

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ ALANINDA ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ VE YENİLİKÇİ UYGULAMALAR



EDİTÖR
DOÇ. DR. ASU ÇAKIR



DOI: 10.5281/zenodo.18022264

**Çocuk Diş Hekimliği Alanında
Araştırma Yöntemleri ve Yenilikçi
Uygulamalar**

Editör

Doç. Dr. Asu Çakır

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editör
Doç. Dr. Asu Çakır

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Aralık, 2025

Yayımcı Sertifika No
45813

ISBN
978-625-8513-16-5

©copyright
Bu kitabın yayım hakkı Platanus Publishing'e aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin alınmadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Adres: Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B, 06480, Mamak,
Ankara, Türkiye.

Telefon: +90 312 390 1 118
web: www.platanuspublishing.com
e-mail: platanuskita@gmail.com



Platanus Publishing®

Çocuk Diş Hekimliği Alanında Araştırma Yöntemleri ve Yenilikçi Uygulamalar

Editör

Doç. Dr. Asu Çınar

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1	5
ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE LOKAL ANESTEZİ UYGULAMALARI VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR	
<i>Ebru Akleyin & Merve Yeniçeri Özata</i>	
BÖLÜM 2	19
REJENERATİF ENDODONTİK TEDAVİLERİN GELECEĞİ: HÜCRE DEN YAPAY ZEKAYA YENİ GELİŞMELER	
<i>Huriye İşci Uluişık & Mehmet Ünal</i>	
BÖLÜM 3	41
DIŞ HEKİMLİĞİNDE ÇOCUK HASTALARDA KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ: ENDİKASYONLAR, DOZ OPTİMİZASYONU VE KLİNİK YAKLAŞIMLAR	
<i>Elif Sinem Sancar & Müge Bulut</i>	
BÖLÜM 4	59
GÜMÜŞ DİAMİN FLORÜR: GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE KLİNİK UYGULAMALAR	
<i>İsmail Haktan Çelik.....</i>	<i>59</i>
BÖLÜM 5	75
ÇOCUK DIŞ HEKİMLERİNİN VE ÇOCUKLARIN RUBBER DAM KULLANIMINA YÖNELİK TUTUMLARI	
<i>Serpil Sağdıç</i>	
BÖLÜM 6	83
ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILAN LAZER TÜRLERİ VE UYGULAMA ALANLARI	
<i>Beyza Günaydın</i>	<i>83</i>

BÖLÜM 1

Çocuk Diş Hekimliğinde Lokal Anestezi Uygulamaları ve Güncel Yaklaşımlar

Ebru Akleyin¹ & Merve Yeniçeri Özata²

¹ Dicle Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, Diyarbakır, Türkiye. Orcid ID: 0000-0003-4302-6561

² Dicle Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Diyarbakır, Türkiye. Orcid ID: 0000-0003-3619-3118

Giriş

Çocuk diş hekimliğinin temel hedeflerinden biri, dental tedavileri en az anksiyete ve ağrı ile gerçekleştirerek hastanın gelecekteki diş hekimliği deneyimlerine olumlu bir temel oluşturmaktır. Bu kritik hedefin gerçekleşmesinde en önemli aşama, etkili ve güvenilir lokal anestezi uygulamalarıdır. Dental tedaviler sırasında anksiyete ve ağrının başarılı bir şekilde yönetilmesi, klinik pratiğin vazgeçilmez bir unsurudur (Remi vd., 2023).

Lokal anestezi, periferik sinirlerdeki iletimin geçici olarak baskılanmasıyla vücudun belirli bir bölgesinde duyu kaybı oluşturma yöntemidir. Son yıllarda yapılan akademik çalışmalar, geleneksel yöntemlerin yanı sıra çocukların anatomik, fizyolojik ve psikolojik özelliklerine daha uygun, yenilikçi tekniklerin geliştirilmesine odaklanmıştır (Tüloğlu & Bayrak, 2010).

Bu derleme, çocuk diş hekimliğinde lokal anesteziye yönelik modern yaklaşımları, kanıta dayalı uygulama tekniklerini, farmakolojik alandaki güncel gelişmeleri ve dikkat edilmesi gereken anatomik farklılıkları incelemektedir.

1. Lokal Anestezikler ve Farmakolojik Sınıflandırma

Lokal anestezi, ağrı sinyallerinin beyine iletimini geçici olarak durdurarak belirli bir vücut bölgesinde duyu kaybı oluşturur. Bu etki, sinir hücrelerinin zarındaki voltaj kapılı sodyum kanallarının bloke edilmesiyle sağlanır (Butterworth & Strichartz, 1990). Kimyasal yapılarına göre LA, esterler ve amidler olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır (Covino, 1986).

1.1. Ester Grubu Lokal Anestezikler

Bu grupta prokain, tetrakain ve benzokain gibi daha eski nesil ajanlar yer alır. Esterler, plazmadaki psödokolinesteraz enzimleri tarafından hızla metabolize edilirler. Metabolizma sonucunda oluşan para-aminobenzoik asit (PABA), alerjik reaksiyonların temel nedenidir (Tüloğlu & Bayrak, 2010).

1.2. Amid Grubu Lokal Anestezikler

Diş hekimliğinde en yaygın kullanılan grup olup lidokain, mepivakain, bupivakain ve artikain gibi ajanları içerir. Metabolizmaları karaciğerdeki mikrozomal enzimler tarafından gerçekleşir. Amidler, alerjik özelliklerinin az olması ve düşük konsantrasyonlarda dahi etkili olmaları nedeniyle daha sık tercih edilmektedir (Covino, 1986).

Pediyatrik diş hekimliğinde, 1:100.000 epinefrin içeren %2'lik lidokain hidroklorür (HCl), düşük alerjenik özellikleri ve düşük konsantrasyonlarda daha yüksek etkinliği nedeniyle tercih edilir (Peedikayil & Vijayan, 2013).

2. Pedodontide Güncel Ajanlar ve Dozaj Güvenliği

Sağlıklı çocuklarda sistemik toksisite riskini en aza indirmek için uygulanan dozun çocuğun vücut ağırlığına göre doğru şekilde hesaplanması hayati önem taşır.

Vazokonstriktörlerin Rolü

Anestezik ajanların emilim hızını yavaşlatmak, sistemik toksisite riskini azaltmak ve etki süresini uzatmak için vazokonstriktörler kullanılır (AAPD, 2024). Vazokonstriktörün kullanımı, anestezik maddenin maksimum toplam dozunun yaklaşık %40 oranında artırılmasını sağlayacaktır. Lokal anesteziklerle birlikte vazokonstriktör olarak birçok madde kullanılmıştır. Ancak çoğu epinefrin kadar klinik olarak etkili olmamıştır (Scott vd., 1972).

Lokal anesteziklere vazokonstriktör madde olarak genellikle epinefrin eklenmektedir ve solüsyonda 1/100.000 veya 1/200.000'lik oranlarda hazırlanmaktadır. Vazokonstriktörler, kan damarlarını daraltmak, lokal anestezinin vazodilatör etkilerini etkisiz hale getirmek, etki süresini uzatmak, sistemik emilimi ve toksisiteyi azaltmak ve cerrahi işlemler için kansız bir alan sağlamak için kullanılır (Tüloğlu & Bayrak, 2010).

Epinefrin, hipertiroidili hastalarda kontrendikedir. Trisiklik antidepresan alan hastalarda disritmiler oluşabileceğinden, dozu minimumda tutulmalıdır. Levonordefrin ve norepinefrin bu hastalarda kesinlikle kontrendikedir. Önemli kardiyovasküler hastalığı, tiroid disfonksiyonu, diyabeti veya sülfite duyarlılığı olan ve monoamin oksidaz inhibitörleri, trisiklik antidepresanlar veya fenotiyazinler alan hastalar, vazokonstriktör içermeyen bir lokal anestezik ihtiyacını belirlemek için tıbbi konsültasyona ihtiyaç duyabilirler (Wilson vd., 1999).

Maksimum Dozaj

Uygulanacak toplam anestezik miktarı, çocuğun **vücut ağırlığına** göre hesaplanan maksimum dozu asla aşmamalıdır (Peedikayil & Vijayan, 2013) (Tablo 1).

Tablo 1. Lokal anestezi ajanlarının önerilen maksimum dozları ve konsantrasyon

Lokal Anestezi Ajan	Konsantrasyon ve Vazokonstriktör	Maksimum Önerilen Doz (mg/kg)
Lidokain	%2, 1/100.000 Epinefrin İçeren	4,4
Artikain	%4, 1/100.000 Epinefrin İçeren	7
Mepivakain	%3	4,4
<i>Not: Bu tablo, güncel akademik çalışmalar ve klinik kılavuzlara dayalı genel kabul gören maksimum dozları özetlemektedir (Peedikayil & Vijayan, 2013).</i>		

3. Çocuklarda Anatmik Yapı Farklılıkları

Çocuklarda lokal anestezi uygulamaları, yetişkinlere göre farklı anatomik özellikler gerektirir (Akçay & Aren, 2021) (Tablo 2).

Tablo 2. Çocuklarda yetişkinlere göre anatomik farklılıklar

Anatomik Bölge	Çocuklardaki Özellik	Klinik Önemi
Kemik Yapısı	Alt ve üst çenede kemik korteksi oldukça ince ve az kalsifiye.	Anestezi solüsyonun difüzyonu kolaylaşır. Bu nedenle, alt ve üst çenede lokal infiltrasyon anestezi çoğu kez yeterli olmaktadır (Akçay & Aren, 2021).
Mandibular Ramus	Vertikal olarak daha kısa ve anteroposterior yönde daha dar	İğnenin penetrasyon derinliğine dikkat edilmelidir, yetişkinlerden daha az tutulmalıdır (Akçay & Aren, 2021).
Mandibular Foramen	Konumu çocuğun yaşına göre önemli ölçüde değişir. 7 yaş altındaki çocuklarda foramen neredeyse oklüzal düzlem	Mandibular anestezide iğne girişi, oklüzal düzlem hizasında veya biraz

Anatomik Bölge	Çocuklardaki Özellik	Klinik Önemi
	hizasında veya altında yer alır; yaş ilerledikçe konumu kademeli olarak daha arkaya ve yukarıya doğru değişir.	altında olmalıdır (Temur & Önsüren, 2022).
Tüber Bölgesi	Maksillada, tüber bölgesindeki vasküler yapılar yüzeye yakındır (Akçay & Aren, 2021).	PSA bloğu sırasında damar içine enjeksiyon ve hematoma oluşumu riskini artırır. PSA bloğu için kısa iğneler kullanılması hematoma riskini en aza indirir (Temur & Önsüren, 2022).

4. Kullanılan Lokal Anestezi Teknikleri

4.1. Konvansiyonel Teknikler

- A. Topikal Anestezi:** Mukozal membrana yapılacak enjeksiyon sırasında ağrıyı engellemek amacıyla kullanılır. Ayrıca rezorbe olmuş süt dişlerinin çekiminde veya küçük cerrahi işlemlerde kullanılır. Topikal anestezi kullanımındaki temel amaç, iğnenin yumuşak dokuya nüfuz etmesinin neden olduğu ağrı hissini en aza indirmektir. Maksimum etkiyi elde etmek için topikal anestetik madde kurumuş pamuk aplikatör ile mukozaya uygulanmalı ve en az bir dakika bekletilmelidir. Lidokainin etki süresi 3-5 dakikadır (Tüloğlu & Bayrak, 2010).
- B. İnfiltrasyon Anestezisi (Supraperiostal/Buccal):** Maksiller ve mandibular süt ön dişler, kaninler ve maksiller süt azı dişlerinde en sık kullanılan ve genellikle yeterli olan yöntemdir. Amaç, solüsyonun dişin kök ucuna verilmesidir (Akçay & Aren, 2021).
- C. Blok Anestezi:** Blok anestezi uygulamaları, çocuklarda yüksek başarı oranlarına ulaşmada kritik öneme sahiptir.
 - **İnferior Alveoler Sinir Bloğu (Mandibular Anestezi):** Alt çene süt azılarında "10 Kuralı" uygulanarak mandibular anestezi kararı verilir. Hastanın yaşı ve işlem yapılacak dişin numarasının toplamı 10 ve üzerindeyse mandibular blok anestezi tercih edilir. Mandibular blok sırasında damar içine enjeksiyon riski yüksek olduğundan, aspirasyon manevrası mutlaka yapılmalıdır.

- **Posterior Süperior Alveoler (PSA) Sinir Bloğu (Tüber):** Çocuklarda iğnenin 2 cm' den fazla itilmesi veya çok laterale gitmesi, hematoma ve sistemik toksik reaksiyona neden olabilir (Akçay & Aren, 2021).

D. İntraligamenter Anestezi: Çocuklarda etkili ve tercih edilebilecek bir yöntemdir. Özellikle blok anesteziyi tolere edemeyen, alt çenede iki taraflı işlemlerde veya kanama problemi olan hastalarda ve anestezie bağlı yumuşak doku yaralanmasını önlemek için alternatif olarak kullanılır (Tüloğlu & Bayrak, 2010).

4.2. Modern Teknolojik Yaklaşımlar

4.2.1. Bilgisayar Kontrollü Lokal Anestezik Dağıtım Sistemleri (C-CLAD)

Mikroişlemci kontrolü ile akış hızını ve basıncını doku direncine göre ayarlayarak yavaş ve sabit bir enjeksiyon sağlar. Bu sistemler, enjeksiyon ağrısını ve anksiyeteyi azaltmada etkilidir. Bilgisayar Kontrollü Lokal Anestezi sistemi, anestezik maddenin akış hızının kontrolü sayesinde daha az ağrılı enjeksiyon sağlamayı amaçlayan alternatif bir yöntem olarak geliştirilmiştir. Ayrıca daha az tehdit edici bir görsellik sağlayarak enjeksiyona bağlı kaygıyı azaltmayı amaçlar. Bu sistemlere atfedilen ağrı ve rahatsızlıktaki azalmanın ana avantajı, düşük basınç, solüsyonun yavaş iletimi ve daha az tehdit edici görsel görünümünden kaynaklanmaktadır. Geleneksel enjeksiyon enjektörüne kıyasla artan maliyet, ilacın uygulanması için daha uzun süre, ekipmanı konumlandırmak için daha fazla alan ve sistemin karmaşıklığı gibi dezavantajları vardır (Koyutürk vd., 2009).

4.2.1.a. Wand Sistemi (The Wand / C-CLAD)

Wand sistemi (Milestone Scientific), 1997 yılında piyasaya sürülen ilk bilgisayarlı anestezi uygulamalarındandır. Lokal anestezik solüsyonu sabit ve çok düşük hızla vererek dokulardaki basıncı ve enjeksiyon ağrısını en aza indirir. Bu, damak ve periodontal ligament gibi esnek dokularda bile kontrollü, yüksek etkili ve rahat bir enjeksiyon sağlar. Tek kullanımlık ultra hafif bir el aleti bileşeninden, ayakla çalışan bir pedaldan ve bilgisayar kontrol ünitesinden oluşur. Anestezik solüsyonun verilmesiyle ilgili ağrıyı azalttığı gösterilmiştir. Uygulanırken uzun zaman gerektirmesi ve diğer yöntemlere göre çok daha pahalı olması etkinliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca anestezik solüsyonun uygulama esnasında çocuğun ağızına damlayıp kötü bir tat yaratabilecek olması nedeniyle damlayan solüsyon aspire edilmelidir (Akçay & Aren, 2021).

4.2.1.b. Comfort Control Syringe (CCS) Anestezi Sistemi

2001 yılında Dentsply International tarafından tanıtılmıştır. Ayak pedalı olmamasıyla diğer bilgisayar kontrollü lokal anestezi sistemlerinden ayrılır. Enjeksiyon ve aspirasyon doğrudan enjektörden kontrol edilebilir. Farklı

enjeksiyon teknikleri (Blok, infiltrasyon, PDL, kemik içi ve damak) için önceden programlanmış beş hıza sahiptir. Her enjeksiyon için iki aşamalı bir iletim hızı kullanır: Başlangıçta lokal anestezi son derece düşük bir hızda verilir. 10 saniye sonra hız, seçilen enjeksiyon tekniği için önceden programlanmış değere yükselir. CCS kullanımı uygulayıcıya elle daha fazla algılama hissi ve kontrol sağlayabilmesine rağmen, cihazın enjektör kullanımı diğer bilgisayar kontrollü cihazlara göre daha zor olabilir (Angelo & Polyvios, 2018).

4.2.1.c. Quicksleeper Anestezi Sistemi (Computer-controlled Intraosseous Anesthesia)

Bu teknik, enjeksiyon ağrısını azaltmak için anesteziyi sabit hız ve basınçla verir. Devre tamamlandıktan sonra el aleti, maksimum anestezi etkinliği sağlamak için anestetik solüsyonu kemik içi boşluğa veya süngerimsi kemiğe deler ve uygular (Elicherla vd., 2021). Bu sistem bir el aleti ve bir kontrol kutusundan oluşur, sinyaller Bluetooth aracılığıyla gönderilir. Dört adet önceden programlanmış enjeksiyon hızına sahiptir. El ünitesinin üzerinden ne kadar solüsyon uygulandığı ve solüsyona gösterilen direnç miktarları izlenebilmektedir (Akçay & Aren, 2021).

4.2.1.d. Calaject Bilgisayar Destekli Anestezi Sistemi

Calaject® (Rönvig dental MFG) nispeten yakın zamanda piyasaya sürülmüştür ve prensibi, lokal anestetik enjeksiyonunun basıncı ve akışı ne kadar az olursa, işlemin o kadar az ağırlı olacağı gerçeğine dayanır. Yerleşik bir basınç göstergesi ve üç düğmeli bir ekrana sahip bir mobil üniteden oluşur. Bu ünite, kartuş ve iğnelerin yerleştirildiği kalem şeklindeki bir kaba uyarlanmıştır. Anestezi kontrolü, merkezi birime bağlı, anestezi verilirken sesli mesajlar veren bir pedal ile sağlanır. Calaject ile yapılan çalışmalarda, geleneksel enjektör ile karşılaştırılmış ve enjeksiyon ağrısının daha az olmasını sağlamada önemli farklılıklar olduğu bildirilmiştir (Berrendero vd., 2021; Romero-Galvez vd., 2016).

4.2.2. Elektronik Dental Anestezi (EDA): Kronik ağrı kontrolünde kullanılan transkutan elektronik sinir stimülasyonunun modifikasyonu olarak bilirse de etki mekanizması tam olarak açıklanamamıştır. Temel olarak ağrı sinyallerinin beyne ulaşmadan engellenmesi prensibine dayanır (AAPD, 2024). EDA kavramı, sinir uyarı yolunu ağrı uyarısını bloke edecek ölçüde yükleyen elektrik akımının uygulanmasını içerir. Literatür taraması, TENS yani Transkutanöz elektriksel sinir stimülatörü altında gerçekleştirilen tüm diş prosedürleri sırasında ağrıda önemli bir azalma olduğunu göstermektedir.

4.2.3. Jet enjeksiyonu: Bu cihaz, diş prosedürleri için iğne kullanılmadan lokal anestezi sağlamak üzere geliştirilmiştir. Bu, anestetik solüsyonun yüksek basınç kuvvetleri altında verilmesiyle sağlanır (Ram & Peretz, 2002). Jet enjeksiyon 1 cm derinliğinde infiltrasyon ve topikal anestezi arasında bir etkinlik

sağlamaktadır. Püskürtme sırasında oluşan ses ve ağza yayılan kötü tadı, görünümü çocuklarda kullanımını sınırlamaktadır. Rejyonel anesteziye yetersiz oluşu, maliyeti ve yanlış bölgelerde veya dikkatsiz şekilde uygulanırsa periodontal dokulara hasar verme ihtimalinin olması diğer dezavantajlarıdır. İnflamasyonlu ve açık yaranın olduğu bölgelere uygulanmamalıdır. İğne kullanılmaz ama tamamen ağrısız değildir, enjeksiyon sırasında bazı hastalar rahatsızlık duyabilmektedir (Richard, 2005).

4.2.4. Titreşimle Lokal Anestezi (Vibrotaktil Cihazlar): Bu sistemler 1965 yılında geliştirilen kapı kontrol teorisinin prensibine göre çalışmaktadır. A delta ve C sinir liflerinin kapı kontrol mekanizması kapatılarak ağrının azaltılması amaçlanmıştır. Anesteziden önce dokuya ters stimülasyonla titreşim hissi verilmiş ve enjeksiyon ağrısı giderilmeye çalışılmıştır. Kullanımı kolaydır ve genelde kablosuz cihazlardır. Bazı çalışmalar cihazların ağrı kontrolünde fark yaratmadığını göstermiştir (Nanitsos vd., 2009; Yapıcı, 2020). Epileptik hastalarda ve şiddetli nörolojik bozukluğu olan hastalarda kontrendikedir. Derin anestezi ihtiyacı olan bölgelerde anestezi yöntemi ile kullanılabilir (Elicherla vd., 2021).

4.2.5. Ağız içi lidokain yaması: Bunlar, biyoyapışkan bir matris aracılığıyla dağıtılan ve doğrudan ağız mukozasına uygulanan lidokain bazlı anestetik yamalardır. %10 ve %20'lik konsantrasyonları bulunan bantlar minimum 15 dakika enjeksiyon yapılacak bölgede tutulur ve sonrasında uygulanacak iğnenin acısını azaltır ve iğnenin batırılmasının verdiği acıyı azaltabilir (Hersh vd., 1996). Kreider ve arkadaşları (2001), çocuklarda yaptığı bir çalışmada topikal anestetik jel ve intraoral lidokain bandı enjeksiyon ağrısını azaltma bakımından karşılaştırdığı çalışmada intraoral lidokain bantın daha etkili olduğunu bulmuşlardır (Kreider vd., 2001). Lokal anestetik bantların çocuk hastalarda hareketli mukozada stabil durması zor olduğundan ve sonrasındaki travma riskini artırdığı için çoğunlukla önerilmemektedir. Pahalı olması diğer bir dezavantajdır (Akçay & Aren, 2021).

5. Komplikasyonlar

Lokal anestezi uygulamalarında dikkat edilmezse sistemik toksisite, vazovagal senkop (bayılma) ve lokal yumuşak doku hasarı (dudak, yanak ısırması) gibi komplikasyonlar görülebilir. Sistemik komplikasyonlar genellikle lokal anestezi ajanının kan dolaşımına aşırı miktarda veya çok hızlı girmesiyle ilişkilidir (Özçeker, Tamay, & Güler, 2015).

5.1. Sistemik Komplikasyonlar

- Vazovagal senkop (Bayılma): En sık görülen sistemik reaksiyondur
- Alerjik reaksiyonlar: Alerjik reaksiyonların en sık görüldüğü lokal anestetik madde prokaindir. Antijenik bileşeninin para-aminobenzoik asit (PABA) olduğu düşünülmektedir. Lidokain ve prokain arasında

çapraz reaksiyon bildirilmiştir. Alerjiler çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir; bunlardan bazıları ürtiker, dermatit, anjiyoödem, ateş, ışığa duyarlılık veya anafilaksidir. Acil müdahale, reaksiyonun hızına ve şiddetine bağlıdır.

- Kardiyovasküler reaksiyonlar
- Santral sinir sistemi disfonksiyonları (Tüloğlu & Bayrak, 2010).

5.2. Lokal Komplikasyonlar

- **Çiğneme Travması (Yumuşak Doku Hasarı):** Çocuklarda uyuşukluğa bağlı dudak ve yanak ısırması sonucu ciddi travmalar oluşabilir. Kendiliğinden oluşan yumuşak doku travması, ağız boşluğunda lokal anestezi kullanımı talihsiz bir klinik komplikasyondur. Bu nitelikteki dudak ve yanak ısırma lezyonlarının çoğu kendiliğinden iyileşir ve komplikasyonsuz iyileşir, ancak kanama ve enfeksiyona yol açabilir (Sisk, 1992).
- Hematom
- Enfeksiyon
- İğnenin neden olduğu sinir hasarları (3-6 ay sürer, yanma ve karıncalanma hissi)
- Trismus (ağız açma zorluğu)
- İğnenin kırılması veya aspirasyonu (Tüloğlu & Bayrak, 2010).

6. Çocuklarda LA Komplikasyonları için Klinik Notlar:

- ✓ **Lidokain (%2, 1/100.000 Epinefrinli):** Düşük alerjik potansiyeli ve düşük konsantrasyonda yüksek anestezi etkisi nedeniyle çocuk hastalarda sıklıkla tercih edilen ilk ajandır (Peedikayil & Vijayan, 2013).
- ✓ **Artikain:** Maksimum dozu 7 mg/kg'dır. 4 yaşın altında ve 10 kg altındaki çocuklarda kullanılması önerilmez. Sulfa alerjisi olanlarda kullanılmamalıdır (Corbett vd., 2008).
- ✓ **Bupivakain:** Etki süresi en uzun lokal anesteziktir ancak çocuklarda yumuşak doku travmasına neden olabileceği için rutinde önerilmez (Sisk, 1992). Bupivakain, uzun süreli etkisi nedeniyle yumuşak doku yaralanması riskini artırdığı için çocuk veya fiziksel ya da zihinsel engelli hasta için önerilmez (Yagiela, 1999).
- ✓ **Methemoglobinemi Riski:** 2 yaş altındaki çocuklarda Artikain, Prilokain ve topikal Benzokain kullanımında Methemoglobinemi gelişebilir, dikkatli olunmalıdır (AAPD, 2024).

