics*, 30(4), 196–200.
- Biedma-Perea, M., Arenas-González, M., Barra-Soto, M. J., Caleza-Jiménez, C., & Rodríguez-Núñez, A. (2026). Regenerative endodontic treatment in permanent incisors: Two case reports with 6 years of follow-up. *Children*, 13(2), 246.
<https://doi.org/10.3390/children13020246>
- Camilleri, J., Sorrentino, F., & Damidot, D. (2015). Characterization of un-hydrated and hydrated BioAggregate™ and MTA Angelus™. *Clinical Oral Investigations*, 19(3), 689–698. <https://doi.org/10.1007/s00784-014-1292-4>
- Diogenes, A., Ruparel, N. B., Shiloah, Y., & Hargreaves, K. M. (2016). Regenerative endodontics: A way forward. *Journal of the American Dental Association*, 147(5), 372–380. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2016.01.009>
- European Society of Endodontology (ESE). (2016). Position statement: Revitalization procedures. *International Endodontic Journal*, 49(8), 717–723.
- Galler, K. M., Buchalla, W., Hiller, K.-A., Federlin, M., Eidt, A., Schiefersteiner, M., & Schmalz, G. (2015). Influence of root canal disinfectants on growth factor release from dentin. *Journal of Endodontics*, 41(3), 363–368.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.021>

- Gupta, D., Shaw, A. K., Kamat, S., Kamat, M., Behera, S., & Sahoo, P. K. (2025). Revascularizing ability of platelet-rich fibrin in permanent necrotic immature teeth: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 28(11), 1069–1076. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_491_25
- Hirschberg, C. S., Patel, N. S., Patel, L. M., Kadouri, D. E., & Hartwell, G. R. (2013). Comparison of sealing ability of MTA and EndoSequence Bioceramic Root Repair Material: A bacterial leakage study. *Quintessence International*, 44(7), e157–e162.
- Huang, F., Cheng, L., Li, J., & Ren, B. (2022). Nanofibrous scaffolds for regenerative endodontic treatment. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, 1078453. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1078453>
- Huang, G. T. J., Sonoyama, W., Liu, Y., Liu, H., Wang, S., & Shi, S. (2008). *The hidden treasure in apical papilla: The potential role in pulp/dentin regeneration and bioroot engineering.* *Journal of Endodontics*, 34(6), 645–651. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.03.001>
- Kakti, A., Mubarak, S. A., Alamoudi, S., Alzain, L., Bahamid, A. A., Di Blasio, M., Marrapodi, M. M., Cicciù, M., & Minervini, G. (2026). Assessment of the efficacy of platelet-rich plasma in treatment of immature permanent teeth in children: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 50(3), 51–62. <https://doi.org/10.22514/jocpd.2026.060>
- Kaur, M., Singh, H., Dhillon, J. S., Batra, M., & Saini, M. (2017). *MTA versus Biodentine: Review of literature with a comparative analysis.* *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(8), ZG01–ZG05. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25840.10374>
- Kim, S. G., Malek, M., Sigurdsson, A., Lin, L. M., & Kahler, B. (2018). Regenerative endodontics: A comprehensive review. *International Endodontic Journal*, 51(12), 1367–1388. <https://doi.org/10.1111/iej.12954>
- Kindelan, S. A., Day, P., Kindelan, J. D., Spencer, J. R., Duggal, M. S., & Welbury, R. R. (2008). Dental trauma: An overview of its influence on the management of orthodontic treatment. *Part I. Journal of Orthodontics*, 35(2), 68–78. <https://doi.org/10.1179/146531207225022482>

- Kyaw, M. S., Kamano, Y., Yahata, Y., Fujisawa, M., & Nakashima, M. (2025). Endodontic regeneration therapy: Current strategies and tissue engineering solutions. *Cells*, 14(6), 422. <https://doi.org/10.3390/cells14060422>
- Lenherr, P., Allgayer, N., Weiger, R., Filippi, A., Attin, T., & Krastl, G. (2012). Tooth discoloration induced by endodontic materials: A laboratory study. *International Endodontic Journal*, 45(10), 942–949. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02053.x>
- Lovato, K. F., & Sedgley, C. M. (2011). Antibacterial activity of EndoSequence root repair material and ProRoot MTA against clinical isolates of *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 37(11), 1542–1546. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.06.022>
- Markandey, S., & Das Adhikari, H. (2022). Evaluation of blood clot, platelet-rich plasma, and platelet-rich fibrin-mediated regenerative endodontic procedures in teeth with periapical pathology: A CBCT study. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 47(4), e41. <https://doi.org/10.5395/rde.2022.47.e41>
- Matoug-Elwerfelli, M., Alghutaimel, H., Jamal, H., & Nazzal, H. (2025). Scaffold-based regenerative endodontics: A scoping review of orthotopic regeneration outcomes. *Advancements in Paediatric Dentistry*, 1(1), 17–31. https://doi.org/10.4103/adpd.adpd_2_25
- Mohammadi, Z., Jafarzadeh, H., Shalavi, S., Yaripour, S., Sharifi, F., & Kinoshita, J. (2018). A review on triple antibiotic paste as a suitable material used in regenerative endodontics. *Iranian Endodontic Journal*, 13(1), 1–6. <https://doi.org/10.22037/iej.v13i1.17941>
- Mujawar, A., Pandit, V., Karobari, M. I., Heboyar, A., Qureshi, A., & Patel, M. (2025). Comparative outcomes and success rates of regenerative endodontics versus traditional root canal therapy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of International Medical Research*, 53(9), 1–18. <https://doi.org/10.1177/03000605251379243>
- Murray, P. E., Garcia-Godoy, F., & Hargreaves, K. M. (2007). Regenerative endodontics: A review of current status and a call for action. *Journal of Endodontics*, 33(4), 377–390.

- Nosrat, A., Homayounfar, N., & Oloomi, K. (2012). Drawbacks and unfavorable outcomes of regenerative endodontic treatments of necrotic immature teeth: A literature review and report of a case. *Journal of Endodontics*, 38(10), 1428–1434. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.06.025>
- Rezazadeh, H., & Okhovatfard, M. (2023). Effect of platelet rich plasma in regenerative endodontic treatment: A review of clinical trials. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 16(11), 5562–5566. <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2023.00899>
- Ríos-Osorio, N., Caviedes-Bucheli, J., & Jimenez-Peña, O. (2023). Comparative outcomes of platelet concentrates and blood clot scaffolds for regenerative endodontic procedures: A systematic review of randomized controlled clinical trials. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 15(3), e239–e249. <https://doi.org/10.4317/jced.60150>
- Sabeti, M., Ghobrial, D., Zanjir, M., da Costa, B. R., Young, Y., & Azarpazhooh, A. (2024). Treatment outcomes of regenerative endodontic therapy in immature permanent teeth with pulpal necrosis: A systematic review and network meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 57(3), 238–255. <https://doi.org/10.1111/iej.13999>
- Sareen, S., Brar, P. K., Gupta, S., & Goyal, L. (2025). Tooth vitality and periapical healing: Is Biodentine at par with MTA in regenerative endodontics? *Evidence-Based Dentistry*, 26(1), 6–7. <https://doi.org/10.1038/s41432-025-01109-8>
- Shi, X., Hu, X., Jiang, N., & Mao, J. (2025). Regenerative endodontic therapy: From laboratory bench to clinical practice. *Journal of Advanced Research*, 72, 229–263. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2024.07.001>
- Siddiqui, Z., Sarkar, B., Kim, K. K., Kadincesme, N., Paul, R., Kumar, A., Kobayashi, Y., Roy, A., Choudhury, M., Yang, J., Shimizu, E., & Kumar, V. A. (2021). Angiogenic hydrogels for dental pulp revascularization. *Acta Biomaterialia*, 126, 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2021.03.001>
- Tao, X., Zhang, H., Mei, P., Huang, J., Fang, B., Huan, Z., & Wu, C. (2025). An injectable bioceramics-containing composite hydrogel promoting innervation for pulp-dentin complex repair. *International Journal of Oral Science*, 17(1), 66. <https://doi.org/10.1038/s41368-025-00398-0>

- Utneja, S., Nawal, R. R., Talwar, S., & Verma, M. (2015). Current perspectives of bio-ceramic technology in endodontics: Calcium enriched mixture cement—Review of its composition, properties and applications. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 40(1), 1–13. <https://doi.org/10.5395/rde.2015.40.1.1>
- Yuan, S., Yang, X., Wang, X., Chen, J., Tian, W., & Yang, B. (2023). Injectable xenogeneic dental pulp decellularized extracellular matrix hydrogel promotes functional dental pulp regeneration. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(24), 17483. <https://doi.org/10.3390/ijms242417483>
- Zhang, S., Yang, X., & Fan, M. (2013). BioAggregate and iRoot BP Plus optimize the proliferation and mineralization ability of human dental pulp cells. *International Endodontic Journal*, 46(10), 923–929. <https://doi.org/10.1111/iej.12082>

BÖLÜM 3

ÇOCUKLUK ÇAĞI OBSTRÜKTİF UYKU APNESİNDE PEDODONTİK DEĞERLENDİRME VE YÖNETİM

Belgin ÖZGÖKÇE DEĞER¹ , Burçin AVCI²

¹ Arş. Gör., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Diş hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Ana Bilim Dalı, Van, Türkiye, belginozgokcedeger@yyu.edu.tr, ORCID: 0009-0002-9121-5906

² Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Diş hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Ana Bilim Dalı, Van, Türkiye, burcinavci@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2066-0204

1. GİRİŞ

Uyku çocukların büyüme ve gelişimini destekleyen, bağışıklık sistemini doğrudan etkileyen fizyolojik bir gereksinimdir (Arcidiacono et al., 2024). Obstrüktif uyku apnesi (OSA), uyku sırasında üst hava yolunda tekrarlayan parsiyel ve tam tıkanıklar sonucu gelişen ve çocuğun yaşam kalitesini etkileyen bir solunum bozukluğudur (Ito & Inoue, 2015). Her yaşta ortaya çıkabilse de görülme sıklığının 2-7 yaş arasında daha fazla olduğu ve neredeyse çocukların %1 ile %5'inde görüldüğü bilinmektedir (Bixler et al., 2009; Marcus et al., 2012). Kraniyofasiyal gelişimin aktif olduğu bu dönemde ağız içi ve çevre dokuların değerlendirilmesi sayesinde pedodontistler, OSA açısından risk taşıyan çocukların erken dönemde fark edilmesi, taranması ve uygun uzmanlık alanlarına yönlendirilmesinde önemli bir konumda yer almaktadır

(Paglia, 2019).

Bu bölümde çocukluk çağı OSA'sının etiyolojisi, klinik bulguları ve tanısal yaklaşımları pedodontik açıdan değerlendirilecek; ayrıca pedodontistin OSA açısından risk taşıyan çocukların erken dönemde fark edilmesi ve uygun uzmanlık alanlarına yönlendirilmesindeki rolü ele alınacaktır.

1.1. Çocukluk Çağı OSA'nın Tanımı

OSA, uyku sırasında üst hava yolunda tekrarlayan parsiyel veya tam tıkanıklar sonucu ortaya çıkan, uyku bütünlüğünün kesintiye uğramasına neden olan bir solunum bozukluğudur (Ito & Inoue, 2015). Çocuklarda OSA; hava akımının ya da nazal basıncın %90 veya daha üzerinde azalmasına ek olarak göğüs abdominal eforda artış olmasına rağmen hava akımının olmaması olarak tanımlanmaktadır. En az iki solunum siklusu süresince devam eden bu olaylar apne olarak değerlendirilir. Çocuklarda obstrüktif hipopne ise hava akımında %50'den fazla azalma, oksijen satürasyonunda %4'ten fazla azalma ya da %90'ın altına düşmesi veya uyanma ile karakterizedir (Balbani et al., 2005).

Çocukluk çağında görülen OSA, büyüme ve gelişmenin aktif olarak devam ettiği bu dönemde yaşam kalitesini doğrudan etkileyebilecek nörokranial ve davranışsal bozukluklara yol açabilmektedir. Bundan dolayı yetişkinlerde görülen OSA'dan önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar nedeniyle çocukluk çağı OSA'sı, pediatrik popülasyona özgü klinik ve tanısal kriterler çerçevesinde değerlendirilmelidir (Alsubie & BaHammam, 2017; Arcidiacono et al., 2024).

1.2. Tanısal Kriterler

Çocuklarda, saatte bir apne veya hipopne olayının saptanması patolojik olarak kabul edilir. Tespit etmek için kullanılan altın standart yöntem ise polisomnografidir (PSG). PSG, uyku sırasında oksihemoglobin satürasyonu, beyin aktivitesi, göz hareketi, baş ve bacaklardaki kas aktivitesi, göğüs ve karın hareketi, solunum akışı, nabız, vücut pozisyonu gibi fizyolojik parametreleri tespit eder ve kaydeder (Giuca et al., 2021; Hansen et al., 2022).

Apne-hipopne indeksi (AHİ), uyku saati başına düşen apne ve hipopne sayısını gösterir ve OSA'nın tanısı ile şiddetinin belirlenmesinde temel ölçüt olarak kullanılmaktadır (Berry et al., 2012). Çocuklarda AHİ ≥ 1 olması patolojik kabul edilmektedir (Li & Lee, 2009). Çocukluk çağı OSA'da AHİ'si 1-4.9 arası olgular hafif, 5-9.9 arası olgular orta ve ≥ 10 olgular ise ağır obstrüktif uyku apne olarak değerlendirilir (Redline et al., 1999; Roland et al., 2011).

1.3. Etiyoloji ve Risk Faktörleri

Çocukluk çağı OSA'sı multifaktöriyel bir etiyolojiye sahiptir. Adenotonsiller hipertrofi pediatrik yaş grubunda üst hava yolu obstrüksiyonunun en sık görülen nedenidir (Kang et al., 2014). Belirli anatomik anomaliler, kraniyofasiyal anomaliler, nöromüsküler hastalıklar veya hipotoni olan hastalar, obstrüktif uyku apnesi gelişimi açısından çocukları daha yüksek risk altına sokmaktadır (El Mallah et al., 2017).

Anatomik anomaliler: Hipertrofik bademcikler ve adenoidler, makroglossi, koanal atrezi, solunum dokusu kalınlaşması (örn. mukopolisakkaridoz gibi hastalıkların neden olduğu) veya obezite OSA gelişimine katkıda bulunan anatomik faktörler arasında yer almaktadır (Stark et al., 2018).

Maksiller darlık, yüksek ve dar damak yapısı, mikrognati ile veya mikrognati olmaksızın görülebilen orta yüz eksikliği gibi iskeletsel özellikler OSA gelişimiyle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, velofaringeal yetmezliğin düzeltilmesi amacıyla uygulanan bazı cerrahi prosedürler (örneğin faringeal flepler) hava yolunu daraltarak OSA gelişimine katkıda bulunabilir (Behrents et al., 2019; Ito & Inoue, 2015).

Kraniyofasiyal anomaliler: Kraniosinostotik sendromlar, akondroplazi, Pierre Robin sekansı, yarık dudak ve damak gibi anomaliler kraniyofasiyal morfolojide meydana gelen değişiklikler nedeniyle üst hava yolunun daralmasına yol açarak OSA riskinde artışa neden olmaktadır (Behrents et al., 2019; Stark, Pozo-Alonso, Daniels, & Camacho, 2018).

Nöromusküler hastalıklar: Serebral palsy, miyotonik distrofiler, diğer miyopatiler hipotoninin bir bileşeni olarak OSA gelişme riskini arttırmaktadır (Behrents et al., 2019; Marcus et al., 2012).

Dental muayene sırasında çocukluk çağı OSA risk faktörleri erken fark edilebilir. Ağız içi değerlendirmede yüksek ve dar damak, maksiller darlık, posterior çapraz kapanış ve makroglossi gibi bulgular dikkat çekerken; ekstraoral muayenede retrognati, mikrognati ve orta yüz hipoplazisi dikkat çeken bulgular arasında yer alır. Ayrıca dudak yetersizliği ve anterior açık kapanış da üst hava yolu obstrüksiyonunu düşündüren bulgular arasındadır (Gozal, 1998; Ngiam & Cistulli, 2015).

1.4. Klinik Bulgular

Çocukluk çağı OSA'sı, gece ve gündüz ortaya çıkan çeşitli klinik bulgular ile karakterizedir. Geceye ait klinik bulgular arasında haftada üç veya daha fazla gece görülen yüksek sesli horlama, başka bir kişi tarafından gözlemlenebilen solunum durmaları, nefes darlığı ile ani uyanmalar ve sık uyanma atakları eşlik eder. Uyku sırasında huzursuzluk, olağandışı uyku pozisyonları (boynun aşırı ekstansiyonda olması, oturur pozisyonda uyuma gibi) ve belirgin terleme de OSA'lı çocuklarda sık gözlenen bulgular arasındadır. OSA'lı çocuklar genellikle uykuda kalmakta zorlanır ve uyku bütünlüğü bozulur. Sabahları ağız kuruluğu, boğaz ağrısı ve baş ağrısı ile uyanma sık görülen belirtiler arasındadır. (Erverdi, 2017).

Gündüz döneminde ise aşırı gündüz uykululuğu, dikkat sorunları, konsantrasyon güçlüğü ve akademik performansta düşüş görülebilmektedir. Bu çocuklarda huzursuzluk ve davranış problemleri de sık karşılaşılan bulgular arasında yer almaktadır. Kronik ağız solunumu hem gece hem de gündüz döneminde devam eden önemli bir klinik bulgu olarak dikkat çekmektedir. (Erverdi, 2017).

Dil normal koşullarda istirahat halinde, sert damağın ortasında yer alır ve gövdesi ile de üst çene posterior dişleri destekleyecek şekilde konumlanır. Ağız solunumu yapan hastalarda ise dilin önde ve aşağı doğru konumlanması ile üst çene posterior dişler bu desteklerini yitirir. Bu destekten mahrum kalan üst çenedeki posterior dişler buksinator ve masseter kasların basıncı na karşı koyamaz ve dil tarafına doğru hareket ederek üst çenenin daralmasına ve posterior çapraz kapanışa sebep olur. Ayrıca, ağzın solunum esnasında açık olması durumunda alt posterior dişlerle temas edemeyen üst posterior dişler dikey yönde uzayarak alt çenenin aşağı ve geriye rotasyon yapmasına neden olur. Böylelikle ağız solunumuna bağlı olarak çocuklarda Sınıf II Divizyon I, anterior açık kapanış maloklüzyonu oluşma olasılığı artar (Erverdi, 2017).

Bu klinik belirtilerin bir arada değerlendirilmesi, çocukluk çağı OSA'nın erken dönemde fark edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Ito & Inoue, 2015; Marcus et al., 2012).

1.5. OSA'nın Patofizyolojisi

Uyku sırasında üst solunum yolunun daralmasının altında yatan patofizyoloji çok faktörlüdür (Ito & Inoue, 2015; Jara et al., 2015). Obstrüktif uyku apnesi, faringeal dilatatör kaslar gevşediğinde ve solunum sırasında solunum yolunun daralmasına neden olduğunda ortaya çıkar. Bu durum kandaki oksijen seviyesini düşürür ve karbondioksit seviyesini artırır. Azalan ekspiratuar akciğer hacmi, yetersiz ventilasyon dürtüsü, kas tepkiselliği ve dengesiz ventilasyon kontrolü (yüksek döngü kazancı) da hava yolu daralmasına katkıda bulunabilir (Eckert et al., 2013; Ito & Inoue, 2015).

2. Tanı Yöntemleri

OSA'nın tanısal yaklaşımı erişkin popülasyondan belirgin farklılıklar göstermektedir. Pediatrik yaş grubunda OSA prevalansı yaklaşık %2 civarında bildirilirken, erişkinlerde bu oran %3-7 arasında değişmektedir. Cinsiyet dağılımı çocukluk döneminde kız ve erkeklerde benzer seyrederken erişkinlerde ise prevalans erkeklerde daha yüksek seyretmektedir. Etiyolojik açıdan değerlendirildiğinde çocuklarda en sık neden adenotonsiller hipertrofi iken, erişkinlerde ise obezite ön plandadır (Yılmaz, 2015). Bu özellikler, çocuklarda OSA tanısının erişkinlerden farklı değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle tanısal değerlendirme sürecinde yaşa özgü kriterler temel alınmalıdır (Alsubie & BaHammam, 2017).

2.1. Tanısal Süreçte Klinik Yaklaşım

Çocukluk çağı OSA'sında tanı süreci, klinik olarak şüphe uyandıran bulguların fark edilmesiyle başlar. Çocuklarda hastalık tipik solunumsal belirtilerle ortaya çıkabileceği gibi davranış değişiklikleri ile de ön plana çıkabilir (Lumeng & Chervin, 2008; Marcus et al., 2012). Bu nedenle tanısal değerlendirmede yalnızca horlama gibi belirgin yakınmalar değil, çocuğun genel uyku düzeni ve gündüz davranışları birlikte ele alınmalıdır (Marcus et al., 2012). Tanı sürecinde amaç, OSA açısından risk taşıyan çocukları belirlemek ve hangi hastaların ileri incelemeye yönlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktır (Ito & Inoue, 2015; Marcus et al., 2012).

Klinik değerlendirme sırasında ebeveynlerden alınan öykü temel belirleyicidir. Haftada üç veya daha fazla görülen habitual horlama, tanıklı apne atakları, huzursuz uyku ve uyku sırasında çok hareket etme ileri inceleme gerektiren önemli bulgular arasında değerlendirilmektedir (Benbir

& Karadeniz, 2014; Kaditis et al., 2016; Marcus et al., 2012). Bununla birlikte gündüz dönemi davranış değişiklikleri, dikkat sorunları veya akademik performans düşüklüğü de tanısall süreçte katkı sağlayabilir; ancak tek başına tanı koydurucu değildir (Lumeng & Chervin, 2008; Marcus et al., 2012).