- ✓ **Karaciğer fonksiyon bozukluğu olan hastalarda** amid grubu yerine ester grubu tercih edilir.
- ✓ **Bisülfid alerjisi olanlarda**, vazokonstriktörsüz lokal anestezi solüsyonları kullanılmalıdır (Tüloğlu & Bayrak, 2010).
- ✓ **Vazokonstriktör içermeyen lokal anestezikler**, hızlı sistemik emilim nedeniyle aşırı doza neden olabileceğinden dikkatli kullanılmalıdır (Scott vd., 1972).
- ✓ **Enfeksiyon bölgesine lokal anestezi enjekte edilirse**, etkisi engellenir. Enfeksiyon bölgesindeki iltihaplanma süreci, hücre dışı dokunun pH değerini normal değerinden daha düşük bir değere düşürür. Bu düşük pH, anestezi maddenin serbest baz formunun sinir kılıfına geçmesine izin verilmediği ve sinir uyarılarının iletilmesi engellendiği için anestezi etkiyi engeller. Aktif bir enfeksiyon bölgesine iğne batırılması da enfeksiyonun olası yayılmasına yol açabilir.
- ✓ **Doz aşımı reaksiyonları**, çocukların tedavisinde özellikle risklidir. Lokal anestezi dozu, hastanın fiziksel durumuna, anestezi uygulanacak bölgeye, ağız dokularının vaskülaritesine ve uygulama tekniğine bağlıdır. Doz, yaş ve kiloya bağlı olarak değiştiğinden çocuklar için maksimum bir doz önermek zordur. Yağsız vücut kütlelerine ve normal vücut gelişimine sahip 10 yaşından küçük pediatrik hastalar için maksimum doz, standart formüllerden birinin uygulanmasıyla belirlenebilir (Clarks kuralı).
- ✓ **Lokal anestezi alerjisi öyküsü olan** ve kullanılan spesifik ajanı belirleyemeyen hastalar sorun teşkil eder. Hasta, genellikle hem deri testi hem de provokatif doz testi içeren değerlendirme ve testler için yönlendirilmelidir.
- ✓ **Merkezi sinir sisteminin uyarılması** toksik vazokonstriktör reaksiyona neden olabilir. Semptomları; taşikardi, endişe, terleme ve hiperaktivitedir. Merkezi sinir sisteminin depresyonu, bradikardi, hipoksi ve solunum durmasına yol açabilir. Uygulayıcılar her enjeksiyondan önce aspirasyon yapmalı, toksisite riskini en aza indirmek ve doku travmasını azaltmak için anestezi solüsyonu yavaşça enjekte edilmelidir. Toksik bir yanıtın erken tanınması, etkili yönetim için kritik öneme sahiptir. Toksisite belirtileri veya semptomları fark edildiğinde, lokal anestezi ajanının uygulanması kesilmelidir. Ek acil müdahale, reaksiyonun şiddetine bağlıdır (Peedikayil & Vijayan, 2013; Tüloğlu & Bayrak, 2010).

EDA kullanımının tıbbi kontrendikasyonları vardır. Kalp pili veya koklear implantı olan hastalar, kalp hastalığı, nöbet bozuklukları veya serebrovasküler

hastalık, baş tümörü, baş ve boynu ilgilendiren nörolojik bozukluklar (Bell felci, trigeminal ve postherpetik nevralji, multipl skleroz veya Tourette sendromu), yüzdeki cilt lezyonları veya sıyrıklar ve anormal morarma veya kanama bozukluğu olan hastalarda kullanılmaz (Dhindsa vd., 2011).

7. Sonuç

Çocuk diş hekimliğinde, başarılı lokal anestezi maksimum dozajın vücut ağırlığına göre hesaplanması, yavaş enjeksiyon ve aspirasyon manevrasının uygulanmasını gerektirir. Bilgisayar Kontrollü LA Sistemleri, düşük basınç ve tehdit edici olmayan görünümüleriyle ağrı ve kaygıyı azaltmada etkili bir modern yaklaşım sunar. Klinik uygulamada, çocukların anatomik farklılıklarının bilinmesi önemlidir. Oluşabilecek LA komplikasyonları hekim tarafından bilinmeli ve her an müdahaleye hazır olunarak gerekli önlemler en üst düzeyde alınmalıdır.

Kaynakça

- Akçay, C., & Aren, H. (2021). Çocuk hastalarda lokal anestezi uygulamasında kullanılan güncel teknikler. *Selçuk Diş Hekimliği Dergisi*, 8(3), 895–901.
- American Academy of Pediatric Dentistry. (2024). Use of local anesthesia for pediatric dental patients. In *The Reference Manual of Pediatric Dentistry* (ss. 386–393). Chicago, IL: Yazar.
- Angelo, P., & Polyvios, P. (2018). Comfort Control Syringe (CCS) Anestezi Sistemi. *Journal of Pain and Relief*, 7(4).
- Berrendero, S., Hriptulova, O., Salido, M. P., Martínez-Rus, F., & Pradiés, G. (2021). Comparative study of conventional anesthesia technique versus computerized system anesthesia: a randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 25(5), 2307–2315.
- Butterworth, J. F., 4th, & Strichartz, G. R. (1990). Molecular mechanisms of local anesthesia: a review. *Anesthesiology*, 72(4), 711–734. doi:10.1097/00000542-199004000-00021
- Corbett, I. P., Kanaa, M. D., Whitworth, J. M., & Meechan, J. G. (2008). Articaine infiltration for anesthesia of mandibular first molars. *Journal of Endodontics*, 34(5), 514–518. doi:10.1016/j.joen.2008.01.002
- Covino, B. G. (1986). Pharmacology of local anaesthetic agents. *British Journal of Anaesthesia*, 58(7), 701–716. doi:10.1093/bja/58.7.701
- Dhindsa, A., Pandit, I. K., Srivastava, N., & Gugnani, N. (2011). Comparative evaluation of the effectiveness of electronic dental anesthesia with 2% lignocaine in various minor pediatric dental procedures: A clinical study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 2(1), 27–30.
- Elicherla, S. R., Sahithi, V., Saikiran, K. V., Nunna, M., Challa, R. R., & Nuvvula, S. (2021). Local anesthesia in pediatric dentistry: A literature review on current alternative techniques and approaches. *Journal of South Asian Association of Pediatric Dentistry*, 4(2), 148-154.
- Hersh, E. V., Houpt, M. I., Cooper, S. A., Feldman, R. S., Wolff, M. S., & Levin, L. M. (1996). Analgesic efficacy and safety of an intra-oral lidocaine patch. *The Journal of the American Dental Association*, 127(11), 1626–1634.
- Koyuturk, A. E., Avsar, A., & Sumer, M. (2009). Efficacy of dental practitioners in injection techniques: Computerized device and traditional syringe. *Quintessence International*, 40(1), 73–77.
- Kreider, K. A., Stratmann, R. G., Milano, M., & et al. (2001). Reducing children's injection pain: lidocaine patches versus topical benzocaine gel. *Pediatric Dentistry*, 23(1), 19–23.

- Nanitsos, E., Vartuli, R., Forte, A., Dennison, P. J., & Peck, C. C. (2009). The effect of vibration on pain during local anaesthesia injections. *Australian Dental Journal*, 54(2), 94–100. doi:10.1111/j.1834-7819.2009.01099.x
- Özçeker, D., Tamay, Z., & Güler, N. (2015). Anafilaksiyi taklit eden ilaç reaksiyonu: Lokal anestezi nörötoksitesi. *Güncel Pediatri*, 13(2), 151–154. doi:10.4274/jcp.21033
- Peedikayil, F. C., & Vijayan, A. (2013). An update on local anesthesia for pediatric dental patients. *Anesthesia, Essays and Researches*, 7(1), 4–9. doi:10.4103/0259-1162.113977
- Ram, D., & Peretz, B. (2002). Administering local anaesthesia to paediatric dental patients—current status and prospects for the future. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 12(2), 80–89.
- Remi, R. V., Anantharaj, A., Praveen, P., Prathibha, R. S., & Sudhir, R. (2023). Advances in pediatric dentistry: New approaches to pain control and anxiety reduction in children - a narrative review. *Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine*, 23(6), 303–315. doi:10.17936/jdpam.2023.23.6.303
- Richard, R. W. (2005). *Pediatric dentistry*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Romero-Galvez, J., Berini-Aytés, L., Figueiredo, R., & Arnabat-Dominguez, J. (2016). A randomized split-mouth clinical trial comparing pain experienced during palatal injections with traditional syringe versus controlled-flow delivery Calaject technique. *Quintessence International*, 47(9), 797–802. doi:10.3290/j.qi.a36528
- Scott, D. B., Jebson, P. J., Braid, D. P., Prtengren, B., & Frish, P. (1972). Factors affecting plasma levels of lignocaine and prilocaine. *British Journal of Anaesthesia*, 44(10), 1040–1049.
- Sisk, A. L. (1992). Long-acting local anesthetics in dentistry. *Anesthesia Progress*, 39(3), 53–60.
- Temur, K. T., & Onsuren, A. S. (2022). The location of the mandibular foramen as a guide in mandibular block anesthesia in children by age: A radiographic analysis. *Deneysel ve Klinik Tıp Dergisi*, 39(3), 645–648.
- Tüloğlu, D. N., & Bayrak, Y. D. Ş. (2010). Çocuk diş hekimliğinde kullanılan lokal anestezi teknikleri ve güncel yaklaşımlar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 20(1), 53–61.
- Wilson, S. W., Dilley, D. C., Vann, W. F., Jr., & Anderson, J. A. (1999). Pain and anxiety control (Part 1: Pain perception control). In J. R. Pinkham (Ed.), *Pediatric Dentistry, Infancy Through Adolescence* (3. bs., [ss. 301-318]). Philadelphia, PA: WB Saunders.

- Yagiela, J. A. (1999). Adverse drug interactions in dental practice: Interactions associated with vasoconstrictors. *The Journal of the American Dental Association*, 130(5), 701–709.
- Yapıcı, C. A. (2020). *Yeni nesil dental anestezi teknikleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Atlas Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

BÖLÜM 2

Rejeneratif Endodontik Tedavilerin Geleceği: Hücreden Yapay Zekaya Yeni Gelişmeler

Huriye İşci Uluişik¹ & Mehmet Ünal²

¹ Arş. Gör. Dt., Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye, ORCID: 0009-0001-2966-7912

² Dr. Öğr. Üyesi, Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9111-6962

1.GİRİŞ

Diş çürüğü, travma ve hatalı endodontik tedavi sonucunda gelişen pulpa nekrozu, genel sağlık sorunlarından biridir. Pulpa nekrozu yalnızca dişlerin uzun dönemli yaşamını ve korunmasını etkilemekle kalmaz, aynı zamanda periapikal dokuları ve kraniofasiyal bölgeyi enfekte edebilen bakteriler için üreme ortamı oluşturabilir. Günümüzde pulpa nekrozunun en etkili tedavisi, enfekte veya nekrotik pulpa dokusunun sentetik dolgu materyalleri ile değiştirilmesini içeren kanal tedavisidir. Ancak bu geleneksel tedavi yöntemi, yaralanmış pulpanın canlılığını ya da nörovasküler sistemini yeniden oluşturmaz (1). Bu nedenle diş hekimliği, pulpa dentin kompleksinin rejeneratif yaklaşımlarına yönelmektedir. Rejeneratif endodontik prosedürler, apikal papilla kök hücrelerin uygulanmasından sonra, temizlenmiş kök kanal boşluğu içine yeni, vaskülarize dokunun büyümesini teşvik etmeyi amaçlamaktadır (2).

Rejeneratif endodontik tedavi, immatür daimî dişlerin tedavisinde geleneksel apeksifikasyon yöntemlerine biyolojik bir alternatif olarak geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, doku mühendisliği prensiplerinden yararlanarak hasarlı pulpa-dentin kompleksinin yeniden oluşumunu ve doğal diş yapısının fizyolojik olarak onarılmasını hedefler. Uygulama sonrasında kök gelişiminin devam etmesi, apikal periodontitisin iyileşmesi ve pulpa dokusunun vitalitesinin yeniden kazanılması amaçlanır. Böylece, dişin normal fonksiyonlarını sürdürebilmesi ve uzun dönem biyolojik bütünlüğünün korunması sağlanır (3,4).

1.GENEL BİLGİLER

Periapikal hastalıklar, kök kanalı içindeki bakteriyel enfeksiyonlara karşı gelişen ve kök ucunda ya da çevresinde inflamasyonla karakterize patolojik durumlardır. Pulpal inflamasyon erken evredeyken uygun tedavi yaklaşımlarıyla geri döndürülebilir; ancak süreç nekroz veya apikal periodontitis aşamasına ilerlediğinde kök kanal tedavisi uygulanması gerekir. (5,6). Geleneksel kök kanal tedavisi, enfekte veya nekrotik pulpanın uzaklaştırılarak kanalın guta perka ve rezin gibi sentetik materyallerle doldurulmasına dayanır. Ancak bu materyaller, doğal pulpa dokusunun biyolojik işlevlerini yerine getirme yeteneğine sahip değildir. (7).

Nekrotik immatür dişlerin tedavisinde, geleneksel endodontik yöntemlere kıyasla apeksogenezis ve apeksifikasyon uygulamalarının daha uygun bir tedavi seçeneği olabileceği öne sürülmektedir. (8).

Nekrotik immatür dişlerin tedavisinde temel amaç; mevcut sorunu ortadan kaldırmak, dişin ağızda fonksiyonunu sürdürmesini sağlamak ve mümkün olduğunda kök gelişiminin devamına katkıda bulunmaktır. (9).

2.1. İmmatür Devital Daimî Dişlerde Tedavi Seçenekleri

2.1.1. Apeksifikasyon

Apeksifikasyon, devital ve immatür bir dişin kök ucunda kalsifiye bir bariyer oluşmasını hedefleyen bir tedavi yöntemi olarak tanımlanır. (10). Apeksifikasyon, devital ve immatür daimî dişlerde uzun süredir uygulanan ve yüksek başarı oranlarına sahip bir tedavi yaklaşımıdır. Açık apeksli dişlerde apikal bariyer oluşturmak amacıyla en sık kullanılan iki materyal; geleneksel yöntemde tercih edilen kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ile tek seans apeksifikasyon uygulamalarında yaygın olarak kullanılan Mineral Trioksit Agregat (MTA)'dır. (11).

2.1.1.1. Geleneksel Apeksifikasyon (Frank Metodu)

İmmatür, devital daimî dişlerde kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ile yapılan apeksifikasyon, uzun yıllardır endodontik tedavi protokolleri içinde yer almaktadır. Bu yöntemde $\text{Ca}(\text{OH})_2$, apikal foramen bölgesinde sert doku oluşumunu teşvik etmek amacıyla, kalıcı kök kanal dolgusu yapılmadan önce kök kanalına yerleştirilmektedir (12).

Frank metodunda, kök kanalları mekanik olarak temizlendikten sonra, apekte sert doku oluşumunu sağlamak için $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile doldurulur (13). Apikal bariyer oluşumundan sonra kanal tedavisi tamamlanır. Frank metodu yüksek başarı oranına sahip olmasına rağmen, bazı dezavantajları da vardır. Bunlar; tedavinin uzun sürmesi, birden fazla seans gerektirmesi, diş yapısının kırılabilirliğini artırması, apikal bariyerin oluşumunun tespitinin zor olması ve kök gelişiminin devamını sağlayamamasıdır. Bir diğer dezavantaj ise, sonrasında yapılacak kalıcı kök kanal dolgusunun üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmesidir. (14).

2.1.1.2. Tek Seans Apeksifikasyon Yöntemi

Biyouyumlu bir materyalin kök ucuna ortograd yolla yerleştirilmesi işlemi, tek seans apeksifikasyon yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Devital immatür dişlerde apikal bölgede yapay bir bariyer oluşturmak amacıyla MTA kullanımı önerilmektedir. (15). MTA, periradiküler bölge ile temas ettiğinde sement benzeri sert dokunun oluşumunu uyarır. (16,17).

Tek seans apeksifikasyon yönteminde, kök kanallarının preparasyonu ve irrigasyonu yapıldıktan sonra, geleneksel apeksifikasyonda olduğu gibi, kanalın dezenfeksiyonunu sağlamak amacıyla bir hafta boyunca $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uygulaması önerilmektedir. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in kanaldan uzaklaştırılmasının ardından, kök apeksinde 3–4 mm kalınlığında MTA bariyer oluşturulur. MTA tıkaçı sertleştikten sonra, kavitenin kalan kısmı gutta-perka ve kanal dolgu patı ile doldurulabilir. Ayrıca bazı çalışmalar tüm kök kanalının MTA ile doldurulabileceğini de bildirmektedir (18).

2.1.2. Rejeneratif Endodonti

Apeksifikasyon tedavisi, immatür devital daimî dişlerde yüksek başarı oranlarına sahip olmasına rağmen, kök kanal boşluğunda zarar görmüş dokuların canlılığını yeniden kazandırma ya da apikal kapanmanın sürmesi ve kök kanal duvarlarının kalınlaşması gibi kök maturasyonu ile ilişkili süreçleri devam ettirme yetisine sahip değildir (19). Bu nedenle, kök gelişiminin sürdürülebilmesi amacıyla araştırmacılar ‘rejeneratif endodontik prosedürler’ olarak adlandırılan yeni bir tedavi yaklaşımını gündeme getirmiştir. (3,20). Rejeneratif endodontide, kök kanalında kanama indüklenir, böylece bir kan pıhtısı oluşur, bu pıhtı kolajenle kaplanır ve hidrolik kalsiyum silikat siman ile sızdırmaz hale getirilir. Ardından pıhtı bir onarım dokusuna dönüşür ve dişin vitalitesinin geri kazanılması sağlanır. (21, 22).

2.1.2.1. Rejeneratif Endodontinin Tarihçesi

Diş hekimliğinde rejeneratif dental tedavi uygulamalarının temeli, Dr. Hermann’ın 1952 yılında vital pulpa kuafajı sırasında Ca(OH)_2 kullanmasına dayanmaktadır (23). Rejeneratif endodontik yaklaşımlardan ise ilk kez 1961 (24) ve 1971 (25) yıllarında yapılan çeşitli deneysel çalışmalar kapsamında söz edilmiştir. 1971’de gerçekleştirilen bir çalışmada, kemomekanik preparasyonu tamamlanan dişlerde apikal bölgede bir eğe yardımıyla kanama oluşturularak kanal boşluğunun periapikal dokulardan gelen kan ile doldurulması hedeflenmiş ve bu dişler kısmen kanal dolgu materyalleriyle tamamlanmıştır (25). 2001 ve 2004 yıllarında ise revaskülarizasyon prosedürleri, apikal periodontitisli immatür daimî dişlerde klinik olarak uygulanmaya başlanmıştır (20, 26).

2.1.2.2 Rejeneratif Endodontide Doku Mühendisliği Kavramı

Rejeneratif endodonti, doku mühendisliği ilkelerine derinlemesine dayanmaktadır. Doku mühendisliği, hücre biyolojisi, biyomalzemeler ve moleküler biyolojiyi birleştirerek hasar görmüş dokular için biyolojik çözümler geliştirmeyi hedefleyen disiplinler arası bir alandır. Rejeneratif endodontinin temeli, üç temel bileşenden oluşan “doku mühendisliği üçlüsü”ne dayanır. Bunlar kök hücreler, scaffold’lar (iskeleler) ve sinyal molekülleridir. Bu üçlünün her bir ögesi, canlı bir pulpa-dentin kompleksinin oluşumunu desteklemektedir. Kök hücreler, doku oluşumu için hücresel temeli sağlar ve dentin ile pulpa dokularının rejenerasyonu için gerekli odontoblast benzeri hücrelere farklılaşma yeteneğine sahiptir. İskeleler, hücresel büyüme ve organizasyonu destekleyen yapısal çerçeveyi sunarken, sinyal molekülleri hücre farklılaşmasını, doku olgunlaşmasını ve vaskülarizasyonu yönlendirir. Bu bileşenler bir araya gelerek kök kanal içinde pulpa dokusunun rejenerasyonunu destekleyen ve dişin uzun vadeli dayanıklılığını artıran biyolojik bir ortam oluşturmayı hedeflemektedir (27).

Endodontik doku mühendisliği iki alt gruba ayrılabilir. Bunlar hücre temelli ve hücre-siz (primer hücre içermeyen) yaklaşımlardır (22,28). Hücre temelli yaklaşımlarda, kullanılan hücrelerin laboratuvar ortamında çoğaltılması ve büyüme faktörleri eklenmiş önceden hazırlanmış iskelelere yerleştirilerek kök kanalına transplantasyon yoluyla uygulanması gerekmektedir. (29,30). Hücre elde edebilmek için bir donör dokunun mevcut olması ya da hücrelerin önceden bir hücre bankasında saklanmış olması gerekir, bu da klinik uygulamada ciddi zorluklar barındırmaktadır (31).

Hücre-siz yaklaşımlar, endojen kök veya progenitor hücre kaynaklarını kullanır ve laboratuvar dışı hücre manipülasyonu gerektirmez (22,32). Bu yöntemde, kök kanalına hücre-siz iskele materyalleri, sinyal molekülleriyle birlikte uygulanır. Bu materyallerin amacı, periapikal dokulardaki hücreleri kök kanalına çekmektir (32,33). Hücrelerin yanı sıra kan damarları ve sinir lifleri de iskele yapısına girer ve orijinal pulpa dokusuna benzer yeni bir doku oluşumu hedeflenir. Revitalizasyon tedavisi sırasında kök kanalında oluşan kan pıhtısı doğal bir iskele görevi görür; bunun yanı sıra trombositten zengin fibrin (PRF), trombositten zengin büyüme faktörü (PRGF) veya trombositten zengin plazma (PRP) gibi otolog trombosit ürünleri de kök kanalına ortograd yönde uygulanabilir (34).

2.1.2.3 Rejeneratif Endodontide Kök Hücre Uygulamaları

Kök hücreler, pulpa-dentin kompleksinin oluşumu için gerekli olan özel hücre tiplerine farklılaşma yetenekleri nedeniyle rejeneratif endodontinin merkezinde yer almaktadır.

Tablo 1. Rejeneratif endodontide kullanılan çeşitli kök hücre tiplerinin özellikleri ve uygulamaları (37)

Kök hücre tipi	Hücrenin Kaynağı	Endodontide Kullanım Alanı	Avantajları	Karşılaşılan Problemler
Dental pulpa kök hücreleri (DPSC's)	Diş pulpası	Dentin rejenerasyonu ve pulpa dokusu oluşumu	Yüksek odontojenik potansiyel	Matür dişlerde sınırlı olarak bulunması
Apikal papilla kök hücreleri (SCAP's)	Apikal papilla	Kök dentin oluşumu, immatür dişlerde kök uzaması	İmmatür dişlerde vitalite	Sadece immatür dişlerde etkilidir
Periodontal ligament kök hücreleri (PDLSC's)	Periodontal Ligament	Periodontal rejenerasyon ve pulpa tamiri	Periodontal ligament tamirini destekler	Endodontik uygulamalarda daha az araştırılmıştır
Dental folikül progenitor hücreleri (DFPC's)	Diş folikülü	Pulpa-dentin kompleksinin rejenerasyonu	Yüksek proliferatif potansiyel	Sınırlı sayıda mevcuttur ve az araştırmanın olması

Rejeneratif endodontide kullanılan başlıca kök hücre tipleri DPSCs, SCAPs, PDLSCs ve DFPCs'dir (23).

Hücrelerin hayatta kalmasını artırmak için belirli genlerin aktive edildiği gen modifiye kök hücreleri, rejeneratif sonuçları iyileştirmek amacıyla devam eden araştırma alanlarından biridir (35). Tüm ilerlemelere rağmen, endodontide kök hücre kullanımına yönelik standart protokoller hâlâ eksiktir. Bu durum, optimal hücre tiplerinin seçimi ve hazırlık yöntemleri için rehberlik sağlayacak daha fazla çalışmanın gerekliliğini vurgulamaktadır (36).

2.1.2.4.Rejeneratif Endodontide Scaffold (İskele) Materyalleri

Scaffold (iskele) hücresel büyüme, farklılaşma ve organizasyonu destekleyen bir matriksi sağlar. İdeal bir scaffold biyouyumlu, biyolojik olarak parçalanabilir olmalı ve pulpa dokusunun doğal ekstrasellüler matrisini taklit etmelidir. Yaygın scaffold türleri arasında kollajen ve kitosan gibi doğal polimerler ile polikaprolakton, polilaktik asit ve hidrojeller gibi sentetik polimerler yer almaktadır (38). Kollajen bazlı scaffold materyalleri, biyouyumlulukları ve pulpa dokusuna yapısal benzerlikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılır; bu özellikler, hücre adezyonunu ve migrasyonunu kolaylaştırır (39).

Hidrojeller, yüksek su içeriği sayesinde besin difüzyonunu ve atıkların uzaklaştırılmasını destekleyerek hücresel aktivite için optimal bir ortam oluşturduğundan rejeneratif endodontide popülerlik kazanmıştır (40). Biyomühendislik ile üretilen hidrojeller, büyüme faktörlerini kapsülleyerek hücre farklılaşması ve doku gelişimini yönlendirmek için kontrollü salım sağlar (22). Ayrıca, polikaprolakton ve diğer sentetik polimerler üzerine yapılan çalışmalar, bu materyallerin kök hücre canlılığını desteklerken özelleştirilebilir bozunma oranları sunduğunu göstermiştir (41).

Tablo 2. Rejeneratif endodontide kullanılan farklı iskele materyallerinin özellikleri ve uygulamaları (37)

Scaffold (iskele) materyali	Tipi	Özellikleri	Avantajları	Karşılaşılan Problemler
Kolajen	Doğal polimer	Biyouyumlu, hücre adezyonunu ve migrasyonunu destekler	Doğal ekstrasellüler matriksi taklit eder, endodontide yaygın olarak kullanılır	Yetersiz yapısal dayanıklılık
Kitosan	Doğal polimer	Antimikrobiyal özellikler, biyouyumlu	Hücre büyümesini ve farklılaşmasını destekler	Değişken bozulma oranı
Polikaprolakton	Sentetik polimer	Biyolojik olarak parçalanabilir, ayarlanabilir mekanik özellikler	Kök hücre canlılığını destekler	Vücut içinde yavaş bozunma
Hidrojeller	Sentetik/doğal	Yüksek su içeriğine sahiptir ve büyüme faktörlerini depolayabilir.	Besin difüzyonunu destekler ve özelleştirebilir.	Yapısal zayıflık ve kullanım açısından zorluk

2.1.2.5. Rejeneratif Endodontide Sinyal Molekülleri

Rejeneratif endodontide sinyal molekülleri, kök hücre farklılaşmasını ve doku büyümesini yönlendirir. Bu alandaki önemli sinyal molekülleri arasında kemik morfogenetik proteinler (BMP'ler), vasküler endotel büyüme faktörü (VEGF) ve transformasyon büyüme faktörü-beta (TGF- β) bulunur. BMP'ler, odontojenik farklılaşmayı indüklemeye ve dentin oluşumunu teşvik etmede kritik bir rol oynar (23). Buna karşılık VEGF, sağlıklı bir pulpa dokusu ortamının kurulması için gerekli olan vaskülarizasyonu artırmaktadır (42).

Belirli büyüme faktörlerini kodlayan genlerin doğrudan hücrelere aktarılmasını içeren gen terapisi, sinyal moleküllerinin tutarlı bir şekilde iletilmesi için umut verici bir yaklaşım sunmaktadır (43). Bu yaklaşım henüz deneysel olmakla birlikte, rejenerasyon için gerekli moleküllerin sürekli ve kontrollü salınımını sağlayabilmektedir. (41).

Tablo 3. Rejeneratif endodontide hücre farklılaşmasını ve doku oluşumunu yönlendirmek için gerekli sinyal molekülleri (37)

Sinyal molekülleri	İşlevleri	İletim Yöntemi	Avantajları	Karşılaşılan Problemler
Kemik morfogenetik proteinler (BMP'ler)	Odontojenik farklılaşmayı teşvik eder	Scaffold (İskele) dayalı kontrollü salınım	Dentin oluşumunu destekler	Hassas doz ayarlaması gerektirir
Vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF)	Kan damarı oluşumunu uyarır	Kontrollü salınlı hidrojeller	doku vaskülarizasyonunu artırır	Aşırı uyarılma potansiyeli
Transforme edici büyüme faktörü-beta (TGF- β)	Hücre çoğalması ve farklılaşması	Gen tedavisi ve mikro küreler	Hücre büyümesinde ve bağışıklık düzenlenmesinde geniş rol oynar	yüksek dozlarda inflamatuvar yanıt oluşturur
Fibroblast büyüme faktörü (FGF)	Hücre büyüme ve çoğalması	Enjekte edilebilir sistemler	Hücre çoğalması ve farklılaşmayı teşvik eder	Zorlu uygulama yöntemi ve kısa bir yarı ömür

2.1.2.6 Rejeneratif Endodontide Dezenfeksiyon Yöntemleri

Rejeneratif endodontide dezenfeksiyon genellikle sodyum hipoklorit, EDTA ve klorheksidin gibi ajanlarla gerçekleştirilir. Bu ajanlar patojenleri ortadan kaldırmaya yardımcı olur ve kök kanal duvarlarını hücre adezyonu için hazırlar (44).

Amerikan Endodontistler Birliği (AAE) tarafından 2022 yılında önerilen rejeneratif endodontik tedavi protokolüne göre, ilk seansta kök kanallarının dezenfeksiyonu için %1,5'lik NaOCl uygulanır ve ardından salin ya da %17'lik EDTA ile irrigasyon yapılır. Takip eden seansta ise kök kanalı yeniden %17'lik EDTA ile irrigasyon edilerek işlem sürdürölür. (45).

Işıkla aktive edilen dezenfeksiyon ve lazer destekli irrigasyon gibi alternatif dezenfeksiyon yöntemleri vardır. Alternatif dezenfeksiyon yöntemleri zararlı kimyasallara olan ihtiyacı azaltırken temizlik kapasitesini artırır (40).

Tablo 4. Rejeneratif endodontide kullanılan çeşitli dezenfeksiyon materyalleri

Dezenfeksiyon materyali	Avantajları	Dezavantajları
NaOCl (Sodyum hipoklorit)	Organik doku çözer, yüksek derecede etkili, en çok kullanılan	Yüksek dozda sitotoksisite
EDTA (etilendiamintetraasetikası)	İnorganik doku çözer, dentin ekstraselölüler matriksinden TGF-β1 salınımı yapar	Antimikrobiyal aktivitesi yok,
Klorheksidin	Geniş antibakteriyel aktivite, düşük toksisite	Organik doku çözmemesi, apikal papilla kök hücrelerine sitotoksik
Sitrik asit	Yüksek antibakteriyel aktivite, düşük toksisite dentin ekstraselölüler matriksinden TGF-β1 salınımı yapar	Organik doku çözmemesi, dentin yüzeyinde demineralizasyon, NaOCl etkinliğini azaltması
Etidronik asit	Sodyum hipokloritle birlikte smear tabakasını uzaklaştırır. Dentin tübüllerinden vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) salınımı yapar	Etkisinin yavaş olması, pahalı olması, smear tabakası kaldırma etkisi EDTA' dan düşük
Perasetik asit	Antibakteriyel, antiviral,sporosidal, smear tabakasını uzaklaştırır	Keskin rahatsız edici koku, mukozal irritasyon, NaOCl kadar etkin değil,
MTAD solüsyonu (doksisisiklin, sitrik asit, deterjan) (tween 80)	Kök kanal temizliğinde son solüsyon, smear tabakasını uzaklaştırır	Renklenme, organik doku çözme kapasitesi düşük, pahalı

2.1.2.7. Rejeneratif Endodontide İntrakanal Medikamentler

Kök kanal dezenfeksiyonu için kanal içerisine intrakanal medikament uygulanması önemli bir adımdır. İntrakanal medikament olarak kalsiyum hidroksit, üçlü antibiyotik patı sıklıkla kullanılmaktadır.

Rejeneratif endodontide üçlü antibiyotik patı (metronidazol, siprofloksasin ve minosiklin) geniş spektrumlu antimikrobiyal etkilidir. Ancak üçlü antibiyotik patı kök hücre canlılığını olumsuz etkileyebilir (35).

2.1.2.8 Rejeneratif Endodontide Kullanılan Koronal Bariyerler

İntrakanal bariyer materyalleri koronal sızıntıyı ve mikroorganizmaların kanala girişini önlemek için kullanılır (46). Klinikte en çok kullanılanları MTA ve Biodentine gibi kalsiyum silikat esaslı biyoaktif materyallerdir (47).

MTA ve biodentin gibi kalsiyum silikat bazlı materyaller, koronal sızıntıyı önlemekle birlikte sert doku oluşumunu da teşvik etmektedir (48).

2.1.2.9. Rejeneratif Endodontinin Klinik Başarısı ve Sınırlamaları

Yapılan çalışmalar, rejeneratif endodontiyle tedavi edilen immatür dişlerde başarılı apikal kapanma, kök uzaması ve dentin duvar kalınlaşması olduğunu göstermiştir (49). Bununla birlikte, bazı çalışmalar, sonuçlardaki değişkenliğin hasta yaşı, kullanılan kök hücre tipi ve prosedürel farklılıklar gibi faktörlere bağlı olduğunu ortaya koymaktadır (50).

Rejeneratif endodonti ile tedavi edilen hastaları birkaç yıl boyunca takip eden araştırmalar, karışık sonuçlar göstermiştir; genel olarak, genç hastalarda ve immatür kök vakalarında başarı oranları daha yüksek bulunmuştur (42). Ancak matür dişlerde veya karmaşık kök anatomisine sahip vakalarda, benzer rejeneratif sonuçların elde edilmesi genellikle güç olmaktadır (51).

Rejeneratif endodontide, standartlaştırılmış tedavi protokolleri bulunmamaktadır. Rejeneratif endodontik tedavinin rejeneratif sonuçları genellikle değişkendir ve iskele materyali seçimi, kök hücrelerin canlılığı ve kullanılan dezenfeksiyon protokolleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Etkili dezenfeksiyon, yeniden enfeksiyonu önlemek ve rejeneratif prosedürün başarısını sağlamak için kritik öneme sahiptir; ancak güçlü dezenfeksiyon ajanları kök hücrelerin hayatta kalmasını olumsuz etkileyebilir ve dolayısıyla genel rejeneratif sonucu düşürebilir (52). Pulpa dentin rejenerasyonunda yer alan biyolojik süreçler tutarsız olabilir ve hasta yaşı, bağışıklık yanıtı ve bireysel biyolojik farklılıklar gibi faktörlerden etkilenebilir bu durumlar öngörülebilir sonuçların sağlanması için önemli bir engeldir (53).

3. GELECEĞE YÖNELİK YAKLAŞIMLAR

3.1 Biyoteknolojik Yenilikler

Rejeneratif endodontideki son gelişmeler, gen terapisi, gelişmiş iskele tasarımları ve hücresiz rejeneratif yaklaşımlar gibi umut verici yönleri göstermektedir. Özellikle gen terapisi, büyüme faktörlerinin pulpa-dentin kompleksine hedeflenmiş olarak iletilmesini sağlayarak hücresel davranış üzerinde daha hassas kontrol potansiyeli sunmaktadır. Gen modifiye hücreler, farklılaşmayı ve doku oluşumunu yönlendirmek için gerekli sinyal moleküllerini ifade edebilir; ancak bu yaklaşım endodontide hâlen büyük ölçüde deneysel düzeydedir (54).

3D biyoyazıcı teknolojisindeki yenilikler, pulpa dokusunun doğal mimarisini daha iyi taklit eden özelleştirilmiş iskelelerin geliştirilmesine olanak tanır. Bu teknik, kök kanal ortamında daha etkili hücresel hizalanma ve besin akışını sağlayarak pulpa-dentin rejenerasyonu sonuçlarını iyileştirebilir (55). Araştırmalar, 3D biyoyazdırılmış iskelelerin yapısal entegrasyonu artırabileceğini ve biyoaktif moleküllerin kontrollü olarak salımını destekleyerek genel rejeneratif süreci güçlendirebileceğini göstermektedir (28). Polilaktik-koglikolik asit (PLGA) gibi materyallerden yapılan nanolifli iskeleler, yüksek yüzey alanları ve doğal ekstrasellüler matris benzerlikleri sayesinde kök hücre büyümesini destekler (48). Araştırmalar, nanolifli iskelelerin hücre farklılaşmasını ve biyomineralizasyonu artırarak pulpa dokusu rejenerasyon sonuçlarını iyileştirebileceğini önermektedir (56). Biyoaktif peptitler veya nanopartiküller içeren enjekte edilebilir hidrojeller de uygulama kolaylığı ve büyüme faktörlerini kontrollü salım için depolama yetenekleri nedeniyle dikkat çekmektedir (57).

Bir diğer umut verici araştırma alanı, kök hücrelerin doğrudan nakledilmesi yerine biyoaktif iskeleler ve büyüme faktörü taşıma sistemlerine dayanan hücresiz rejeneratif yaklaşımların incelenmesidir. Hücresiz terapiler üzerine yapılan klinik denemeler, kök hücreye dayalı yöntemlere kıyasla benzer etkinlik göstermiş ve bağışıklık reddi riski ile kök hücre kullanımına bağlı etik kaygıları azaltmıştır (58). Bu yaklaşımlar, rejeneratif süreci daha erişilebilir ve maliyet-etkin hâle getirerek geniş klinik uygulamalar için uygun hale getirebilir (59).

Ayrıca, çalışmalar giderek rejeneratif endodonti için klinik ortamlarda evrensel olarak uygulanabilecek standart protokoller oluşturma üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu protokoller, dezenfeksiyon yöntemleri, iskele seçimi ve sinyal moleküllerinin kullanımı için rehberler belirleyerek rejeneratif sonuçlardaki değişkenliği ele alacaktır (60). Bu protokollerin oluşturulması, klinik sonuçlarda tutarlılığı sağlamak ve rejeneratif endodontiyi deneysel uygulamadan yaygın pratiğe taşımak açısından kritik öneme sahiptir.

Tablo 5. Rejeneratif endodontideki çeşitli geleceğe yönelik yönler ve gelişen teknikler (37)

Teknik	Tanım	Potansiyel avantajları	Zorlukları
Gen terapi	Rejenerasyonu artırmak amacıyla, büyüme faktörü genlerini hücrelere aktarmak için genetik modifikasyon kullanır	Hücressel davranış üzerinde hassas kontrol, hedefe yönelik doku onarımı	Deneyssel; hedef dışı etkiler, bağışıklık tepkileri riski taşır
3 boyutlu Biyoyazıcı teknolojisi	Pulpa dokusunu taklit eden, kişiye özel biyometrik iskeleler oluşturmak için biyoyazıcı teknolojisini kullanır.	Gelişmiş yapısal bütünlük sağlar, hücre hizalanmasını ve besin difüzyonunu destekler	Ekipman karmaşıklığı; yüksek maliyet ve erişilebilirlik kısıtlaması
Hüresiz rejenerasyon	Doğrudan kök hücre nakli yapılmaksızın, biyolojik olarak aktif iskeleler ve büyüme faktörlerine dayanır.	Azaltılmış bağışıklık reddi riski ve basitleştirilmiş protokol	Bazı durumlarda hücre temelli yöntemlere kıyasla potansiyel olarak daha az etkili olabilir
Standardize edilmiş protokoller	Rejeneratif teknikler için evrensel klinik kılavuzlar oluşturur.	Tutarlı sonuçlar sağlar ve klinik uygulamalara entegrasyonu kolaylaştırır.	Uzlaşma sağlanması güçtür; hasta yanıtları değişkenlik gösterir

3.2. Dijital ve Yapay Zekâ Uygulamaları

Bilgisayar donanımı, yazılımı ve algoritmaların ihtiyaçlarındaki gelişmeler sayesinde yapay zekâ çeşitli şekillerde büyümüştür. Yapay zekâ, makinelerin insanların yaptığı gibi çalışmasına ve sorunları çözmesine izin veren bir bilgisayar bilimi alanıdır (61, 62). Makine öğrenimi, derin öğrenme ve doğal dil işleme gibi yapay zekanın diğer alt bölümlerindeki ilerlemeler, etkili tanıl, terapötik ve rejeneratif tıp çözümleri sağlamada yapay zekanın olası kullanımlarını geliştirmiştir (63,64). Yapay zekanın bir alt kategorisi olan makine öğrenimi, kodlanmış verileri kullanır ve yinelemeli değişiklikler yoluyla yaptığı hatalardan öğrenerek ürettiği sonuçlardan daha iyi kalıplar ortaya çıkar (64,65). Makine öğreniminin bir alt kategorisi olan derin öğrenme, bilgi taşıyıcıları ve işlemcileri olarak bağlantıları ve işlevleri de dahil olmak üzere insan kortikal olanlara dayalı yapay sinir ağlarını uygular (66,67). Derin öğrenme, nöronların yapısına dayanan yapay sinir ağlarını kullanır ve veri işleme, büyük ve çeşitli veri kümeleri üzerinde analizler yapmak için sayısal biçimde verilerle çalışarak katmanlar halinde gerçekleşir. Bu, derin öğrenme algoritmalarının görüntülerdeki farklılıklardan insanlar için somut olmayan kalıpları tespit etmesini mümkün kılar (68,69). Ayrıca, derin öğrenme algoritmaları kısa süreli belleğe ve uzun

sürekli belleğe sahiptir, bu da onları gelen veri besleme ile daha iyi sonuçlar üretmenin yanı sıra dinamik olarak ayarlama yapabilmelerini sağlamaktadır (70).

Kuşkusuz, diş hekimliği alanında yapay zekanın benimsenmesi, özellikle rejeneratif tıpta uygulandığında umut vericidir. En çok araştırılan ve başarılı olma olasılığı, hasarlı veya nekrotik dokuyu değiştirmek için iskele ile kök hücrenin kullanıldığı diş dokularının biyomühendisliği kategorisine girer. Örneğin, diş pulpası kompleksinden elde edilebilen diş pulpası kök hücreleri, tahrip edildikten sonra diş pulpası dokusunu onarmak için etkili bir şekilde kullanılabilir (71). Yapay zekâ, hücrelerin farklılaşmasını tanımlayan faktörlerin analizi, hücre büyümesi için en uygun bir iskele oluşturma ve tedavinin etkinliğini tahmin etme yardımıyla bu süreçleri geliştirmeye yardımcı olabilir. Endodontide yapay zekâ, kök kanalının şeklini, periapikal lezyonların varlığını ve diş pulpası kök hücrelerinin canlılığını ve ayrıca uygulanan tedavi yöntemlerinin genel prognozunu tahmin etmede bir etkinlik göstermiştir (72,73).

Son yıllarda makine öğrenimi, derin öğrenme, konvolüsyonel sinir ağları ve diğerleri gibi geliştirilen yapay zekâ teknolojileri, özellikle teşhis, görüntüleme, tedavi planlaması ve rejeneratif tıpta diş hekimliğinde çok sayıda uygulamayı daha kesin hale getirmiştir. (74).

3.2.1. Endodontide Yapay Zekâ Uygulamaları

Yapay zekâ, kök kanal tedavisinin hassasiyetini artırmak için endodonti tarafından benimsenmiştir. Derin öğrenme algoritmaları, kök kanal anatomisini tanımlama, periapikal lezyon tespiti, tedavi başarısı tahmini için kullanılmıştır. Yapay zekâ uygulamaları endodontik tedavilerdeki hastaları başarılı bir şekilde teşhis ve tedavi ederken hata olasılıklarını en aza indirmeye yardımcı olmaktadır (75,76,77).

3.2.2. Rejeneratif Endodontide Yapay Zekâ Uygulamaları

Rejeneratif endodontide yapay zekâ, biyolojik süreçlerin karmaşıklığı ve tedavi değişkenliğinin yüksek olması nedeniyle giderek daha kritik bir rol üstlenmektedir. Derin öğrenme ve makine öğrenimi algoritmaları, kök kanal anatomisinin değerlendirilmesi, periapikal patolojilerin tespiti ve tedavi prognozunun öngörülmesi gibi klinik karar aşamalarında geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek doğruluk sağlamaktadır (78). Ayrıca yapay zekâ, kök hücre farklılaşması, hücresel davranışların öngörülmesi ve doku mühendisliği iskelelerinin tasarımı gibi rejeneratif süreçlerde çok boyutlu biyolojik verileri analiz ederek daha uygun biyomalzeme seçimleri ve kişiselleştirilmiş tedavi stratejileri geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (73, 83, 86). Rejeneratif endodontide hala standart bir protokol bulunmadığı için, yapay zekâ tabanlı modeller bu tedavinin klinik öngörülebirliliğini artırma, protokolleri standardize etme ve hasta özelinde daha başarılı sonuçlar elde etme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle yapay zekâ, rejeneratif endodontinin geleceğinde hem

biyolojik hem de klinik karar süreçlerini destekleyen temel bir bileşen olarak değerlendirilmektedir (36,73,86).

Yapay zekâ modelleri, gen ekspresyon verilerini analiz edebilir ve mezenkimal kök hücrelerin odontoblast benzeri hücrelere farklılaşma koşullarını tahmin edebilmektedir. Hedeflenen gözeneklilik, mekanik mukavemet ve biyouyumluluğa sahip iskeleler oluşturmak için yapay zekaya farklı üretken tasarımlar uygulanmaktadır. Rejeneratif diş hekimliğinde yapay zekâ kullanımı, hastanın, yaşına, sağlık koşullarına ve kişinin genetik yapısına bağlı olarak tedavilerin etkinliğini tahmin etmede yarar sağlamaktadır (75,77,78,79,).

3.2.3. Kök Hücrelere Dayalı Yapay Zekâ ve Klinik çözümler

Kök hücre tedavisi bir dizi hastalıkta cesaret verici sonuçlar göstermiş olsa bile, doğru hücreleri bulmada, hasta güvenliğini garanti etmede ve bu hücrelerin performansını en üst düzeye çıkarmada büyük engellerle karşılaşmaya devam etmektedir (80). Verileri kodlama ve algoritmik olarak işleme yeteneği ile yapay zekâ, uygun hücreleri belirlemede ve etkinliklerini artırmada çok önemli bir rol oynayabilir (75). Yapay zekâ algoritmaları, hastayla ilgili tıbbi geçmişi ve genetik bilgileri inceleyerek diş etlerinin ve dişlerin hangi bölümlerinin gelecekte iltihaplanma olasılığının en yüksek olduğunu belirleyebilir (81).

Kök hücrelerin ötesinde, yapay zekâ iskele diş kök hücre uygulamalarında vazgeçilmez bir rol oynamaktadır. Bulgular, iskele türünün insan diş pulpası kök hücrelerinin ayrımını etkilediğini ve yenilenme hızını hızlandırdığını göstermektedir (82). Öte yandan, yapay zekanın doku mühendisliği iskelelerinde etkili rolü belirlenmiştir (83). Potansiyel olarak, yapay zekâ yardımıyla, diş hekimliği ve rejenerasyonda önemli öneme sahip olan iskele için en uygun yapıyı tahmin etmek mümkündür. Yapay zekâ ve ağız hastalıkları arasındaki ilişki üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (84,85).

3.2.4. Yapay Zekâ Sınırlamaları

Yapay zekanın, potansiyel avantajlarına rağmen hücre tedavisi söz konusu olduğunda bazı önemli dezavantajları vardır. Şu anda mevcut olan veri kalitesi ve hacmi büyük bir kısıtlamadır. Yapay zekâ sistemlerinin sonuçları herhangi bir doğruluk derecesiyle tahmin edebilmesi için büyük miktarda yüksek kaliteli veriye ihtiyaçları vardır. Bununla birlikte, hücre tedavisi alanındaki kök hücrelerle ilgili veriler sıklıkla seyrek ve tutarsızdır, bu da yapay zekâ modellerini etkili bir şekilde eğitmeyi zorlaştırır. Eğitim verilerinin kalitesi, yapay zekâ tahminlerinin ne kadar iyi performans gösterdiği üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir ve verilerdeki önyargılar veya tutarsızlıklar büyük bir etkiye sahip olabilir (86).

Dahası, biyolojik sistemlerin karmaşıklığı ek bir zorluk teşkil eder. Hücre terapisinde yer alan hücreler ve dokular arasındaki karmaşık etkileşimler, birçok makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmasının bu süreçleri tam olarak simüle

etmesini zorlaştırır. Diğer bir sınırlama, yapay zekanın etkinliğini değerlendiren çoğu çalışmada diğer yaygın yöntemlere kıyasla yapay zekanın duyarlılığına ve özgüllüğüne odaklanmamasıdır. Hematopoetik kök hücreler dışında, kök hücre tedavisi şu anda FDA onaylı değildir ve avantajları ve tehlikeleri hakkında belirsiz bir anlayışla deneysel olmaya devam etmektedir. Bu dezavantaj göz önüne alındığında, yapay zekanın hücre terapisindeki işlevinin kesin bir tanımı, ileride diş hekimliği uygulamalarını etkileyebilmektedir (86).

4. SONUÇLAR

Rejeneratif endodonti, diş hekimliğinde önemli bir değişimi temsil etmekte olup, geleneksel koruyucu tekniklerin ötesine geçerek pulpa-dentin kompleksini biyolojik olarak yeniden kazandırmayı hedeflemektedir. Kök hücre araştırmalarındaki ilerlemeler, iskele geliştirme ve sinyal moleküllerindeki yenilikler, canlı olmayan dişlerde hem yapı hem de fonksiyonun geri kazanılmasına yönelik umut verici yollar sunmaktadır. Sonuçlardaki değişkenlik ve standart protokollere olan ihtiyaç gibi mevcut zorluklara rağmen, biyomalzemeler, gen terapisi ve biyoyazıcı alanlarındaki devam eden araştırmalar, bu sınırlamaları aşma ve rejeneratif endodontinin güvenilirliğini ve etkinliğini artırma potansiyeline sahiptir. Rejeneratif endodonti hâlen gelişmekte olmasına rağmen, uzun vadeli diş canlılığı ve fonksiyonunu önceliklendiren biyolojik olarak restoratif çözümler sunarak diş hekimliği uygulamalarını dönüştürme kapasitesine sahiptir (28).