Risk faktörlerinin varlığı tanısall yaklaşımı güçlendirmektedir. Adenotonsiller hipertrofi, obezite, kraniyofasiyal anomaliler ve nöromusküler hastalıklar pediatrik OSA açısından başlıca predispozan durumlar arasında yer almaktadır (Ito & Inoue, 2015; Marcus et al., 2012).

Bu tür risk faktörlerinin eşlik ettiği olgularda objektif değerlendirme yöntemlerine daha erken başvurulması önerilmektedir. Sonuç olarak, pediatrik OSA’da klinik yaklaşımın temel amacı tanıyı doğrudan koymak değil, hangi hastaların ileri tetkik için uygun olduğunu belirlemektir (Marcus et al., 2012). Bu nedenle klinik değerlendirme, tanı sürecinin ilk ve yönlendirici basamağını oluşturması nedeniyle oldukça önem arz etmektedir.

2.2. Fizik Muayene ve Orofaringeal Değerlendirme

Pediatrik OSA tanısında klinik belirtiler, fizik muayene ile desteklendiği zaman daha da anlam kazanmaktadır. Muayene sırasında üst havayolunu daraltabilecek anatomik faktörlerin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (Marcus et al., 2012). Özellikle adenotonsiller hipertrofi çocukluk çağı OSA’nın en sık nedenlerinden biri olduğundan, tonsil boyutunun değerlendirilmesi tanısall süreçte önemli bir yere sahiptir (Kaditis et al., 2016; Marcus et al., 2012). Bu değerlendirme için Brodsky tonsil skalası kullanılabilir; bu skalada tonsil boyutları 0’dan 4’e kadar derecelendirilir. Grade 1’de %25’ten az obstrüksiyon, Grade 4’te ise %75 ve üzeri obstrüksiyon tanımlanır (Brodsky, 1989). Orofaringeal muayenede tonsil büyüklüğünün yanı sıra yumuşak damak pozisyonu, uvula görünümü ve posterior hava yolu açıklığı da gözlemlenmelidir (Kaditis et al., 2016). Kraniyofasiyal yapıların değerlendirilmesi de fizik muayenenin önemli bir parçasıdır. Dar maksilla, yüksek damak, retrognati, mikrognati ve posterior çapraz kapanış gibi morfolojik özellikler üst havayolu direncini artırarak OSA gelişimine katkıda bulunabilmektedir (Guilleminault et al., 2004; Ito & Inoue, 2015). Bu bulgular özellikle pedodontistler açısından erken dönemde fark edilebilecek önemli ipuçlarıdır. Ayrıca obezite varlığı, boyun çevresi artışı ve nazal obstrüksiyona yol açabilecek alerjik rinit veya septum deviasyonu gibi durumlarda değerlendirilmelidir (Ito & Inoue, 2015; Marcus et al., 2012). Fizik muayene tek başına tanı koydurucu olmamakla birlikte, hangi hastaların objektif değerlendirmeye yönlendirilmesi gerektiğini belirlemede yönlendirici rol oynamaktadır (Marcus et al., 2012).

2.3. Objektif Tanı Yöntemleri

Çocukluk çağı OSA’da kesin tanı, objektif uyku incelemeleri ile konur. Çocukluk çağı OSA’nın tanısı için aileden alınan detaylı bir anamnez, fizik muayene ve klinik değerlendirme önemli parametreler olsa da hastalığın varlığını ve şiddetini belirlemede kullanılan altın standart yöntem PSG’dir (Aurora et al., 2011; Marcus et al., 2012). PSG, uyku sırasında hava akımı, solunum eforu, oksijen satürasyonu, elektroensefalografi ve kardiyak ritim gibi birçok parametrenin eş zamanlı olarak kaydedilmesini sağlar. Bu sayede hem obstrüktif olayların sıklığı hem de gaz değişimindeki bozulma objektif olarak değerlendirilebilir (Marcus et al., 2012). Pediatrik hastalarda PSG uygulaması, erişkinlerden bazı yönleriyle farklılık göstermektedir. İncelemenin doğal uyku sırasında yapılması esastır ve sedatif ajan kullanımı önerilmemektedir (Aurora et al., 2011; Marcus et al., 2012). Daha doğal bir uyku elde edilmesine ve kayıt kalitesinin artmasına katkı sağlamak için pediatrik uyku laboratuvarlarında ortamın çocuğa uygun şekilde düzenlenmesi önerilmektedir. Ebeveynlerden birinin gece boyunca çocukla birlikte kalmasına izin verilmesi, çocuğun yaşına uygun şekilde bilgilendirilmesi ve incelemenin çocuğun alışık olduğu uyku saatlerine göre planlanması önerilen uygulamalar arasındadır (Aurora et al., 2011; Wise et al., 2011). PSG her ne kadar hastalığın şiddetini belirlemede ve tedavi planlamasında yol gösterici olsa da maliyet, erişilebilirlik ve laboratuvar koşulları nedeniyle her hastada uygulanamayabilir (Aurora et al., 2011; Marcus et al., 2012).

Ev tipi uyku testleri ve sınırlı kanal kayıt sistemleri bazı merkezlerde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemlerin pediatrik popülasyonda duyarlılık ve özgüllüğü tam gece laboratuvar PSG’sine göre daha düşüktür ve rutin kullanım için önerilmemektedir (Marcus et al., 2012; Wise et al., 2011). Tarama amacıyla kullanılan anketler kesin tanı koydurmamalarına karşın klinik şüpheyi desteklemede yardımcı olabilirler. Örneğin Pediatric Sleep Questionnaire (PSQ), çocuklarda uykuya bağlı solunum bozukluklarının değerlendirilmesinde sık kullanılan bir araçtır (Chervin et al., 2000). Ancak bu tür ölçekler tanı koydurucu değildir ve objektif yöntemlerin yerini tutmaz (Aurora et al., 2011; Marcus et al., 2012).

Sonuç olarak, pediatrik OSA tanısında PSG altın standart yöntem olmaya devam etmektedir. Klinik değerlendirme, fizik muayene, anketler ve görüntüleme yöntemleri ise tanı koydurucu olmayıp yalnızca ileri inceleme gerektiren hastaların belirlenmesinde rehberlik etmektedir (Marcus et al., 2012).

2.4. Görüntüleme Yöntemleri

Çocukluk çağı OSA’da tanı temel olarak klinik değerlendirme ve PSG ile konulmaktadır. Ancak bazı hastalarda üst hava yolunun anatomik yapısının değerlendirilmesi amacıyla görüntüleme yöntemlerinden yararlanılabilir (Arcidiacono et al., 2024). Lateral sefalometrik radyografiler ve lateral boyun grafileri, özellikle adenoid hipertrofisinin ve kraniofasiyal yapıların değerlendirilmesinde yardımcı olabilir. Maksillomandibular ilişki, dar maksilla, retrognati gibi üst hava yolunu etkileyebilecek yapısal özelliklerin değerlendirilmesine katkı sağlayabilir (Ito & Inoue, 2015). Manyetik rezonans görüntüleme veya bilgisayarlı tomografi gibi ileri görüntüleme yöntemleri rutin olarak gerekli değildir. Bu yöntemler daha çok karmaşık olgularda, kraniofasiyal anomalilerde veya cerrahi planlama öncesinde tercih edilmektedir. Sonuç olarak, görüntüleme yöntemleri pediatrik OSA tanısında birincil basamak değildir. Ancak seçilmiş hastalarda anatomik değerlendirmeye katkı sağlayarak tedavi planlamasına yardımcı olabilir (Arcidiacono et al., 2024).

3. Tedavi

OSA’da tedavi, hastalığın ciddiyetine ve etiyolojisine bağlı olarak cerrahi ve cerrahi olmayan seçeneklerle gerçekleştirilmektedir (Marcus et al., 2012).

3.1. Cerrahi Tedavi Seçenekleri

3.1.1. Adenotonsillektomi

Çocukluk çağı OSA’da en sık etiyolojik faktörlerden biri tonsil ve adenoid dokuların hipertrofisidir; bu nedenle adenotonsillektomi sıklıkla ilk tercih edilen tedavi yöntemidir (Marcus et al., 2012). Adenotonsillektomi palatin tonsiller ile nazofarenkste yer alan adenoid dokunun cerrahi olarak tamamen ya da kısmen çıkarılması işlemidir (Sullivan, 2012).

Amaç mekanik obstrüksiyona yol açan lenfoid dokunun uzaklaştırılması ile üst hava yolu açıklığını arttırmak ve apne-hipopne indeksini (AHİ) azaltmaktır. Randomize kontrollü çalışmalar, adenotonsillektomi sonrasında AHİ’de anlamlı azalma göstermektedir. Bununla birlikte gündüz semptomlarında düzelme, davranışsal ve nörokognitif bulgularda iyileşme ve yaşam kalitesinde artış sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte obez çocuklarda, kraniofasiyal anomalisi bulunan hastalarda ve ağır OSA olgularında cerrahi sonrası rezidüel OSA görülebileceği bildirilmektedir. Bu nedenle postoperatif klinik ve gerektiğinde PSG ile takip önerilmektedir (Marcus et al., 2012).

3.1.2. Diğer Cerrahi Yaklaşımlar

Seçilmiş olgularda; uvulopalatofaringoplasti (UPPP), dil kökü cerrahileri ve maksillomandibular ilerletme cerrahisi gibi ileri cerrahi seçenekler uygulanabilmektedir. Ancak bu yaklaşımlar çocukluk çağında çok daha sınırlı endikasyona sahiptir.

3.2. Cerrahi Olmayan Tedavi Seçenekleri

3.2.1. Alerjik Rinit ve Medikal Tedavi

Alerjik rinit, çocukluk çağında sık görülen ve st hava yolunda inflamasyona neden olan bir durumdur (Kaditis et al., 2016). Nazal mukozada dem ve sekresyon artışı oluşturarak hava yolu direncini arttırabilir ve OSA semptomlarını şiddetlendirebilir (Marcus et al., 2012). Hafif dereceli OSA olgularında intranazal kortikosteroid tedavisinin apne-hipopne indeksinde azalma sağlayabildiği bildirilmiştir (Kaditis et al., 2016). Topikal ve sistemik dekonjestanlar ve kortikosteroidler, hücresel apoptozu tetikler ve lenfoid dokuların büyümesini engelleyerek OSA semptomlarının şiddetlenmesini engeller (Tapia & Marcus, 2013). Bu nedenle OSA değerlendirmesi yapılan çocuklarda alerjik rinit varlığının sorgulanması ve uygun şekilde tedavi edilmesi önerilmektedir (Marcus et al., 2012).

3.2.2. Pozitif Havayolu Basıncı (CPAP)

Orta ve ağır şiddetteki OSA olgularında pozitif havayolu basıncı (CPAP), yalnızca erişkinlerde değil ocuk hastalarda da etkili bir tedavi seçeneği olarak kullanılmaktadır. CPAP uygulaması, uyku sırasında st hava yolunun açık kalmasını sağlar ve böylece ciddi komplikasyon riskini azaltır. Bu özelliği nedeniyle OSA tedavisinde kullanılan altın standart yöntemlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Clark et al., 1996).

ocuk hastalarda uygun maske seçimi önemlidir ve yaş grubuna uygun ekipman kullanılması gerekir. Yapılan alışmalar, çocuklarda tedaviye uyumun çoğu zaman iyi olduğunu, hastaların büyük bir bölümünde başarı sağlandığını ve hatta bir yaşın altındaki çocuklarda bile yarar görülebildiğini göstermektedir (Massa et al., 2002).

3.2.3. Kilo Kontrolü

Obezite, özellikle adölesan dönemde OSA için önemli bir risk faktörüdür. Uykuda solunum bozukluğu bulunan büyük çocuklarda obezite oranının %37–66 arasında olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle fazla kilolu çocuklarda kilo kontrolü tedavinin önemli bir basamağını oluşturur (Bodenner et al., 2014; Hannon et al., 2012).

3.2.4. OSA Tedavisinde Ortodontik ve Dentofasiyal Yaklaşımlar

Yüz Maskesi: Orta yüz gelişiminin yetersiz olduğu ve maksillanın sagittal yönde yeterli gelişimi göstermediği durumlarda yüz maskesi kullanılabilir. Yüz maskesi, maksiller sütürlerde öne ve aşağıya doğru kemik gelişimini uyarır ve üst hava yollarının hacminde artışa neden olur. Bu etkileri nedeniyle çocukluk çağı OSA’da tercih edilir (Ming et al., 2018).

Hızlı Üst Çene Genişletme (RME) Apareyi: Maksiller darlığın eşlik ettiği OSA olgularında hızlı üst çene genişletme (RME) apareylerinden yararlanılabilmektedir. Yüksek ve derin damak kubbesi, burun tıkanıklığına ve posterior çapraz kapanışa neden olmaktadır. RME apareyleri maksillanın öne ve aşağıya hareket etmesini sağlayarak etki eder. Nazal kavitenin tabanını oluşturan maksillada genişlik artışı meydana gelir ve bunun sonucunda nazal hava yolu hacmi artar. Sonuç olarak, nazal direnç azalır, nazal solunum iyileşir ve hava akımının artmasına neden olur (Bucci et al., 2019; Kim et al., 2019).

Mandibular İlerletme Apareyi: Uygun vakalarda büyüme döneminde kullanıldığında mandibulanın anteriora doğru gelişimini yönlendirir. Mandibulanın bu şekilde anteriora konumlandırılması, palatoglossus, genioglossus, geniohyoid ve digastrik kaslarının adaptif hareketine yol açar. Bu durum dil kökü, hyoid ve yumuşak damağın ilerlemesini sağlar ve hava yolunda artışa neden olur (de Britto Teixeira et al., 2013; Li et al., 2014).

4. Çocukluk Çağı OSA’sı Tedavi Edilmediğinde Görülebilecek Komplikasyonlar

Tedavi edilmemiş çocukluk çağı OSA’sı, yalnızca uyku sırasında ortaya çıkan bir solunum bozukluğu olmayıp, çok sayıda komplikasyona yol açabilen klinik bir durumdur (Marcus et al., 2012; Tauman & Gozal, 2011). OSA’sı olan çocuklarda kan basıncının arttığı, sempatik sinir sistemi aktivitesinin parasempatik sisteme göre daha baskın hale geldiği ve noradrenalin düzeylerinin yükseldiği gösterilmiştir. Hastalığın küçük yaşlarda dahi gece boyunca artmış sempatik aktivasyonla seyrettiği ve bu durumun zaman içinde kardiyovasküler komplikasyon gelişimine katkıda bulunabileceği belirtilmektedir (Jain et al., 2012; Miano et al., 2013). Ayrıca çocuk yaş grubunda uyku apnesi epilepsi açısından da önemli bir risk oluşturmakta; bu yaş grubunda sık görülen ve uyku ile tetiklenen epilepsi nöbetlerinin, apnelere sekonder gelişen uyanma reaksiyonları ile ortaya çıkabileceği bildirilmektedir (Miano et al., 2013). Derin uyku fazının büyüme hormonu salınımındaki rolü göz önüne alındığında, kronik uyku bölünmesi büyümede yavaşlamaya yol açarak büyüme ve gelişim geriliğine neden olabilmektedir (Marcus et al., 2012). Nörokognitif açıdan dikkat eksikliği, öğrenme güçlüğü ve akademik performans düşüklüğü bildirilmiş; bazı olgularda davranışsal bulguların dikkat eksikliği ve hiperaktivite

bozukluğu ile karışabildiği belirtilmiştir (Gozal, 1998; Halbower et al., 2006). Ayrıca insülin direnci ve inflamatuvar süreçlerde artış gibi metabolik etkiler özellikle obez çocuklarda daha belirgin hale gelmektedir (Tauman & Gozal, 2011). Bu nedenle, erken tanı ve tedavi sağlanmadığında çocuğun kardiyovasküler, nörogelişimsel ve metabolik sağlığını uzun dönemde etkileyebilen önemli bir klinik tablo olarak değerlendirilmelidir (Marcus et al., 2012).

5. Çocukluk Çağı OSA'sında Çocuk Diş Hekiminin Rolü ve Multidisipliner Yaklaşım

Pedodontistler, çocuk hastalarla düzenli temas halinde olmaları nedeniyle OSA açısından riskli olguların erken fark edilmesinde önemli bir konumdadır (Paglia, 2019). Dental muayene sırasında ağız solunumu, habitual horlama öyküsü, dar maksilla, yüksek damak, posterior çapraz kapanış ve mandibular retrüzyon gibi kraniyofasiyal risk faktörlerinin saptanması, olası üst hava yolu daralmasına işaret edebilir (Katyal et al., 2013; Villa et al., 2011). Sistematik derlemeler, pediatrik OSA'lı çocuklarda belirli kraniyofasiyal morfolojik özelliklerin daha sık görüldüğünü ve maksiller transvers yetersizlik gibi yapısal faktörlerin üst hava yolu boyutları ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Katyal et al., 2013).

Klinik değerlendirme yalnızca morfolojik inceleme ile sınırlı kalmamalı; ayrıntılı anamnez ile uykuya ilişkin semptomlar da sorgulanmalıdır (Kaditis et al., 2016; Marcus et al., 2012).

Pedodontistler rutin muayene sırasında OSA açısından riskli çocukları belirlemek amacıyla aşağıdaki klinik tarama sorularından yararlanabilir:

Gece Dönemine Yönelik Sorular

- Çocuğunuz uyurken yüksek sesle horluyor mu?
- Uyku sırasında nefes almakta zorlanıyor mu?
- Uyurken nefesinin kesildiğini fark ediyor musunuz?
- Geceleri ara sıra yatağını ıslatıyor mu?

Gündüz Dönemine Yönelik Sorular

- Sabahları uyanmakta zorlanıyor mu?
- Sabah baş ağrısından şikâyet ediyor mu?
- Gün içinde ağızdan nefes alma eğilimi var mı?
- Siz veya öğretneni, gün içinde uykulu görüldüğünü ifade ediyor mu?
- Çabuk uykuya dalıyor mu?

Bu tür sorgulamalar sonucunda OSA şüphesi oluşan hastaların, tanının doğrulanması ve uygun tedavinin planlanması amacıyla çocuk sağlığı ve hastalıkları, kulak burun boğaz veya uyku tıbbi uzmanlarına yönlendirilmesi önerilmektedir (Rosen et al., 2018).

6. Sonuç

Çocukluk çağı OSA'sı yalnızca bir uyku bozukluğu değil; nörogelişimsel, kardiyovasküler ve metabolik sonuçları olan ve yaşam kalitesini doğrudan etkileyen sistemik bir hastalıktır. Güncel kılavuzlar, düzenli horlama ve kraniyofasiyal risk faktörlerinin varlığında erken değerlendirme ve yönlendirmeyi önermektedir.

Pedodontistler, rutin dental muayeneler sırasında kraniyofasiyal gelişimi değerlendirme ve uykuya ilişkin semptomları sorgulama fırsatına sahip olmaları nedeniyle OSA açısından risk taşıyan çocukların erken dönemde fark edilmesi ve uygun uzmanlık alanlarına yönlendirilmesinde önemli bir konumdadır.