Yapay zekâ bilgisayarların insanlara benzer bir şekilde düşünmesini, akıl yürütmesini ve sorunları çözmesini sağlar. Yenilenme ve rekonstrüksiyonu teşvik etmek amacıyla rejeneratif endodontiyi yapay zekâ ile entegre etmek, tedavi yöntemlerini geliştirebilir ve hasta rahatsızlığını azaltabilir (86).

Yapay zekâ algoritmaları; kök kanal morfolojisinin analizi, periapikal patolojilerin tespiti, klinik sonuç tahmini, iskele tasarımının en uygun hale getirilmesi ve kök hücre davranışlarının modellenmesi gibi konularda büyük umut vadetmektedir. Ancak veri kümelerindeki sınırlamalar, biyolojik süreçlerin karmaşık yapısı ve algoritmik belirsizlikler, yapay zekânın bu alanda kullanımını sınırlayan unsurlar olmaya devam etmektedir.

Tüm bu veriler bir araya getirildiğinde, klinik başarı oranlarını artırmak ve uygulanabilirliğini genişletmek amacıyla rejeneratif endodontide bütünsel, biyoteknoloji tabanlı ve dijital destekli bir yaklaşım gereklidir. Biyomalzeme geliştirilmesi, kök hücre araştırmaları ve yapay zekâyâ dayalı analizler, rejeneratif endodontide standardizasyonun sağlanmasına ve daha öngörülebilir klinik sonuçların elde edilmesine katkı sunacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Liang, Y., Ma, R., Chen, L., Dai, X., Zuo, S., Jiang, W., et al. (2021). Efficacy of I-PRF in regenerative endodontics therapy for mature permanent teeth with pulp necrosis: Study protocol for a multicentre randomised controlled trial. *Trials*, 22, 436.
2. Cehreli, Z. C., Unverdi, G. E., & Ballikaya, E. (2022). Deciduous tooth pulp autotransplantation for the regenerative endodontic treatment of permanent teeth with pulp necrosis: A case series. *Journal of Endodontics*, 48, 669–674.
3. Diogenes, A., Henry, M. A., Teixeira, F. B., & Hargreaves, K. M. (2013). An update on clinical regenerative endodontics. *Endodontic Topics*, 28(1), 2–23.
4. American Association of Endodontists. (2021). Clinical considerations for a regenerative procedure. American Association of Endodontists.
5. Ng, Y.-L., Mann, V., & Gulabivala, K. (2011). A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: Part 1—Periapical health. *International Endodontic Journal*, 44(7), 583–609.
6. Sakko, M., Tjäderhane, L., & Rautemaa-Richardson, R. (2016). Microbiology of root canal infections. *Primary Dental Journal*, 5(2), 84–89.
7. Özdal-Kurt, F., Şen, B. H., Tuğlu, I., Vatansever, S., Türk, B. T., & Deliloğlu-Gürhan, I. (2016). Attachment and growth of dental pulp stem cells on dentin in presence of extracalcium. *Archives of Oral Biology*, 68, 131–141.
8. Diogenes, A., & Hargreaves, K. M. (2017). Microbial modulation of stem cells and future directions in regenerative endodontics. *Journal of Endodontics*, 43(9), S95–S101.
9. Silujjai, J., & Linsuwanont, P. (2017). Treatment outcomes of apexification or revascularization in nonvital immature permanent teeth: A retrospective study. *Journal of Endodontics*, 43(2), 238–245.
10. Rafter, M. (2005). Apexification: A review. *Dental Traumatology*, 21(1), 1–8.
11. Chala, S., Abouqal, R., & Rida, S. (2011). Apexification of immature teeth with calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate: Systematic review and meta-analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 112(4), 36–42.
12. Abbott, P. V. (1998). Apexification with calcium hydroxide—When should the dressing be changed? The case for regular dressing changes. *Australian Endodontic Journal*, 24(1), 27–32.
13. Camp, J. H., & Fuks, A. B. (2006). Pediatric endodontics: Endodontic treatment for the primary and young permanent dentition. In S. Cohen & K. M. Hargreaves (Eds.), *Pathways of the pulp* (9th ed., pp. 822–881). St. Louis, MO: Mosby.

14. Sevimay, S., Öztan, S., & Dalat, D. (2004). Effects of calcium hydroxide paste medication on coronal leakage. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(3), 240–244.
15. Torabinejad, M. (2004). Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *Alpha Omegan*, 97(4), 23–31.
16. Shabahang, S., Torabinejad, M., Boyne, P. P., Abedi, H., & McMillan, P. (1999). A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *Journal of Endodontics*, 25(1), 1–5.
17. Apaydin, E. S., Shabahang, S., & Torabinejad, M. (2004). Hard-tissue healing after application of fresh or set MTA as root-end-filling material. *Journal of Endodontics*, 30(1), 21–24.
18. Hachmeister, D., Schindler, W., Walker III, W., & Deneen Thomas, D. (2002). The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *Journal of Endodontics*, 28(5), 386–390.
19. 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.
20. Banchs, F., & Trope, M. (2004). Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: New treatment protocol? *Journal of Endodontics*, 30(4), 196–200.
21. Diogenes, A. R., & Ruparel, N. B. (2017). Regenerative endodontic procedures: Clinical outcomes. *Dental Clinics of North America*, 61, 111–125.
22. Widbiller, M., & Schmalz, G. (2021). Endodontic regeneration: Hard shell, soft core. *Odontology*, 109, 303–312.
23. 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.
24. Ostby, B. N. (1961). The role of the blood clot in endodontic therapy: An experimental histologic study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 19, 324–353.
25. Nygaard-Ostby, B., & Hjortdal, O. (1971). Tissue formation in the root canal following pulp removal. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 79(5), 333–349.
26. Iwaya, S. I., Ikawa, M., & Kubota, M. (2001). Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. *Dental Traumatology*, 17(4), 185–187.

27. Brizuela, C., Huang, G. T., Diogenes, A., Botero, T., & Khoury, M. (2022). The four pillars for successful regenerative therapy in endodontics: Stem cells, biomaterials, growth factors, and their synergistic interactions. *Stem Cells International*, 2022, 1580842.
28. Lin, L. M., Huang, G. T., Sigurdsson, A., & Kahler, B. (2021). Clinical cell-based versus cell-free regenerative endodontics: Clarification of concept and term. *International Endodontic Journal*, 54, 887–901.
29. Nakashima, M., Iohara, K., Murakami, M., Nakamura, H., Sato, Y., Aiji, Y., et al. (2017). Pulp regeneration by transplantation of dental pulp stem cells in pulpitis: A pilot clinical study. *Stem Cell Research & Therapy*, 8, 61.
30. Xuan, K., Li, B., Guo, H., Sun, W., Kou, X., He, X., et al. (2018). Deciduous autologous tooth stem cells regenerate dental pulp after implantation into injured teeth. *Science Translational Medicine*, 10, eaaf3227.
31. Ohkoshi, S., Hirono, H., Nakahara, T., & Ishikawa, H. (2018). Dental pulp cell bank as a possible future source of individual hepatocytes. *World Journal of Hepatology*, 10, 702–707.
32. Galler, K. M., & Widbiller, M. (2020). Cell-free approaches for dental pulp tissue engineering. *Journal of Endodontics*, 46, S143–S149.
33. Galler, K. M., & Widbiller, M. (2017). Perspectives for cell-homing approaches to engineer dental pulp. *Journal of Endodontics*, 43, S40–S45.
34. Widbiller, M., Knüttel, H., Meschi, N., & Durán-Sindreu Terol, F. (2022). Effectiveness of endodontic tissue engineering in treatment of apical periodontitis: A systematic review. *International Endodontic Journal*, 55(9), 933–949.
35. Gupta, P., Gada, S., & Shetty, H. (2015). Regenerative endodontics: An evidence-based review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9, 1–6.
36. Tong, H. J., Rajan, S., Bhujel, N., Kang, J., Duggal, M., & Nazzal, H. (2017). Regenerative endodontic therapy in the management of nonvital immature permanent teeth: A systematic review—Outcome evaluation and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 43, 1453–1464.
37. Alothman, F. A., Hakami, L. S., Alnasser, A., et al. (2024). Recent advances in regenerative endodontics: A review of current techniques and future directions. *Cureus*, 16(11), e74121. <https://doi.org/10.7759/cureus.74121>
38. Gong, T., Heng, B. C., Lo, E. C., & Zhang, C. (2016). Current advance and future prospects of tissue engineering approach to dentin/pulp regenerative therapy. *Stem Cells International*, 2016, 9204574.
39. Adhilakshmi, R., Krishnamoorthy, S. K., & Ramasamy, K. (2021). Regenerative endodontics: A review. *Paripex–Indian Journal of Research*, 10, 46–50.

40. Aksel, H., & Şerper, A. (2014). Recent considerations in regenerative endodontic treatment approaches. *Journal of Dentistry*, 9, 1–7.
41. Almutairi, W., Yassen, G. H., Aminoshariae, A., Williams, K. A., & Mickel, A. (2019). Regenerative endodontics: A systematic analysis of failed cases. *Journal of Endodontics*, 45, 567–577.
42. Huang, G. T., Gronthos, S., & Shi, S. (2009). Mesenchymal stem cells derived from dental tissues vs. those from other sources: Their biology and role in regenerative medicine. *Journal of Dental Research*, 88, 792–806.
43. Hargreaves, K. M., Giesler, T., Henry, M., & Wang, Y. (2008). Regeneration potential of the young permanent tooth: What does the future hold? *Journal of Endodontics*, 34, 51–56.
44. 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, 1428–1434.
45. American Association of Endodontists. (2022). Clinical considerations for a regenerative procedure (Revised November 2022). AAE.
46. Kontakiotis, E. G., Filippatos, C. G., Tzanetakis, G. N., & Agraftoti, A. (2015). Regenerative endodontic therapy: A data analysis of clinical protocols. *Journal of Endodontics*, 41, 146–154.
47. Parirokh, M., Torabinejad, M., & Dummer, P. M. H. (2018). Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: An updated overview—Part I: Vital pulp therapy. *International Endodontic Journal*, 51, 177–205.
48. Kishen, A., & Hussein, H. (2020). Bioactive molecule carrier systems in endodontics. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 17, 1093–1112.
49. Mitsiadis, T. A., Woloszyk, A., & Jiménez-Rojo, L. (2012). Nanodentistry: Combining nanostructured materials and stem cells for dental tissue regeneration. *Nanomedicine*, 7, 1743–1753.
50. Walsh, R. M., He, J., Schweitzer, J. L., Opperman, L., Woodmansey, K. (2018). Bioactive endodontic materials for everyday use: A review. *General Dentistry*, 66, 48–51.
51. Candeiro, G. T., Monteiro Dodt Teixeira, I. M., Olimpio Barbosa, D. A., Vivacqua-Gomes, N., & Alves, F. R. (2021). Vertucci's root canal configuration of 14,413 mandibular anterior teeth in a Brazilian population: A prevalence study using cone-beam computed tomography. *Journal of Endodontics*, 47, 404–408.
52. Garcia-Godoy, F., & Murray, P. E. (2012). Recommendations for using regenerative endodontic procedures in permanent immature traumatized teeth. *Dental Traumatology*, 28, 33–41.

53. Alharith, D., Altuwaijri, M., & Kattan, B. (2022). Updates in regenerative endodontics for young general practitioners: A literature review. *International Journal of Medical and Development Countries*, 6, 541–550.
54. Agraftioti, A., Deimezi, M., & Kontakiotis, E. (2015). The decision for regenerative endodontic therapy. *Oral Health and Dental Management*, 14, 123–127.
55. Kim, S. G., Kahler, B., & Lin, L. M. (2016). Current developments in regenerative endodontics. *Current Oral Health Reports*, 3, 293–301.
56. Wang, Z. (2015). Bioceramic materials in endodontics. *Endodontic Topics*, 32, 3–30.
57. Patel, E., Pradeep, P., Kumar, P., Choonara, Y. E., & Pillay, V. (2020). Oroactive dental biomaterials and their use in endodontic therapy. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 108, 201–212.
58. Lee, B. N., Moon, J. W., Chang, H. S., Hwang, I. N., Oh, W. M., & Hwang, Y. C. (2015). A review of the regenerative endodontic treatment procedure. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 40, 179–187.
59. Pulyodan, M. K., Paramel Mohan, S., Valsan, D., Divakar, N., Moyin, S., & Thayyil, S. (2020). Regenerative endodontics: A paradigm shift in clinical endodontics. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 12, 20–26.
60. Lin, L. M., & Kahler, B. (2017). A review of regenerative endodontics: Current protocols and future directions. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 51, 41–51.
61. Bays, H. E., Fitch, A., Cuda, S., Gonsahn-Bollie, S., Rickey, E., Hablutzet, J., et al. (2023). Artificial intelligence and obesity management: An Obesity Medicine Association (OMA) Clinical Practice Statement (CPS) 2023. *Obesity Pillars*, 6, 100065.
62. Nelson, S. D., Walsh, C. G., Olsen, C. A., McLaughlin, A. J., LeGrand, J. R., Schutz, N., et al. (2020). Demystifying artificial intelligence in pharmacy. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 77, 1556–1570.
63. Lauriola, I., Lavelli, A., & Aiolfi, F. (2022). An introduction to deep learning in natural language processing: Models, techniques, and tools. *Neurocomputing*, 470, 443–456.
64. Alam, A. (2021). Possibilities and apprehensions in the landscape of artificial intelligence in education. In *Proceedings of the 2021 International Conference on Computational Intelligence and Computing Applications (ICCICA)* (pp. 1–8). Maharashtra, India.
65. Kaul, V., Enslin, S., & Gross, S. A. (2020). History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointestinal Endoscopy*, 92, 807–812.

66. Liu, L., Wang, Y., & Chi, W. (2020). Retracted: Image recognition technology based on machine learning. *IEEE Access*, 1, 1.
67. Qayyum, A., Usama, M., Qadir, J., & Al-Fuqaha, A. (2020). Securing connected and autonomous vehicles: Challenges posed by adversarial machine learning and the way forward. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22, 998–1026.
68. Asmika, B., Mounika, G., & Rani, P. S. (2021). Deep learning for vision and decision making in self-driving cars—Challenges with ethical decision making. In *Proceedings of the 2021 International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)* (pp. 1–5). Hubli, India.
69. Sakshi, M., Das, P., Jain, S., Sharma, C., & Kukreja, V. (2022). Deep learning: An application perspective. In *Cyber Intelligence and Information Retrieval* (pp. 323–333). Singapore: Springer.
70. Mandalapu, V., Elluri, L., Vyas, P., & Roy, N. (2023). Crime prediction using machine learning and deep learning: A systematic review and future directions. *IEEE Access*, 11, 60153–60170.
71. Hongen, C., Zhenyuan, L., & Weinan, Z. (2021). The comparison of traditional machine learning and deep learning methods for malicious website detection. In *Proceedings of the International Conference on Electronic Information Engineering and Computer Technology (EIECT 2021)* (Paper 120871G). Chiang Mai, Thailand.
72. Yang, X., Zhang, S., Liu, J., Gao, Q., Dong, S., & Zhou, C. (2021). Deep learning for smart fish farming: Applications, opportunities and challenges. *Reviews in Aquaculture*, 13, 66–90.
73. Nosrati, H., & Nosrati, M. (2023). Artificial intelligence in regenerative medicine: Applications and implications. *Biomimetics*, 8(5), 442.
74. Mallineni, S. K., Sethi, M., Punugoti, D., Kotha, S. B., Alkhayal, Z., Mubarak, S., et al. (2024). Artificial intelligence in dentistry: A descriptive review. *Bioengineering*, 11(12), 1267.
75. Leya, W., Lee, S. B., Sara, I., Lin, H. S. N., & Lin, N. Y. C. (2023). Phenotyping senescent mesenchymal stromal cells using AI image translation. *Current Research in Biotechnology*, 5, 100120.
76. Chae, Y. M., Yoo, K. B., Kim, E. S., & Chae, H. (2011). The adoption of electronic medical records and decision support systems in Korea. *Healthcare Informatics Research*, 17(3), 172–177.
77. Wu, J., Zhang, C., Xue, T., Freeman, W. T., & Tenenbaum, J. B. (2016). Learning a probabilistic latent space of object shapes via 3D generative-adversarial modeling. In *Proceedings of the 30th International Conference on Neural Information Processing Systems*.

78. Lee, J.-H., Kim, D.-H., Jeong, S.-N., & Choi, S.-H. (2018). Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of Dentistry*, 77, 106–111.
79. Jaiswal, P., & Bhirud, S. (2021). Study and analysis of an approach towards the classification of tooth wear in dentistry using machine learning technique. In *IEEE International Conference on Technology, Research, and Innovation for Betterment of Society (TRIBES)*.
80. Hwang, H.-W., Park, J.-H., Moon, J.-H., Yu, Y., Kim, H., Her, S.-B., et al. (2020). Automated identification of cephalometric landmarks: Part 2—Might it be better than human? *Angle Orthodontist*, 90(1), 69–76.
81. Wei, G., Cui, Z., Zhu, J., Yang, L., Zhou, Y., Singh, P., et al. (2022). Dense representative tooth landmark/axis detection network on 3D model. *Computer Aided Geometric Design*, 94, 102077.
82. Zhang, J., Lu, X., Feng, G., Guo, Z., Sun, Y., Bao, G., et al. (2016). Chitosan scaffolds induce human dental pulp stem cells to neural differentiation: Potential roles for spinal cord injury therapy. *Cell and Tissue Research*, 366, 129–142.
83. Bermejillo Barrera, M. D., Franco-Martínez, F., & Díaz Lantada, A. (2021). Artificial intelligence-aided design of tissue engineering scaffolds employing virtual tomography and 3D convolutional neural networks. *Materials*, 14(18), 5278.
84. Vadlamani, R. (2020). Application of machine learning technologies for detection of proximal lesions in intraoral digital images: In vitro study. (Master's thesis). University of Louisville, Kentucky, USA.
85. Kühnisch, J., Meyer, O., Hesenius, M., Hickel, R., & Gruhn, V. (2021). Caries detection on intraoral images using artificial intelligence. *Journal of Dental Research*, 101(2), 158–165.
86. Saberian, E., Jenča, A., Jenča, A., Zare-Zardini, H., Araghi, M., Petrášová, A., & Jenčová, J. (2024). Applications of artificial intelligence in regenerative dentistry: Promoting stem cell therapy and the scaffold development. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 12, 1497457.

BÖLÜM 3

Diş Hekimliğinde Çocuk Hastalarda Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi: Endikasyonlar, Doz Optimizasyonu ve Klinik Yaklaşımlar

Elif Sinem Sancar¹ & Müge Bulut²

¹ Araş. Gör., Trakya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, ORCID No: <https://orcid.org/0009-0004-4918-5381>

² Doç. Dr., Trakya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-3088-7517>

1. Giriş

Dental radyografik görüntüleme, ağız ve diş hastalıklarının tanısında, izlenmesinde ve tedavi planlamasında temel ve vazgeçilmez bir rol oynamaktadır (Dentistry, 2018). Geleneksel iki boyutlu teknikler uzun yıllardır diş hekimliğinde yaygın biçimde kullanılmakla birlikte, magnifikasyon, süperpozisyon ve distorsiyon gibi sınırlılıklar nedeniyle tanısız doğrulukları sınırlı kalmaktadır. Üç boyutlu görüntüleme tekniklerinin gelişimiyle birlikte bu kısıtlamalar önemli ölçüde azalmıştır (White & Pharoah, 2008).

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT), 1990'lı yılların sonlarında diş hekimliğinde sert dokuların üç boyutlu olarak görüntülenmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiş ve kısa sürede artan ilgi ile diş hekimliğinin farklı alanlarında yaygın kullanıma girmiştir (Pauwels, 2015). Geleneksel bilgisayarlı tomografiye (BT) kıyasla daha düşük maliyet, kompakt cihaz yapısı ve daha düşük radyasyon dozu avantajları ile yüksek kaliteli üç boyutlu görüntüler elde edilmesine imkân tanımaktadır (Carter, Stone, Clark, & Mercer, 2016; Pauwels, 2015). Tek bir tarama ile farklı düzlemlerden kesitsel görüntülerin elde edilmesi ve çok düzlemli yeniden yapılandırma (rekonstrüksiyon) olanağı, tanısız doğruluğu belirgin şekilde artırmıştır (J. K. M. Aps, 2013; Jaju & Jaju, 2015).

KIBT, maksillofasiyal cerrahi, dental implant planlaması, kök kanal morfolojisinin detaylı incelenmesi, kök kırıklarının ve rezorpsiyonların tespiti, ortodontik anomalilerin değerlendirilmesi, gömülü dişlerin lokalizasyonu, temporomandibular eklem (TME) patolojileri, paranazal sinüslerin ve hava yolunun analizi gibi çok sayıda alanda kullanılmaktadır (Dula et al., 2014; Ertaş & Kalabalık, 2015). Ancak, KIBT'nin sağladığı yüksek tanısız doğruluk ve detaylı anatomik bilgi önemli avantajlar sunsa da gereksiz görüntüleme sayısındaki potansiyel artış ile birlikte radyasyon maruziyetinin yükselmesi, özellikle çocuk hastalarda önemli bir endişe kaynağıdır (J. K. Aps, 2013).

Mevcut kanıtlar, pediatrik vakalarda KIBT endikasyonlarının çoğu zaman net olarak tanımlanmadığını göstermekte, bu nedenle klinik kararların kanıta dayalı, hasta ve endikasyona özgü olarak verilmesi önem kazanmaktadır. Doz ayarlanması, görüntü alanı (Field of View, FOV) sınırlandırması ve uygun görüntüleme parametrelerinin seçilmesi hem tanısız doğruluğu artırmak hem de radyasyon riskini minimize etmek için temel ilkeler olarak öne çıkmaktadır (Alamri, Sadrameli, Alshalhoob, & Alshehri, 2012; Kühnisch et al., 2020; Ludlow et al., 2015).

2. Diş Hekimliğinde Çocuk ve Adolesanlarda KIBT Kullanım Endikasyonları

Literatürde pediatrik olgularda kullanılan radyasyon dozlarına ilişkin standart ve kapsamlı veriler halen sınırlıdır. Buna karşın, KIBT'nin tanı ve tedavi planlamasında kullanımının çocuk ve genç yaş gruplarında giderek arttığı

görülmektedir (Hedesi et al., 2018; Marcu et al., 2018). Bu artış, küçük yaş gruplarına özgü endikasyonların oluşturulmasına yönelik bilimsel verilerin gelişme hızını aşmaktadır (Henein, Bhatia, & Drage, 2021).

Bu nedenle, KIBT'nin endikasyonlarının belirlenmesi; gereksiz radyasyon maruziyetinin önlenmesi ve ALADA/ALADAIP (**As Low As Diagnostically Acceptable**) ilkeleri doğrultusunda doz optimizasyonunun sağlanması açısından kritik önem taşır (Oenning, Jacobs, & Salmon, 2021). Radyografik incelemeye karar vermeden önce ayrıntılı tıbbi ve dental öykünün değerlendirilmesi ve kapsamlı bir klinik muayenenin tamamlanması gerekir. Görüntüleme, ancak bu değerlendirmeler sonucunda kanıta dayalı bir gereksinim ortaya konduğunda seçilmelidir (Hajem, Brogårdh-Roth, Nilsson, & Hellén-Halme, 2020).

2.1. Pediatrik Endikasyonların Sistematik Sınıflaması (DIMITRA Projesi)

Diş hekimliğinde KIBT kullanımına ilişkin pediatrik endikasyonlar, Avrupa DIMITRA Projesi (Dentomaxillofacial Paediatric Imaging: an Investigation toward Low-dose Radiation Induced Risks) tarafından önerilen sınıflama temel alınarak çeşitli klinik başlıklar altında gruplandırılmıştır (Oenning et al., 2018). Bu sınıflama kapsamında pediatrik hastalarda KIBT gereksinimi aşağıdaki ana kategorilerde ele alınır:

- Gömülü dişler
- Travma
- Orofasiyal yarıklar
- Dental anomaliler
- Kemik patolojileri
- Sendromlar
- Diğer klinik durumlar (beklenmeyen ya da doğrudan sınıflandırılmayan nedenler)

Pediatrik olgularda KIBT kullanımı en sık gömülü ve süpernümerer dişlerin değerlendirilmesi, dental travmalar, yarık dudak–damak ile ilişkili durumlar, dental anomaliler, sendromik hastaların takibi, ototransplantasyon cerrahisinin planlanması ve konvansiyonel radyografilerle tanı koymanın güçleştiği olgular kapsamında ortaya çıkar (Oenning et al., 2018).

DIMITRA ve SEDENTEXCT (Safety and Efficacy of a New and Emerging Dental E-X-ray Cone Tomography) kılavuzları, KIBT'nin hasta gereksinimine uygun, kanıta dayalı ve bireyselleştirilmiş protokollerle uygulanmasını esas alır (Consortium, 2012; Hidalgo-Rivas et al., 2014; Law et al., 2014; Oenning et al., 2018). Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi (American Academy of

Pediatric Dentistry, AAPD)'nin 2025 güncellemesi de KIBT'nin rutin başlangıç görüntüleme yöntemi olarak kullanılmasını önermemektedir (Dentistry, 2018). KIBT; periapikal patolojilerin değerlendirilmesi, gelişmekte olan dişlerdeki anomalilerin incelenmesi, ağız ve çene cerrahisi gerektiren durumlar, diş ve yüz travmaları ile ortodontik ve ortognatik cerrahi planlama süreçlerinde tamamlayıcı bir tanısal araç olarak kabul edilmektedir (Mallya & Lam, 2018).

2.1.1. Gömülü Dişlerin Lokalizasyonu ve Değerlendirilmesi

KIBT, gömülü ve süpernumerer dişlerin çevre anatomik yapılarla ilişkisini net biçimde ortaya koyan üç boyutlu görüntüler sağlayarak klinik karar sürecini destekler. Çeşitli klinik incelemeler ve hizmet değerlendirme çalışmalarında, bu olguların KIBT yönlendirmeleri içinde önemli bir paya sahip olduğu; özellikle ortodonti ve çocuk diş hekimliği birimlerinden gelen taleplerde ön planda yer aldığı görülmektedir (Van Acker, Martens, & Aps, 2016). Daha ileri yaş gruplarında ise diş lokalizasyonu ile dentofasiyal anomalilere bağlı değerlendirmeler görece daha sık gündeme gelmektedir (Nahir, Çitir, Çolak, & Keldal, 2024).

Gömülü ve süpernumerer dişler çoğu zaman asemptomatik olup her olgu tedavi gerektirmez (Acıkgoz, Acıkgoz, Tunga, & Otan, 2006). İki boyutlu radyografilerin yeterli olduğu durumlarda ek bir üç boyutlu görüntülemeye ihtiyaç duyulmayabilir; KIBT ancak klinik bulgular, ortodontik planlama veya olası cerrahi girişim açısından ek bilgi gerektirdiğinde tercih edilmelidir (Seehra et al., 2018).

KIBT, gömülü dişlerin değerlendirilmesine şu açılardan önemli katkılar sağlar:

- Dişin üç boyutlu konumunun (labial/palatal, bukkal/lingual, vertikal pozisyon) ayrıntılı olarak belirlenmesi,
- Komşu dişlerde mevcut veya potansiyel kök rezorpsiyonunun tespiti,
- Maksiller sinüs, nazal kavite ve mandibular kanal gibi anatomik yapılarla ilişkilerin değerlendirilmesi,
- Dentigeröz kist gibi ilişkili patolojilerin görüntülenmesi,
- Cerrahi yaklaşımın ve ortodontik traksiyonun ayrıntılı şekilde planlanması (Alqerban et al., 2014; Gallichan, Albadri, Dixon, & Jorgenson, 2020).

Anatomik bölge dağılımı değerlendirildiğinde, pediatrik olgularda KIBT çekimlerinin büyük bölümünün maksiller anterior bölgede yoğunlaştığı; posterior mandibulanın ise gömülü üçüncü azı dişleri ve çeşitli kemik patolojileri nedeniyle daha sık incelendiği görülmektedir (Gallichan et al., 2020; Yiğit, Yüksel, Evirgen, Kaçmaz, & Türkmenoğlu, 2023).

2.1.2. Travmatik Yaralanmaların Değerlendirilmesinde KIBT'nin Rolü

Çocuklarda travmatik dental yaralanmalar sık görülür ve çoğunlukla dentoalveolar kompleksi etkiler. Hafif ve orta şiddetteki yaralanmalarda, yaralanmanın lokalizasyonu ve şiddetinin belirlenmesi için genellikle konvansiyonel radyografiler yeterli olur; bu nedenle iki boyutlu görüntüleme çoğu olguda ilk seçenek olarak tercih edilir (Flores et al., 2006; Kullman & Al Sane, 2012). Uluslararası Dental Travmatoloji Derneği (International Association of Dental Traumatology, IADT), travmaya uğramış dişlerin değerlendirilmesinde farklı yatay ve dikey açılardan en az üç intraoral radyografi alınmasını önerir (Flores et al., 2006).

Bununla birlikte bazı durumlarda iki boyutlu görüntüler tanısal açıdan yetersiz kalabilir. Özellikle kök kırıklarının kökün orta üçlüsünde yer aldığı olgular, alveolar proses ve orta yüzü kapsayan kompleks kırıklar, periapikal lezyon şüphesi veya erken kök rezorpsiyonu varlığı söz konusu olduğunda, üç boyutlu değerlendirme önemli avantaj sağlar (Bornstein, Wölner-Hanssen, Sendi, & Von Arx, 2009; May, Cohenca, & Peters, 2013).

KIBT, travma olgularında kök kırıklarının lokalizasyonunu, uzunluğunu ve yönünü hassas biçimde ortaya koyar. Alveoler kırıkların şekli, yer değiştirme derecesi ve ilişkili yapılar üç boyutlu olarak görüntülenir. Lateral lüksasyon ve intrüzyon gibi yaralanmalarda periodontal aralık ve kortikal kemik durumu ayrıntılı şekilde incelenebilir. Ayrıca iyileşme süreci ve kök rezorpsiyonu gibi geç komplikasyonların takibinde güvenilir bilgi sunar (Kullman & Al Sane, 2012).

KIBT, travma ve gelişimsel anomalilerle ilişkili patolojilerde tanı ve klinik yönetimi önemli ölçüde değiştirebilir (Mizban, El-Belihi, Vaidyanathan, & Brown, 2019). Buna karşın, travma olgularında KIBT rutin bir yöntem olarak kullanılamaz. Üç boyutlu görüntüleme yalnızca, farklı açılardan alınmış iki boyutlu radyografilerin tanısal soruları yanıtlamadığı seçilmiş olgularda ve küçük hacimli FOV ile uygulanmalıdır (Bornstein et al., 2009).

2.1.3. Diğer Klinik Endikasyonlar

Orofasiyal yarıklar, dental anomaliler, kemik lezyonları ve sendromik durumlar gibi karmaşık klinik durumlarda, KIBT üç boyutlu morfolojik değerlendirme ve hassas lokalizasyon sağlayarak tanı ve tedavi planlamasına katkı sunar (De Moura et al., 2016).

Orofasiyal yarıklı çocuklar, yaşam boyunca çok sayıda radyografik incelemeye maruz kaldığı için, görüntülemenin gerekçelendirilmesi önem taşır (De Moura et al., 2016; Oenning et al., 2018). Yarık dudak-damak olgularında KIBT, kemik defektlerinin üç boyutlu morfolojisini, kemik grefti ve ortognatik cerrahi planlamasını, ayrıca ortodontik tedavi stratejilerinin belirlenmesini destekler (De Moura et al., 2016). Bu hastalarda, SEDENTEXCT kılavuzlarına

göre, uygun şekilde optimize edildiğinde KIBT, medikal BT'ye kıyasla yaklaşık 12 kat daha düşük etkin dozla benzer anatomik bilgi sunduğu için tercih edilmelidir (Consortium, 2012).

İskeletsel yapıların yanı sıra, dental anomalilerin yönetiminde de KIBT, özellikle dens invaginatus ve çoklu morfolojik anomalilerin bulunduğu durumlarda tanısıl avantaj sağlar (Sun et al., 2016). Sendromik olgularda, her iki çenede birden fazla dental anomali görülebileceğinden, gerekli durumlarda daha geniş FOV'lar tercih edilebilir (Oenning et al., 2018).

İnflamatuvar periapikal lezyonlar ve dentigeröz kistler gibi kemik lezyonları ise çoğunlukla klinik muayene ve konvansiyonel radyografilerle yönetilebilir. Ancak lezyonun boyutu, anatomik ilişkileri veya bölgenin karmaşıklığı, üç boyutlu görüntülemeyi gerekli kılabilir (Horner et al., 2020). KIBT, kist ve benign tümörlerde lezyonun lokalizasyonu, kortikal sınırlarla ilişkisini ve komşu anatomik yapılara etkisini değerlendirmede cerrahi planlamaya yardımcı olur (Horner et al., 2020).

Ortodontik tedavi gerektiren olgularda geniş hacimli kraniofasiyal KIBT'nin rutin kullanımı, DIMITRA ve SEDENTEXCT kılavuzlarında uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmez (Consortium, 2012; Oenning et al., 2018). Bununla birlikte, konvansiyonel görüntüleme yöntemlerinin tanısıl açıdan yetersiz kaldığı; iskeletsel maloklüzyonların ayrıntılı analizinin gerektiği, ortognatik cerrahi planlaması yapılan ya da ileri düzey ortodontik değerlendirme gerektiren durumlarda KIBT klinik açıdan anlamlı bir katkı sağlar (Gallichan et al., 2020).

Endodontik uygulamalarda da karmaşık kök anatomisi ve çevre dokuların süperpozisyonu, iki boyutlu görüntülemeyi sınırlayabilir. KIBT, periapikal lezyonların boyut ve lokalizasyonu, kök kanal anatomisi ve rezorpsiyonlarının değerlendirilmesinde kullanılabilir; özellikle rezorpsiyon içeren olgularda tedavi planlamasına katkı sağlar (S Patel, 2009; Shanon Patel et al., 2014). Avrupa Endodonti Derneği (European Society of Endodontology, ESE), seçilmiş olgularda KIBT kullanımını desteklemektedir (Shanon Patel et al., 2014). Bununla birlikte pediatrik çalışmalarda endodontik amaçlı KIBT istemleri nadirdir (J. K. Aps, 2013; Yiğit et al., 2023).

Periodontal durumlar, TME ve hava yolu değerlendirmeleri, KIBT'nin daha az tercih edildiği alanlardır; bu durumlarda üç boyutlu görüntüleme genellikle konvansiyonel yöntemlerle yeterince açıklanamayan karmaşık olgularla sınırlıdır (Kühnisch et al., 2020).

Daimi diş kaybı veya agenezis durumlarında ototransplantasyon, KIBT'nin önemli bir uygulama alanını oluşturur (EzEldeen et al., 2017). KIBT, transplantasyon bölgesinde kemik hacmi, kök gelişimi ve anatomik ilişkileri ayrıntılı şekilde göstererek cerrahi süresini ve invazivliği azaltır, dişin ağız

dışında kaldığı süreyi kısaltır ve başarısızlık oranını düşürür (EzEldeen et al., 2017).

Sonuç olarak; pediatrik ve adolesan olgularda KIBT, karmaşık anatomik ve morfolojik varyasyonların değerlendirilmesine olanak tanıyarak, klinik kararların doğruluğunu ve müdahalelerin etkinliğini artırır. Ortodontik, cerrahi ve multidisipliner yaklaşımlarda sağladığı üç boyutlu perspektif, yalnızca tanıyı desteklemekle kalmaz; aynı zamanda tedavi sürecinde riskleri minimize ederek, hasta özelinde planlamayı optimize eder (J. K. Aps, 2013).

3. Radyasyon Dozu, Güvenlik ve Optimizasyon Yaklaşımları

KIBT kullanımında temel belirleyici unsur, büyüme ve gelişim dönemindeki bireylerin iyonlaştırıcı radyasyona karşı artmış biyolojik duyarlılığıdır. Bu nedenle dikkatli hasta seçimi, çekim gerekçesinin açık biçimde ortaya konulması ve ALADA/ALADAIP ilkesine sıkı bağlılık klinik uygulamaların merkezinde yer almaktadır (Mallya & Lam, 2018). KIBT ile ilişkili radyasyon dozu; cihaz tasarımı, görüntüleme protokolü, FOV boyutu ve ışınlanan bölgedeki duyarlı organların konumu gibi parametrelere bağlı olarak geniş bir aralıkta değişiklik gösterebilmektedir (Ludlow et al., 2015). Bununla birlikte, çocuk ve adolesanlar için endikasyona özgü standardize optimizasyon protokollerinin henüz oluşturulmamış olması, mevcut doz azaltım önerilerinin tutarlılık ve klinik uygulanabilirlik açısından sınırlı kalmasına yol açmaktadır (Hidalgo-Rivas et al., 2014).

DIMITRA tarafından ortaya konan kriterler, görüntüleme sürecinin her aşamasında klinik soruya en doğrudan yanıt verecek en düşük doz protokolünün seçilmesini vurgular. Böylece iki boyutlu görüntüleme ile yanıtlanamayan klinik sorular hedeflenirken gereksiz radyasyon maruziyetinin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır (Oenning et al., 2018).

Uluslararası Radyolojik Koruma Komisyonu (International Commission on Radiological Protection, ICRP) ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (International Atomic Energy Agency, IAEA), pediatrik hastaların iyonlaştırıcı radyasyonun stokastik etkilerine yetişkinlerden 2–10 kat daha duyarlı olduğunu belirtmektedir (2017.; Publ, 2008). Bu artmış duyarlılık, laboratuvar fantom çalışmalarında KIBT'nin yaşam boyu kanser kaynaklı ölüm riskini yaklaşık %0.001–0.002 oranında artırdığını gösterilmesiyle de desteklenmektedir (Theodorakou et al., 2012). Bu veriler doğrultusunda, KIBT çekiminin gerekçelendirilmesi IAEA tarafından etik bir zorunluluk olarak tanımlanmış; Birleşik Krallık'ta yürürlükte olan İyonlaştırıcı Radyasyon (Tıbbi Maruziyet) Yönetmelikleri (Ionising Radiation (Medical Exposure) Regulations, IRMER) 2017 düzenlemeleri kapsamında ise yasal bir sorumluluk hâline getirilmiştir (2017.; Publ, 2008).

Avrupa Pedodonti Akademisi (European Academy of Paediatric Dentistry, EAPD), çocuk ve ergenlerde radyografik incelemelerde ALADAIP prensibinin uygulanmasını önermektedir (Kühnisch et al., 2020). Ayrıca mümkün olan her durumda en küçük FOV, en büyük voxel boyutu, düşük doz ayarları ve tiroid koruyucusunun tercih edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Kühnisch et al., 2020).

Doz optimizasyonuna yönelik bu yaklaşımlar, KIBT'nin pediatrik hastalarda organlara ulaştırdığı radyasyon dağılımına ilişkin bulgular incelendiğinde daha iyi anlaşılmaktadır. Organ doz dağılımına ilişkin çalışmalar, kullanılan protokolden bağımsız olarak en yüksek radyasyon dozunun tükürük bezlerinde toplandığını; bunu tiroid ve kırmızı kemik iliği dozlarının izlediğini göstermektedir (Marcu et al., 2018). Yarık dudak–damak, dentofasiyal anomaliler veya ortognatik cerrahi planlaması gibi geniş görüş alanı gerektiren durumlarda ise beyin dozu belirgin biçimde artmaktadır (Marcu et al., 2018). Ayrıca pediatrik hastalarda baş hacminin küçük olması, yetişkin protokollerinin uygulanması hâlinde ışınlanan doku oranını artırarak etkin dozun orantısız biçimde yükselmesine yol açmaktadır (Rehani et al., 2015).

Son yıllarda pediatrik KIBT'de radyasyon dozunu azaltmaya yönelik teknik yaklaşımlar belirgin ilerleme göstermiştir. Çocuk fantomları ile gerçekleştirilen deneysel çalışmalar, düşük kV ve mA ayarlarının kullanılması, görüş alanının mümkün olan en küçük boyuta indirgenmesi ve 180° rotasyon protokollerinin tercih edilmesi gibi uygulamaların, tanısal doğruluğu korurken radyasyon dozunu anlamlı ölçüde azaltabildiğini ortaya koymaktadır (Ito et al., 2023). Düşük enerjili saçılmış fotonların filtrelenmesine yönelik bakır filtrasyonu, ek olarak %20–40 oranında doz düşüşü sağlayabilmekte; tüp akımı modülasyonu ise anatomik bölgeye göre akım değerlerini optimize ederek toplam dozu yaklaşık %31 oranında azaltmaktadır (Kim, Choi, Jeon, Han, & Lee, 2024). Bu teknik bulgular, pediatrik hastalarda KIBT kullanımında fiziksel ve protokole dayalı optimizasyon stratejilerinin klinik açıdan uygulanabilir ve etkili olduğunu göstermektedir.

Mevcut uluslararası konsensüs ve güncel protokoller, KIBT uygulamalarının yalnızca tanısal kazancın potansiyel riskleri aştığı klinik tablolarda tercih edilmesi gerektiğini temel prensip olarak ortaya koymaktadır (Kühnisch et al., 2020). İyonlaştırıcı radyasyona bağlı risklerin minimizasyonu ve endikasyon dışı istemlerin engellenmesi noktasında, klinisyenlerin konu hakkındaki yetkinliklerinin artırılması belirleyici bir faktördür (Mizban et al., 2019). Çocuk diş hekimleri tarafından yapılan istemlerin %50,9 oranında lokalize alanlarla sınırlandırılmış olması, uzmanlar arasındaki radyasyon güvenliği bilincinin ve koruyucu yaklaşım disiplininin gelişmiş bir düzeyde olduğunu somut verilerle desteklemektedir (Gümrü, Guldali, Tarcin, Idman, & Sertac Peker, 2021).

3.1. FOV Seçimi ve Radyasyon Dozu Üzerindeki Etkileri

KIBT’de FOV, görüntülemenin kapsamını belirleyen temel bir parametredir. Küçük FOV yalnızca tek bir dişi veya sınırlı bir bölgeyi kapsarken, geniş FOV tüm dentomaksillofasiyofasiyal kompleksi veya bazı durumlarda tüm kafatasını içerebilir (Kühnisch et al., 2020). FOV genişledikçe radyasyon dozu önemli ölçüde yükselir; pediatrik fantom çalışmaları büyük FOV kullanımı etkin dozu 350 μSv ’nin üzerine çıkarırken, küçük FOV ile etkin doz 223 μSv ’nin altında kalmaktadır (Marcu et al., 2018). Genişletilmiş FOV yalnızca toplam dozu artırmakla kalmaz, aynı zamanda tiroid ve beyin gibi radyosensitif organların maruziyetini de belirgin biçimde yükseltir (Marcu et al., 2018).

Klinik hedefler ve incelenecek anatomik bölgenin sınırları, FOV seçimindeki temel belirleyicidir. Yüz travmaları, TME patolojileri veya kraniyofasiyal anomaliler gibi geniş yapıların değerlendirilmesinde büyük FOV kullanımı gerekirken; endodontik değerlendirme, gömülü dişlerin lokalizasyonu veya sınırlı kemik patolojilerinin incelenmesinde küçük veya orta boyutlu FOV kullanımı yeterlidir (İsmayilov & Özgür, 2023).

Geniş FOV kullanımı, yalnızca cerrahi planlama gerektiren karmaşık kraniyofasiyal deformiteler gibi istisnai durumlarda ve 16 yaş üzeri bireylerde endikedir (Horner K, 2010). Nitekim pediatrik olgularda genel değerlendirme için 8×8 cm boyutlarındaki alan optimum dengeyi sağlarken; tek diş veya lokal patolojilerin incelenmesinde 5×5 cm gibi daraltılmış alanlar, yüksek doz güvenliği ile birlikte tanısal yeterlilik sunmaktadır (Oenning et al., 2019).

Radyasyon dozu çözünürlükle de doğru orantılıdır; çok düşük çözünürlükler dozu azaltabilse de tanısal doğruluk açısından sınırlamalar yaratabilir. Pediatrik KIBT uygulamalarının büyük çoğunluğu 200 μm çözünürlükte gerçekleştirilmiştir; bu değer, küçük FOV protokollerinin standart ayarı olarak kabul edilmektedir (Qu, Li, Ludlow, Zhang, & Ma, 2010).

Bazı ülkelerde, KIBT çekimlerinden önce Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi uzmanının onayının alınmasının zorunlu kınlanması, gereksiz görüntülemelerin önlenmesine ve uygun FOV seçiminin sağlanmasına katkı sağlamaktadır (Johanson, Hjelm, Lidh, Lindholm, & Winestedt). Bu uygulama, pediatrik hastalarda radyasyon güvenliğinin artırılmasına yönelik etkili bir kontrol mekanizması olarak işlev görmektedir.

4. Radyasyonun Biyolojik Etkileri, Risk Değerlendirmesi ve Korunma İlkeleri

Radyasyonun canlı dokular üzerindeki etkilerinin anlaşılması, pediatrik KIBT uygulamalarında risklerin doğru değerlendirilmesi ve uygun koruma stratejilerinin belirlenmesi açısından temel bir gerekliliktir (Theodorakou et al., 2012). Radyasyonun biyolojik etkileri genel olarak iki grupta ele alınır. Deterministik etkiler, belirli bir eşik dozun üzerindeki maruziyetlerde ortaya

çıkart ve doz arttıkça şiddeti de artar; bu etkiler genellikle yüksek dozlara bağı hücre ölümüyle ilişkilidir ve dental KIBT gibi düşük dozlu diagnostik görüntüleme yöntemlerinde görölmesi beklenmez (De Felice, Di Carlo, Saccucci, Tombolini, & Polimeni, 2019). Stokastik etkiler ise herhangi bir eşik değeri olmaksızın, alınan doz arttıkça görölme olasılığı artan ve özellikle kanser gelişimiyle ilişkili etkilerdir. Bu nedenle düşük dozlu görüntüleme yöntemleri olan KIBT çekimleri dahi teorik olarak stokastik risk taşıır ve bu risk özellikle çocuk hastalarda daha dikkatle değeriendirilmelidir (De Felice et al., 2019).

Radyasyon riskinin değeriendirilmesinde temel ölçüt olan efektif doz (E), farklı görüntüleme tekniklerinin karşılaştırılmasında önemli bir referans noktasıdır. KIBT için efektif dozun yaklaşık 2–10 panoramik film eşdeğeriinde olduğı hesaplanmıştır (Pauwels et al., 2012). Bununla birlikte, düşük doz protokolleri ile değeriçekleştirilen küçük FOV çekimleri, panoramik radyografi ile benzer doz düzeylerine ulaşabilmekte; ancak bu durumda görüntü kalitesinde azalma gözlenebilmektedir (Ludlow et al., 2015).

Özellikle radyasyona duyarlı organların korunması, pediatrik görüntülemede kritik öneme sahiptir. Tiroid bezi, KIBT sırasında en fazla radyasyona maruz kalan organlardan biri olup, maruz kaldığı dozun yaşam boyu mortalite riski ile ilişkili olabileceğı gösterilmiştir. Mandibula bölgesine yönelik çekimlerin sınırlı oranlarda değeriçekştirilmesi ve FOV'un yalnızca endikasyonla ilişkili bölgeyle sınırlandırılması, tiroid ve çevre dokuların maruziyetini azaltarak genel doz güvenliğine önemli katkı sağlamaktadır (Vogiatzi, Menz, Verna, Bornstein, & Dagassan-Berndt, 2022). Geniş FOV kullanımının zorunlu olduğı durumlarda dahi düşük doz protokollerinin tercih edilmesi, etkin dozu belirgin biçimde azaltmakta; yeni nesil KIBT cihazları ve gelişmiş maruziyet protokolleri ise radyasyon güvenliği ile tanısal görüntü kalitesinin korunmasını bir arada sağlamaktadır (Hung et al., 2022).

Radyasyon güvenliğinin sağlanmasında yalnızca teknik önlemler yeterli olmayıp, görüntülemeyi yönlendiren klinisyenin bilgi ve deneyimi de kritik bir rol oynamaktadır. Literatür, klinisyenlerin KIBT konusundaki bilgi düzeyinin hem görüntüleme kalitesini hem de hasta güvenliğini doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır. Uygun eğitim alan klinisyenler KIBT hizmetlerini daha etkin kullanmakta, gereksiz görüntüleme oranlarını azaltmakta ve endikasyonlara bilinçli yaklaşılmasını sağlamaktadır (Mizban et al., 2019). Bu doğrultuda, Avrupa DentoMaxilloFacial Radyoloji Akademisi (European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology, EADMFR) 2014 yılında yayımladığı görüş bildirisinde, KIBT yönlendirmesi yapacak diş hekimlerinin en az Seviye 1 düzeyinde resmi eğitim almasını önermiştir. Bu yaklaşım, aşırı KIBT istemini sınırlamakta ve klinik karar süreçlerinin daha güvenli bir temele oturmasına katkı sağlamaktadır (Brown et al., 2014).

Çocuk diş hekimliğinde gerçekleştirilen çalışmalar, KIBT yönlendirmelerinin sıklığında belirgin bir artış olduğunu göstermektedir; bu eğilim, cihazlara erişimin kolaylaşması, düşük doz protokollerinin yaygınlaşması ve maliyetlerin azalması ile ilişkilendirilmektedir. Bununla birlikte, çocuk diş hekimlerinin önemli bir bölümünün (%36) KIBT hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığı ve söz konusu yöntemi çoğunlukla çene patolojilerinin değerlendirilmesinde kullandığı belirlenmiştir (Giray, Peker, Yalcinkaya, Kargul, & Aps, 2019). Bu bulgular, pediatrik KIBT yönlendirmelerinin etkinliğinin artırılması ve hasta güvenliğinin sağlanması amacıyla kapsamlı ve düzenli klinik eğitim programlarının önemini vurgulamaktadır.