KAYNAKÇA

- Alsubie, H. S., & BaHammam, A. S. (2017). Obstructive sleep apnoea: Children are not little adults. *Paediatric Respiratory Reviews*, 21, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2016.02.003>
- Arcidiacono, L., Santagostini, A., Tagliaferri, S., Ghezzi, B., Manfredi, E., & Segù, M. (2024). Awareness and attitude among general dentists and orthodontists toward obstructive sleep apnea in children. *Frontiers in Neurology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1279362>
- Aurora, R. N., Zak, R. S., Karippot, A., Lamm, C. I., Morgenthaler, T. I., Auerbach, S. H., American Academy of Sleep Medicine. (2011). Practice parameters for the respiratory indications for polysomnography in children. *Sleep*, 34(3), 379–388. <https://doi.org/10.1093/sleep/34.3.379>
- Balbani, A. P. S., Weber, S. A. T., & Montovani, J. C. (2005). Update in obstructive sleep apnea syndrome in children. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 71(1), 74–80. [https://doi.org/10.1016/S1808-8694\(15\)31288-X](https://doi.org/10.1016/S1808-8694(15)31288-X)
- Behrents, R. G., Shelgikar, A. V., Conley, R. S., Flores-Mir, C., Hans, M., Levine, M., Hittner, J. (2019). Obstructive sleep apnea and orthodontics: An American Association of Orthodontists white paper. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 156(1), 13–28.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.04.009>
- Benbir, G., & Karadeniz, D. (2014). Çocuk yaş grubunda obstrüktif uyku apne sendromu. *Journal of Turkish Sleep Medicine*, 1(2), 38–42. <https://doi.org/10.4274/jtsm.08>
- Berry, R. B., Budhiraja, R., Gottlieb, D. J., Gozal, D., Iber, C., Kapur, V. K., Tangredi, M. M. (2012). Rules for scoring respiratory events in sleep: Update of the 2007 AASM manual. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 8(5), 597–619. <https://doi.org/10.5664/jcsm.2172>
- Bixler, E. O., Vgontzas, A. N., Lin, H. M., Liao, D., Calhoun, S., Vela-Bueno, A., Graff, G. (2009). Sleep disordered breathing in children: Prevalence and risk factors. *Sleep*, 32(6), 731–736. <https://doi.org/10.1093/sleep/32.6.731>

- Bodenner, K. A., Jambhekar, S. K., Com, G., & Ward, W. L. (2014). Assessment and treatment of obstructive sleep-disordered breathing. *Clinical Pediatrics*, 53(6), 544–548. <https://doi.org/10.1177/0009922814527501>
- Brodsky, L. (1989). Modern assessment of tonsils and adenoids. *Pediatric Clinics of North America*, 36(6), 1551–1569. [https://doi.org/10.1016/S0031-3955\(16\)36806-7](https://doi.org/10.1016/S0031-3955(16)36806-7)
- Bucci, R., Montanaro, D., Rongo, R., Valletta, R., Michelotti, A., & D'Antò, V. (2019). Effects of maxillary expansion on the upper airways. *Journal of Oral Rehabilitation*, 46(4), 377–387. <https://doi.org/10.1111/joor.12766>
- Chervin, R. D., Hedger, K., Dillon, J. E., & Pituch, K. J. (2000). Pediatric sleep questionnaire (PSQ). *Sleep Medicine*, 1(1), 21–32. [https://doi.org/10.1016/S1389-9457\(99\)00009-X](https://doi.org/10.1016/S1389-9457(99)00009-X)
- Clark, G. T., Blumenfeld, I., Yoffe, N., Peled, E., & Lavie, P. (1996). A crossover study comparing CPAP with mandibular devices. *Chest*, 109(6), 1477–1483. <https://doi.org/10.1378/chest.109.6.1477>
- de Britto Teixeira, A. O., Abi-Ramia, L. B. P., & de Oliveira Almeida, M. A. (2013). Treatment of obstructive sleep apnea with oral appliances. *Progress in Orthodontics*, 14, 10. <https://doi.org/10.1186/2196-1042-14-10>
- Eckert, D. J., White, D. P., Jordan, A. S., Malhotra, A., & Wellman, A. (2013). Defining phenotypic causes of obstructive sleep apnea. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 188(8), 996–1004. <https://doi.org/10.1164/rccm.201303-0448OC>
- El Mallah, M., Bailey, E., Trivedi, M., Kremer, T., & Rhein, L. M. (2017). Pediatric obstructive sleep apnea in high-risk populations. *Pediatric Annals*, 46(9), e336–e339. <https://doi.org/10.3928/19382359-20170815-01>
- Erverdi, N. (Ed.). (2017). *Çağdaş ortodonti*. İstanbul: Quintessence Yayıncılık.
- Giuca, M. R., Carli, E., Lardani, L., Pasini, M., Miceli, M., & Fambrini, E. (2021). Pediatric obstructive sleep apnea syndrome. *Scientific World Journal*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5591251>
- Gozal, D. (1998). Sleep-disordered breathing and school performance. *Pediatrics*, 102(3), 616–620. <https://doi.org/10.1542/peds.102.3.616>

- Guilleminault, C., Li, K., Quo, S., & Inouye, R. N. (2004). A prospective study on the surgical outcomes of children with sleep-disordered breathing. *Sleep*, 27(1), 95–100. <https://doi.org/10.1093/sleep/27.1.95>
- Halbower, A. C., Degaonkar, M., Barker, P. B., Earley, C. J., Marcus, C. L., Smith, P. L., & Walsh, J. (2006). Childhood obstructive sleep apnea associates with neuropsychological deficits and neuronal brain injury. *PLoS Medicine*, 3(8), e301. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0030301>
- Hannon, T. S., Rofey, D. L., Ryan, C. M., Clapper, D. A., Chakravorty, S., & Arslanian, S. A. (2012). Relationships among obstructive sleep apnea, anthropometric measures, and neurocognitive functioning. *The Journal of Pediatrics*, 160(5), 732–735. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2011.10.029>
- Hansen, C., Markström, A., & Sonnesen, L. (2022). Sleep-disordered breathing and malocclusion in children and adolescents: A systematic review. *Journal of Oral Rehabilitation*, 49(3), 353–361. <https://doi.org/10.1111/joor.13282>
- Ito, E., & Inoue, Y. (2015). The international classification of sleep disorders (3rd ed.). *Nihon Rinsho*, 73(6), 916–923.
- Jain, S. V., Simakajornboon, S., Shapiro, S. M., Morton, L. D., Leszczyszyn, D. J., & Simakajornboon, N. (2012). Obstructive sleep apnea in children with epilepsy. *Acta Neurologica Scandinavica*, 125(1), e3–e6. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.2011.01506.x>
- Jara, S. M., Benke, J. R., Lin, S. Y., & Ishman, S. L. (2015). The association between secondhand smoke and sleep-disordered breathing in children. *The Laryngoscope*, 125(1), 241–247. <https://doi.org/10.1002/lary.24833>
- Kaditis, A. G., Alvarez, M. L. A., Boudewyns, A., Alexopoulos, E. I., Ersu, R., Joosten, K., ... Verhulst, S. (2016). Obstructive sleep disordered breathing in children: Diagnosis and management. *European Respiratory Journal*, 47(1), 69–94. <https://doi.org/10.1183/13993003.00385-2015>
- Kang, K. T., Weng, W. C., Yeh, T. H., Lee, P. L., & Hsu, W. C. (2014). Validation of the Chinese version OSA-18 questionnaire. *Journal of the Formosan Medical Association*, 113(7), 454–462. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2012.10.002>

- Katyal, V., Pamula, Y., Martin, A. J., Daynes, C. N., Kennedy, J. D., & Sampson, W. J. (2013). Craniofacial and upper airway morphology in pediatric sleep-disordered breathing. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 143(1), 20–30.e3. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.08.021>
- Kim, K. A., Oh, S. H., Kim, B. H., & Kim, S. J. (2019). Asymmetric nasomaxillary expansion and craniofacial changes. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 22(4), 296–303. <https://doi.org/10.1111/ocr.12320>
- Li, H. Y., & Lee, L. A. (2009). Sleep-disordered breathing in children. *Chang Gung Medical Journal*, 32(3), 247–257.
- Li, L., Liu, H., Cheng, H., Han, Y., Wang, C., Chen, Y., Liu, D. (2014). CBCT evaluation of upper airway changes. *PLoS ONE*, 9(4), e94378. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094378>
- Lumeng, J. C., & Chervin, R. D. (2008). Epidemiology of pediatric obstructive sleep apnea. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 5(2), 242–252. <https://doi.org/10.1513/pats.200708-135MG>
- Marcus, C. L., Brooks, L. J., Draper, K. A., Gozal, D., Halbower, A. C., Jones, J., Shiffman, R. N. (2012). Diagnosis and management of childhood obstructive sleep apnea syndrome. *Pediatrics*, 130(3), e714–e755. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-1671>
- Massa, F., Gonzalez, S., Laverty, A., Wallis, C., & Lane, R. (2002). The use of nasal CPAP to treat obstructive sleep apnoea. *Archives of Disease in Childhood*, 87(5), 438–443. <https://doi.org/10.1136/ad.87.5.438>
- Miano, S., Tabarrini, A., Vitelli, O., Mazzotta, A., Del Pozzo, M., Rabasco, J., Villa, M. P. (2013). Interictal discharges and seizures in pediatric sleep disorders. *Epilepsy & Behavior*, 29(3), 508–512. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2013.09.002>
- Ming, Y., Hu, Y., Li, Y., Yu, J., He, H., & Zheng, L. (2018). Effects of maxillary protraction appliances on airway dimensions. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 105, 138–145. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2017.12.013>

- Ngiam, J., & Cistulli, P. A. (2015). Dental treatment for paediatric obstructive sleep apnea. *Paediatric Respiratory Reviews*, 16(3), 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2014.11.002>
- Paglia, L. (2019). Respiratory sleep disorders in children and role of the paediatric dentist. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 20(1), 5. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2019.20.01.01>
- Redline, S., Tishler, P. V., Schluchter, M., Aylor, J., Clark, K., & Graham, G. (1999). Risk factors for sleep-disordered breathing in children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 159(5), 1527–1532. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.159.5.9809079>
- Roland, P. S., Rosenfeld, R. M., Brooks, L. J., Friedman, N. R., Jones, J., Kim, T. W., Otolaryngology Foundation. (2011). Clinical practice guideline: Polysomnography before tonsillectomy. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 145(1 Suppl), S1–S15. <https://doi.org/10.1177/0194599811409837>
- Rosen, I. M., Kirsch, D. B., Carden, K. A., Malhotra, R. K., Ramar, K., Aurora, R. N., Board of Directors. (2018). Clinical use of a home sleep apnea test. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 14(12), 2075–2077. <https://doi.org/10.5664/jcs.7540>
- Stark, T. R., Pozo-Alonso, M., Daniels, R., & Camacho, M. (2018). Pediatric considerations for dental sleep medicine. *Sleep Medicine Clinics*, 13(4), 531–548. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2018.08.002>
- Sullivan, S. S. (2012). Current treatment of selected pediatric sleep disorders. *Neurotherapeutics*, 9(4), 791–800. <https://doi.org/10.1007/s13311-012-0149-2>
- Tapia, I. E., & Marcus, C. L. (2013). Newer treatment modalities for pediatric OSA. *Paediatric Respiratory Reviews*, 14(3), 199–203. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2012.05.006>
- Tauman, R., & Gozal, D. (2011). Obstructive sleep apnea syndrome in children. *Expert Review of Respiratory Medicine*, 5(3), 425–440. <https://doi.org/10.1586/ers.11.7>
- Villa, M. P., Rizzoli, A., Miano, S., & Malagola, C. (2011). Rapid maxillary expansion in children with OSA. *Sleep and Breathing*, 15(2), 179–184. <https://doi.org/10.1007/s11325-011-0505-1>

- Wise, M. S., Nichols, C. D., Grigg-Damberger, M. M., Marcus, C. L., Witmans, M. B., Kirk, V. G., ... Tracy, S. L. (2011). Executive summary of respiratory indications for polysomnography in children. *Sleep*, 34(3), 389–398. <https://doi.org/10.1093/sleep/34.3.389>
- Yılmaz, B. (2015). Uykuda solunum bozukluklarında genel önlemler ve medikal tedavi. İçinde O. İtil, O. Köktürk, S. Ardıç, Ç. Çuhadaroglu, & H. Fırat (Ed.), *Uykuda solunum bozuklukları* (ss. 454–463). Türk Toraks Derneği.
-

BÖLÜM 4

NEKROTİK SÜT MOLAR DİŞLERİN MİNİMAL İNVAZİV YÖNETİMİNDE LEZYON STERİLİZASYONU VE DOKU TAMİRİ YAKLAŞIMI

Melike SAYAR KÖKCİ¹

¹ Uzm. Dt., Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı, Konya, Türkiye. melikesayar7@gmail.com, ORCID: 0009-0009-2303-4493

Pediyatrik diş hekimliğinin temel felsefesi, süt dişlerini fizyolojik ekfoliyasyon dönemine kadar arkta sağlıklı, fonksiyonel ve asemptomatik biçimde korumaktır. Süt dentisyonu; fonasyonun gelişimi, çiğneme fonksiyonunun sürdürülmesi, estetiğin sağlanması ve en önemlisi daimi dişlerin sürmesi rehberlik ederek ark uzunluğunun korunması bakımından kritik bir biyolojik öneme sahiptir (Sain ve ark., 2018). Erken çocukluk çağı çürükleri ve travmatik dental yaralanmalar, koruyucu diş hekimliğindeki ilerlemelere karşın süt dişlerinde pulpal enflamasyon ve nekrozun en sık nedenleri olmayı sürdürmektedir (Reddy ve ark., 2017).

Çürük lezyonunun pulpaya ulaşması ve enfeksiyonun periapikal veya interradiküler dokulara yayılması durumunda diş, kök kanal tedavisiyle arkta tutulmaya çalışılır. Bu doğrultuda tedavinin amacı yalnızca enfekte pulpa dokusunun uzaklaştırılması değil, dişin semptomsuz ve fonksiyonel biçimde fizyolojik ekfoliyasyona dek korunmasıdır (American Academy of Pediatric Dentistry [AAPD], 2025; Coll ve ark., 2020). Ancak süt molarların kendine özgü karmaşık anatomisi, fizyolojik kök rezorpsiyonu ve çocuk hastalarda davranış yönetimi güçlükleri, geleneksel endodontik tedavilerin başarısını ve klinik uygulanabilirliğini önemli ölçüde sınırlamaktadır (Sain ve ark., 2018).

Bu klinik ve anatomik güçlüklerin üstesinden gelebilmek amacıyla, mekanik enstrümantasyonun yerini kimyasal ve biyolojik dezenfeksiyonun aldığı "Lezyon Sterilizasyonu ve Doku Tamiri" (LSTR) kavramı geliştirilmiştir. Niigata Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Kariyoloji Araştırma Birimi'nde Hoshino ve arkadaşlarının; siprofloksasin, metronidazol ve minosiklin karışımının enfekte kök dentinindeki bakterileri in vitro koşullarda tümüyle elimine ettiğini ve bu karışımın dentin derinliklerine penetre olarak in situ bakterisidal etki gösterdiğini ortaya koymasıyla temellenen bu yaklaşım (Hoshino ve ark., 1996; Sato ve ark., 1996), Takushige ve arkadaşları tarafından süt dişlerinde standart bir klinik protokole dönüştürülmüştür (Takushige ve ark., 2004). Enstrümantasyon içermeyen endodontik tedavinin temelini oluşturan LSTR; nekrotik süt molarların yönetiminde biyolojik temelli, klinikte kooperasyon sağlanamayan hastalarda hızlı uygulanabilen minimal invaziv bir alternatif sunmaktadır (Sain ve ark., 2018; Singh ve ark., 2024). Bu bölümde LSTR yaklaşımının biyolojik temeli, endikasyonları, antibiyotik formülasyonları, klinik uygulama protokolü ve güncel kanıt düzeyi ele alınmaktadır.

1. SÜT MOLAR DIŞLERDE PULPA NEKROZU VE TEDAVİ ZORLUKLARI

Süt molar dişler, daimi dişlere kıyasla daha ince mine ve dentin tabakasına, oransal olarak daha geniş bir pulpa odasına ve daha geniş dentin tübüllerine sahiptir. Bu anatomik

özellikler, karyojenik bakterilerin ve toksinlerin pulpaya hızla penetre olmasına ve geri dönüşümsüz enflamasyon ile nekrozun hızlı ortaya çıkmasına zemin hazırlar. Enflamasyonun yayılımı, süt molarların pulpa tabanında yoğun bulunan aksesuar kanallar ve dentin tübülleri aracılığıyla periodontal dokulara ulaşır ve sıklıkla interradiküler kemik yıkımı şeklinde kendini gösterir (Sain ve ark., 2018).

Nekrotik süt molarlarda enfeksiyon yönetimi, klinisyen için pek çok morfolojik ve davranışsal engel barındırır. Süt molar dişlerinin kökleri oldukça kıvrımlı, çok sayıda aksesuar kanal, anastomoz ve apikal ramifikasyon içeren bir yapı sergiler. Bu anatomik karmaşıklık, geleneksel eğeler ve aletlerle kök kanallarının tam bir biyomekanik preparasyonunu ve üç boyutlu hermetik obturasyonunu fiziksel olarak güçleştirir. Buna ek olarak fizyolojik kök rezorpsiyonunun başlamış olması, çalışma boyunun radyografik veya elektronik apeks bulucularla kesin biçimde belirlenmesini engeller; apikal konstriksiyonun bulunmaması ya da rezorpsiyonla kaybolması, kanal patının veya irigasyon solüsyonlarının periapikal dokulara taşma riskini belirgin biçimde artırır (Takushige ve ark., 2004). Bu anatomik ve davranışsal etkenlerin konvansiyonel pulpektominin uygulanabilirliğini ve başarısını olumsuz etkileyebildiği kanıta dayalı kılavuzlarda da belirtilmektedir (AAPD, 2025; Coll ve ark., 2020).

Enstrümantasyon sırasında apeksten taşan her türlü kimyasal veya mekanik ajan, süt dişinin hemen altında gelişimini sürdüren daimi diş germine zarar verebilir ve mine hipoplazisi gibi gelişimsel anomalilere yol açabilir. Pulpektominin bu riskler nedeniyle kontrendike olduğu durumlarda çoğu zaman tek seçenek diş çekimi olur. Ancak erken diş çekimi; komşu dişlerin boşluğa devrilmesi, karşıt dişin uzaması, daimi dişin sürme sırasının ve yörüngesinin bozulması, çapraşıklık, konuşma ve yutkunma bozuklukları ile çiğneme fonksiyonu kaybı gibi ortodontik ve gelişimsel sorunlara neden olabilir. Yer tutucular bir alternatif olmakla birlikte üretim maliyeti, kırılma riski, oral hijyen güçlüğü ve oklüzyonu tam karşılayamama gibi dezavantajlar taşır. Buna karşın, başarıyla sterilize edilmiş ve fonksiyonel olarak restore edilmiş bir süt dişi her zaman en fizyolojik yer tutucudur (Sain ve ark., 2018).

Tedavinin önündeki bir diğer önemli engel, pediatrik hastalarda kooperasyon eksikliğidir. Dental anksiyete, kısıtlı ağız açıklığı süresi, lokal anesteziye direnç ve uzun işlemlerdeki tükenmişlik, birden fazla seans gerektiren geleneksel pulpektomiyi hem klinisyen hem de hasta açısından yorucu hâle getirir. Özellikle Frankl davranış skalasında negatif veya kesinlikle negatif değerlendirilen hastalarda izolasyon ve çalışma alanı kontrolünün korunması güçtür. Bu koşullar altında, kök kanallarının uzun süreli mekanik temizliğini ortadan kaldıran ve enfeksiyonu kısa sürede kimyasal yolla kontrol altına alan LSTR, süt molarların arkta tutulması açısından kritik bir klinik değer sunar (Aşık & Önçağ, 2026).

2. LSTR TEKNİĞİNİN BİYOLOJİK TEMELİ

LSTR'nin biyolojik temelinde "dokunma ve bırak" felsefesi yer alır. Bu yaklaşım, pulpal ve periapikal patolojilere yol açan mikrobiyal floranın geniş spektrumlu antibiyotik karışımlarıyla topikal olarak elimine edilmesi durumunda konağın immün sisteminin devreye girerek enflamasyonu durduracağı ve hasarlı dokuyu onaracağı ilkesine dayanır. Kök kanallarının ve pulpa odasının medikamanlarla sterilize edilmesi, bakteriyel yükü belirgin biçimde azaltır, ortamı dezenfekte eder ve fizyolojik iyileşmeyi başlatır. Bu yaklaşımda kimyasal dezenfeksiyon, mekanik enstrümantasyonun sınırlı kaldığı aksesuar kanallar ve derin dentin tübüllerinde antibakteriyel ajanların difüzyonu yoluyla mikrobiyal yükün azaltılmasına katkı sağlar (Sain ve ark., 2018; Singh ve ark., 2024).

Nekrotik süt dişi pulpasında, enfekte kök kanallarında ve interradiküler lezyonlarda polimikrobiyal bir flora hâkimdir. Bu floranın büyük bölümünü gram-negatif anaerob bakteriler oluştururken; zorunlu anaeroblar, aeroblar, spiroketler ve geleneksel irigasyon solüsyonları ile kalsiyum hidroksit gibi standart kanal içi medikamanlara yüksek direnç gösteren *Enterococcus faecalis* gibi fakültatif gram-pozitif organizmalar da ortamda bulunabilir. Tek bir antiseptik veya medikaman, dentin tübüllerinin derinliklerine yerleşen bu mikroorganizmaları tümüyle sterilize edemez. Bu noktada LSTR, farklı etki mekanizmalarına sahip birden çok antibiyotiğin kombinasyonunu kullanarak geniş bir antimikrobiyal spektrum oluşturur; farklı grupların bir araya gelmesi direnç gelişme riskini azaltırken sinerjik bakterisidal etki yaratır (Hoshino ve ark., 1996; Chouchene ve ark., 2021).

Tekniğin mikrobiyolojik etkinliğindeki belirleyici etkenlerden biri, kullanılan antibiyotiklerin taşıyıcı sistemidir. Antibiyotik tozlarının propilen glikol ve makrogol ile karıştırılması, ilacın farmakokinetiğini ve doku penetrasyonunu değiştirir. Propilen glikol ve makrogol karışımı, nem tutucu ve difüzyon artırıcı özellikleriyle merhem kıvamında bir matris oluşturur. Propilen glikolün yüksek penetrasyon yeteneği sayesinde antibiyotikler yalnızca pulpa odası tabanında kalmaz; enfekte dentin tübüllerine, dar kanallara, aksesuar ramifikasyonlara ve furkal/periapikal bölgelere difüze olur. In vitro çalışmalar, antibiyotik–propilen glikol karışımının dentine hızla nüfuz ederek *E. faecalis* dâhil endodontik patojenleri elimine ettiğini göstermiştir (Hoshino ve ark., 1996; Sato ve ark., 1996; Cruz ve ark., 2002).

3. ENDİKASYONLAR VE KONTRENDİKASYONLAR

Minimal invaziv ve biyolojik bir teknik olan LSTR'nin başarısı; doğru vaka seçimine, kesin endikasyonlara ve kontrendikasyonların titizlikle değerlendirilmesine bağlıdır. LSTR her nekrotik süt dişi için evrensel bir çözüm değildir; ancak geleneksel tedavinin güvenle

uygulanamadığı durumlarda çekime alternatif, kurtarıcı bir yaklaşımdır. Tablo 1'de LSTR'nin başlıca klinik endikasyon ve kontrendikasyon parametreleri özetlenmiştir.