5. Maliyet-Etkinlik ve Tekrarlayan Çekimlerin Yönetimi

KIBT'nin maliyet-etkinlik boyutu, sağlık sistemlerinin yapısına ve finansman modellerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Panoramik radyografiye kıyasla KIBT'nin maliyetinin yaklaşık dört kat yüksek olduğu belirlenmiş olsa da ülkeler arasında geri ödeme sistemlerindeki farklılıklar nedeniyle bu maliyet farkının evrensel olarak uygulanamayacağı açıktır (Christell et al., 2012). Bazı analizlerde, elde edilen KIBT görüntülerinin yaklaşık %20'sinde patolojik bulguya rastlanmadığı gözlemlenmiştir. Bu durum, endikasyonların net biçimde belirlenmediğini ve gereksiz yönlendirmelerin olabileceğini göstermektedir (Quaresma Rêgo, Oenning, Nascimento, Junqueira, & Oliveira, 2023).

Doz artışına ve maliyetin yükselmesine katkıda bulunan bir diğer önemli unsur, tekrarlanan KIBT çekimleridir. Pediatrik hastalarda hareket artefaktları, anksiyete, kooperasyon eksikliği ve istemsiz yutkunma gibi etkenler nedeniyle görüntü kalitesini olumsuz etkileyerek yeniden çekim gereksinimine yol açmaktadır (İsmayilov & Özgür, 2023). Ayrıca yaştan küçülmesiyle hareket artefaktlarının sıklığının arttığı ve küçük yaş grubunda daha belirgin olduğu gözlenmektedir (İşman, Yılmaz, Aktan, & Yılmaz, 2017). Bu nedenle çekim sırasında hasta stabilizasyonunun sağlanması, tarama süresinin kısaltılması ve uygun iletişim tekniklerinin kullanılması gereklidir.

Tekrarlayan KIBT çekimlerinin bir diğer kaynağı, yetersiz veya yanlış FOV seçimi olarak öne çıkmaktadır (Hidalgo-Rivas et al., 2014). Görüntüleme alanının hedef bölgeyi tam olarak kapsamaması, çekimin tekrar edilmesini ve buna bağlı olarak hem radyasyon dozunun hem de maliyetin gereksiz şekilde artmasını beraberinde getirmektedir (Hidalgo Rivas, Horner, Thiruvengkatachari, Davies, & Theodorakou, 2015). Pediatrik hastalarda bu tür uygulama hataları, ALADAIP prensipleriyle uyumsuzluk oluşturmakta; bu nedenle her çekim için endikasyonların titizlikle gerekçelendirilmesi ve uygun FOV'un seçilmesi kritik bir önlem olarak değerlendirilmektedir (Hidalgo-Rivas et al., 2014).

6. Sonuç

Çocuk diş hekimliğinde KIBT, tanısal süreçlere sunduğu değerli katkılarının yanı sıra, içerdiği iyonizan radyasyon riski nedeniyle hassasiyetle yönetilmesi gereken bir görüntüleme modalitesidir. Pediatrik hastaların yüksek biyolojik duyarlılığı, her olgunun ALADAIP prensibi çerçevesinde ve hastaya özgü dinamiklerle ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda klinisyenin sorumluluğu teknik uygulamanın ötesine geçerek; endikasyonun gerekçelendirilmesi, FOV'un optimize edilmesi ve tekrarların önlenmesi süreçlerini de kapsamaktadır. Gelecekte yapay zeka ve gelişmiş dedektör teknolojilerinin doz yükünü azaltması beklense de radyasyon güvenliğinin asıl teminatı, hekimin güncel bilgi birikimi ve etik duyarlılığı olmaya devam edecektir.

KAYNAKLAR

- 2017., L. D. o. H. The Ionising Radiation (Medical Exposure) Regulations (IRMER) No 1322.
- Acikgoz, A., Acikgoz, G., Tunga, U., & Otan, F. (2006). Characteristics and prevalence of non-syndrome multiple supernumerary teeth: a retrospective study. *Dentomaxillofacial Radiology*, 35(3), 185-190.
- Alamri, H. M., Sadrameli, M., Alshalhoob, M. A., & Alshehri, M. A. (2012). Applications of CBCT in dental practice: a review of the literature. *General dentistry*, 60(5), 390-400; quiz 401.
- Alqerban, A., Willems, G., Bernaerts, C., Vangastel, J., Politis, C., & Jacobs, R. (2014). Orthodontic treatment planning for impacted maxillary canines using conventional records versus 3D CBCT. *European journal of orthodontics*, 36(6), 698-707.
- Aps, J. K. (2013). Cone beam computed tomography in paediatric dentistry: overview of recent literature. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 14(3), 131-140.
- Aps, J. K. M. (2013). Cone beam computed tomography in paediatric dentistry: overview of recent literature. *European archives of paediatric dentistry : official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 14(3), 131-140. doi:10.1007/s40368-013-0029-4
- Bornstein, M. M., Wölner-Hanssen, A. B., Sendi, P., & Von Arx, T. (2009). Comparison of intraoral radiography and limited cone beam computed tomography for the assessment of root-fractured permanent teeth. *Dental traumatology*, 25(6), 571-577.
- Brown, J., Jacobs, R., Levring Jäghagen, E., Lindh, C., Baksi, G., Schulze, D., & Schulze, R. (2014). Basic training requirements for the use of dental CBCT by dentists: a position paper prepared by the European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology. *Dentomaxillofacial Radiology*, 43(1), 20130291.
- Carter, J. B., Stone, J. D., Clark, R. S., & Mercer, J. E. (2016). Applications of cone-beam computed tomography in oral and maxillofacial surgery: an overview of published indications and clinical usage in United States academic centers and oral and maxillofacial surgery practices. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 74(4), 668-679.
- Christell, H., Birch, S., Hedesiu, M., Horner, K., Ivanauskaitė, D., Nackaerts, O., . . . consortium, S. (2012). Variation in costs of cone beam CT examinations among healthcare systems. *Dentomaxillofacial Radiology*, 41(7), 571-577.
- Consortium, S. P. (2012). *Cone Beam CT for Dental and Maxillofacial Radiology: Evidence-Based Guidelines*. Retrieved from Luxembourg: <https://www.cbct->

- De Felice, F., Di Carlo, G., Saccucci, M., Tombolini, V., & Polimeni, A. (2019). Dental cone beam computed tomography in children: clinical effectiveness and cancer risk due to radiation exposure. *Oncology*, 96(4), 173-178.
- De Moura, P. M., Hallac, R. R., Seaward, J. R., Kane, A. A., Aguiar, M., Raggio, R., & Gutfilen, B. (2016). Objective and subjective image evaluation of maxillary alveolar bone based on cone beam computed tomography exposure parameters. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 121(5), 557-565.
- Dentistry, A. A. o. P. (2018). Prescribing dental radiographs for infants, children, adolescents, and individuals with special health care needs. *Pediatr Dent*, 40, 213.
- Dula, K., Bornstein, M. M., Buser, D., Dagassan-Berndt, D., Ettlin, D. A., Filippi, A., . . . Lambrecht, J. T. (2014). SADMFR guidelines for the use of cone-beam computed tomography/digital volume tomography. *Swiss dental journal*, 124(11), 1169-1183.
- Ertas, E. T., & Kalabalık, F. (2015). The indications for dental volumetric tomography in a turkish population sample. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(2).
- EzEldeen, M., Stratis, A., Coucke, W., Codari, M., Politis, C., & Jacobs, R. (2017). As low dose as sufficient quality: optimization of cone-beam computed tomographic scanning protocol for tooth autotransplantation planning and follow-up in children. *Journal of Endodontics*, 43(2), 210-217.
- Flores, M. T., Andersson, L., Andreasen, J. O., Bakland, L. K., Malmgren, B., Barnett, F., . . . Sigurdsson, A. (2006). Guidelines for the management of traumatic dental injuries. I. Fractures and luxations of permanent teeth. *Endodontic Topics*, 14(1), 102-110.
- Gallichan, N., Albadri, S., Dixon, C., & Jorgenson, K. (2020). Trends in CBCT current practice within three UK paediatric dental departments. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 21(4), 537-542.
- Giray, F. E., Peker, S., Yalcinkaya, S. E., Kargul, B., & Aps, J. (2019). Attitudes and knowledge of paediatric dentists' on digital radiography and cone beam computed tomography. *J Pak Med Assoc*, 69(2), 205-210.
- Gümrü, B., Guldali, M., Tarcin, B., Idman, E., & Sertac Peker, M. (2021). Evaluation of cone beam computed tomography referral profile: Retrospective study in a Turkish paediatric subpopulation. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 22(1), 66-70.

- Hajem, S., Brogårdh-Roth, S., Nilsson, M., & Hellén-Halme, K. (2020). CBCT of Swedish children and adolescents at an oral and maxillofacial radiology department. A survey of requests and indications. *Acta Odontologica Scandinavica*, 78(1), 38-44.
- Hedesi, M., Marcu, M., Salmon, B., Pauwels, R., Oenning, A. C., Almasan, O., . . . Group, D. R. (2018). Irradiation provided by dental radiological procedures in a pediatric population. *European journal of radiology*, 103, 112-117.
- Henein, C., Bhatia, S. K., & Drage, N. (2021). The use of cone beam computed tomographic imaging in a paediatric dentistry department. *Oral*, 1(2), 45-55.
- Hidalgo Rivas, J. A., Horner, K., Thiruvengkatachari, B., Davies, J., & Theodorakou, C. (2015). Development of a low-dose protocol for cone beam CT examinations of the anterior maxilla in children. *The British journal of radiology*, 88(1054), 20150559.
- Hidalgo-Rivas, J. A., Theodorakou, C., Carmichael, F., Murray, B., Payne, M., & Horner, K. (2014). Use of cone beam CT in children and young people in three United Kingdom dental hospitals. *Int J Paediatr Dent*, 24(5), 336-348. doi:10.1111/ipd.12076
- Horner, K., Barry, S., Dave, M., Dixon, C., Littlewood, A., Pang, C. L., . . . Srinivasan, V. (2020). Diagnostic efficacy of cone beam computed tomography in paediatric dentistry: a systematic review. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 21(4), 407-426.
- Horner K, E. (2010). *Guidance on the Safe Use of Dental Cone Beam CT (Computed Tomography) Equipment*.
- Hung, K. F., Hui, L., Yeung, A. W. K., Jacobs, R., Leung, Y. Y., & Bornstein, M. M. (2022). An analysis of patient dose received during cone-beam computed tomography in relation to scan settings and imaging indications as seen in a dental institution in order to establish institutional diagnostic reference levels. *Dentomaxillofacial Radiology*, 51(5), 20200529.
- Ismayilov, R., & Özgür, B. (2023). Indications and use of cone beam computed tomography in children and young individuals in a university-based dental hospital. *BMC oral health*, 23(1), 1033.
- Ito, M., Chida, K., Onodera, S., Kojima, I., Iikubo, M., Kato, T., . . . Zuguchi, M. (2023). Evaluation of radiation dose and image quality for dental cone-beam computed tomography in pediatric patients. *Journal of Radiological Protection*, 43(3), 031518.
- İşman, Ö., Yılmaz, H. H., Aktan, A. M., & Yılmaz, B. (2017). Indications for cone beam computed tomography in children and young patients in a Turkish subpopulation. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 27(3), 183-190.

- Jaju, P. P., & Jaju, S. P. (2015). Cone-beam computed tomography: Time to move from ALARA to ALADA. *Imaging Sci Dent*, 45(4), 263-265. doi:10.5624/isd.2015.45.4.263
- Johanson, G., Hjelm, S., Lidh, B., Lindholm, T., & Winestedt, O. Safety Concept Evaluation with Failure Tolerance Analysis.
- Kim, H.-S., Choi, Y. J., Jeon, K. J., Han, S.-S., & Lee, C. (2024). Image quality-based dose optimization in pediatric cone-beam computed tomography: A pilot methodological study. *Imaging science in dentistry*, 54(3), 264.
- Kullman, L., & Al Sane, M. (2012). Guidelines for dental radiography immediately after a dento-alveolar trauma, a systematic literature review. *Dental traumatology*, 28(3), 193-199.
- Kühnisch, J., Anttonen, V., Duggal, M., Spyridonos, M. L., Rajasekharan, S., Sobczak, M., . . . Horner, K. (2020). Best clinical practice guidance for prescribing dental radiographs in children and adolescents: an EAPD policy document. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 21(4), 375-386.
- Law, C. S., Douglass, J. M., Farman, A. G., White, S. C., Zeller, G. G., Lurie, A. G., & Goske, M. J. (2014). The image gently in dentistry campaign: partnering with parents to promote the responsible use of x-rays in pediatric dentistry. *Pediatric Dentistry*, 36(7), 458-459.
- Ludlow, J., Timothy, R., Walker, C., Hunter, R., Benavides, E., Samuelson, D., & Scheske, M. (2015). Effective dose of dental CBCT—a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140197.
- Mallya, S., & Lam, E. (2018). *White and Pharoah's oral radiology: principles and interpretation*: Elsevier Health Sciences.
- Marcu, M., Hedesiu, M., Salmon, B., Pauwels, R., Stratis, A., Oenning, A. C. C., . . . Roman, R. (2018). Estimation of the radiation dose for pediatric CBCT indications: a prospective study on ProMax3D. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 28(3), 300-309.
- May, J. J., Cohenca, N., & Peters, O. A. (2013). Contemporary management of horizontal root fractures to the permanent dentition: diagnosis—radiologic assessment to include cone-beam computed tomography. *Pediatric Dentistry*, 35(2), 120-124.
- Mizban, L., El-Belihiy, M., Vaidyanathan, M., & Brown, J. (2019). An audit and service evaluation of the use of cone beam computed tomography (CBCT) in a paediatric dentistry department. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48(5), 20180393.

- Nahir, C. B., Çitir, M., Çolak, S., & Keldal, G. (2024). Assessment of cone beam computed tomography use in pediatric and adolescent patients: a cross-sectional study. *BMC oral health*, 24(1), 1068.
- Oenning, A. C., Jacobs, R., Pauwels, R., Stratis, A., Hedesiu, M., Salmon, B., & DIMITRA Research Group, h. w. d. b. (2018). Cone-beam CT in paediatric dentistry: DIMITRA project position statement. *Pediatric radiology*, 48(3), 308-316.
- Oenning, A. C., Jacobs, R., & Salmon, B. (2021). ALADAIP, beyond ALARA and towards personalized optimization for paediatric cone-beam CT. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 31(5), 676-678.
- Oenning, A. C., Pauwels, R., Stratis, A., De Faria Vasconcelos, K., Tijsskens, E., De Grauwe, A., . . . Salmon, B. (2019). Halve the dose while maintaining image quality in paediatric cone beam CT. *Scientific reports*, 9(1), 5521.
- Patel, S. (2009). New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *International endodontic journal*, 42(6), 463-475.
- Patel, S., Durack, C., Abella, F., Roig, M., Shemesh, H., Lambrechts, P., & Lemberg, K. (2014). European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics. *International endodontic journal*, 47(6), 502-504.
- Pauwels, R. (2015). Cone beam CT for dental and maxillofacial imaging: dose matters. *Radiation protection dosimetry*, 165(1-4), 156-161.
- Pauwels, R., Beinsberger, J., Collaert, B., Theodorakou, C., Rogers, J., Walker, A., . . . Bogaerts, R. (2012). Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *European journal of radiology*, 81(2), 267-271.
- Publ, I. (2008). 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann. Icrp*, 37, 2-4.
- Qu, X.-m., Li, G., Ludlow, J. B., Zhang, Z.-y., & Ma, X.-c. (2010). Effective radiation dose of ProMax 3D cone-beam computerized tomography scanner with different dental protocols. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 110(6), 770-776.
- Quaresma Rêgo, I., Oenning, A., Nascimento, M., Junqueira, J., & Oliveira, L. (2023). Cone beam computed tomography (CBCT) referrals in paediatric patients: A 24-month retrospective study in two radiological centers in Campinas, Brazil. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 24(3), 369-378.
- Rehani, M., Gupta, R., Bartling, S., Sharp, G., Pauwels, R., Berris, T., & Boone, J. (2015). ICRP publication 129: radiological protection in cone beam computed tomography (CBCT). In (Vol. 44, pp. 7-127): SAGE Publications Sage UK: London, England.

- Seehra, J., Yaqoob, O., Patel, S., O'Neill, J., Bryant, C., Noar, J., . . . Cobourne, M. (2018). National clinical guidelines for the management of unerupted maxillary incisors in children. *British dental journal*, 224(10), 779-785.
- Sun, H., Hu, R., Ren, M., Lin, Y., Wang, X., Sun, C., & Wang, Y. (2016). The treatment timing of labial inversely impacted maxillary central incisors: a prospective study. *The Angle Orthodontist*, 86(5), 768-774.
- Theodorakou, C., Walker, A., Horner, K., Pauwels, R., Bogaerts, R., Jacobs Dds, R., & Consortium, S. P. (2012). Estimation of paediatric organ and effective doses from dental cone beam CT using anthropomorphic phantoms. *The British journal of radiology*, 85(1010), 153-160.
- Van Acker, J. W., Martens, L. C., & Aps, J. K. (2016). Cone-beam computed tomography in pediatric dentistry, a retrospective observational study. *Clinical oral investigations*, 20(5), 1003-1010.
- Vogiatzi, T., Menz, R., Verna, C., Bornstein, M. M., & Dagassan-Berndt, D. (2022). Effect of field of view (FOV) positioning and shielding on radiation dose in paediatric CBCT. *Dentomaxillofacial Radiology*, 51(6), 20210316.
- White, S. C., & Pharoah, M. J. (2008). The evolution and application of dental maxillofacial imaging modalities. *Dental Clinics of North America*, 52(4), 689-705.
- Yiğit, T., Yüksel, H. T., Evirgen, Ş., Kaçmaz, I., & Türkmenoğlu, A. (2023). Evaluation of use of cone beam computed tomography in paediatric patients: A cross-sectional study. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 33(5), 468-476.

BÖLÜM 4

Gümüş Diamin Florür: Güncel Yaklaşımlar ve Klinik Uygulamalar

İsmail Haktan Çelik¹

¹ Dr. Öğrt. Üyesi, Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Diş Hekimliği, Fakültesi
Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0003-1662-3790

1.GİRİŞ

Diş çürüğü, gelişmiş ülkelerde prevalansında azalma bildirilmekle birlikte, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ve sosyoekonomik düzeyi düşük toplumlarda hâlâ önemli bir halk sağlığı sorunu olmaya devam etmektedir. Geleneksel diş hekimliğinde çürük yönetimi, sağlıklı olmayan dokunun mekanik olarak uzaklaştırılması ve oluşan kavitenin restoratif materyallerle doldurulması prensibine dayanmaktaydı (Contractor et al., 2021). Ancak günümüzde bu yaklaşım önemli ölçüde değişmiştir. Çağdaş diş hekimliğinde temel amaç, mümkün olduğunca sağlam dokuyu koruyan ve altta yatan biyolojik süreçleri destekleyen minimal invaziv diş hekimliği felsefesini benimsemektir (Srilakshmi et al., 2023).

Özellikle çocuk hastalarda geleneksel restoratif tedaviler; teknik hassasiyet gerektirmeleri, görece yüksek maliyetleri ve hastadan üst düzey kooperasyon beklenmesi nedeniyle her zaman uygulanabilir olmamaktadır (Carli & Seymen, 2023; Sahin, 2024). Uyum sorunu yaşayan çocuk hastalarda sedasyon veya genel anestezi altında uygulanan tedavi seçenekleri, hem maliyetin artmasına hem de ek tıbbi risklerin gündeme gelmesine yol açmaktadır (Acharya et al., 2020). Bu durum, çürük lezyonlarını invaziv girişimlere başvurmadan durdurabilen ve özellikle kooperasyonun kısıtlı olduğu olgularda kullanılabilecek alternatif tedavi yaklaşımlarına olan ilgiyi artırmıştır.

Bu bağlamda Gümüş Diamin Florür (GDF), diş çürüklerinin durdurulması ve önlenmesi ile dentin hassasiyetinin giderilmesi amacıyla kullanılan, uygulaması kolay ve klinik olarak pratik bir ajan olarak öne çıkmaktadır (Sahin, 2024). GDF, gümüşün güçlü antimikrobiyal özellikleri ile florürün remineralizasyon kapasitesini tek bir formülasyonda birleştiren, renksiz ve alkali özellikte bir solüsyondur (Greenwall-Cohen, Greenwall, & Barry, 2020; Jamal et al., 2025). Diğer topikal florür ajanlarından farklı olarak GDF, yalnızca demineralizasyonu yavaşlatmakla kalmayıp çürük sürecini aktif olarak durdurma potansiyeline sahiptir (Carli & Seymen, 2023). Literatürde, yüksek etkinliği nedeniyle GDF için “silver-fluoride bullet” benzetmesinin yapıldığı ve özellikle aerosol oluşturulmasının istenmediği pandemi dönemlerinde güvenli bir tedavi alternatifi olarak önerildiği bildirilmektedir (Carli & Seymen, 2023; Srilakshmi et al., 2023).

2. TARİHSEL GELİŞİM VE KİMYASAL YAPI

2.1. Tarihsel gelişim

Gümüşün antiseptik ve antimikrobiyal amaçlarla kullanımı, M.Ö. 1000'li yıllara kadar uzanan köklü bir geçmişe sahiptir (Acharya et al., 2020). Diş hekimliğinde ise gümüş nitrat bileşiği 1840'lı yıllardan itibaren çürük durdurucu

ve hassasiyet giderici olarak kullanılmıştır (Sahin, 2024). 1917 yılında Amerikalı diş hekimi Percy Howe tarafından geliştirilen "Howe solüsyonu" (amonyaklı gümüş nitrat) ile gümüş bileşiklerinin klinik uygulaması yaygınlaşmıştır (Greenwall-Cohen et al., 2020). Ancak GDF'nin modern formu, gümüşün kariostatik etkisini florürün remineralizasyon kapasitesiyle birleştirme amacıyla, 1960'lı yıllarda Japonya'da Dr. Nishino ve Dr. Yamaga'nın öncülüğünde geliştirilmiştir (Contractor et al., 2021). Bu çalışmaların ürünü olan "Saforide", 1970 yılında Japonya'da ticari olarak piyasaya sürülen ilk GDF ürünüdür (Srilakshmi et al., 2023). Yıllarca başta Japonya, Brezilya ve Avustralya olmak üzere birçok ülkede kullanılan GDF, Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından ilk olarak 2014 yılında dentin hassasiyetinin tedavisi için onay almıştır (Carli & Seymen, 2023). FDA onayı sonrası, çürük durdurucu özelliği nedeniyle "endikasyon dışı" kullanımı hızla artmış ve 2017 yılında Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi (AAPD), GDF'nin çocuk hastalarda kullanımına yönelik resmi klinik kılavuzları yayınlamıştır (Contractor et al., 2021).

2.2. Kimyasal Yapı ve Bileşim

GDF, gümüş ve florür iyonlarını kompleks yapıda tutan amonyak içeren bir solüsyondur (Jamal et al., 2025). GDF, renksiz, kokusuz ve doğası gereği alkali (pH 8-10) bir yapıya sahiptir (Greenwall-Cohen et al., 2020). Solüsyondaki amonyak, gümüş iyonlarını stabilize ederek raf ömrünü uzatır ve gümüşün oksidasyonunu yavaşlatır (Srilakshmi et al., 2023).

Klinik etkinlik açısından en çok araştırılan ve en üstün sonuçları veren ticari konsantrasyon %38'lik GDF solüsyonudur (Sahin, 2024). Bu konsantrasyondaki bir mililitre GDF solüsyonu, yaklaşık olarak 253.870 ppm gümüş ve 44.800 ppm florür iyonu içerir (Carli & Seymen, 2023). %38'lik GDF'nin içerdiği bu florür miktarı, yaygın kullanılan %5'lik Sodyum Florür (NaF) verniğin içerdiği florür miktarının (yaklaşık 22.600 ppm) iki katından fazladır (Greenwall-Cohen et al., 2020). Piyasada daha düşük konsantrasyonlar (%10, %12, %30) bulunsa da, çürük durdurma başarısında %38'lik konsantrasyonun diğerlerine göre üstünlüğü literatürde kabul görmektedir (Jamal et al., 2025).

3. ETKİ MEKANİZMASI

GDF diş çürüğü üzerindeki yüksek etkinliği, bileşimindeki gümüş ve florür iyonlarının antimikrobiyal, remineralizasyon ve matriks metalloproteinaz (MMP) inhibisyonu gibi üç temel mekanizmanın sinerjik etkisiyle sağlanır (Zhao et al., 2018). GDF'nin çürük durdurucu etkisi, geleneksel topikal florür ajanlarından bu üçlü etki sayesinde ayrılır.

3.1. Antimikrobiyal Etki: Gümüş İyonlarının Rolü

GDF solüsyonunun içerdiği gümüş iyonları, çürük sürecine neden olan ve bu süreci ilerleten bakterilere karşı güçlü ve geniş spektrumlu bir antimikrobiyal etki gösterir (Mei et al., 2013). Gümüş iyonlarının bakteriyel ölüm üzerindeki temel mekanizmaları şunlardır:

Hücre Duvarı ve Membran Hasarı: Gümüş iyonları, bakteriyel hücre duvarına ve membranına nüfuz ederek geçirgenliği bozar; böylece hücre fonksiyonlarını engeller ve hücre ölümüne yol açar (Acharya et al., 2020). Gümüş, özellikle *Streptococcus mutans* ve *Lactobacillus* türleri gibi bakteriler üzerinde güçlü inhibitör etki gösterir (Knight et al., 2009).

DNA ve Protein İnaktivasyonu: Gümüş iyonları, bakteriyel DNA ile doğrudan etkileşime girerek DNA replikasyonunu ve işlevini bozabilir (Zhao et al., 2018). Ayrıca bakteriyel proteinlerdeki sülfhidril gruplarına bağlanarak enzimatik aktiviteleri ve metabolizmayı engeller (Mei et al., 2013).

Zombi Etkisi: Bu etki, gümüş iyonlarının bakterileri öldürdükten sonra çürük lezyonu yüzeyinde bir rezervuar oluşturması ve ölen bakterilerin bu gümüşü bünyesinde tutmasıyla gerçekleşir (Mei et al., 2013). Bu gümüş yüklü inaktif bakteriler, canlı bakteriler tarafından fagosite edildiğinde, gümüş iyonları yeni hücrelere geçerek onların da ölümüne yol açar (Zhao et al., 2018).

3.2. Remineralizasyon ve Kimyasal Etki: Florür İyonlarının Rolü

GDF'nin içerdiği yüksek florür konsantrasyonu, çürük lezyonlarının remineralizasyonunda kritik bir rol oynar (Carli & Seymen, 2023). Florür iyonlarının temel etkileri şunlardır:

Florohidroksiapatit Oluşumu: Çürük yüzeye uygulanan GDF, kalsiyum ve fosfat iyonlarıyla reaksiyona girerek çözünürlüğü hidroksiapatitten daha düşük olan kalsiyum florür ve florohidroksiapatit oluşumunu tetikler (Greenwall-Cohen, Greenwall, & Barry, 2020). Bu bileşikler, dentin tübüllerini tıkayarak hassasiyeti azaltır ve asit saldırılarına karşı diş dokusunun direncini artırır (Acharya et al., 2020).

Gümüş Fosfat ve Florür Bileşikleri: GDF'nin dişle teması sonrasında gümüş iyonları, dentin dokusundaki fosfat ve florür iyonlarıyla reaksiyona girerek gümüş fosfat ve gümüş florür gibi bileşikler oluşturur. Bu bileşikler, çürük lezyonunun yüzeyinde fiziksel ve kimyasal bir bariyer oluşturarak çürüğün ilerlemesini durdurur (Burgess & Vaghela, 2018).

3.3. Dentin Kollajeninin Korunması: Matriks metalloproteinaz İnhibisyonu

Çürüğün ilerlemesi, yalnızca mine ve dentin minerallerinin kaybı ile değil, aynı zamanda kollajen matrisinin yıkımı ile de ilişkilidir. Matriks metalloproteinazlar (MMP) ve katepsinler, çürük lezyonunda aktif hale gelerek dentindeki organik kollajen yapısını parçalayan endojen enzimlerdir (Mei et al., 2013). GDF'nin antimikrobiyal ve remineralizasyon etkilerine ek olarak en önemli mekanizmalarından biri, kollajen matrisini korumasıdır. Gümüş iyonları, bu kollajen yıkıcı enzimleri (MMP-2, MMP-9 ve Katepsinler) inhibe ederek inaktif hale getirir (Mei et al., 2013). Bu inhibisyon sayesinde, çürük lezyonunun kollajen yapısı korunur ve demineralize olmuş dentin matrisi daha stabil hale gelir (Zhao et al., 2018). Bu durum, lezyonun sertleşmesi ve koyu bir renk almasıyla klinik olarak gözlenen, çürüğün durduğunu gösteren belirtilerin ortaya çıkmasına neden olur.

4. KLİNİK KULLANIM ALANLARI VE ENDİKASYONLAR

GDF minimal invaziv tedavi protokollerinin merkezinde yer alarak, geniş bir klinik yelpazede endike bir materyal haline gelmiştir. GDF'nin kullanım alanları yalnızca çürük önleme ile sınırlı olmayıp, mevcut lezyonların durdurulması ve semptomların yönetimi gibi çeşitli tedavileri kapsamaktadır.

4.1. Süt ve Daimi Dişlerde Çürük Durdurma

GDF'nin birincil klinik endikasyonu, aktif ve kaviteli çürük lezyonlarının ilerlemesini durdurmaktır (Horst et al., 2016). Yapılan çalışmalar, %38'lik GDF'nin yıllık uygulamalarla süt dişlerindeki çürük lezyonlarını durdurmada yaklaşık %80'in üzerinde yüksek bir başarı oranı gösterdiğini ortaya koymuştur (Fung et al., 2018; Yee et al., 2009). GDF, özellikle erken çocukluk çağı çürüklerinde (EÇÇ) çok yüzeysel lezyonlarda, tek seanslı ve hızlı bir uygulama avantajı sağlamaktadır (Kamalaksharappa & Dasgupta, 2018).

Daimi dişlerdeki lezyonların durdurulmasına yönelik kanıtlar ise daha sınırlıdır; mevcut literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğu süt dişleri üzerine yoğunlaşmıştır. GDF, hem mine hem de dentin çürükleri üzerinde etkili olsa da, genellikle geleneksel restoratif tedavinin sağlanamadığı veya geciktirilmesi gereken durumlarda bir ara çözüm olarak tercih edilmektedir (Seifo et al., 2019).

4.2. Dentin Hassasiyetinin Giderilmesi

GDF, klinik kullanımı en yaygın olan ikinci endikasyon olarak dentin hassasiyetinin giderilmesinde kullanılmaktadır. İçerdiği gümüş ve florür iyonları sayesinde açık dentin tübülleri üzerinde kalsiyum florür ve gümüş bileşikleri içeren bir tabaka oluşturur. Bu bileşikler, tübülleri fiziksel olarak tıkayarak ve

geçirgenliği azaltarak sinir uçlarının uyarılmasını engeller; böylece dentin hassasiyetini hem kısa hem de uzun süreli olarak ortadan kaldırır (Chan et al., 2024).

4.3. Kök Çürüklerinin Yönetimi

GDF, özellikle yaşlı bireylerde ve diş eti çekilmesi nedeniyle kök yüzeyleri açığa çıkmış hastalarda yaygın görülen kök çürüklerinin tedavisinde oldukça etkilidir. Kök çürükleri, düşük mineral içeriği ve yüksek organik matrisi nedeniyle kök dentinin mineye kıyasla daha hızlı demineralize olmasına ve çürüğün hızla ilerlemesine yatkınlık gösterir. GDF'nin hem antimikrobiyal hem de kollajen koruyucu özellikleri, kök dentinindeki çürük ilerlemesini durdurmak ve yeni lezyonların gelişimini önlemek açısından benzersiz bir yetenek sunar. Yapılan randomize klinik çalışmalar, GDF'nin yaşlı bireylerde kök çürüklerini durdurmadaki etkinliğini doğrulamıştır (Li et al., 2016).

4.4. Özel Gereksinimli Bireyler ve Kooperasyon Güçlüğü Çeken Hastalar

GDF'nin en büyük avantajlarından biri, uygulamasının hızlı ve minimal invaziv olmasıdır. Sond ve ayna dışında özel bir ekipman gerektirmemesi ve anestezi ihtiyacını ortadan kaldırması nedeniyle aşağıdaki hasta gruplarında özellikle yararlıdır:

Kooperasyon Güçlüğü Çeken Küçük Çocuklarda: Geleneksel restoratif işlemlere izin vermeyen, ancak acil tedavi gerektiren hastalarda ilk basamak tedavi olarak (Horst et al., 2016).

Özel Gereksinimli Bireylerde: Fiziksel veya zihinsel engelleri nedeniyle sandalyede uzun süre kalamayan hastalarda GDF, kısa randevu süresi ve non-invaziv uygulama imkânı sayesinde tedaviye uyumu artıran bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

Sistemik Hastalığı Olan Yaşlı Bireylerde: Genel sağlık durumu kötü olan, çoklu sistemik hastalıkları bulunan ve genel anestezi veya sedasyon riskinin yüksek olduğu hastalarda GDF, çürük kontrolünde non-invaziv ve iyi tolere edilen bir seçenek sunar; özellikle tedavi süresinin kısa tutulması gereken hastalarda tercih edilebilir (Horst et al., 2016; Srilakshmi et al., 2023).

4.5. Kontrendikasyonlar

GDF'nin klinik kullanımı kolay olsa da, bazı mutlak veya göreceli kontrendikasyonları bulunmaktadır:

Pulpal Tutulum: GDF, sadece pulpayı içermeyen, irreversible pulpitis bulgusu olmayan ve radyografide periapikal patoloji göstermeyen lezyonlarda endikedir. Pulpa ekspozu, spontan ağrı, perküsyon hassasiyeti veya fistül varlığı

gibi klinik bulgular, pulpal veya periapikal enfeksiyonun göstergesi olup bu durumlarda GDF uygulaması uygun değildir; bu vakalarda geleneksel kanal tedavisi veya diş çekimi gibi tedaviler gereklidir (Gotjamanos, 1996).

Gümüş Alerjisi: Hastada bilinen veya şüphelenilen gümüş alerjisi bulunması mutlak bir kontrendikasyondur (Horst et al., 2016).

Hamilelik ve Emzirme: Her ne kadar güvenliğine dair yeterli kanıt olmasa da, ihtiyatlı bir yaklaşım olarak hamile ve emziren hastalarda kullanımı genellikle ertelenir (Horst et al., 2016).

Estetik Bölge: Ön bölge dişlerindeki lezyonlarda estetik nedenlerle (siyah renklenme) genellikle kontrendike kabul edilir (Horst et al., 2016).

5. KLİNİK UYGULAMA PROTOKOLÜ

GDF yüksek etkinliği, büyük ölçüde uygulama kolaylığından kaynaklanmaktadır. Ancak materyalin kimyasal yapısından kaynaklanan yumuşak doku lekelenmeleri ve irritasyonlarını önlemek için standardize bir klinik protokolün izlenmesi kritiktir (Horst et al., 2016).

5.1. Hazırlık ve İzolasyon

Uygulama, klinisyenin ve hastanın korunmasını amaçlayan önlemlerle başlar:

Kişisel Koruma: GDF, kumaşlarda ve yüzeylerde kalıcı lekelenmeye neden olabileceği için önlük, eldiven ve güvenlik gözlükleri kullanılmalıdır.

Yumuşak Doku Koruması: GDF'nin diş etleri, yanaklar ve mukozayla temasını engellemek amacıyla dudaklara ve komşu dokulara vazelin gibi bir koruyucu bariyer sürülmelidir.

İzolasyon ve kontaminasyonun önlenmesi: Lezyon yüzeyinin tükürük ve neme maruz kalmasını engellemek için pamuk rulolar veya gazlı bez gibi bariyerlerle izolasyon sağlanmalıdır. Tükürük kontaminasyonu, GDF'nin kimyasal reaksiyonunu ve etkinliğini olumsuz etkileyebilir.

Yüzey Temizliği: Lezyon yüzeyindeki yüzeysel plak ve gıda artıkları, bir diş fırçası, pamuk peletler ya da nazik bir su spreyi kullanılarak temizlenmelidir. Bu işlem, solüsyonun çürük yüzeyine penetrasyonunu optimize eder (Horst et al., 2016).

Ekskavasyon Gereksinimi: GDF'nin çürük durdurmadaki etkinliği, çürük dentinin kısmen veya tamamen mekanik olarak çıkarılmasına bağlı değildir (Chu, Lo, & Lin, 2002). Bu durum, GDF'yi anestezi ve döner alet kullanımına gerek kalmadan uygulanabilen minimal invaziv bir tedavi olarak konumlandırır.

Ekskavasyon sadece estetik nedenlerle veya restoratif bir işlem öncesinde minimal tutulum için düşünülebilir (Chu et al., 2002).

5.2. Uygulama ve Süre

Dozaj: Tek bir randevuda, hasta başına genellikle bir damla (%38 GDF) kullanılması önerilir; bu hacim beş ila altı dişin tedavisine yeterlidir (Crystal et al., 2017).

Uygulama Tekniği: Solüsyon, mikro fırça veya pamuk peletler kullanılarak doğrudan aktif çürük lezyonunun demineralize olmuş yüzeyine yayılmalıdır (Crystal et al., 2017).

Reaksiyon Süresi: GDF'nin etki mekanizmasını (özellikle gümüş florür oluşumunu) başlatması ve dentine maksimum düzeyde penetre olabilmesi için solüsyonun en az bir dakika boyunca lezyon yüzeyinde tutulması önerilmektedir. Fazla solüsyon, mikro fırça veya pamuk pelet ile uzaklaştırılmalı ve ardından hava spreyi ile kurutularak sabitlenmelidir (Horst et al., 2016).

5.3. Uygulama Sıklığı ve Takip

GDF'nin çürük durdurmadaki etkinliğinin devamlılığı, tekrarlayan uygulamalara bağlıdır:

Maksimum Etkinlik: Çürük durdurma oranlarının yıllık uygulamaya kıyasla altı ayda bir yapılan uygulamalarda daha yüksek olduğu gösterilmiştir (Fung et al., 2018).

Takip: Lezyonun durdurulup durdurulmadığını (koyu renkli, parlaklığını kaybetmiş, sertleşmiş) kontrol etmek amacıyla 1-3 hafta içinde bir takip randevusu önerilmektedir. Çürük aktivitesi devam ediyorsa, uygulama tekrarlanmalıdır (Horst et al., 2016).

5.4. Protokol Modifikasyonları

Işıkla Sertleştirme (Light-Cure): GDF uygulandıktan hemen sonra LED ışık ile sertleştirme yapılması, solüsyonun dentin içine penetrasyonunu ve gümüş partiküllerinin çökmesini artırabilir (Lau et al., 2021). Işıkla sertleştirme, aynı zamanda uygulama sonrasında materyalin sertleşme hızını artırarak tükürük ile kontaminasyon riskini ve klinik sandalyede geçirilen süreyi azaltabilir (Crystal et al., 2023).

Potasyum İyodür (KI) Uygulaması: GDF'nin estetik dezavantajını (siyah renklenme) gidermek için KI kullanımı yaygın bir modifikasyon olup, detaylı mekanizması ve klinik sonuçları bir sonraki bölümde ele alınacaktır.

6. DEZAVANTAJLAR, YAN ETKİLER VE YÖNETİMİ

GDF, minimal invaziv diş hekimliği için önemli avantajlar sunmasına rağmen, klinik uygulamasını kısıtlayan bazı dezavantajlara ve potansiyel yan etkilere sahiptir. Bu dezavantajların en önemlisi, estetik kaygılara yol açan siyah renklenme problemidir.

6.1. Estetik Kaygılar: Siyah Renklenme

GDF'nin en belirgin ve en sık tartışılan dezavantajı, tedavi edilen çürük lezyonlarında kalıcı siyah veya koyu kahverengi bir renk değişikliğine neden olmasıdır (Mei et al., 2013). Bu renklenmenin mekanizması, çürük dentinindeki gümüş iyonlarının indirgenmesi ve çeşitli gümüş tuzlarının oluşumu ile ilişkilidir (Hiraishi et al., 2021).

Mekanizma: GDF uygulandığında gümüş iyonları, çürük dentin matrisindeki proteinlerle ve hidrojen sülfür ile reaksiyona girerek çözünmeyen ve stabil bir siyah çökelti olan gümüş sülfid oluşturur (Jamal et al., 2025). Gümüş sülfid ve serbest metalik gümüş partikülleri, çürük lezyonunun yüzeyinde ve dentin tübülleri içinde birikerek lezyonun siyah renge dönmesine neden olur (Mei et al., 2013).

Klinik Önemi: Siyah renklenme, çürüğün başarılı bir şekilde durdurulduğunun klinik bir kanıtı olarak kabul edilse de (Mei et al., 2013), özellikle anterior dişlerde ve görünür yüzeylerde hastalar ve ebeveynler için önemli bir estetik kaygı kaynağıdır (Gao et al., 2018). Bu nedenle GDF'nin kullanımı, genellikle estetik açıdan önemli olmayan posterior dişlerle sınırlandırılır (Horst et al., 2016).

6.2. Renklenmeyi Önleme Stratejileri: Potasyum İyodür (KI) Kullanımı

Estetik dezavantajı gidermek amacıyla geliştirilen en yaygın protokol modifikasyonu, GDF uygulamasından hemen sonra Potasyum İyodür (KI) solüsyonunun kullanılmasıdır. **KI'nin Mekanizması:** KI, GDF'deki serbest gümüş iyonları ile reaksiyona girerek beyaz/krem renginde bir çökelti olan gümüş iyodür oluşturur. Bu beyaz çökelti, gümüş sülfid oluşumunu azaltarak lezyonda görülen koyu renklenmeyi maskeleyi hedefler. KI'nin bir diğer rolü ise GDF'nin amonyak kokusunu nötralize etmeye yardımcı olmasıdır (Miller et al., 2016).

Klinik Başarısı: KI uygulamasının renklenmeyi azaltmada etkili olduğu gösterilmiş olmakla birlikte, bazı çalışmalar KI uygulamasının çürük durdurma etkinliğinde hafif bir azalma ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir. Ancak genel olarak, estetik kaygıların yüksek olduğu durumlarda GDF'nin etkinliğini önemli

ölçüde azaltmadan renklenmeyi yönetmek için kabul edilebilir bir strateji olarak görülmektedir (Turton et al., 2021).

6.3. Diğer Yan Etkiler

GDF'nin kullanımı genellikle güvenli kabul edilse de, bazı lokal yan etkiler gözlenmiştir:

Yumuşak doku irritasyonu: GDF'nin alkali pH'ı ve kimyasal bileşimi nedeniyle, uygulama sırasında çevreleyen diş etlerine veya mukozaya temas etmesi geçici, yüzeysel kimyasal yanıklara veya beyaz lezyonlara neden olabilir. Bu durum genellikle birkaç gün içinde kendiliğinden iyileşir. Bu nedenle uygulama öncesi vazelin bariyeri kullanılması ve dikkatli izolasyon sağlanması önemlidir (Horst et al., 2016).

Metalik Tat: Hastalar, GDF uygulamasını takiben geçici bir metalik tat hissi bildirebilirler (Duangthip et al., 2018).

Toksiste: GDF'nin topikal olarak önerilen dozlarda kullanımında sistemik toksiste bildirilmemiştir. Bir damla GDF'nin içerdiği florür miktarı, sistemik toksiste sınırlarının çok altındadır (Horst et al., 2016).

6.4. Ebeveyn Kabulü ve Onam Süreci

GDF'nin en büyük klinik kısıtlaması estetik olsa da, ebeveynler ve hasta bakıcılar tedavi seçenekleri konusunda bilgilendirildiğinde, renklenme dezavantajına rağmen GDF'yi kabul etme eğilimindedirler (Crystal et al., 2017).

Kabul Faktörleri: Ebeveynler, özellikle çocuklarının kooperasyon eksikliği, anestezi ihtiyacının olmaması, ağrısız bir işlem olması ve hızlı uygulanabilirlik gibi avantajları göz önünde bulundurarak GDF'yi kabul etmektedirler (Crystal et al., 2017).

Onamın Önemi: Klinisyenler, GDF'yi uygulamadan önce siyah renklenme riskini ve bu renklenmenin çürüğün durduğunun bir göstergesi olduğunu anlatan ayrıntılı, görsel destekli bir bilgilendirilmiş onam formu kullanmalıdırlar (Horst et al., 2016).

7. GÜMÜŞ MODİFİYE ATRAVMATİK RESTORATİF TEDAVİ (GMART)

GDF'nin estetik dezavantajları ve tek başına dişin anatomik formunu restore edememesi, GMART tekniğinin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır (Natarajan, 2022).

7.1. GMART Tekniği ve İşleyişı

GMART tekniği, çürüğün biyolojik olarak durdurulmasını sağlayan GDF uygulaması ile dişin form ve fonksiyonunu geri kazandıran Atraumatik Restoratif Tedavi (ART) yaklaşımının birleşimidir (Fa BA et al., 2016).

Protokol: İlk aşamada çürük lezyonuna GDF uygulanır. İkinci aşamada ise diş, GDF'nin güçlü antimikrobiyal etkisinden faydalanan bir materyal olan Cam İonomer Siman (CIS) ile restore edilir (Natarajan, 2022).

Avantajları: GDF'nin çürüğü durdurması, CIS'in ise uzun süreli florür salınımı ve restorasyonu sağlanmasıyla sinerjik bir etki oluşturulur (Natarajan, 2022). GMART tekniği, restorasyon yerleştirilmesini takip eden süreçte dahi, GDF tarafından sağlanan antimikrobiyal aktivite ve remineralizasyon potansiyelinin devam etmesine olanak tanır (Panahpour Eslami & Chan, 2021).

Renk Yönetimi: Bu teknik, özellikle estetik kaygıların olduğu bölgelerde, siyah renklenmeye neden olmuş çürük yüzeyinin CIS ile örtülmesini sağlayarak estetik kabulü artırır (Jiang et al., 2019)

7.2. GDF'nin Adeziv Sistemler ve CIS Bağlanma Dayanımına Etkisi

GDF'nin restoratif materyallerin bağlanma dayanımını (bond strength) olumsuz etkileyip etkilemediği uzun süre tartışma konusu olmuştur. Bu endişe, GDF'nin dentin tübüllerini tıkaması ve kollajen matrisini değiştirmesi varsayımına dayanmaktadır (Soeno et al., 2001).

CIS ile Bağlanma: Çoğu in vitro çalışma, GDF uygulamasının CIS'in dentine bağlanma dayanımını olumsuz etkilemediğini göstermektedir (Puwanawiroj et al., 2018; Zhao et al., 2019). Bazı çalışmalar, GDF'nin kollajeni koruyucu etkisi ve gümüşün çökmesi gibi nedenlerle bağlanma dayanımının arttığını bile öne sürmüştür (Knight & McIntyre, 2006).

Rezin/Kompozit ile Bağlanma: Rezin esaslı adezivlerle yapılan çalışmalarda ise sonuçlar daha değişkindir. GDF uygulamasının kompozitin dentine mikrotensil bağlanma dayanımını önemli ölçüde değiştirmedeğini gösteren çalışmalar bulunurken, bazı çalışmalar adeziv etkinliğinde düşüş bildirmiştir. Bu durum, adeziv sistemin türü ve GDF/KI uygulamasının ardından yüzeyin yeterince yıkanıp kurutulmamasına bağlanmıştır (Quock et al., 2012).

8. TOKSİSİTE VE GÜVENLİK

GDF'nin geniş klinik kullanımına rağmen, sistemik toksisitesi ve güvenliği, özellikle çocuklar için önemli bir değerlendirme alanıdır.

8.1. Florür Dozajı

GDF'nin içerdiği florür miktarı yüksek görünse de (%38'lik solüsyonda yaklaşık 44.800 ppm F), klinik uygulamada kullanılan hacim (tek damla, ~0.05 mL) son derece düşüktür (Crystal & Niederman, 2016).

Güvenlik Marjı: Bir damla GDF yaklaşık 2,24 mg florür içerir. Bu doz, 10 kg ağırlığındaki bir çocuk için hesaplanan akut toksik dozun oldukça altındadır (Vasquez et al., 2012)

Önerilen Maksimum Doz: Güvenli uygulama için, her bir randevuda hasta başına 10 kg vücut ağırlığı için bir damla GDF dozajını aşmamak önerilir (Horst et al., 2016).

8.2. Gümüş Toksisitesi

Gümüş iyonlarının uzun vadeli birikimine (argyria) neden olabileceği teorik bir endişe kaynağı olsa da, GDF'nin topikal uygulaması sırasında kullanılan düşük dozlarda sistemik toksisite bildirilmemiştir (Burgess & Vaghela, 2018). Gümüş iyonlarının dokularda birikebildiği bilinmekle birlikte GDF'den kaynaklanan kümülatif etkinin sistemik zehirlenme riskine yol açması için yüzlerce uygulama gerektiği tahmin edilmektedir (Contractor et al., 2021). Kısa vadeli akut sistemik yan etkilere ilişkin ciddi bir bildirim rapor edilmemiştir (Milgrom et al., 2018).