Tablo 1

LSTR Tedavisi İçin Klinik Endikasyonlar ve Kontrendikasyonlar

Parametre	LSTR düşünülebilecek durumlar	LSTR'nin uygun olmadığı / dikkatle kaçınılması gereken durumlar
Pulpal durum	İrreversibl pulpitis veya pulpa nekrozu bulguları gösteren, non-vital tedavi gerektiren restore edilebilir süt molar dişler.	Vital pulpa bulguları gösteren süt molar dişler; bu olgularda vital pulpa tedavileri değerlendirilmelidir.
Kök rezorpsiyonu	Belirgin kök rezorpsiyonu bulunan, konvansiyonel pulpektominin teknik olarak güçleştiği ve çekim yerine kısa süreli ağızda tutma hedeflenen dişler.	Eksfoliasyona çok yakın, aşırı mobil, köklerinin büyük bölümü rezorbe olmuş veya prognozu çok zayıf dişler.
Periapikal dokular	Furkasyon ya da periapikal bölgede radyolüseni bulunan, lokalize enfeksiyon bulguları gösteren ve restoratif olarak korunabilecek dişler.	Şiddetli internal veya eksternal rezorpsiyon, yaygın kemik yıkımı, daimi diş germini tehdit eden ilerleyici patoloji veya sistemik yayılım bulgusu bulunan olgular.
Klinik belirtiler	Lokalize apse, fistül, pürülan drenaj, palpasyon/perküsyon hassasiyeti veya patolojik mobilite gibi non-vital pulpa bulguları olan seçilmiş olgular.	Pulpa tabanı perforasyonu, kontrol edilemeyen enfeksiyon, yaygın fasiyal şişlik, ateş veya genel durum bozukluğu bulunan olgular.
Daimi diş germi	Daimi diş germinde patolojik etkilenme bulgusu olmayan ve süt dişinin kısa/orta süreli korunmasının ark bütünlüğü açısından anlamlı olduğu olgular.	Daimi diş germinde enfeksiyona bağlı belirgin etkilenme, yer değiştirme veya zarar riski bulunan ileri patolojili olgular.
Davranış / uyum	Uzun süreli konvansiyonel pulpektomi işlemini tolere etmekte güçlük yaşayabilecek, kooperasyonu sınırlı çocuklarda işlem süresini kısaltmak amacıyla seçilmiş olgular.	İzolasyonun sağlanamadığı, restoratif işlemin tamamlanamadığı veya takip randevularına uyumun mümkün olmadığı olgular..
Sistemik faktörler	Sistemik açıdan stabil, lokal dental enfeksiyonun kontrol altına alınabileceği çocuklar.	Kullanılacak antibakteriyel ajanlara bilinen alerjisi olan veya enfektif endokardit açısından yüksek risk taşıyan çocuklar.
Restorabilite	Koronal sızdırmazlığın sağlanabileceği, tercihen paslanmaz çelik kron ile restore edilebilecek süt molar dişler.	Restore edilemeyecek düzeyde madde kaybı bulunan, subgingival çürük nedeniyle sızdırmaz restorasyon yapılamayan veya prognozu çok zayıf dişler.

Not. Tablo, AAPD non-vital pulpa tedavisi rehberi, Sain ve ark. ve ilgili LSTR literatürü temel alınarak düzenlenmiştir.

Görüldüğü üzere, süt moların oklüzyon rehberliği açısından stratejik önemini koruduğu ancak anatomik engeller veya kooperasyon eksikliği nedeniyle klasik kök kanal tedavisinin güvenle uygulanamadığı durumlar LSTR için güçlü bir endikasyon oluşturur. Nitekim Coll ve arkadaşlarının AAPD çalışma grubu ile yürüttüğü kanıta dayalı klinik uygulama rehberinde, preoperatif kök rezorpsiyonu bulunan süt dişlerinde LSTR'nin pulpektomiye kıyasla daha başarılı sonuçlar gösterdiği ($p<0,001$), buna karşın kök rezorpsiyonu bulunmayan dişlerde pulpektominin tercih edilmesi gerektiği bildirilmiştir. Aynı rehberde LSTR'nin temel olarak rezorbe köklü dişlerde veya çekim endikasyonu bulunan ancak kısa süreli ağızda tutulması hedeflenen olgularda düşünülebileceği ve bu dişlerin yakın klinik-radyografik takip gerektirdiği vurgulanmıştır (Coll ve ark., 2020).

4. ANTİBİYOTİK KOMBİNASYONLARI VE KLİNİK ÖNEMİ

LSTR'nin etkinliğini, kök kanalı ve periapikal patojenleri elimine etmek için kullanılan ve formülasyonu yıllar içinde evrilen çoklu antibiyotik karışımları oluşturur. Başlıca kombinasyonlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2

LSTR Tedavisinde Kullanılan Başlıca Antibiyotik Karışımları ve Özellikleri

Karışım	İçerik (antibiyotikler)	Taşıyıcı	Temel özellikler ve dezavantajlar
Geleneksel 3Mix	Siprofloksasin + Metronidazol + Minosiklin	Makrogol + Propilen glikol	Geniş antibakteriyel spektrum sağlar. Başlıca dezavantajı minosikline bağlı kuren renklenmesidir.
Klindamisin modifiye 3Mix	Siprofloksasin + metronidazol + klindamisin	Makrogol + propilen glikol	Minosikline bağlı renklenme riskini azaltmak amacıyla geliştirilmiş tetrasiklinsiz modifikasyondur.
İkili antibiyotik patı	Siprofloksasin + metronidazol	Makrogol + propilen glikol	Minosiklin/tetrasiklin kaynaklı renklenme riskinden kaçınmak amacıyla tercih edilebilen tetrasiklinsiz yaklaşımdır.
Ornidazol/sefalosporin modifiye 3Mix	Siprofloksasin + ornidazol + sefaklor/sefiksime veya siprofloksasin + metronidazol + sefaklor	Makrogol + Propilen glikol	Metronidazol veya minosiklin içeren klasik kombinasyona alternatif olarak bildirilen modifikasyonlardır. Klinik çalışmalarda değerlendirilmiş olmakla birlikte, kullanılan antibiyotik içerikleri ve protokoller arasında heterojenlik vardır.
CTZ pastası	Kloramfenikol + Tetrasiklin + Çinko oksit-öjenol (ZOE)	Çinko oksit ve öjenol likiti	Özellikle bazı ülkelerde non-instrumental endodontik yaklaşım kapsamında kullanılan antibiyotik temelli formüldür. Kloramfenikol ve tetrasiklin içeriği nedeniyle güncel antibiyotik güvenliği,

Karışım	İçerik (antibiyotikler)	Taşıyıcı	Temel özellikler ve dezavantajlar
3Mixtatin	Modifiye 3Mix + Simvastatin	Salin veya Makrogol + Propilen glikol	renklenme ve direnç tartışmaları açısından dikkatli ele alınmalıdır. Antibakteriyel etkiye ek olarak simvastatinin kemik/doku onarımını destekleyici potansiyelinden yararlanmayı hedefleyen biyoaktif modifikasyondur. Daha çok deneysel veya sınırlı klinik çalışma bağlamında değerlendirilmelidir; rutin LSTR protokolü gibi sunulmamalıdır.

4.1. Geleneksel 3Mix-MP Karışımı

Standart "3Mix" patı siprofloksasin, metronidazol ve minosiklinde oluşur. Metronidazol bir nitroimidazol türevidir; bakteri hücre zarına nüfuz ettikten sonra DNA sarmalına bağlanarak nükleik asit sentezini durdurur. Anaerob floraya karşı etkilidir. Siprofloksasin bir florokinolondur; DNA giraz ve topoizomera IV enzimlerini bloke ederek özellikle gram-negatif bakterilerin replikasyonunu engeller. Minosiklin ise bir tetrasiklin türevidir; ribozomun 30S alt birimine bağlanarak protein sentezini ve matriks metalloproteinazlarını inhibe eder ve geniş spektrumlu etki gösterir (Hoshino ve ark., 1996). Bu üçlü kombinasyon, tek başına yeterli olmayan ajanların aksine, *E. faecalis* dâhil dirençli türleri dahi elimine edebilecek kümülatif bir etki sağlar (Takushige ve ark., 2004). Ancak minosiklinin dış yapısındaki kalsiyum ile şelasyon oluşturması ve ışığa bağlı oksidasyonu, kuronda geri dönüşümsüz gri-mavi renklenmeye yol açarak estetik bir dezavantaj yaratır (Sain ve ark., 2018).

4.2. Modifiye 3Mix-MP Formülasyonları

Minosikline bağlı renklenmeyi aşmak için minosiklinin yerine klindamisin, sefaklor, sefroksadin, doksisisiklin veya amoksisilin gibi alternatif ajanların kullanıldığı modifiye patlar geliştirilmiştir (Sain ve ark., 2018). Doksisisiklin içeren bir formülasyonun nekrotik süt dişlerinde tek seansta yüksek klinik ve radyografik başarı sağladığı bildirilmiştir (Arangannal ve ark., 2019). Anaerobik etkinliği artırmak amacıyla metronidazol yerine ornidazol eklenen karışımların geleneksel 3Mix'e benzer, hatta bazı parametrelerde daha iyi sonuç verdiği gösterilmiştir (Nanda ve ark., 2014). Sistemik bir derlemede de siprofloksasin–minosiklin–ornidazol kombinasyonunun genel başarı oranı bakımından geleneksel 3Mix'ten daha etkili bulunduğu; klindamisinli ve tinidazollü kombinasyonlarla anlamlı fark olmadığı rapor edilmiştir (Chouchene ve ark., 2021). Klindamisin içeren modifiye 3Mix-MP'nin nekrotik süt molarlarında %91,7 düzeyinde genel başarıyla uygulanabildiği güncel bir çalışmada da

doğrulanmıştır (Aşık & Önçağ, 2026). AAPD'nin güncel klinik yaklaşımında da, hem renklenme hem de güvenlik gerekçeleriyle tetrasiklin içermeyen antibiyotik karışımlarının tercih edilmesine yönelik öneriler yer almaktadır (AAPD, 2025).

4.3. CTZ Pastası (Kloramfenikol–Tetrasiklin–ZOE)

Hazırlanma kolaylığı ve maliyet-etkinliği nedeniyle çocuk diş hekimliğinde ve halk sağlığı hizmetlerinde öne çıkan CTZ pastası; kloramfenikol, tetrasiklin, çinko oksit ve öjenol içerir ve tek seanslı NIET uygulamalarında kullanılır. Randomize kontrollü bir çalışmada CTZ ile yapılan LSTR'nin, ZOE pulpektomisiyle 12. ayda benzer başarı gösterdiği; buna karşın işlem süresinin belirgin biçimde kısaldığı saptanmıştır (Moura ve ark., 2021). Aynı kohortun 36 aylık takibinde de iki yöntemin etkinliğinin benzer olduğu bildirilmiştir (Castro ve ark., 2023). Uzun dönemli bir olgu sunumunda ise kök gelişimi tamamlanmış ve furkasyon lezyonu bulunan nekrotik bir süt molarında CTZ ile uygulanan LSTR'nin, 5 yıllık takipte diş fonksiyonel ve semptomsuz tuttuğu, radyografik iyileşme ve doku rejenerasyonu sağladığı rapor edilmiştir (Sánchez Pumeda & Henríquez, 2025).

4.4. Doku Onarımını Destekleyici Modifikasyonlar: 3Mixtatin ve Ozonize Yağ

Son yıllarda LSTR yaklaşımında yalnızca mikrobiyal yükün azaltılması değil, aynı zamanda doku onarımının desteklenmesi de gündeme gelmiştir. Bu amaçla geliştirilen 3Mixtatin formülasyonunda, modifiye üçlü antibiyotik patına simvastatin eklenmektedir. Simvastatinin lokal biyo-indüktif etkileriyle osteoklastik rezorpsiyonu baskılayabileceği, osteoblastik proliferasyon ve diferansiyasyonu destekleyebileceği ve iyileşme sürecine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Thakur ve arkadaşları (2021), randomize çalışmalarında 3Mixtatin'in 12 aylık takipte modifiye 3Mix-MP ve geleneksel pulpektomiye kıyasla daha yüksek klinik ve radyografik başarı oranları gösterdiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, çinko oksit ile ozonize zeytinyağının karıştırılmasıyla hazırlanan patların da antimikrobiyal etkinlik gösterebildiği ve 18 aylık takipte modifiye 3Mix ile karşılaştırılabilir klinik başarı sağladığı rapor edilmiştir (Doneria ve ark., 2017).

5. KLİNİK UYGULAMA PROTOKOLÜ

LSTR uygulamasında aseptik koşulların sağlanması ve yapılan restorasyonun sızdırmazlığı başarının temel taşıdır. İşlem geleneksel kök kanal tedavisinden belirgin biçimde kısa sürse de adımların standardize edilmesi gerekir (Takushige ve ark., 2004). Dişe uygun lokal anestezi uygulandıktan sonra, oral kavitenin mikrobiyal yükünden uzaklaşmak için

rubber-dam veya steril pamuk rulolarla izolasyon sağlanır. Önceki restorasyonlar ve çürük dentin uzaklaştırılır; pulpa odası tavanı kaldırılır ve yalnızca pulpa odasındaki nekrotik doku keskin bir ekskavator veya frez ile temizlenir. Kök kanallarına hiçbir endodontik eğe sokulmaz ve kanal içi ekstirpe edilmez.

Kök kanal ağızları, antibiyotik patın yerleştirileceği küçük medikament yuvaları oluşturmak amacıyla yuvarlak bir frez ile hafifçe genişletilebilir. LSTR protokolünde pulpa odası duvarlarının %37'lik fosforik asit ile temizlenmesi, ardından yıkanıp kurutulması önerilmektedir. Kanama varlığında, hemostaz sağlamak amacıyla %10'luk sodyum hipoklorit emdirilmiş pamuk pelet kısa süreli olarak kullanılabilir. Taze hazırlanan antibiyotik pat, medikament yuvalarına ve pulpa odası tabanına yerleştirilir; ardından nemli pamuk pelet yardımıyla hafifçe adapte edilir.

Patın yerleştirilmesinin ardından, tükürük kontaminasyonunu ve mikrosızıntıyı önlemek amacıyla antibiyotik patın üzeri cam iyonomer siman veya rezin modifiye cam iyonomer siman ile kapatılır. Aynı seansta, dişin biyomekanik bütünlüğünü sağlamak, restoratif sızdırmazlığı artırmak ve kırılma riskini azaltmak amacıyla süt molar dişin paslanmaz elik kuron ile restore edilmesi tercih edilir (AAPD, 2025; Sain ve ark., 2018).

6. RESTORASYONUN TEDAVİ BAşARISINDAKİ ROLÜ

LSTR tedavisinde antibakteriyel patın başarısı yalnızca kullanılan ilaç kombinasyonuna değil, aynı zamanda koronal sızdırmazlığın etkinliğine de bağlıdır. Bu yaklaşımda antibiyotik karışımı ile kanal ağızları ve pulpa odası tabanındaki mikrobiyal yükün azaltılması hedeflenirken, tedavi sonrası oral mikroorganizmaların pulpa odasına yeniden ulaşmasını önlemek için restoratif sızdırmazlığın sağlanması gerekir. Koronal sızıntı varlığında, tedaviyle elde edilen mikrobiyal kontrol bozulabilir ve enfeksiyonun devamı ya da nüksü görülebilir. Bu nedenle LSTR protokolünde antibiyotik patın üzerinin cam iyonomer siman veya rezin modifiye cam iyonomer siman ile örtülmesi, restoratif sızdırmazlığın sağlanması açısından önemli bir basamaktır (AAPD, 2025; Sain ve ark., 2018).

Nekrotik süt molar dişlerde çürük lezyonları çoğu zaman birden fazla yüzeyi kapsayan geniş madde kayıpları ile ilişkilidir. Bu tür olgularda yalnızca intrakoronal restorasyonlarla uzun dönem sızdırmazlık ve dayanıklılık sağlamak güçleşebilir. Paslanmaz elik kuronlar, tam koronal örtüleme sağlamaları, oklüzal kuvvetlere karşı dayanıklı olmaları ve rekürrent çürük riskini azaltmaya katkı sunmaları nedeniyle özellikle çok yüzlü madde kaybı bulunan süt molar

dişlerde güvenilir bir restoratif seçenek olarak kabul edilmektedir. LSTR sonrasında da antibiyotik patın üzeri cam iyonomer siman ile kapatıldıktan sonra dişin tercihen paslanmaz çelik kuron ile restore edilmesi, koronal sızıntının azaltılması ve tedavi başarısının desteklenmesi açısından önerilmektedir (AAPD, 2025).

7. KLİNİK VE RADYOGRAFİK BAŞARI KRİTERLERİ

LSTR sonrası başarının değerlendirilmesi, klinik ve radyografik verilerin düzenli aralıklarla (genellikle 1, 3, 6, 12, 18, 24 ve 36. aylarda) izlenmesiyle mümkündür. Klinik olarak tedaviyi izleyen spontan ağrı ve perküsyon/palpasyon hassasiyeti sıklıkla bir haftadan kısa sürede, en geç birinci ay kontrolünde ortadan kalkar. Gingival apse, fistül veya ödem iyileşir, enflamasyona bağlı patolojik mobilité ise alveoler kemiğin yeniden organizasyonu ile ilerleyen aylarda fizyolojik sınırlarına döner. Takip boyunca yeni şikâyet, ağrı veya fistül nüksünün olmaması klinik başarının önemli göstergelerindendir (Aşık & Önçağ, 2026). Non-vital süt dişi tedavilerinin düzenli klinik ve radyografik takibi, kanıta dayalı kılavuzlarca önerilmektedir (AAPD, 2025). Takushige ve arkadaşlarının çalışmasında 87 süt dişi ortalama 680 gün boyunca fonksiyonel kalmış ve daimi dişler normal yörüngelerinde sürmüştür (Takushige ve ark., 2004). Literatürde LSTR'nin klinik semptomları gidermedeki başarısı %85–100 aralığında bildirilmektedir.

LSTR sonrası radyografik değerlendirme, periradiküler dokulardaki iyileşme sürecinin izlenmesinde temel takip basamaklarından biridir. Radyografik başarı genellikle başlangıçtaki radyolüsent alanın azalması veya kaybolması, yeni radyolüseni oluşmaması ve patolojik rezorpsiyon bulgularının ilerlememesi ile tanımlanır. Buna karşılık radyolüsent alanın genişlemesi, yeni kemik yıkımı alanlarının ortaya çıkması, internal veya eksternal rezorpsiyonun ilerlemesi ve daimi diş folikülünü tehdit eden patolojik bulgular başarısızlık göstergeleri olarak değerlendirilir. Klinik bulguların radyografik iyileşmeden daha erken düzelmesi nedeniyle LSTR olgularında düzenli klinik ve radyografik takip birlikte yürütülmelidir (Castro ve ark., 2023; Moura ve ark., 2021).

8. GÜNCEL LİTERATÜRDE LSTR YAKLAŞIMININ SONUÇLARI

Güncel sistematik derlemeler, meta-analizler ve randomize kontrollü çalışmalar, LSTR'yi geleneksel ZOE ve Vitapex pulpektomileriyle karşılaştırmaktadır. Tablo 3, literatürdeki başlıca klinik denemeleri ve elde edilen başarı oranlarını özetlemektedir.

Tablo 3*Güncel Literatürde LSTR ile Geleneksel Yöntemlerin Klinik ve Radyografik Karşılaştırması*

Araştırma (yazar/yıl)	Materyaller / gruplar	Takip	Klinik başarı	Radyografik başarı	Genel sonuç
Prabhakar ve ark. (2008)	3Mix (koronal vs koronal+radiküler debridman)	12 ay	Her iki grupta yüksek	Her iki grupta yüksek	3Mix biyomekanik preparasyon olsun olmasın yüksek başarı; radiküler debridman eklenen grupta sonuçlar daha iyi.
Nakornchai ve ark. (2010)	3Mix vs Vitapex	12 ay	3 mix %100; %96	3Mix %76; Vitapex %56	3Mix, Vitapex'e benzer etkinlik göstermiştir (radyografik fark anlamlı değil).
Moura ve ark. (2021)	CTZ LSTR vs ZOE pulpektomi	12 ay	CTZ %86,4; ZOE %90,9	CTZ %75,0; ZOE %72,7	Başarı farkı anlamlı değil; işlem süresi CTZ'de belirgin kısa
Castro ve ark. (2023)	CTZ LSTR vs ZOE pulpektomi	36 ay	CTZ %86,4; ZOE %90,9	%43,2 (her iki grup)	3 yıllık takipte iki yöntem benzer.
Duarte ve ark. (2020) meta-analiz	LSTR vs konvansiyonel pulpektomi	6–18 ay	6. ay (fark yok)	6. ay (fark yok)	İki yaklaşım arasında üstünlük gösterilememiştir.
Baghlaf & Alamoudi (2025) meta-analiz	3Mix vs Vitapex/ZOE/pulpotomi	6–12 ay	Anlamlı fark yok	Anlamlı fark yok	3Mix, kooperasyonu zayıf çocuklarda pulpektomiye benzer etkili bir alternatiftir.

Duarte ve arkadaşlarının meta-analizi, LSTR ile geleneksel pulpektomi arasında 6, 12 ve 18. aylarda klinik ve radyografik başarı açısından anlamlı fark bulunmadığını göstermiştir (Duarte ve ark., 2020). Daha güncel bir meta-analiz de 3Mix'in Vitapex, ZOE ve diğer kombinasyonlarla benzer başarı sergilediğini ve özellikle kooperasyonu zayıf küçük çocuklarda etkili bir alternatif olabileceğini doğrulamıştır (Baghlaf & Alamoudi, 2025). Dikkat çeken bir nokta, klinik başarı oranlarının (%85–100) radyografik başarıdan (yaklaşık %40–76) genellikle daha yüksek olmasıdır; dişler asemptomatik ve fonksiyonel kalmaya devam ederken radyografik olarak statik kalabilmektedir (Castro ve ark., 2023). Bu sonuç, AAPD'nin non-vital süt dişi tedavilerine ilişkin kanıta dayalı önerileriyle de uyumludur (Coll ve ark., 2020).

9. LSTR'İN AVANTAJLARI, SINIRLILIKLARI VE TARTIŞMALI ALANLARI

9.1. Avantajlar

LSTR'nin önemli avantajlarından biri, konvansiyonel pulpektomiye kıyasla daha kısa ve teknik olarak daha basit bir klinik protokol sunmasıdır. Bu yaklaşımda çalışma boyu

belirlenmesi, kök kanallarının eğelerle mekanik preparasyonu ve kanal dolgusuna bağlı apikal taşkınlık gibi işlemler çoğu zaman gerekli olmadığından, işlem süresi ve teknik hassasiyet azalabilir. Moura ve arkadaşları (2021), randomize kontrollü çalışmalarında CTZ-LSTR uygulamasının ortalama 61,4 dakikada, ZOE pulpektomisinin ise ortalama 145,1 dakikada tamamlandığını bildirmiştir. İşlem süresinin kısalması, özellikle kooperasyonu sınırlı veya dental kaygısı yüksek çocuklarda tedavinin daha tolere edilebilir hâle gelmesine katkı sağlayabilir. Aşık ve Önçağ (2026) tarafından yapılan retrospektif çalışmada da LSTR başarısının hasta kooperasyon düzeyinden belirgin şekilde etkilenmediği bildirilmiştir. Bununla birlikte LSTR'nin başarısı, yalnızca kısa işlem süresine değil; doğru vaka seçimi, etkili izolasyon, uygun antibiyotik pat uygulaması, koronal sızdırmazlık ve düzenli takip koşullarının sağlanmasına bağlıdır.

9.2. Sınırlılıklar ve Tartışmalı Alanlar

LSTR'nin önemli sınırlılıklarından biri, kullanılan antibiyotik karışımına bağlı renklenme riskidir. Özellikle klasik 3Mix formülasyonunda yer alan minosiklin, diş dokularında renklenmeye neden olabileceğinden estetik bölgede veya renklenmenin klinik olarak sorun oluşturabileceği olgularda dikkatli kullanılmalıdır. Bu nedenle güncel uygulamalarda minosiklin yerine klindamisin veya farklı tetrasiklinsiz antibiyotik kombinasyonları içeren modifiye patlar tercih edilebilmektedir (Sain ve ark., 2018; Chouchene ve ark., 2021).

Bir diğer tartışmalı konu, LSTR'de kök kanallarının üç boyutlu olarak doldurulmamasıdır. Koronal pulpa dokusu uzaklaştırıldıktan sonra kanalların boş bırakılması, uzun dönemde sıvı birikimi veya yeniden enfeksiyon açısından risk oluşturabilir. Bu durum, bazı çalışmalarda klinik başarı oranlarının radyografik başarıdan daha yüksek seyretmesini açıklayan olası faktörlerden biri olarak değerlendirilebilir. Nitekim uzun dönem takipli çalışmalarda klinik semptomların kontrol altına alınmasına rağmen radyografik iyileşmenin daha sınırlı kalabildiği bildirilmiştir (Castro ve ark., 2023).

Antibiyotik patların radyografik görünürlüğü de klinik takip açısından önemlidir. Klasik 3Mix patın radyolüsent özellik göstermesi, patın yerleşiminin ve sınırlarının radyografik olarak değerlendirilmesini güçleştirebilir. Bu nedenle CTZ gibi çinko oksit-öjenol içeren veya

radıyopak özellikleri daha belirgin materyallerin kullanıldığı alternatif protokoller literatürde değerlendirilmiştir (Singh ve ark., 2024; Moura ve ark., 2021).

LSTR'de antibiyotiklerin lokal ve düşük miktarda uygulanması sistemik maruziyeti sınırlasa da, antibiyotik direnci açısından dikkatli kullanılmalıdır. Antibiyotik seçimi; alerji öyküsü, renklenme riski, antibiyotik güvenliği, lokal enfeksiyonun düzeyi ve alternatif tedavi seçenekleri göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Ayrıca antibiyotik kombinasyonları, taşıyıcı ajanlar, uygulama miktarları, restoratif protokoller ve başarı kriterleri açısından literatürde belirgin heterojenlik bulunması, çalışmaların karşılaştırılmasını güçleştirmekte ve standart klinik protokollere duyulan ihtiyaı artırmaktadır (Baghlaf & Alamoudi, 2025; Chouchene ve ark., 2021; Duarte ve ark., 2020).

10. KLİNİK KARAR VERME SÜRECİNDE LSTR'NİN YERİ

Nekrotik süt molarlarda tedavi seçimi; hastanın medikal durumu, kooperasyonu, dişin restore edilebilirliği, kök rezorpsiyon derecesi, enfeksiyonun yaygınlığı ve düzenli takip olanağı birlikte değerlendirilerek yapılmalıdır. LSTR, konvansiyonel pulpektominin her durumda yerine geçmesi gereken bir yöntem değil; belirli klinik sınırlılıklarda tercih edilebilecek minimal invaziv bir alternatiftir. Kök rezorpsiyonu bulunmayan, restore edilebilir, izolasyonu sağlanabilen ve kök kanalları enstrmante edilebilen non-vital süt molarlarda geleneksel pulpektomi öncelikli tedavi seçeneği olarak değerlendirilmelidir (Coll ve ark., 2020).

Buna karşılık belirgin preoperatif kök rezorpsiyonu bulunan, mekanik kanal preparasyonunun teknik olarak güçleştiği, uzun işlem süresinin ocuk tarafından tolere edilemeyeceği veya dişin ağızda kısa süre tutulacağı seçilmiş olgularda LSTR klinik olarak uygun bir seçenek olabilir. Bu yaklaşım, özellikle işlem süresinin kısaltılmasının önemli olduğu veya konvansiyonel pulpektominin uygulanabilirliğinin sınırlı olduğu durumlarda avantaj sağlayabilir (Aşık & nağ, 2026; Moura ve ark., 2021; Sefa ve ark., 2024). Bununla birlikte LSTR kararı verilirken enfeksiyonun kontrol edilebilir olması, dişin sızdırmaz bir restorasyonla kapatılabilmesi ve düzenli klinik-radyografik takibin sürdürülebilmesi temel koşullar olarak

değerlendirilmelidir. Bu nedenle LSTR, pulpektominin sınırlandığı seçilmiş olgularda kullanılabilecek tamamlayıcı bir tedavi yaklaşımı olarak ele alınmalıdır.

11. SONUÇ

Pediyatrik diş hekimliğinde nekrotik süt molar dişlerin tedavisinde amaç, enfeksiyonun kontrol altına alınması ve dişin mümkün olduğunca semptomsuz ve fonksiyonel biçimde ağızda tutulmasıdır. LSTR yaklaşımı, kök kanal sisteminin mekanik olarak tamamen şekillendirilmesinin güç olduğu olgularda, antibakteriyel ilaç kombinasyonları ile mikrobiyal yükün azaltılmasını hedefleyen minimal invaziv bir tedavi seçeneği sunmaktadır. Hoshino ve arkadaşlarının antibiyotik kombinasyonlarına ilişkin temel çalışmaları ve Takushige ve arkadaşlarının primer dişlerdeki klinik uygulamaları, LSTR'nin biyolojik ve klinik temelini oluşturmuştur (Hoshino ve ark., 1996; Takushige ve ark., 2004).

LSTR'nin başarısı yalnızca antibakteriyel patın etkinliğine bağlı değildir; doğru vaka seçimi, uygun izolasyon, kontrollü ilaç uygulaması, sızdırmaz koronal restorasyon ve düzenli klinik-radyografik takip tedavinin temel basamaklarıdır. Özellikle belirgin kök rezorpsiyonu bulunan, konvansiyonel pulpektominin teknik olarak zorlaştığı veya işlem süresinin kısaltılmasının önemli olduğu seçilmiş olgularda LSTR, pulpektomiye alternatif olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte kök rezorpsiyonu bulunmayan, restore edilebilir ve kanalları enstrümente edilebilen süt molarlarda geleneksel pulpektomi hâlen öncelikli tedavi seçeneği olarak düşünülmelidir. Güncel literatürde 3Mixtatin ve ozonize yağ gibi doku onarımını desteklemeyi amaçlayan modifikasyonlar da değerlendirilmekte; bu yaklaşımlar LSTR'nin yalnızca antimikrobiyal değil, aynı zamanda biyolojik iyileşme potansiyelini de geliştirmeye yönelik arayışları göstermektedir. Ancak bu formülasyonlara ilişkin kanıtlar henüz sınırlıdır. Bu nedenle LSTR, her nekrotik süt molar için standart tedavi olarak değil; endikasyonu doğru belirlenmiş, restoratif olarak korunabilecek ve takip edilebilecek olgularda kullanılabilecek minimal invaziv bir seçenek olarak ele alınmalıdır. Antibiyotik kombinasyonları, taşıyıcı ajanlar, uygulama protokolleri ve başarı kriterleri açısından standartlaşmaya ihtiyaç devam etmektedir (Thakur ve ark., 2021; Doneria ve ark., 2017; Coll ve ark., 2020).

KAYNAKÇA

- American Academy of Pediatric Dentistry. (2025). Pulp therapy for primary and immature permanent teeth. In *The reference manual of pediatric dentistry* (pp. 487–496). https://www.aapd.org/media/Policies_Guidelines/BP_PulpTherapy.pdf
- Arangannal, P., Muthiah, G., Jeevarathan, J., & Sankar, P. (2019). Lesion sterilization and tissue repair in nonvital primary teeth: An in vivo study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 10(1), 31–35. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_124_18
- Aşık, A., & Önçağ, Ö. (2026). Clinical and radiographic outcomes of lesion sterilization and tissue repair in primary molars: The role of patient cooperation in a retrospective study. *BMC Oral Health*, 26(1), 312. <https://doi.org/10.1186/s12903-026-07726-8>
- Baghlaf, K., & Alamoudi, R. A. (2025). Clinical and radiographic success of lesion sterilization and tissue repair in primary teeth: A systematic review and meta-analysis. *The Saudi Dental Journal*, 37(7–9), 61. <https://doi.org/10.1007/s44445-025-00059-2>
- Castro, M., Lima, M., Lima, C., Moura, M., Moura, J., & Moura, L. (2023). Lesion sterilization and tissue repair with chloramphenicol, tetracycline, zinc oxide/eugenol paste versus conventional pulpectomy: A 36-month randomized controlled trial. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 33(4), 335–345. <https://doi.org/10.1111/ipd.13056>
- Chouchene, F., Masmoudi, F., Baaziz, A., Maatouk, F., & Ghedira, H. (2021). Antibiotic mixtures in noninstrumental endodontic treatment of primary teeth with necrotic pulps: A systematic review. *International Journal of Dentistry*, 2021, 5518599. <https://doi.org/10.1155/2021/5518599>
- Coll, J. A., Dhar, V., Vargas, K., Chen, C.-Y., Crystal, Y. O., AlShamali, S., & Marghalani, A. A. (2020). Use of non-vital pulp therapies in primary teeth. *Pediatric Dentistry*, 42(5), 337–349.
- Cruz, E. V., Kota, K., Huque, J., Iwaku, M., & Hoshino, E. (2002). Penetration of propylene glycol into dentine. *International endodontic journal*, 35(4), 330-336.
- Doneria, D., Thakur, S., Singhal, P., Chauhan, D., Keshav, K., & Uppal, A. (2017). In search of a novel substitute: Clinical and radiological success of lesion sterilization and tissue repair with modified 3Mix-MP antibiotic paste and conventional pulpectomy for primary molars with pulp involvement with 18 months follow-up. *Contemporary Clinical Dentistry*, 8(4), 514–521. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_47_17

- Duarte, M. L., Pires, P. M., Ferreira, D. M., Pintor, A. V. B., de Almeida Neves, A., Maia, L. C., & Primo, L. G. (2020). Is there evidence for the use of lesion sterilization and tissue repair therapy in the endodontic treatment of primary teeth? A systematic review and meta-analyses. *Clinical Oral Investigations*, 24(9), 2959–2972. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03415-0>
- Hoshino, E., Kurihara-Ando, N., Sato, I., Uematsu, H., Sato, M., Kota, K., & Iwaku, M. (1996). In-vitro antibacterial susceptibility of bacteria taken from infected root dentine to a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline. *International Endodontic Journal*, 29(2), 125–130. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1996.tb01173.x>
- Moura, J., Lima, M., Nogueira, N., Castro, M., Lima, C., Moura, M., & Moura, L. (2021). LSTR antibiotic paste versus zinc oxide and eugenol pulpectomy for the treatment of primary molars with pulp necrosis: A randomized controlled trial. *Pediatric Dentistry*, 43(6), 435–442.
- Nakornchai, S., Banditsing, P., & Visetratana, N. (2010). Clinical evaluation of 3Mix and Vitapex as treatment options for pulpally involved primary molars. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 20(3), 214–221. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2010.01044.x>
- Nanda, R., Koul, M., Srivastava, S., Upadhyay, V., & Dwivedi, R. (2014). Clinical evaluation of 3 Mix and Other Mix in non-instrumental endodontic treatment of necrosed primary teeth. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 4(2), 114–119. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2014.08.003>
- Prabhakar, A. R., Sridevi, E., Raju, O. S., & Satish, V. (2008). Endodontic treatment of primary teeth using combination of antibacterial drugs: An in vivo study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 26(Suppl 1), S5–S10.
- Reddy, G. A., Sridevi, E., Sai Sankar, A. J., Pranitha, K., Pratap Gowd, M. J. S., & Vinay, C. (2017). Endodontic treatment of chronically infected primary teeth using triple antibiotic paste: An in vivo study. *Journal of Conservative Dentistry*, 20(6), 405–410. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_161_17
- Sain, S., Reshmi, J., Anandaraj, S., George, S., Issac, J. S., & John, S. A. (2018). Lesion sterilization and tissue repair—Current concepts and practices. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 11(5), 446–450. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1555>

- Sánchez Pumeda, M. del C., & Henríquez, O. (2025). LSTR technique with CTZ antibiotic paste in primary molar: 5-year follow-up case report. *Case Reports in Dentistry*, 2025, 8629672. <https://doi.org/10.1155/crid/8629672>
- Sato, I., Ando-Kurihara, N., Kota, K., Iwaku, M., & Hoshino, E. (1996). Sterilization of infected root-canal dentine by topical application of a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline in situ. *International Endodontic Journal*, 29(2), 118–124. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1996.tb01172.x>
- Sefa, I., Garg, N., Pathivada, L., & Yeluri, R. (2024). Success of lesion sterilization and tissue repair therapy and pulpectomy in the management of infected primary molars with poor prognosis. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 17(1), 41–47. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2750>
- Singh, K., Reddy, A., Arya, A., Sridhar, V., Ranjan, M., & Bulbule, N. (2024). Lesion sterilization tissue repair: A review. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 16(Suppl 1), S75–S77. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_411_23
- Takushige, T., Cruz, E. V., Asgor Moral, A., & Hoshino, E. (2004). Endodontic treatment of primary teeth using a combination of antibacterial drugs. *International Endodontic Journal*, 37(2), 132–138. <https://doi.org/10.1111/j.0143-2885.2004.00771.x>
- Thakur, S., Deep, A., Singhal, P., & Chauhan, D. (2021). A randomized control trial comparing the efficacy of 3Mixtatin and modified 3Mix-MP paste using lesion sterilization and tissue repair technique to conventional root canal treatment in primary molars of children aged 4–8 years: An in vivo study. *Dental Research Journal*, 18, 93. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.330874>

BÖLÜM 5

ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE ANTERİOR SÜT DİŞLERİNİN RESTORASYONUNDA ZİRKONYUM KRONLARIN YERİ

Sıla Beren ADIGÜZEL ERDOĞAN¹

¹ Uzm. Dt. Selçuk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği ORCID: 0009-0009-2303-4493

1. Giriş

Anterior süt dişlerinin, çocuklarda estetik görünümün yanı sıra fonasyon, beslenme ve daimi dişlerin sürmesine rehberlik etme gibi önemli özellikleri vardır. Bu dişlerde meydana gelen yaygın koronal madde kayıpları, özellikle erken çocukluk çağı çürüğü ve dental travmalar sonucunda ortaya çıkmakta ve kapsamlı restoratif tedavilere ihtiyaç doğurmaktadır (Mendes, De Benedetto, Zardetto, Wanderley, & Correa, 2004). Son yıllarda ebeveynlerin ve çocukların estetik beklentilerindeki artış ve restoratif materyallerdeki yenilikçi gelişmeler, anterior süt dişlerinin rehabilitasyonunda daha estetik ve dayanıklı tedavi seçeneklerine olan ilgiyi artırmıştır. Bu doğrultuda prefabrike zirkonyum kronlar, üstün estetik özellikleri, biyouyumlulukları ve klinik başarıları nedeniyle çocuk diş hekimliğinde giderek daha fazla tercih edilen restoratif seçenekler arasında yer almaktadır (Planells del Pozo & Fuks, 2014).

Anterior süt dişlerinde yaygın koronal madde kayıpları en sık erken çocukluk çağı çürüğü (EÇÇ), dental travmalar ve çeşitli gelişimsel mine-dentin defektleri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu durumlar yalnızca dişlerin estetik görünümünü değil, aynı zamanda fonksiyonunu ve çocuğun psikososyal gelişimini ve sosyal ortamlardaki kabulünü de olumsuz etkileyebilmektedir (Chou, Cheng, Weng, & Hu, 2025). Geleneksel restoratif yaklaşımlar arasında kompozit rezin restorasyonlar ve strip kronlar yaygın olarak kullanılmakla birlikte, geniş madde kaybı bulunan dişlerde yeterli dayanıklılık ve uzun dönem klinik başarı her zaman sağlanamayabilir. Özellikle nem kontrolünün zor olduğu küçük yaş gruplarında veya nonkoopere hastalarda, restorasyonların retansiyon kaybı, kırılması veya renklenmesi gibi sorunlarla karşılaşılabilir. Bu nedenle son yıllarda, hem estetik beklentileri karşılayabilen hem de uzun dönem klinik performans gösterebilen tam koronal restorasyon seçeneklerine olan ilgi giderek artmıştır (Suresh & Gunasekaran, 2024). Bu durumda son yıllarda en çok kullanılan restoratif materyal pediatrik zirkonyum kronlar olarak bildirilmektedir.

Prefabrike zirkonyum kronlar, çocuk diş hekimliğinde estetik, fonksiyon ve dayanıklılık gereksinimlerini bir arada karşılayabilen restoratif seçenekler olarak geliştirilmiştir. Yüksek biyouyumlulukları, pürüzsüz yüzey özellikleri ve doğal diş görünümüne yakın estetik özellikleri sayesinde özellikle anterior süt dişlerinin restorasyonunda yaygın kabul görmüştür. Zirkonyum kronların yüzey pürüzlülüğünün düşük olması plak birikimini azaltabilmekte ve çevre yumuşak dokuların sağlığının korunmasına katkı sağlayabilmektedir (Taran & Kaya, 2018). Ayrıca renk stabilitesi ve aşınma dirençleri, bu restorasyonların uzun dönem estetik başarısını destekleyen önemli özellikler arasında yer almaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen klinik çalışmalar ve sistematik derlemeler, zirkonyum kronların hem klinik performans hem de ebeveyn memnuniyeti açısından başarılı sonuçlar sunduğunu bildirmekte, bu restorasyonları anterior süt dişlerinin rehabilitasyonunda önemli bir alternatif haline getirmektedir (Pei & Chen, 2023).

2. Anterior Süt Dişlerinde Koronal Yıkımın Nedenleri

2.1. Erken Çocukluk Çağı Çürüğü

Erken çocukluk çağı çürüğü (EÇÇ), 71 aylık veya daha küçük çocuklarda bir veya daha fazla çürük, çürüğe bağlı kayıp ya da dolgulu süt dişinin bulunması şeklinde tanımlanmaktadır.

EÇÇ, çocukluk döneminin en yaygın kronik hastalıklarından biri olup, özellikle sosyoekonomik düzeyi düşük toplumlarda önemli bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilmektedir (Paglia, 2025). Hastalığın etiolojisinde sık ve uzun süreli fermente karbonhidrat tüketimi, yetersiz ağız hijyeni, yüksek kariyojenik bakteri yükü ve ebeveynlerin ağız sağlığı farkındalığının düşük olması gibi çok sayıda faktör rol oynamaktadır (Patel et al., 2025).

EÇÇ'nin karakteristik özelliklerinden biri, lezyonların sıklıkla maksiller anterior süt dişlerinde başlaması ve kısa sürede ilerleyerek geniş koronal madde kayıplarına yol açabilmesidir. Özellikle üst süt kesici dişler, gece biberon kullanımı, sosyokültürel ve sosyoekonomik seviye, ağız bakımı yapılmaması ve uzun süreli şekerli içecek maruziyeti nedeniyle yüksek çürük riski taşımaktadır. Hastalığın ilerlemesiyle birlikte mine ve dentin dokusunda yaygın yıkımlar meydana gelmekte, bu durum yalnızca estetik problemlere değil aynı zamanda fonksiyon kaybına, ağrıya, enfeksiyonel durumlara ve yaşam kalitesinde azalmaya neden olabilmektedir (Li et al., 2020).

Anterior süt dişlerinde EÇÇ'ye bağlı olarak oluşan ileri derecedeki koronal yıkımlar, geleneksel direkt restorasyonların uygulanmasını güçleştirebilmektedir. Geniş madde kaybı bulunan dişlerde yeterli retansiyonun sağlanamaması, nem kontrolünün zor olması ve çocuk hastalarda kooperasyon problemleri nedeniyle kompozit rezin restorasyonların uzun dönem başarısı sınırlanabilmektedir. Bu nedenle pulpa tedavisi uygulanmış veya kapsamlı koronal kayıp gösteren anterior süt dişlerinde tam koronal restorasyonlar sıklıkla tercih edilmektedir (Planells del Pozo & Fuks, 2014).

Geçmişte anterior süt dişlerinin rehabilitasyonunda daha çok kompozit strip kronlar, polikarbonat kronlar ve açık yüzölü paslanmaz çelik kronlar yaygın olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte bu restorasyonlar estetik kayıplar, renklenme, materyal kırıkları ve retansiyon problemleri gibi çeşitli dezavantajlara sahiptir (Walia, Salami, Bashiri, Hamoodi, & Rashid, 2014). Ebeveynlerin estetik beklentilerinin artması ve restoratif materyallerdeki gelişmeler sonucunda prefabrike zirkonyum kronlar, EÇÇ nedeniyle ileri derecede madde kaybına uğramış anterior süt dişlerinin tedavisinde önemli bir alternatif olarak öne çıkmıştır.

2.2. Travmatik Dental Yaralanmalar

Dental travmalar, erken çocukluk döneminde anterior süt dişlerinde koronal yapı kaybına neden olan önemli etiyolojik faktörlerden biridir. Özellikle yürümeye yeni başlayan çocuklarda motor koordinasyonun henüz tam gelişmemiş olması nedeniyle düşmeler sık görülmekte, bu durum da süt kesici dişlerin travmatik yaralanmalara maruz kalmasına yol açmaktadır (Day et al., 2020). Travmatik dental yaralanmalar süt dentisyonunda en sık maksiller anterior bölgede görülmekte olup, mine kırıkları, mine-dentin kırıkları, komple kron kırıkları, lüksasyonlar ve avülsiyonlar şeklinde ortaya çıkabilmektedir.

Süt dişlerinde meydana gelen travmalar yalnızca mevcut diş dokusunun kaybına neden olmakla kalmamakta, aynı zamanda alttaki daimi diş germini de etkileyebilmektedir. Süt dişi kök apeksi ile gelişmekte olan daimi diş arasındaki yakın anatomik ilişki nedeniyle özellikle intrüziv lüksasyonlar ve alveoler yaralanmalar sonrasında mine hipoplazisi, renk değişiklikleri, dilasasyonlar ve sürme bozuklukları gibi anomaliler gelişebilmektedir. Bu nedenle süt dişi travmalarının yönetiminde temel amaç, hem mevcut dişin korunması hem de daimi dişlenmede oluşabilecek komplikasyonların en aza indirilmesidir (Levin et al., 2020).

Travmaya bağlı olarak oluşan kron kırıkları ve komplike kron-kök kırıkları, anterior süt dişlerinde ciddi estetik ve fonksiyonel kayıplara neden olabilmektedir. Özellikle pulpal tedavi gerektiren vakalarda kalan diş dokusunun yetersiz olması, süt dişinin inorganik yapısının yetersiz olması, çocuğun kooperasyon sorunu direkt restorasyonların uzun dönem başarısını olumsuz etkileyebilmektedir (J. K. Lee, 2002). Bu tür durumlarda tam koronal restorasyonlar, dişin fonksiyonunun yeniden kazandırılması ve estetik rehabilitasyonun sağlanması açısından önemli bir tedavi seçeneği olarak değerlendirilmektedir. Son yıllarda prefabrike zirkonyum kronlar, yüksek estetik özellikleri ve dayanıklılıkları nedeniyle travmaya bağlı madde kaybı bulunan anterior süt dişlerinin restorasyonunda giderek daha fazla tercih edilmektedir.

2.3. Gelişimsel Mine ve Dentin Defektleri

Anterior süt dişlerinde yaygın koronal madde kaybına veya estetik problemlere yol açabilen bir diğer neden, gelişimsel mine ve dentin defektleridir. Bu defektler, diş gelişimi sırasında meydana gelen lokal veya sistemik bozukluklar sonucunda ortaya çıkmakta ve dişlerin yapısal bütünlüğünü, fonksiyonunu ve görünümünü olumsuz etkileyebilmektedir. Nadir de olsa klinik olarak mine hipoplazisi, hipomineralizasyon, dentinogenezis imperfekta ve amelogenezis imperfekta gibi çeşitli tablolarla karşılaşılabilir (Seow, 2014). Özellikle anterior bölgede yer alan dişlerde meydana gelen renk değişiklikleri, yüzey düzensizlikleri ve doku kayıpları hem çocuklar hem de ebeveynler açısından önemli estetik kaygılara neden olabilmekte; çocukların sosyal yaşantısını ve gelişimini etkileyebilmektedir.

Mine hipoplazisi ve hipomineralizasyon gibi gelişimsel defektler, diş yüzeyinin çürüğe karşı direncini azaltarak erken dönemde madde kaybına yatkınlık oluşturabilmektedir. Ayrıca yapısal olarak zayıflamış mine dokusu, restoratif materyallerin bağlanmasını olumsuz etkileyebilmekte ve restorasyonların uzun dönem başarısını olumsuz etkilemektedir (Inchingolo et al., 2023). Bu nedenle geniş yüzey kayıpları bulunan veya estetik beklentilerin yüksek olduğu olgularda, tam koronal restorasyonlar fonksiyonel ve estetik rehabilitasyonun sağlanmasında önemli bir seçenek olarak değerlendirilmektedir (Kotsanos, Kaklamanos, & Arapostathis, 2005).

Son yıllarda prefabrike zirkonyum kronlar, gelişimsel mine ve dentin defektlerine sahip anterior süt dişlerinde estetik görünümün yeniden kazandırılması, renklenmelerin maskelenmesi ve diş yapısının korunması amacıyla kullanılan restoratif alternatifler arasında yer almaktadır. Özellikle kapsamlı restoratif tedavi gerektiren olgularda, zirkonyum kronların sunduğu estetik avantajlar ve biyouyumlu yapıları klinik kullanımını desteklemektedir.

3. Anterior Süt Dişlerinde Kullanılan Estetik Restorasyon Seçenekleri

Anterior süt dişlerinde meydana gelen yaygın koronal madde kayıplarının rehabilitasyonunda kullanılabilecek çeşitli restoratif tedavi seçenekleri bulunmaktadır. Tedavi planlamasında çocuğun yaşı, kooperasyon düzeyi, kalan diş dokusu miktarı, pulpal durum, estetik beklentiler, hekimin deneyimi ve tedavinin uzun dönem prognozu göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüzde estetik gereksinimlerin artmasıyla birlikte anterior süt dişlerinin restorasyonunda kullanılan materyaller ve teknikler önemli ölçüde gelişmiş olmakla birlikte, her restorasyon seçeneğinin kendine özgü avantajları ve sınırlılıkları bulunmaktadır.

Çok geniş olmayan madde kayıplarında kompozit rezin restorasyonlar konservatif yaklaşımları ve kabul edilebilir estetik sonuçları nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. Ancak geniş koronal yıkım bulunan vakalarda yeterli retansiyonun sağlanamaması, nem kontrolünün

güçlüğü ve zamanla meydana gelen renk değişiklikleri bu restorasyonların uzun dönem başarısını sınırlandırabilmektedir (Dhar et al., 2015). Anterior süt dişlerinin estetik rehabilitasyonunda uzun yıllardır kullanılan strip kronlar ise doğal diş görünümüne yakın sonuçlar sunabilmekte ve özellikle estetik gereksinimlerin ön planda olduğu olgularda tercih edilmektedir. Bununla birlikte uygulama sırasında etkili izolasyon ve teknik hassasiyet gerektirmeleri, ileri derecedeki koronal yıkımlarda retansiyon problemleriyle karşılaşılabilmesi önemli dezavantajları arasında yer almaktadır (Vaghela, Bhatt, Patel, & Joshi, 2022). Geçmişte yaygın olarak kullanılan diğer estetik seçenekler arasında polikarbonat kronlar ve açık yüzölü paslanmaz çelik kronlar da bulunmaktadır. Bu restorasyonlar kabul edilebilir estetik sonuçlar sağlayabilmelerine rağmen aşınma, renklenme, kırılma ve uygulama zorlukları nedeniyle günümüzde daha sınırlı kullanım alanına sahiptir (Mittal, Verma, Pahuja, Agarwal, & Tomar, 2016). Son yıllarda ise estetik beklentilerin artması ve materyal teknolojilerindeki gelişmeler doğrultusunda prefabrike zirkonyum kronlar ön plana çıkmıştır. Yüksek estetik özellikleri, biyouyumlulukları, renk stabilite ve uzun dönem klinik başarıları sayesinde zirkonyum kronlar, erken çocukluk çağı çürüğü, travma veya gelişimsel diş defektleri nedeniyle ileri derecede madde kaybına uğramış anterior süt dişlerinin rehabilitasyonunda önemli bir tedavi seçeneği haline gelmiştir (Alrashdi, Ardoin, & Liu, 2022).

4. Zirkonyum Kronların Özellikleri

Zirkonyum kronlar, üstün mekanik özellikleri, estetik performansları ve artan talepler nedeniyle son yıllarda çocuk diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İlk olarak yetişkin diş hekimliğinde sabit protetik restorasyonlarda yaygın kullanım alanı bulan zirkonyum, materyal teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde çocuk hastalar için de prefabrike kron formunda üretilmeye başlanmıştır (Alzanbaqi et al., 2022). Günümüzde farklı üreticiler tarafından sunulan prefabrike zirkonyum kron sistemleri, anterior süt dişlerinin estetik ve fonksiyonel rehabilitasyonunda önemli bir yer edinmiştir.

Zirkonyum kronların en önemli avantajlarından biri üstün estetik özellikleridir. Kronların rengi, translüsensi düzeyi ve yüzey özellikleri doğal diş dokusuna oldukça yakın bir görünüm sağlayabilmektedir. Özellikle anterior bölgede estetik beklentilerin yüksek olduğu durumlarda, zirkonyum kronlar geleneksel restoratif seçeneklere kıyasla daha başarılı sonuçlar sunabilmektedir. Son yıllarda ebeveynlerin çocuklarının ağız sağlığına ve görünümüne yönelik farkındalıklarının artmasıyla birlikte, estetik açıdan tatmin edici restorasyonlara olan talep de belirgin şekilde yükselmiştir. Bu durum, anterior süt dişlerinin rehabilitasyonunda zirkonyum kronların kullanımını teşvik eden önemli faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir (Ashima, Sarabjot, Gauba, & Mittal, 2014).

Zirkonyum kronların bir diğer önemli özelliği biyouyumluluklarıdır. Kron yüzeylerinin oldukça pürüzsüz olması plak retansiyonunu azaltabilmekte ve dişeti sağlığının korunmasına katkı sağlayabilmektedir. Yapılan klinik çalışmalarda zirkonyum kronların çevresindeki gingival dokularda daha düşük plak birikimi, daha az gingival inflamasyon ve daha iyi periodontal sağlık göstergeleri bildirilmiştir. Bu olumlu biyolojik yanıtın, materyalin yüzey özellikleri ve düşük bakteri adezyonu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Özellikle küçük çocuklarda ağız hijyeninin istenilen düzeyde sağlanamadığı durumlarda bu özellik önemli bir avantaj oluşturmaktadır (Taran & Kaya, 2018).

Mekanik açıdan değerlendirildiğinde, zirkonyum kronlar yüksek kırılma dayanıklılığı ve aşınma direnci göstermektedir (Gautam, Joyner, Gautam, Rao, & Vajtai, 2016). Bununla birlikte, prefabrike zirkonyum kronların pasif uyum prensibiyle çalışması nedeniyle

preparasyon sırasında diğer restoratif seçeneklere göre daha fazla diş dokusu uzaklaştırılması gerekebilmektedir. Ayrıca kronların iç yüzeylerinin ayarlanamaması ve şekillendirilememesi, klinik uygulama sırasında dikkatli preparasyon yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Yetersiz preparasyon kronun tam oturmamasına, aşırı preparasyon ise gereksiz diş dokusu kaybına neden olabilmektedir. Bu nedenle başarılı bir uygulama için uygun vaka seçimi ve doğru klinik teknik büyük önem taşımaktadır (J.-H. Lee, 2018).

Bununla birlikte zirkonyum kronların bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Geleneksel restoratif seçeneklere kıyasla daha yüksek maliyetli olmaları, farklı renk ve şekil seçeneklerinin sınırlı olması ve uygulama sırasında daha fazla diş preparasyonu gerektirmeleri ve iyi bir hekim becerisi gerektirmesi başlıca dezavantajları arasında sayılmaktadır. Ayrıca kronların prefabrike yapıda olması nedeniyle klinik adaptasyon olanakları kısıtlıdır. Ancak estetik sonuçlar, biyolojik uyumluluk ve uzun dönem klinik performans açısından sağladıkları avantajlar göz önünde bulundurulduğunda, bu dezavantajların çoğu durumda kabul edilebilir olduğu bildirilmektedir (Alrashdi et al., 2022).

5. Zirkonyum Kronların Klinik Kullanımı

Anterior süt dişlerinde zirkonyum kronların başarılı bir şekilde uygulanabilmesi, doğru vaka seçimi ve uygun klinik protokolün takip edilmesine bağlıdır. Bu kronlar özellikle geniş koronal madde kaybı bulunan, estetik beklentilerin yüksek olduğu ve uzun dönem restoratif başarı hedeflenen olgularda tercih edilmektedir. EÇÇ nedeniyle ileri derecede yıkıma uğramış dişler, travmaya bağlı kron kırıkları, pulpal tedavi uygulanmış anterior süt dişleri ve gelişimsel mine-dentin defektleri zirkonyum kronların başlıca kullanım alanlarını oluşturmaktadır. Bunun yanında, tekrarlayan restorasyon başarısızlıkları görülen veya kooperasyon problemi nedeniyle tek seansta uzun ömürlü restorasyon planlanan hastalarda da zirkonyum kronlar uygun bir seçenek olarak değerlendirilmektedir.

Bununla birlikte her vaka zirkonyum kron uygulaması için uygun olmayabilmektedir. Yetersiz kron boyuna sahip dişler, ileri derecede kök rezorpsiyonu gösteren süt dişleri, restorasyonun retansiyonunu sağlayacak yeterli diş dokusunun bulunmadığı durumlar ve ciddi periodontal destek kaybı bulunan vakalar göreceli kontrendikasyonlar arasında kabul edilmektedir. Ayrıca kronların pasif uyum prensibiyle çalışması nedeniyle yeterli preparasyonun yapılamayacağı veya hasta kooperasyonunun sağlanamayacağı durumlarda alternatif restoratif seçeneklerin değerlendirilmesi gerekebilmektedir (Alrashdi et al., 2022).

Zirkonyum kron uygulamasının en kritik aşamalarından biri diş preparasyonudur. Prefabrike zirkonyum kronlar esnetilemediği veya şekillendirilemediği için, kronun pasif olarak yerleşmesine izin verecek uygun miktarda diş dokusunun uzaklaştırılması gerekmektedir. Preparasyonun sonunda kronun diş üzerinde herhangi bir basınç oluşturmadan pasif olarak oturması beklenmektedir (Townsend et al., 2014). Kronun zorlanarak yerleştirilmesi, gingival dokularda travmaya ve uzun dönem başarısızlıklara neden olabilmektedir. Preparasyon sonrasında uygun kron boyutu seçilmekte ve pasif uyum kontrol edilmektedir. Zirkonyum kronların iç yüzeylerinde ayarlama yapılması önerilmediğinden, kron seçimi sırasında boyut ve adaptasyonun dikkatli değerlendirilmesi gerekmektedir. Simantasyon aşamasında ise üretici önerilerine uygun rezin modifiye cam iyonomer simanlar veya biyouyumlu adeziv simanlar kullanılabilir. Fazla simanın uzaklaştırılması ve marjinal adaptasyonun kontrol edilmesi, gingival sağlığın korunması açısından önem taşımaktadır. Başarılı bir preparasyon ve simantasyon işlemi sonrasında zirkonyum kronlar hem estetik hem

de fonksiyonel açıdan tatmin edici sonuçlar sağlayabilmektedir (Gupta, Gupta, Gupta, Shah, & Khairwa, 2023).

6. Klinik Başarı, Ebeveyn Memnuniyeti ve Güncel Değerlendirmeler

Prefabrike zirkonyum kronlar, anterior süt dişlerinin restorasyonunda estetik ve fonksiyonel gereksinimleri karşılayabilen restoratif seçenekler arasında önemli bir yer edinmiştir. Son yıllarda gerçekleştirilen klinik çalışmalar ve sistematik derlemeler, bu kronların retansiyon, marjinal bütünlük, renk stabilitesi ve periodontal sağlık açısından başarılı sonuçlar sunduğunu göstermektedir. Özellikle geniş koronal madde kaybı bulunan anterior süt dişlerinde uzun dönem fonksiyonun korunabilmesi ve restorasyonların estetik özelliklerini sürdürebilmesi, zirkonyum kronların klinik başarısını destekleyen temel faktörler arasında yer almaktadır (Walia et al., 2014).

Materyalin yüksek derecede cilalanmış ve pürüzsüz yüzey yapısı plak retansiyonunu azaltabilmekte, buna bağlı olarak gingival inflamasyon ve periodontal komplikasyonların görülme sıklığı düşebilmektedir. Çeşitli klinik çalışmalarda zirkonyum kronlarla restore edilen dişlerde gingival indeks ve plak indeks değerlerinin olumlu olduğu bildirilmiş, evre yumuşak dokuların restorasyonlarla uyumlu bir iyileşme süreci gösterdiği belirtilmiştir. Bu zellikler özellikle ağız hijyeninin yeterince sağlanamadığı küçük yaş gruplarında önemli avantajlar sunmaktadır (apan, 2023).

Bununla birlikte zirkonyum kronların bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Pasif uyum prensibi nedeniyle diğer restoratif seçeneklere kıyasla daha fazla diş preparasyonu gerektirmeleri, kronların klinik olarak şekillendirilememesi ve maliyetlerinin görece yüksek olması bu restorasyonların başlıca dezavantajları arasında sayılmaktadır. Ayrıca preparasyon ve simantasyon aşamalarının teknik hassasiyet gerektirmesi, başarılı sonuç elde edilmesinde klinik deneyimin önemini artırmaktadır. Ancak güncel literatür değerlendirildiğinde, estetik başarı, biyolojik uyumluluk ve uzun dönem klinik performans açısından sağladıkları avantajların, söz konusu sınırlılıkları büyük ölçüde dengelediği grlmektedir. Bu nedenle prefabrike zirkonyum kronlar günümüzde anterior süt dişlerinin rehabilitasyonunda güvenilir ve etkili bir tedavi seçeneği olarak kabul edilmektedir (Kayal, 2022).

7. Sonuç

Anterior süt dişlerinde meydana gelen yaygın koronal madde kayıpları, çocukların estetik görünümünü, fonksiyonlarını ve yaşam kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Erken ocukluk ağı çürüğü, dental travmalar ve gelişimsel diş defektleri gibi durumlarda uzun dönemli ve estetik açıdan başarılı restorasyonların uygulanması büyük önem taşımaktadır. Günümüzde prefabrike zirkonyum kronlar, doğal diş görünümüne yakın estetik özellikleri, biyouyumlulukları, periodontal dokularla uyumları ve yüksek klinik başarı oranları sayesinde anterior süt dişlerinin rehabilitasyonunda önemli bir tedavi seçeneği haline gelmiştir. Her ne kadar daha fazla diş preparasyonu gerektirmeleri ve yüksek maliyet gibi bazı sınırlılıkları bulunsa da, mevcut bilimsel kanıtlar zirkonyum kronların uygun vaka seçimi ve doğru klinik uygulama ile başarılı ve öngörülebilir sonuçlar sunduğunu göstermektedir. Artan estetik beklentiler ve materyal teknolojilerindeki gelişmeler doğrultusunda, zirkonyum kronların ocuk diş hekimliğindeki kullanımının gelecekte daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

Kaynakça

- Alrashdi, M., Ardoin, J., & Liu, J. A. (2022). Zirconia crowns for children: A systematic review. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 32(1), 66-81.
- Alzanbaqi, S. D., Alogaiel, R. M., Alasmari, M. A., Al Essa, A. M., Khogeer, L. N., Alanazi, B. S., . . . Ibrahim, M. S. (2022). Zirconia crowns for primary teeth: a systematic review and meta-analyses. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2838.
- Ashima, G., Sarabjot, K. B., Gauba, K., & Mittal, H. (2014). Zirconia crowns for rehabilitation of decayed primary incisors: an esthetic alternative. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39(1), 18-22.
- Chou, Y., Cheng, F., Weng, S., & Hu, H. (2025). Risk of severe early childhood caries over time in low-income preschoolers. *JDR Clinical & Translational Research*, 10(2), 146-156.
- Çapan, B. Ş. (2023). Pediatric dental crown restorations and application techniques. *International Studies in Health Sciences*, 155-157.
- Day, P. F., Flores, M. T., O'Connell, A. C., Abbott, P. V., Tsilingaridis, G., Fouad, A. F., . . . Hicks, L. (2020). International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 3. Injuries in the primary dentition. *Dental Traumatology*, 36(4), 343-359.
- Dhar, V., Hsu, K., Coll, J., Ginsberg, E., Ball, B., Chhibber, S., . . . Tinanoff, N. (2015). Evidence-based update of pediatric dental restorative procedures: dental materials. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39(4), 303-310.
- Gautam, C., Joyner, J., Gautam, A., Rao, J., & Vajtai, R. (2016). Zirconia based dental ceramics: structure, mechanical properties, biocompatibility and applications. *Dalton transactions*, 45(48), 19194-19215.
- Gupta, G., Gupta, D., Gupta, P., Shah, P., & Khairwa, A. (2023). Customized zirconia crown in pediatric dentistry from concept to reality.
- Inchingolo, A. M., Inchingolo, A. D., Viapiano, F., Ciocia, A. M., Ferrara, I., Netti, A., . . . Inchingolo, F. (2023). Treatment approaches to molar incisor hypomineralization: a systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 12(22), 7194.
- Kayal, S. (2022). *Retention of Zirconia Crowns Compared to Stainless Steel Crowns: In-Vitro*. Tufts University School of Dental Medicine,
- Kotsanos, N., Kaklamanos, E., & Arapostathis, K. (2005). Treatment management of first permanent molars in children with Molar-Incisor Hypomineralisation. *European journal of paediatric dentistry*, 6(4), 179.
- Lee, J.-H. (2018). Guided tooth preparation for a pediatric zirconia crown. *The Journal of the American Dental Association*, 149(3), 202-208. e202.
- Lee, J. K. (2002). Restoration of primary anterior teeth: review of the literature. *Pediatric dentistry*, 24(5), 506-510.
- Levin, L., Day, P. F., Hicks, L., O'Connell, A., Fouad, A. F., Bourguignon, C., & Abbott, P. V. (2020). International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: General introduction. *Dental Traumatology*, 36(4), 309-313.
- Li, J., Fan, W., Zhou, Y., Wu, L., Liu, W., & Huang, S. (2020). The status and associated factors of early childhood caries among 3-to 5-year-old children in Guangdong, Southern China: a provincial cross-sectional survey. *BMC Oral Health*, 20(1), 265.

- Mendes, F. M., De Benedetto, M. S., Zardetto, C. G. d. C., Wanderley, M. T., & Correa, M. S. N. P. (2004). Resin composite restoration in primary anterior teeth using short-post technique and strip crowns: a case report. *Quintessence international*, 35(9).
- Mittal, G. K., Verma, A., Pahuja, H., Agarwal, S., & Tomar, H. (2016). Esthetic crowns in pediatric dentistry: A review. *Int. J. Contemp. Med. Res*, 3, 1280-1282.
- Paglia, L. (2025). Early Childhood Caries: a Family-Centred Disease. *European journal of paediatric dentistry*, 26(2), 87-87.
- Patel, N. S., Mehta, M., Fu, Y., Desai, V., Lala, H. S., Parikh, H., . . . Thakor, U. B. (2025). A review of early childhood caries: risk factors, management, and policy recommendations. *Cureus*, 17(5).
- Pei, S.-L., & Chen, M.-H. (2023). Comparison of periodontal health of primary teeth restored with zirconia and stainless steel crowns: a systemic review and meta-analysis. *Journal of the Formosan Medical Association*, 122(2), 148-156.
- Planells del Pozo, P., & Fuks, A. (2014). Zirconia crowns-an esthetic and resistant restorative alternative for ECC affected primary teeth. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 38(3), 193-195.
- Seow, W. K. (2014). Developmental defects of enamel and dentine: challenges for basic science research and clinical management. *Australian dental journal*, 59, 143-154.
- Suresh, B., & Gunasekaran, R. (2024). Evaluating the success of preformed resin bonded composite strip crowns for the primary central incisor in restoring carious primary canine teeth: a retrospective analysis. *Cureus*, 16(8), e67012.
- Taran, P. K., & Kaya, M. S. (2018). A comparison of periodontal health in primary molars restored with prefabricated stainless steel and zirconia crowns. *Pediatric dentistry*, 40(5), 334-339.
- Townsend, J. A., Knoell, P., Yu, Q., Zhang, J.-F., Wang, Y., Zhu, H., . . . Xu, X. (2014). In vitro fracture resistance of three commercially available zirconia crowns for primary molars. *Pediatric dentistry*, 36(5), 125E-129E.
- Vaghela, L. L., Bhatt, R. K., Patel, C. N., & Joshi, K. R. (2022). Clinical performance and parental satisfaction with composite strip crown and prefabricated zirconia crown for primary anterior teeth: A randomized clinical trial. *The Journal of contemporary dental practice*, 22(12), 1462-1470.
- Walia, T., Salami, A., Bashiri, R., Hamoodi, O., & Rashid, F. (2014). A randomised controlled trial of three aesthetic full-coronal restorations in primary maxillary teeth. *Eur J Paediatr Dent*, 15(2), 113-118.

BÖLÜM 6

ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE FLORÜR UYGULAMALARI

Kürşat Fatih YÜKSEL¹

¹ Uzman Dt., Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Isparta, Türkiye, ORCID: 0009-0000-6564-9589

Giriş

Diş çürüğü, dünya genelinde en yaygın kronik hastalıklardan biri olmaya devam etmekte ve özellikle çocukluk çağında önemli bir halk sağlığı sorunu oluşturmaktadır (World Health Organization [WHO], 2022). Küresel Hastalık Yüğü çalışmaları, tedavi edilmemiş süt dişi çürüklerinin çocuklarda en yaygın sağlık durumu olduğunu ve dünya genelinde yaklaşık 530 milyon çocuğu etkilediğini ortaya koymaktadır (Kassebaum ve ark., 2015). Bu epidemiyolojik tablo, çocuk diş hekimliğinde etkili ve kanıta dayalı önleme stratejilerinin önemini her geçen gün daha da artırmaktadır.

Florür, çürük önleme ve kontrolünde en güçlü kanıt düzeyine sahip ajan olarak; diş hekimliği pratiğinin temel taşlarından birini oluşturmaktadır. Florürün diş çürüğünü önlemedeki etkinliği, on yıllardır süregelen randomize kontrollü çalışmalar, sistematik derlemeler ve toplum bazlı araştırmalarla desteklenmiş; Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ADA), Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi (AAPD), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (CDC) gibi başlıca uluslararası sağlık kuruluşları tarafından çürük önleyici tedavinin temel bileşeni olarak onaylanmıştır (American Academy of Pediatric Dentistry [AAPD], 2023).

Florürün koruyucu etkisi; mine yüzeyinde fluorapatit oluşumunu desteklemesi, demineralizasyon-remineralizasyon dengesini remineralizasyon lehine kaydırması ve oral mikrobiyotada kariyogenik bakterilerin asit üretim kapasitesini azaltması gibi çoklu mekanizmalarla açıklanmaktadır (Featherstone, 2008). Çocuk diş hekimliğinde florür uygulamaları; toplum bazlı su florürasyonundan bireysel klinik uygulamalara kadar geniş bir yelpazede yer almakta, hastanın yaşına, çürük risk profiline ve bireysel ihtiyaçlarına göre farklılaşan protokollerle yönetilmektedir.

Florürün diş hekimliğinde kullanımının tarihsel gelişimi, 20. yüzyılın başlarına dayanmaktadır. Colorado Springs'te doğal olarak yüksek florür içeren suyun, bölge halkında belirgin biçimde daha az diş çürüğü ile ilişkili olduğunun gözlemlenmesi, florürün koruyucu etkisinin bilimsel olarak araştırılmasına öncülük etmiştir (McClure, 1970). Bu erken gözlemler, 1945 yılında Grand Rapids, Michigan'da başlatılan ilk kontrollü su florürasyonu programına zemin hazırlamış; bu program, su florürasyonunun çürük insidansını belirgin biçimde azalttığını gösteren ilk büyük ölçekli kanıtı sunmuştur. Bu bölümde; florürün etki mekanizmaları, farklı florür formülasyonları, klinik uygulama protokolleri, çürük risk değerlendirmesi, güvenlik profili ve güncel tartışmalı konular kapsamlı biçimde ele alınmaktadır.

Florürün Etki Mekanizmaları

Florürün çürük önleyici etkisi, üç temel mekanizma üzerinden gerçekleşmektedir. Birincisi, florür iyonlarının mine yüzeyindeki hidroksiapatit kristalleri ile etkileşime girerek daha asit dirençli olan fluorapatit yapısının oluşumunu desteklemesidir. Bu süreç, mine yüzeyinin asidik atak karşısındaki direncini önemli ölçüde artırmaktadır (Featherstone, 2008). İkincisi, florürün demineralizasyon sürecini yavaşlatırken remineralizasyonu hızlandırmasıdır; düşük pH ortamında dahi kalsiyum ve fosfat iyonlarının mine yapısına yeniden entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır (Cury ve Tenuta, 2014). Üçüncüsü, florürün antibakteriyel etkisidir; Streptococcus mutans gibi kariyojenik bakterilerin glikolitik enzim aktivitesini inhibe ederek asit üretimini azaltmakta ve biyofilm metabolizmasını baskılamaktadır (Marquis ve ark., 2003).

Florürün etkinliği, sistemik değil esas olarak topikal mekanizmalar üzerinden gerçekleşmektedir. Güncel bilimsel görüş, florürün diş çürüğünü önlemedeki temel etkisinin, dişin sürme öncesi mineralizasyon sürecinden ziyade sürme sonrası ağız ortamındaki sürekli düşük doz topikal varlığı yoluyla sağlandığını desteklemektedir (Cury ve Tenuta, 2014). Bu bulgu, klinik uygulamalarda topikal florür ürünlerinin (diş macunu, vernik, gargara) önceliklendirilmesinin bilimsel temelini oluşturmaktadır.

Moleküler düzeyde incelendiğinde, florür iyonlarının diş plağı biyofilmindeki etkisi de önemli bir koruma katmanı oluşturmaktadır. Florür, bakteriyel hücre içine girdiğinde enolaz enzimini inhibe ederek glikolitik yolun işleyişini bozmakta ve bu yolla bakterilerin asit üretim kapasitesini azaltmaktadır (Marquis ve ark., 2003). Ayrıca florür, plak biyofilminde kalsiyum ve fosfat iyonlarının rezervuar görevi görmesini sağlayarak, asidik atak sonrasında hızlı remineralizasyon için gerekli mineral kaynağını oluşturmaktadır. Bu çoklu etki mekanizması, florürün hem önleyici hem de erken lezyonları durdurucu rolünü bilimsel olarak açıklamaktadır.

Florürün mine kristal yapısı üzerindeki etkisi de derinlemesine incelenmiştir. Hidroksiapatit kristalinin yapısında florür iyonu, hidroksil iyonunun yerini alarak fluorapatit veya fluorhidroksiapatit oluşumuna yol açmaktadır. Bu yeni kristal yapısı, hem termodinamik olarak daha kararlı hem de asidik çözünmeye karşı daha dirençlidir (Aoba, 2004). Mine yüzeyinin en dış 10-20 mikrometrelik tabakasında florür konsantrasyonunun en yüksek seviyede olması, bu yüzeysel tabakanın asidik ataklara karşı ilk savunma hattını oluşturmasını sağlamaktadır.

Florür Formülasyonları ve Klinik Uygulama Protokolleri

Florürlü Diş Macunları

Florürlü diş macunu, en yaygın kullanılan ve en iyi kanıtlanmış florür uygulama biçimidir. Cochrane sistematik derlemesi, florürlü diş macunu kullanımının çocuklarda diş çürüğü insidansını anlamlı biçimde azalttığını ve bu etkinin doz bağımlı olduğunu göstermektedir; 1000 ppm ve üzerindeki konsantrasyonların daha düşük konsantrasyonlara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı biçimde daha etkili olduğu bildirilmiştir (Walsh ve ark., 2019). AAPD (2023), yaşa göre kademeli bir florür miktarı önermektedir: 6 ay ile 3 yaş arasındaki çocuklarda pirinç tanesi büyüklüğünde (yaklaşık 0,1 g), 3 ile 6 yaş arasındaki çocuklarda ise bezelye tanesi büyüklüğünde (yaklaşık 0,25 g) florürlü diş macunu kullanımı önerilmektedir.

Düşük yaş grubunda florürlü diş macunu kullanımı konusunda tarihsel olarak temkinli bir yaklaşım benimsenmiş olsa da, güncel kanıtlar erken yaşta düşük doz florürlü macun kullanımının, dental fluorozis riskini anlamlı ölçüde artırmadan çürük önlemede etkili olduğunu göstermektedir (Wong ve ark., 2010). Bu nedenle, AAPD ve ADA gibi kuruluşlar, dişin ilk sürmesinden itibaren ebeveyn denetiminde florürlü diş macunu kullanımını önermektedir.

Diş fırçalama tekniği ve sıklığı, florürlü diş macununun etkinliğini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Günde iki kez fırçalama, hem florürün ağız ortamında düzenli aralıklarla yenilenmesini sağlamak hem de mekanik plak uzaklaştırma yoluyla biyofilm birikimini sınırlandırmaktadır. Fırçalama sonrası durulama alışkanlığının da klinik önemi bulunmaktadır; aşırı su ile durulama, ağız ortamındaki florür konsantrasyonunu hızla azaltarak topikal etkinin süresini kısaltabilmektedir. Bu nedenle, fırçalama sonrasında tükürmek ancak fazla durulamamak (yalnızca ağızdaki fazla köpüğü tükürmek) önerilmektedir (Cury ve Tenuta, 2014).

Çocuklarda florürlü diş macunu kullanımına ebeveyn denetimi sağlanması, hem doğru miktarın uygulanması hem de yutma davranışının kontrol altına alınması açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle 6 yaşın altındaki çocuklarda yutma refleksinin tükürme refleksine kıyasla baskın olması, florürlü diş macununun önemli bir kısmının yutulmasına yol açabilmektedir. Bu durum, kümülatif florür alımının değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken bir faktördür.

Florür Verniği

Florür verniği (%5 sodyum florür, 22.600 ppm), profesyonel uygulamada en sık tercih edilen topikal florür formudur. Vernik formülasyonu, diş yüzeyine uzun süreli temas sağlayarak

florür iyonlarının mine içine difüzyonunu desteklemekte ve uygulama sonrası birkaç saat boyunca tükürükte yüksek florür konsantrasyonunun korunmasını sağlamaktadır (Marinho ve ark., 2013). Cochrane meta-analizi, düzenli florür verniği uygulamasının süt ve daimi dişlerde çürük insidansını yaklaşık %37 oranında azalttığını ortaya koymaktadır (Marinho ve ark., 2013).

Klinik uygulamada florür verniği, düşük riskli çocuklarda yılda 2 kez, yüksek riskli çocuklarda ise 3 ayda bir uygulanması önerilmektedir. Uygulama kolaylığı, kısa işlem süresi ve enjeksiyon ya da rotasyon aleti gerektirmemesi nedeniyle, özellikle dental anksiyetesi yüksek ya da koopere olmakta güçlük çeken çocuklarda tercih edilen bir yöntemdir.

Florür verniğinin uygulama tekniği, etkinliğini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Diş yüzeyinin uygulama öncesinde plaktan arındırılması, izole edilmesi ve kuru tutulması, verniğin mine yüzeyine yeterli düzeyde yapışmasını ve yeterli temas süresini sağlamak açısından önemlidir. Uygulama sonrasında hastanın en az 4-6 saat boyunca sert gıdalardan ve aşırı fırçalama hareketlerinden kaçınması, verniğin diş yüzeyinde kalma süresini ve dolayısıyla florür salınım etkinliğini artırmaktadır. Vernik genellikle birkaç saat içinde sarımsı bir renk almaktadır; bu durum geçicidir ve normal fırçalama ile zamanla kaybolmaktadır.

Florür verniğinin güvenlik profili oldukça olumludur. Küçük miktarda uygulanması (genellikle 0,25–0,5 mL) ve diş yüzeyine hızla yapışarak sertleşmesi nedeniyle, yutulma riski diğer florür formlarına kıyasla belirgin biçimde düşüktür. Bu özellik, florür verniğini özellikle küçük çocuklarda ve yutma kontrolü gelişmemiş hastalarda güvenli bir seçenek hâline getirmektedir (AAPD, 2023).

Gümüş Diamin Florür

Gümüş diamin florür (GDF; %38, 44.800 ppm), son yıllarda pedodontik pratikte hız kazanan, hem antibakteriyel hem de remineralize edici özelliklere sahip bir ajandır. GDF'nin aktif çürük lezyonlarını durdurmadaki etkinliği, sistematik derlemelerle güçlü biçimde desteklenmektedir; düzenli uygulamanın aktif kaviteli lezyonların ilerlemesini durdurma oranının %80'in üzerinde olduğu bildirilmiştir (Gao ve ark., 2016). GDF, özellikle erken çocukluk çağı çürüğü (EÇÇ) yönetiminde, genel anestezi ihtiyacını erteleyebilen ya da tamamen ortadan kaldıracı olan önemli bir tedavi seçeneği olarak öne çıkmaktadır.

GDF'nin etki mekanizması, gümüş iyonunun antibakteriyel özelliği ile florür iyonunun remineralize edici etkisinin sinerjik kombinasyonuna dayanmaktadır. Gümüş iyonları, bakteriyel hücre duvarına bağlanarak ve hücresel enzimleri inhibe ederek güçlü bir antimikrobiyal etki göstermekte; bu sayede çürük lezyonundaki kariyojenik bakteri yükü

önemli ölçüde azalmaktadır. Eş zamanlı olarak yüksek konsantrasyondaki florür iyonları, demineralize dentin ve mine yapısında gümüş fosfat ve kalsiyum florür benzeri bileşiklerin oluşumunu desteklemekte, bu da lezyonun sertleşmesine ve ilerlemenin durmasına katkı sağlamaktadır (Mei ve ark., 2018).

GDF'nin temel klinik dezavantajı, etkilenen çürük dokusu üzerinde oluşturduğu kalıcı siyah renk değişimidir. Bu renk değişimi, gümüşün organik matriks proteinleriyle reaksiyona girmesi sonucu oluşmakta ve yalnızca etkilenen (demineralize) dokuda görülmekte, sağlam mine dokusunu etkilememektedir. Bu nedenle, özellikle ön bölge dişlerinde estetik kaygı taşıyan ailelere uygulama öncesinde ayrıntılı bilgilendirme yapılması ve onam alınması büyük önem taşımaktadır. Bazı klinik protokollerde, GDF uygulamasını takiben potasyum iyodür uygulanması, renk değişimini bir miktar azaltabilmekle birlikte tamamen ortadan kaldıramamaktadır.

GDF'nin klinik kullanım endikasyonları arasında; koopere olmayan ya da davranışsal yönetim güçlüğü yaşanan çocuklarda aktif çürük lezyonlarının geçici olarak durdurulması, genel anestezi bekleme sürecinde lezyon ilerlemesinin kontrol altına alınması ve tıbbi açıdan kompleks hastalarda (örneğin kalp hastalığı olan çocuklarda) invaziv tedavi riskinin azaltılması sayılabilmektedir. GDF uygulaması, kalıcı bir tedavi olmaktan ziyade, daha kapsamlı restoratif tedavi öncesinde geçici bir köprü tedavisi olarak da değerlendirilebilmektedir (Mei ve ark., 2018).

Florür Gargaraları

Florür gargaraları (%0,05 sodyum florür, 225 ppm günlük kullanım için; %0,2 sodyum florür, 900 ppm haftalık kullanım için), ek topikal florür koruması sağlayan, kullanımı kolay ve düşük maliyetli bir formülasyondur. Florür gargaraları, özellikle ortodontik tedavi gören, çürük riski yüksek olan ya da diş aralarına florürün ulaşmasının zor olduğu durumlarda tamamlayıcı bir önlem olarak önerilmektedir.

Florür gargaralarının kullanımı için temel ön koşul, çocuğun yutmadan gargara yapabilme becerisine sahip olmasıdır; bu nedenle genellikle 6 yaş ve üzerindeki çocuklarda önerilmektedir. Okul bazlı florür gargara programları, özellikle düşük sosyoekonomik bölgelerde, toplum genelinde çürük prevalansını azaltmada etkili bir halk sağlığı müdahalesi olarak kullanılmaktadır.

Su Florürasyonu

Toplum bazlı su florürasyonu, halk sağlığı açısından en maliyet etkin çürük önleme stratejilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Önerilen optimal konsantrasyon 0,7 mg/L olup, bu seviyede su florürasyonunun diş çürüğü prevalansını %25 ile %35 oranında azalttığı gösterilmiştir (Iheozor-Ejiofor ve ark., 2015). Su florürasyonu, özellikle düzenli diş hekimi erişimi sınırlı olan dezavantajlı topluluklarda eşitlikçi bir koruma sağlaması nedeniyle önemli bir halk sağlığı müdahalesi olarak değerlendirilmektedir.

Su florürasyonunun maliyet etkinliği konusundaki kanıtlar oldukça güçlüdür. Ekonomik analiz çalışmaları, su florürasyonu programlarına yatırılan her 1 dolar için, restoratif diş tedavisi maliyetlerinde 4 ila 40 dolar arasında tasarruf sağlandığını göstermektedir (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2021). Bu maliyet etkinlik profili, su florürasyonunu dünya genelinde 25'i aşkın ülkede ve Türkiye dahil çok sayıda bölgesel su şebekesinde uygulanan bir halk sağlığı politikası hâline getirmiştir.

Tablo 1. ocuk Diş Hekimliğinde Kullanılan Florür Ürünlerinin Karşılaştırılmal Özet

Florür Ürünü	Konsantrasyon	Önerilen Yaş Grubu	Uygulama Sıklığı	Klinik Endikasyon
Florürlü Diş Macunu (Standart)	1000–1500 ppm	6 yaş üstü	Günde 2 kez	Rutin günlük koruma
Florürlü Diş Macunu (Düşük Doz)	1000 ppm	6 ay – 6 yaş	Günde 2 kez (pirinç tanesi miktarı)	Yutma riski olan ocuklar
Florür Vernik (%5 NaF)	22.600 ppm	Tüm yaşlar (diş sürmesinden itibaren)	3–6 ayda bir	Yüksek ürük riski, MİH
Florürlü Gargara (%0.05 NaF)	225 ppm	6 yaş üstü (yutmama becerisi)	Günlük veya haftalık	Ek koruma, ortodontik tedavi
Gümüş Diamin Florür (%38)	44.800 ppm	Tüm yaşlar	Tek seans / 6 ayda bir	Aktif kavite, koopere olmayan ocuk
Profesyonel Jel/Köpük (APF)	12.300 ppm	6 yaş üstü	Yılda 1–2 kez	Klinik ortamda yüksek risk vakaları

Kaynak: AAPD (2023); Marinho ve ark. (2013); Gao ve ark. (2016)'dan uyarlanmıştır.

Çürük Risk Değerlendirmesi ve Bireyselleştirilmiş Florür Protokolü

Florür uygulama protokollerinin etkinliği, bireysel çürük risk değerlendirmesine dayalı bir yaklaşımla önemli ölçüde artırılabilir. AAPD'nin ürük Risk Değerlendirme Aracı (CAT) gibi standartlaştırılmış değerlendirme sistemleri; çürük deneyimi, plak kontrolü,

beslenme alışkanlıkları, florür maruziyeti, tükürük akışı ve sosyoekonomik faktörler gibi çoklu değişkenleri dikkate alarak hastaları düşük, orta ve yüksek risk kategorilerine ayırmaktadır (AAPD, 2023). Bu sınıflandırma, florür uygulama sıklığının ve yoğunluğunun bireyselleştirilmesinde temel bir kılavuz işlevi görmektedir.

Yüksek riskli çocuklarda (örneğin, aktif çürük lezyonu olan, düzensiz plak kontrolüne sahip ya da sık aralıklı şeker tüketimi olan hastalarda) daha sık florür vernik uygulaması (3 ayda bir), profesyonel florür jeli uygulaması ve gerekirse GDF kullanımı önerilmektedir. Düşük riskli çocuklarda ise standart florürlü diş macunu kullanımı ve yılda 1-2 kez rutin florür vernik uygulaması genellikle yeterli korumayı sağlamaktadır. Bu bireyselleştirilmiş yaklaşım, hem tedavi etkinliğini optimize etmekte hem de gereksiz florür maruziyetini sınırlandırarak fluorozis riskini azaltmaktadır.

Tablo 2. Çocuklarda Çürük Risk Değerlendirme Kriterleri

Risk Faktörü	Düşük Risk	Orta Risk	Yüksek Risk
Çürük Deneyimi	Çürük yok	1–2 çürük dişi var	3+ çürük dişi var
Plak Kontrolü	İyi (düzenli fırçalama)	Orta düzey	Yetersiz/düzensiz
Beslenme Alışkanlığı	Düşük şeker tüketimi	Orta düzey şeker	Sık aralıklı şeker tüketimi
Florür Maruziyeti	Düzenli florür kullanımı	Ara sıra florür kullanımı	Florür kullanımı yok
Tükürük Akışı	Normal	Hafif azalmış	Belirgin azalmış (kserosomi)
Sosyoekonomik Durum	Düzenli diş hekimi erişimi	Sınırlı erişim	Diş hekimi erişimi yok

Kaynak: American Academy of Pediatric Dentistry (2023)'ten uyarlanmıştır.

Risk değerlendirmesinin düzenli aralıklarla (genellikle her klinik ziyarette) tekrarlanması önemlidir, çünkü çocuğun risk profili zaman içinde değişebilmektedir. Örneğin, ortodontik tedaviye başlayan bir çocukta plak retansiyon alanlarının artması nedeniyle risk kategorisi yükselebilmekte; bu durum florür protokolünün buna göre yeniden düzenlenmesini gerektirmektedir. Benzer şekilde, ailenin sosyoekonomik durumunda ya da diş hekimi erişiminde meydana gelen değişiklikler de risk profilini etkileyebilmektedir.

Erken Çocukluk Çağı Çürüğünde Florür Yönetimi

Erken Çocukluk Çağı Çürüğü (EÇÇ), 71 ayın altındaki çocuklarda herhangi bir süt dışında kaviteli veya kavitesiz lezyonların, kayıp ya da dolgulu yüzeylerin varlığı olarak tanımlanmaktadır (AAPD, 2023). EÇÇ, hızlı ilerleme potansiyeli, çoklu diş tutulumu ve genellikle erken yaşta ortaya çıkması nedeniyle özel bir yönetim stratejisi gerektirmektedir.

Florür, EÇÇ yönetiminde hem önleme hem de aktif lezyon kontrolü açısından merkezi bir rol oynamaktadır.

EÇÇ riski taşıyan çocuklarda erken yaşta (ilk diş sürmesiyle birlikte) florür vernik uygulamasına başlanması önerilmektedir. Düzenli aralıklarla (3 ayda bir) tekrarlanan florür vernik uygulaması, hızlı ilerleyen EÇÇ lezyonlarının kontrol altına alınmasında önemli bir koruyucu önlem oluşturmaktadır. Aktif kaviteli lezyonu olan ve davranışsal yönetimi zor olan çocuklarda, GDF uygulaması; lezyon ilerlemesini geçici olarak durdurarak daha kapsamlı restoratif tedavi (gerekirse genel anestezi altında) planlanana kadar zaman kazandırmaktadır (Gao ve ark., 2016).

EÇÇ yönetiminde florür uygulamalarının yanı sıra, altta yatan davranışsal ve beslenme alışkanlıklarının ele alınması da kritik önem taşımaktadır. Biberon çürüğü olarak da bilinen bu durumun önlenmesinde; gece biberonla uyutma alışkanlığının sonlandırılması, şekerli içeceklerin sınırlandırılması ve düzenli diş fırçalama alışkanlığının erken yaşta kazandırılması, florür uygulamalarını tamamlayan önemli davranışsal müdahalelerdir.

Florür Güvenliği ve Dental Fluorozis

Florür uygulamalarının güvenliği, doz-yanıt ilişkisine dayanmaktadır. Önerilen dozlarda kullanıldığında florür güvenli ve etkili bir ajandır; ancak gelişim döneminde aşırı florür alımı dental fluorozis riskini artırabilmektedir. Dental fluorozis, ameloblast aktivitesinin mineralizasyon döneminde aşırı florür maruziyetine bağlı olarak bozulması sonucunda ortaya çıkan, mine yüzeyinde beyaz çizgilenmelerden kahverengi lekelenmelere kadar değişen bir spektrumda görülen kozmetik bir durumdur (Aoba ve Fejerskov, 2002).

Dental fluorozisin şiddeti, Dean İndeksi gibi standartlaştırılmış sınıflandırma sistemleriyle değerlendirilmektedir. Hafif formlarda (ince beyaz çizgiler ya da opak lekeler), klinik açıdan önemli bir estetik sorun genellikle gözlenmemekte; ancak orta ve şiddetli formlarda (kahverengi lekelenme, mine yüzeyinde pürüzlülük ve hatta mine kaybı) belirgin estetik ve bazen fonksiyonel sorunlar ortaya çıkabilmektedir (Aoba ve Fejerskov, 2002). Fluorozis riski özellikle 8 yaşından önceki dönemde, kalıcı dişlerin mineralizasyon sürecinde önem taşımaktadır.

Risk faktörleri arasında; florürlü diş macununun yutulması, çoklu florür kaynağına eş zamanlı maruziyet (florürlü su + florürlü macun + florür takviyeleri) ve önerilen miktarın üzerinde diş macunu kullanımı sayılabilmektedir (AAPD, 2023). Bu nedenle, klinik uygulamada yaşa uygun florür miktarının belirlenmesi ve ebeveyn denetiminin sağlanması, fluorozis riskinin önlenmesinde kritik öneme sahiptir. Diş hekimleri, özellikle birden fazla

florür kaynağına (örneğin florürlü musluk suyu kullanılan bir bölgede yaşayan ve aynı zamanda florür takviyesi alan bir çocukta) maruz kalan hastaları belirleyerek toplam florür alımını değerlendirmelidir.

Akut florür toksisitesi son derece nadir görülmekle birlikte, küçük çocuklarda büyük miktarda florürlü ürünün yutulması durumunda bulantı, kusma ve karın ağrısı gibi semptomlar ortaya çıkabilmektedir. Olası toksik doz eşiği yaklaşık 5 mg/kg vücut ağırlığı olarak kabul edilmekte; bu eşiğin üzerindeki alımlarda tıbbi gözlem ve gerekirse müdahale gerekmektedir (AAPD, 2023). Kesin öldürücü doz olarak kabul edilen eşik ise yaklaşık 32–64 mg/kg vücut ağırlığı civarındadır; ancak bu seviyelere normal klinik kullanımda ulaşılması son derece olasılık dışıdır.

Klinik pratikte, florür içeren ürünlerin çocukların erişemeyeceği yerlerde saklanması konusunda ailelerin bilgilendirilmesi önemli bir koruyucu önlemdir. Özellikle yüksek konsantrasyonlu profesyonel florür ürünlerinin (vernik, jel) yalnızca klinik ortamda, eğitimli personel tarafından uygulanması ve ev kullanımına yönelik ürünlerin standart konsantrasyonların üzerine çıkmaması, güvenlik açısından önemli bir önlemdir.

Güncel Tartışmalar ve Kanıta Dayalı Yaklaşım

Son yıllarda florür güvenliği konusunda kamuoyunda artan bir tartışma gözlemlenmektedir. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde, 2024 yılında yayımlanan Ulusal Toksikoloji Programı (NTP) Monografisi, 1,5 mg/L üzerindeki florür maruziyeti ile çocuklarda IQ düşüşü arasında 'orta düzey güven' ilişkisi bildirmiştir; bu seviye, önerilen su florürasyon konsantrasyonunun iki katıdır (National Toxicology Program, 2024). Bu bulgu, kamuoyunda yeniden canlanan bir tartışmaya yol açmış ve bazı yerel yönetimlerin su florürasyonu politikalarını gözden geçirmesine neden olmuştur.

Bilimsel literatürün mevcut durumu değerlendirildiğinde, önerilen optimal konsantrasyonlarda (0,7 mg/L) su florürasyonunun güvenli olduğu yönündeki kanıtlar güçlü kalmaya devam etmektedir; NTP bulgularının klinik açıdan önerilen dozların belirgin biçimde üzerindeki maruziyet seviyelerine ait olduğu vurgulanmalıdır (Iheozor-Ejiofor ve ark., 2015; National Toxicology Program, 2024). Bu ayrım, diş hekimlerinin hasta ve aileleriyle iletişiminde özellikle önem taşımaktadır; zira kamuoyunda dolaşan endişelerin büyük bölümü, yüksek doz maruziyet verilerinin standart klinik kullanım bağlamına doğrudan ve yanlış biçimde aktarılmasından kaynaklanmaktadır.

Sosyal medyada yaygınlaşan florür karşıtı anlatıların, genellikle doz-yanıt ilişkisini göz ardı ederek yüksek doz toksisite verilerini düşük doz klinik kullanım bağlamına yanlış biçimde

aktardığı görölmektedir. Diş hekimlerinin, hasta ve ailelerle florür güvenliği konusunda iletişim kurarken; güncel bilimsel kanıtları doz-bağımlı bağlamda, anlaşılır ve dengeli bir dille aktarması büyük önem taşımaktadır. Bu iletişim sürecinde, ailelerin endişelerinin küçümsenmeden, ancak bilimsel kanıtlardan ödün vermeden ele alınması; hasta-hekim güven ilişkisinin korunması açısından kritik bir beceridir.

Florür karşıtı söylemlerin yaygınlaşmasında, yapay zekâ tabanlı sohbet botlarının ve dijital sağlık bilgisi kaynaklarının artan rolü de güncel bir araştırma alanı hâline gelmiştir. Bu platformların florürle ilgili sorulara verdiği yanıtların kalitesi, okunabilirliği ve yanlış bilgiyi ele alma biçimi, hasta eğitimi açısından giderek daha fazla önem kazanmaktadır; bu nedenle diş hekimlerinin, hastalarının çevrimiçi kaynaklardan edindiği bilgileri klinik görüşmeler sırasında aktif olarak ele alması ve gerektiğinde düzeltmesi önerilmektedir.

Profesyonel Florür Uygulamalarında Klinik Protokol ve Hasta Yönetimi

Profesyonel florür uygulamalarının klinik ortamda başarılı biçimde gerçekleştirilmesi, yalnızca doğru ürün seçimine değil, aynı zamanda uygun hasta yönetimi tekniklerine de bağlıdır. Özellikle küçük çocuklarda, uygulama öncesinde davranışsal yönlendirme teknikleri (göster-anlat-yap yöntemi gibi) kullanılarak çocuğun işlem hakkında bilgilendirilmesi ve kaygısının azaltılması, hem işlem süresini kısaltmakta hem de tedaviye olan iş birliğini artırmaktadır (AAPD, 2023). Pozitif pekiştirme teknikleri ve çocuğun gelişim düzeyine uygun dilde açıklama yapılması, florür uygulamalarının rutin diş hekimi ziyaretlerinin olumlu bir parçası olarak algılanmasına katkı sağlamaktadır.

Florür uygulamalarının klinik ortamda uygulanma sırası da önem taşımaktadır. Genel olarak, profesyonel florür uygulaması, diş yüzeylerinin profesyonel temizliği (profilaksi) sonrasında gerçekleştirilmelidir; çünkü plak ve biyofilm varlığı, florürün mine yüzeyiyle doğrudan temasını ve difüzyonunu engelleyebilmektedir. Ancak florür verniği uygulamasında bu kuralın bir istisnası söz konusudur: bazı klinik kılavuzlar, verniğin plak varlığında dahi etkili olabildiğini ve profilaksi gerektirmediğini belirtmektedir; bu durum, vernik uygulamasının hız ve pratiklik avantajını daha da artırmaktadır (Marinho ve ark., 2013).

Florür uygulamalarının sonrasında hastaya ve aileye verilecek yazılı ve sözlü talimatlar, tedavinin etkinliğini optimize etmek açısından önemlidir. Florür verniği uygulaması sonrasında belirli bir süre (genellikle birkaç saat) sert, sıcak ya da aşındırıcı gıdalardan kaçınılması; GDF uygulaması sonrasında olası renk değişikliği konusunda ailenin bilgilendirilmiş olması; florürlü diş macunu kullanımında doğru miktarın ve tükürme tekniğinin gösterilmesi, klinik başarıyı doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer almaktadır.

Multidisipliner yaklaşımın önemi de bu bağlamda vurgulanmalıdır. Florür protokollerinin, çocuğun genel sağlık durumu, beslenme uzmanı, pediatrist ya da gerekirse psikolog gibi diğer sağlık profesyonelleriyle koordineli biçimde planlanması; özellikle kronik hastalığı olan, özel bakım gereksinimi bulunan ya da davranışsal yönetim güçlüğü yaşanan çocuklarda tedavi başarısını artırmaktadır. Bu işbirlikçi yaklaşım, florür uygulamalarının yalnızca diş hekimliği pratiğinin izole bir bileşeni olarak değil, çocuğun bütüncül sağlık yönetiminin bir parçası olarak ele alınmasını sağlamaktadır.

Sonuç

Florür, çocuk diş hekimliğinde çürük önleme ve kontrolünde en güçlü kanıt düzeyine sahip ajan olarak konumunu korumaktadır. Florürlü diş macunu, florür verniği, gümüş diamin florür, florür gargaraları ve su florürasyonu gibi farklı uygulama biçimleri; hastanın yaşı, çürük risk profili ve klinik ihtiyaçlarına göre bireyselleştirilmiş bir tedavi planı çerçevesinde kullanılmalıdır. Bireysel çürük risk değerlendirmesi, florür protokolünün yoğunluğunun ve sıklığının belirlenmesinde temel bir kılavuz işlevi görmektedir.

Florür güvenliği konusunda doz-yanıt ilişkisinin doğru anlaşılması ve aktarılması, hem klinik uygulamaların güvenliğini sağlamak hem de hasta ve ailelerle güvene dayalı bir iletişim kurmak açısından kritik önem taşımaktadır. Diş hekimleri, güncel kanıta dayalı kılavuzları takip ederek, florür uygulamalarını çocuk hastaların bireysel ihtiyaçlarına göre uyarlamalı ve kamuoyunda artan florür tartışmalarına bilimsel temelli, dengeli bir yaklaşımla yanıt vermelidir. Gelecekteki araştırmaların; florür formülasyonlarının optimizasyonu, bireyselleştirilmiş risk bazlı protokollerin klinik etkinliğinin değerlendirilmesi ve hasta-aile iletişiminde dijital sağlık bilgisi kaynaklarının rolünün incelenmesi yönünde derinleşmesi, alana önemli katkılar sağlayacaktır.

Gelecek Perspektifleri ve Araştırma Yönelimleri

Florür araştırmaları alanı, geleneksel formülasyonların ötesinde yeni nesil materyallerin geliştirilmesi yönünde hızla ilerlemektedir. Nano-hidroksiapatit içeren diş macunları, florüre alternatif ya da tamamlayıcı bir remineralizasyon stratejisi olarak son yıllarda artan ilgi görmektedir; bazı çalışmalar, nano-hidroksiapatitin florüre benzer remineralize edici etkinlik gösterdiğini ve özellikle florür alerjisi ya da hassasiyeti olan bireylerde alternatif bir seçenek sunabileceğini öne sürmektedir. Ancak bu alandaki kanıt düzeyi, florürün on yıllara dayanan kapsamlı kanıt tabanına kıyasla henüz sınırlı kalmaktadır ve daha fazla uzun dönemli klinik çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Akıllı (responsive) florür salınım sistemleri de gelişmekte olan bir diğer araştırma alanıdır. Bu sistemler, ağız ortamındaki pH değişikliklerine duyarlı biçimde tasarlanmakta; asidik koşullarda (çürük riski yüksek anlarda) daha fazla florür salınımı sağlayarak, sürekli sabit salınıma kıyasla daha verimli ve hedefe yönelik bir koruma sunmayı amaçlamaktadır. Biyoaktif cam esaslı materyaller ve kalsiyum fosfat nanoparçacıkları ile kombine edilen florür formülasyonları da, gelecekte klinik pratiğe entegre edilebilecek potansiyel yenilikler arasında yer almaktadır.

Kişiselleştirilmiş diş hekimliği yaklaşımının yaygınlaşmasıyla birlikte, genetik yatkınlık, tükürük mikrobiyom profili ve bireysel florür metabolizması gibi faktörlerin florür protokolü tasarımına entegre edilmesi de gelecekteki araştırma önceliklerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu yaklaşım, florür uygulamalarının yalnızca yaş ve genel risk kategorisine değil, bireyin biyolojik özelliklerine göre daha hassas biçimde optimize edilmesini hedeflemektedir.

Kaynakça

- American Academy of Pediatric Dentistry. (2023). Fluoride therapy. In *The reference manual of pediatric dentistry* (pp. 101–103). AAPD.
- Aoba, T. (2004). Solubility properties of human tooth mineral and pathogenesis of dental caries. *Oral Diseases*, 10(5), 249–257. <https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.2004.01030.x>
- Aoba, T., & Fejerskov, O. (2002). Dental fluorosis: Chemistry and biology. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 13(2), 155–170. <https://doi.org/10.1177/154411130201300206>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2021). Community water fluoridation: Cost savings. U.S. Department of Health and Human Services.
- Cury, J. A., & Tenuta, L. M. A. (2014). Evidence-based recommendation on toothpaste use. *Brazilian Oral Research*, 28(spe), 1–7. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2014.vol28.0061>
- Featherstone, J. D. B. (2008). Dental caries: A dynamic disease process. *Australian Dental Journal*, 53(3), 286–291. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2008.00064.x>
- Gao, S. S., Zhang, S., Mei, M. L., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2016). Caries remineralisation and arresting effect in children by professionally applied fluoride treatment: A systematic review. *BMC Oral Health*, 16(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0171-6>
- Iheozor-Ejiofor, Z., Worthington, H. V., Walsh, T., O'Malley, L., Clarkson, J. E., Macey, R., Alam, R., Tugwell, P., Welch, V., & Glenny, A. M. (2015). Water fluoridation for the prevention of dental caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2015(6), CD010856. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010856.pub2>
- Kassebaum, N. J., Bernabé, E., Dahiya, M., Bhandari, B., Murray, C. J. L., & Marcenes, W. (2015). Global burden of untreated caries: A systematic review and metaregression. *Journal of Dental Research*, 94(5), 650–658. <https://doi.org/10.1177/0022034515573272>
- Marinho, V. C. C., Worthington, H. V., Walsh, T., & Clarkson, J. E. (2013). Fluoride varnishes for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2013(7), CD002279. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002279.pub2>

- Marquis, R. E., Clock, S. A., & Mota-Meira, M. (2003). Fluoride and organic weak acids as modulators of microbial physiology. *FEMS Microbiology Reviews*, 26(5), 493–510. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2003.tb00627.x>
- McClure, F. J. (1970). Water fluoridation: The search and the victory. U.S. Department of Health, Education, and Welfare.
- Mei, M. L., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2018). Clinical use of silver diamine fluoride in dental treatment. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 39(2), 103–109.
- National Toxicology Program. (2024). Systematic review of fluoride exposure and neurodevelopmental and cognitive health effects (NTP Monograph). National Toxicology Program.
- Walsh, T., Worthington, H. V., Glenny, A. M., Marinho, V. C., & Jeroncic, A. (2019). Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2019(3), CD007868. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007868.pub3>
- Wong, M. C. M., Glenny, A. M., Tsang, B. W. K., Lo, E. C. M., Worthington, H. V., & Marinho, V. C. C. (2010). Topical fluoride as a cause of dental fluorosis in children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2010(1), CD007693. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007693.pub2>
- World Health Organization. (2022). Global oral health status report: Towards universal health coverage for oral health by 2030. WHO Press.