9. SONUÇ

Günümüze dek yayımlanan bilimsel çalışmalar ve klinik raporlar, GDF'nin minimal invaziv diş hekimliği felsefesi içinde vazgeçilmez bir araç olduğunu kanıtlamıştır. GDF uygulaması, ağrısız, hızlı ve düşük maliyetli bir yöntem olarak geleneksel restoratif tedavilere erişimin kısıtlı olduğu veya hasta kooperasyonunun zor olduğu durumlarda yüksek bir etkinlik sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Acharya, S., Mohanty, S., Singh, B., Panda, S., & Swain, J. R. (2020). Silver Diamine Fluoride-A Narrative Review. *EC Dental Science*, 19(2), 01–06.
- Burgess, J. O., & Vaghela, P. M. (2018). Silver Diamine Fluoride: A Successful Anticarious Solution with Limits. *Advances in Dental Research*, 29(1), 131–134.
- Carli, C., & Seymen, F. (2023). Silver Diamine Fluoride in Pediatric Dentistry. *European Journal of Research in Dentistry*, 7(1), 47–53.
- Chan, A. K. Y., Tsang, Y. C., Yu, O. Y., Chu, C. H., Lo, E. C., & Tsang, P. C. K. (2024). Clinical evidence for silver diamine fluoride to reduce dentine hypersensitivity: a systematic review. *Journal of Dentistry*, 142, 104868.
- Chu, C. H., Lo, E. C. M., & Lin, H. C. (2002). Effectiveness of silver diamine fluoride and sodium fluoride varnish in arresting dentin caries in Chinese pre-school children. *Journal of Dental Research*, 81(11), 767–770.
- Contractor, I. A., Girish, M. S., & Indira M. D. (2021). Silver Diamine Fluoride: Extending the spectrum of Preventive Dentistry, a literature review. *Pediatric Dental Journal*, 31(1), 17–24.
- Crystal, Y. O., & Niederman, R. (2016). Silver diamine fluoride treatment considerations in children's caries management. *Pediatric Dentistry*, 38(7), 466–471.
- Crystal, Y. O., Janal, M. N., Hamilton, D. S., & Niederman, R. (2017). Parental perceptions and acceptance of silver diamine fluoride staining. *Journal of the American Dental Association*, 148(7), 510–518.
- Crystal, Y. O., Wierchowski, R. J., & Marghalani, A. A. (2023). Effects of LED curing light on silver diamine fluoride penetration into dentin. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 47(6), 44–50.
- Duangthip, D., Fung, M. H. T., Wong, M. C. M., Chu, C. H., & Lo, E. C. M. (2018). Adverse effects of silver diamine fluoride treatment among preschool children. *Journal of Dental Research*, 97(4), 395–401.
- Fa BA, J., Wong, A., & Duong, D. H. (2016). Silver Modified Atraumatic Restorative Technique (SMART): an alternative caries prevention tool. *Stomatology Edu Journal*, 3(2), 243–248.
- Fung, M. H. T., Duangthip, D., Wong, M. C. M., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2018). Randomized clinical trial of 12% and 38% silver diamine fluoride treatment. *Journal of Dental Research*, 97(2), 171–178.
- Gao, S. S., Zhang, S., Mei, M. L., Yin, M. X., Kong, L. M., Lo, E. C. M., & Chu, C. H. (2018). The effect of silver diamine fluoride on dentine discolouration: a

- study on the mechanisms and prevention. *International Dental Journal*, 68(3), 172–177.
- Gotjamanos, T. (1996). Pulp response in primary teeth with deep residual caries treated with silver fluoride and glass ionomer cement 'atraumatic technique'. *Australian Dental Journal*, 41(5), 328–334.
- Greenwall-Cohen, J., Greenwall, L., & Barry, S. (2020). Silver diamine fluoride – an overview of the literature and current clinical techniques. *British Dental Journal*, 228(11), 831–838.
- Hiraishi, N., Sayed, M., Sadr, A., & Tagami, J. (2021). In vitro analysis of the dentin discoloration and microhardness caused by silver diamine fluoride. *Dental Materials Journal*, 40(2), 343–349.
- Horst, J. A., Ellenikiotis, H., & Niederman, R. (2016). UCSF protocol for caries arrest using silver diamine fluoride: rationale, indications and consent. *Journal of the California Dental Association*, 44(1), 16–28.
- Jamal, D., AlMushayt, A., Abujamel, T., Bamashmous, S., Bamashmous, N., & Alamoudi, N. (2025). Silver diamine fluoride: the science behind the action a narrative review. *BMC Oral Health*, 25, 1195.
- Jiang, M., Duangthip, D., & Lo, E. C. M. (2019). Effects of restoring silver diamine fluoride-treated and untreated dentine caries lesions on parental satisfaction and oral health-related quality of life of preschool children. *Journal of Dentistry*, 88, 103171.
- Kamalaksharappa, S. K., & Dasgupta, S. (2018). Effectiveness of Silver Diamine Fluoride in Children with Early Childhood Caries: A Systematic Review and Meta-analysis. *World Journal of Dentistry*, 9(4), 327–332.
- Knight, G. M., & McIntyre, J. M. (2006). The effect of silver fluoride and potassium iodide on the bond strength of auto cure glass ionomer cement to dentine. *Australian Dental Journal*, 51(1), 42–45.
- Knight, G. M., McIntyre, J. M., Craig, G. G., Mulyani, & Zilm, P. S. (2009). The effect of silver fluoride and potassium iodide on the survival of mutans streptococci and *Streptococcus sobrinus* in vitro. *Australian Dental Journal*, 54(4), 304–309.
- Lau, L., Chiu, A., Lo, E. C., Chu, C. H., & Ng, D. (2021). Effect of surface preparation and light curing on penetration of silver particles from 38% silver diamine fluoride in dentin of primary teeth: An in vitro evaluation. *American Journal of Dentistry*, 34(1), 44–48.
- Li, R., Lo, E. C., Liu, B. Y., Wong, M. C., & Chu, C. H. (2016). Randomized clinical trial on arresting dental root caries through silver diammine fluoride applications in community-dwelling elders. *Journal of Dentistry*, 51, 15–20.

- Mei, M. L., Ito, L., Cao, Y., Lo, E. C., Li, Q. L., Wang, Y., & Chu, C. H. (2013). Inhibitory effect of silver diamine fluoride on dentine demineralisation and collagen degradation. *Journal of Dentistry*, 41(9), 808–812.
- Milgrom, P., Horst, J. A., Ludwig, S., Rothen, M., Chaffee, B. W., Lyalina, S., & Goral, L. (2018). Topical silver diamine fluoride for dental caries arrest in preschool children: A randomized controlled trial and microbiological analysis of caries-associated microbes and resistance gene expression. *Journal of Dentistry*, 68, 72–78.
- Miller, M. B., López, L. A., & Quock, R. L. (2016). Silver diamine fluoride, potassium iodide, and esthetic perception: An in vitro pilot study. *American Journal of Dentistry*, 29(5), 248–250.
- Natarajan, D. (2022). Silver modified atraumatic restorative technique: A way towards “SMART” pediatric dentistry during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Dentistry*, 19, 12.
- Panahpour Eslami, N., & Chan, D. C. N. (2021). Effect of silver diammine fluoride and glass ionomer on remineralisation of natural dentine caries. *Journal of Dentistry*, 106, 103578.
- Puwanawiroj, A., Trairatvorakul, C., Dasanayake, A. P., & Auychai, P. (2018). Microtensile bond strength between glass ionomer cement and silver diamine fluoride-treated carious primary dentin. *Pediatric Dentistry*, 40(4), 291–295.
- Quock, R. L., Barros, J. A., Yang, S. W., & Patel, S. A. (2012). Effect of silver diamine fluoride on microtensile bond strength to dentin. *Operative Dentistry*, 37(6), 610–616.
- Sahin, M. (2024). Use of silver diamine fluoride: Past to present. *Medical Records*, 6(3), 574–578. doi:10.37990/medr.1522279
- Seifo, N., Lynch, R., Noar, J., & Fung, D. E. (2019). Silver diamine fluoride for managing carious lesions: An umbrella review. *BMC Oral Health*, 19(1), 145.
- Soeno, K., Taira, Y., & Matsumura, H. (2001). Effect of desensitizers on bond strength of adhesive luting agents to dentin. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28(12), 1122–1128.
- Srilakshmi, J., Shah, Y., Shaikh, M., Rajan, M., Choksi, B. R., & Ruikar, P. (2023). Silver Diamine Fluoride: A Narrative Review. *Journal of Namibian Studies*, 35(S1), 4586–4593.
- Turton, B., Horn, R., & Durward, C. (2021). Caries arrest and lesion appearance using two different silver fluoride therapies on primary teeth with and without potassium iodide: 12-month results. *Clinical and Experimental Dental Research*, 7(4), 609–619.

- Vasquez, E., Zegarra, G., Chirinos, E., Castillo, J. L., Taves, D. R., & Watson, G. E. (2012). Short term serum pharmacokinetics of diammine silver fluoride after oral application. *BMC Oral Health*, 12, 60.
- Yee, R., Holmgren, C., Mulder, J., Lama, D., Walker, D., & van Palenstein Helderma, W. (2009). Efficacy of silver diamine fluoride for arresting caries treatment. *Journal of Dental Research*, 88(7), 644–647.
- Zhao, I. S., Gao, S. S., Hiraishi, N., Wambier, L. M., King, N. M., Ma, W. K., & Chu, C. H. (2018). Mechanisms of silver diamine fluoride on arresting caries: a literature review. *International Dental Journal*, 68(2), 67–76.
- Zhao, I. S., Chu, S., Yu, O. Y., Mei, M. L., Chu, C. H., & Lo, E. C. M. (2019). Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide on shear bond strength of glass ionomer cements to caries-affected dentine. *International Dental Journal*, 69(3), 209–216.

BÖLÜM 5

Çocuk Diş Hekimlerinin ve Çocukların Rubber Dam Kullanımına Yönelik Tutumları

Serpil Sağdıç¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Ana Bilim Dalı, ORCID: 0000-0001-6459-3624

Giriş

Diş tedavisi sırasında izolasyon ve nem kontrolü için pamuk rulo izolasyonu, dry-angle izolasyonu, rubber dam (RD) ve Isolite sistem izolasyonu, DryShield sistem izolasyonu gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır (Bagher & Sabbagh, 2023). En yaygın kullanılan izolasyon teknikleri pamuk rulo ve rubber dam uygulamasıdır (Miao et al., 2021).

Rubber dam, 1864 yılında Dr. Sanford Barnum tarafından diş hekimliği uygulamalarına dâhil edilmiş olup (Pottammal et al., 2023), günümüzde izolasyon sağlanmasında altın standart olarak kabul edilmektedir (e Cunha et al., 2022). Rubber dam kullanımının hem hasta hem de hekim açısından pek çok avantajı bulunmaktadır. Rubber dam operasyon alanını izole ederek aseptik çalışma alanı sağlar, çapraz enfeksiyon kontrolünü iyileştirir, frez vb. dental aletlerin ve yıkama solüsyonlarının yutma-aspirasyon riskini azaltır, irrigasyon solüsyonları ve kesici aletlerin olası zararlarından yumuşak dokuları korur. Diş tedavisi sırasında hasta konforunu olumlu yönde etkilemektedir (Lynch & McConnell, 2007). Dental materyallerin diş dokularına uygun şekilde bağlanmasını destekleyerek restorasyonların dayanıklılığını ve klinik başarısını artırmaktadır. Diş hekimi için optimal görüş alanı sunarak çalışma koşullarını iyileştirmektedir. Rubber dam dental tedavilerin kalitesini artıran önemli bir unsur olarak görülmektedir (Alqahtani et al., 2023). Tüm avantajlarına rağmen RD diş hekimliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu duruma sebep olan faktörler arasında hekimlerin beceri ve eğitim eksiklikleri, uygulamanın zaman alıcı olması, kullanımının zorlayıcı bulunması, hastaların olumsuz tutumları ve maliyet artışı gibi unsurlar öne çıkmaktadır (Mala, Lynch, Burke, & Dummer, 2009).

Çocuk Diş Hekimliğinde Rubber Dam Kullanımı

Çocuk diş hekimleri, diş tedavisi sırasında çocukların sınırlı uyumları nedeniyle izolasyonu sağlama ve sürdürmede daha fazla zorlukla karşılaşmaktadır (Rahul et al., 2024). Pamuk rulo uygulaması, rutin diş prosedürlerinde izolasyon amacıyla yaygın olarak kullanılmakla birlikte bazı sınırlamalara sahiptir. Bu sınırlamalar arasında yetersiz nem kontrolü, yabancı cisim veya partikül aspirasyonunun önlenememesi ve çocuk hastalarda sık değiştirme gereksinimi yer almaktadır (Kucukyilmaz, Ozdemir, & Savas, 2025).

Rubber dam ise çocuk hastalarda izolasyon amacıyla yaygın olarak kullanılan bir diğer tekniktir (Rahul et al., 2024) ve çocuk diş hekimliğinde kullanımı 1950'lere kadar uzanmaktadır (McKay, Farman, Rodd, & Zaitoun, 2013). Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi ve İngiltere Çocuk Diş Hekimliği Derneği çocuk hastalarda RD kullanımını desteklemektedir (Soldani & Foley, 2007). Rubber dam çocuklar için hem fiziksel hem de psikolojik bir bariyer sağlamaktadır. Çocuklar, RD yerleştirildiğinde genellikle tedavinin ağız dışında gerçekleştiği izlenimine kapılırlar. Bu durum onların daha uzun tedavi

seanslarına uyum göstermelerine yardımcı olmaktadır (Pottammal et al., 2023). Rubber dam kullanımı hastalar için olduğu kadar çocuk diş hekimleri içinde kolaylaştırıcı bir unsurdur. Hekimler tarafından bildirilen zihinsel ve fiziksel stres düzeylerinin RD kullanıldığında önemli ölçüde daha düşük olduğu gösterilmiştir (Ammann, Kolb, Lussi, & Seemann, 2013). Bununla birlikte; RD'nin çocuklarda kullanımına yönelik bazı kısıtlayıcı yönler de bulunmaktadır. Çocuklar tarafından klemp kullanımı ağrılı olarak algılanmakta ve çoğu zaman lokal anestezi enjeksiyonu gerektirmektedir (Rahul et al., 2024). Diğer bir sınırlama ise tedavi süresini uzattığı yönündeki yaygın algıdır. Çocuk hastalarda RD yerleştirilmesi için gereken ortalama sürenin 106 saniye olduğu bulunmuştur (Slawinski & Wilson, 2010). Bununla birlikte; Ammann ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada fissür örtücü uygulaması sırasında pamuk rulo kullanımıyla RD kullanımı karşılaştırılmış ve RD kullanılan grupta tedavi süresinin %12,4 oranında daha kısa sürdüğü görülmüştür. Mattar ve ark. (2021) ise pamuk rulo izolasyonu, lastik baraj izolasyonu, Isolite sistem tekniği arasında fissür örtücü uygulama süresini karşılaştırmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmiştir.

Çocuk Diş Hekimlerinin Rubber Dam Kullanımına Yönelik Tutumları

Çocuk diş hekimleri, RD kullanımını dental tedavilerin standart bir parçası olarak görmektedir. Ancak uzmanlık seviyesi, çalışılan kurum, tedavi türü hekimlerin hasta hislerine ilişkin algıları RD kullanım kararını etkileyebilmektedir (Slawinski & Wilson, 2010).

Çocuk diş hekimleri arasında RD kullanımında önemli farklılıklar gözlemlenmektedir. Çocuk diş hekimliği uzmanları arasında yapılan bir anket çalışmasında en fazla RD kullanım oranını uzmanlık öğrencileri bildirirken; en az kullanım oranını toplum diş sağlığı hizmetinde görev alan kamu hekimleri bildirmiştir. Restorasyonun türünden bağımsız olarak hekimlerinin %46'sı düzenli olarak RD kullandığını söylerken; %36'sı RD'nin çoğu tedavi için gerekli olmadığını belirtmiştir.

Hekimlerin çoğunluğu arka dişlerin izolasyonunda klemp kullanmayı tercih etmiştir. Düzenli olarak klemp kullandığını bildiren katılımcıların %72'si RD için lokal anestezi uyguladığını bildirmiştir.

En yaygın olarak kompozit restorasyonlarda, en az fissür örtücü uygulamalarında RD kullanılırken genel anestezi altında yapılan fissür örtücü ve cam iyonomer restorasyonlarında RD kullanımı artmıştır. Endodontik tedavilerde süt dişlerine kıyasla ve daimi dişlerde RD kullanımı daha çok tercih edilmiştir. Genel anestezi altında yapılan endodontik tedavilerde ise RD kullanımı azalmıştır. Ancak; tedavi yöntemi (sedatif verilmeden klinik ortamda, inhalasyon sedasyonu, genel anestezi) çocuk diş hekimlerinin RD kullanımında önemli farklılık oluşturmamıştır.

Katılımcılar RD kullanımlarını engelleyen en yaygın neden olarak hastanın zayıf iş birliğini göstermiştir. Buna karşılık, RD kullanımının en önemli avantajının hasta güvenliğini artırması olduğu ifade edilmiştir (Soldani & Foley, 2007).

Slawinski ve Wilson (2010) tarafından yapılan, katılımcılarının eğitim program yöneticileri ile özelde çalışan çocuk diş hekimlerinin oluşturduğu anket çalışmasında uzmanlık eğitimi süresince RD kullanan katılımcıların mezuniyet sonrasında da RD tekniğini sıklıkla kullanmaya devam ettiklerini bildirmiştir. Ayrıca, klinisyenlerin RD kullanmama kararında en etkili faktörün, RD kullanılmaksızın da yeterli izolasyonun sağlanabileceğine yönelik hekim inancı olduğu belirlenmiştir.

Rubber dam kullanımının en sık tercih edildiği işlem pulpotomi tedavisi olup, en az tercih edildiği işlem ise fissür örtücü uygulaması olduğu belirlenmiştir. Klinik ortamda ya da genel anestezi altında gerçekleştirilen tedaviler karşılaştırıldığında, fissür örtücü uygulamaları dışında belirli bir işlem için RD kullanım oranları açısından anlamlı bir fark saptanmamıştır. Klinik ortamda, RD'nin lokal anestezi gerektirdiğine ilişkin algının, fissür örtücü uygulamalarında RD kullanımını sınırlayabildiği düşünülmektedir. Buna karşın, genel anestezi altında tedavi edilen hastalarda birden fazla diş kapsayan çeşitli işlemlerin uygulanması nedeniyle fissür örtücü işlemlerinin çoğunlukla RD kullanılarak gerçekleştirildiği görülmüştür. Katılımcıların yarısından fazlası klinik ortamda fissür örtücü uygulamaları sırasında RD'yi nadiren ya da hiç kullanmadığını bildirirken, ameliyathane ortamında gerçekleştirilen fissür örtücü uygulamalarında katılımcıların %66'sından fazlası RD'yi çoğunlukla veya her zaman kullandığını ifade etmiştir. Diğer tüm işlemler için ise, prosedürel ortamlar arasında RD kullanım oranları açısından anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

Katılımcılar RD kullanımını tercih etme sebepleri olarak azalan sırayla operasyon alanının nemden koruma, tükürük kontaminasyonunu en aza indirme, görüşü iyileştirme, hasta yaralanması/aspirasyonu önleme, verimliliği artırma, davranış yönetimine yardımcı olma ve bakteriyel enfeksiyonu en aza indirme olarak belirtmiştir.

Çocuk diş hekimlerinin RD kullanmama nedenleri arasında hasta hisleri ön plana çıkmıştır. Kullanılmama nedeni azalan sırayla; hastanın nefes alamama korkusu ve potansiyel ağrı uyarım riski, alerjik reaksiyon olasılığı, uygulamanın zaman alması, tedavi sürecini zorlaştırması, azalan verimlilik, yaralanma riski ve hastanın vücuduna sıvı yönlendirme riski olarak bildirilmiştir.

Eğitim program yöneticisi ve klinisyenler arasında RD kullanımının faydaları veya dezavantajları konusunda herhangi bir fark gözlemlenmemiştir. Her iki grupta RD kullanımının faydalarını kabul etmiştir. Bununla birlikte; katılımcıların yarısından fazlası RD kullanımının eğitim sürecinde daha fazla vurgulanması gerektiği görüşünü bildirmiştir.

Çocukların Rubber Dam Kullanımına Yönelik Tutumları

Rubber dam kullanımının genel olarak çocuklarda stresi azalttığı gösterilmiştir (Ammann et al., 2013; Sharma et al., 2024; Vanh  e et al., 2021). Rubber dam uygulamasından sonra çocukların nabız hızı, sistolik ve diastolik kan basıncı, solunum hızı düşmüştür. Bununla birlikte; çocukların solunumu korunarak, oksijen satürasyonunda değişim gözlenmemiştir (Sharma et al., 2024). Ayrıca; çocuklarda RD kullanımı olumlu davranışlarla ilişkilendirilmektedir (Vanh  e et al., 2021).

Rubber dam kaygı kaynağı olarak görülse de kullanımı genel olarak çocuklarda kabul görmektedir (McKay et al., 2013; Slawinski & Wilson, 2010). Düşük kaygı seviyesiyle birlikte hastaların %79' u RD kullanımını kabul etmektedir. %30' u ise RD ile tedavi olmayı tercih etmektedir (Slawinski & Wilson, 2010). Ancak; RD radyografik muayene sırasında ise hastalar tarafından daha az kabul görmektedir. Bu durum, radyografik görüntü alınabilmesi amacıyla klinik ortam dışına çıkılmasının gerekmesi h  alinde, farklı yaş gruplarındaki bireyler tarafından RD ile görülmekten duyulan rahatsızlık ile de ilişkili olabilmektedir (McKay, Farman, Rodd, & Zaitoun, 2013).

Rubber dam kullanımı ile ilgili bilgi verilmesi çocukların kaygısını yönetmesine yardımcı olmaktadır (Rahul et al., 2024). Mahima ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada RD uygulamasının görsel-işitsel anlatımının sözlü açıklamalara kıyasla çocukların kaygısını daha fazla azalttığı görülmüştür. Rubber dam kullanılma amacının açıklanması hasta memnuniyetini artırmakla birlikte neden gerekli olduğuna dair iyi bir anlayış göstermelerini sağlamaktadır. McKay ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada;   ocuk hastaların %78'inin diş hekiminin RD'yi hem hastaya hem de diş hekimine yardımcı olmak için kullandığı anlayışına sahip olduğunu göstermiştir.

Çocukların yaklaşık %64 ila %80'i klemp yerleştirmeyle ilişkili ağrı ve rahatsızlık bildirmektedir. Afshari ve ark. (2023) yaptıkları meta analizde çocuklarda ve ergenlerde klemp yerleştirilmesi sırasında ortaya çıkan ağrı ve rahatsızlığı azaltmaya yönelik girişimlerin etkinliğini değerlendirmiştir. Değerlendirilen yöntemler olan lokal anesteziyle birlikte davranış yönlendirmesi veya görsel işitsel distraksiyon, elektronik dental anestezi veya lokal anestezi, mandibular infiltrasyon veya inferior alveolar sinir bloğu, topikal anestezi veya plasebo kullanılması arasında önemli bir fark olmadığını bulmuştur.

Sonuç

Dental tedavilerde izolasyon ve nem kontrolü tedavinin kalitesi ve başarısı açısından kritik bir rol oynamaktadır. Rubber dam; hasta güvenliği, enfeksiyon kontrolü, restoratif başarı, izolasyon performansı açısından değerlendirildiğinde altın standart olarak kabul edilmektedir. Ancak klinik uygulamalarda kullanım sıklığı hekim eğitimi, hasta iş birliği, algılanan zaman kaybı ve teknik zorluklar

gibi faktörlerden etkilenmektedir. Literatür RD kullanımının çocuklarda stres ve fizyolojik yanıtları azalttığını, olumlu davranışları desteklediğini ve hasta güvenliğini artırdığını göstermektedir. Bununla birlikte; klemp yerleştirilmesine bağlı ağrı algısı ve hasta kaygısı uygun bilgilendirme, davranış yönlendirme, eğitim stratejileriyle yönetilebilir görünmektedir. Hem hekimlerin hem de çocuk hastaların tutumları dikkate alındığında, RD kullanımının lisans ve uzmanlık eğitiminde daha fazla vurgulanması, klinik pratiğe entegrasyonunu artırarak çocuk diş hekimliğinde daha güvenli, etkin ve kaliteli tedavi yaklaşımlarının benimsenmesine katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Afshari, E., Sabbagh, S., Khorakian, F., Sarraf Shirazi, A., & Akbarzadeh Baghban, A. (2023). Reducing pain and discomfort associated with rubber dam clamp placement in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of effectiveness. *BMC Oral Health*, 23(1), 398. doi:10.1186/S12903-023-03115-7
- Alqahtani, S. M., Chaturvedi, S., Alshahrani, A. A., Alqahtani, A. M., Almazher, A. A., Alqahtani, R. A., ... Al Moaleem, M. M. (2023). Online Questionnaire-Based Study to Evaluate the Attitudes and Use of Rubber Dental Dams by Saudi Dental Practitioners. *Medical Science Monitor : International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 29, e938672.
- Ammann, P., Kolb, A., Lussi, A., & Seemann, R. (2013). Influence of rubber dam on objective and subjective parameters of stress during dental treatment of children and adolescents – a randomized controlled clinical pilot study. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 23(2), 110–115.
- Bagher, S. M., & Sabbagh, H. J. (2023). A literature review of clinical efficiency, patient satisfaction, and future preference of Isolite and DryShield dental isolation systems among pediatric patients. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 47(4), 1–8.
- e Cunha, A. F. F., Madalena, I. R., K  chler, E. C., Pereira, T. L., Honorato, R., de Menezes, F. C. H., ... Oliveira, M. A. H. de M. (2022). Polyethylene terephthalate clamps: Optimization in endodontic and restorative practices. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 14(8), e621–e624.
- Kucukyilmaz, E., Ozdemir, T., & Savas, S. (2025). The effect of rubber dam on objective and subjective parameters of stress during dental treatment in children: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health*, 25(1), 855.
- Lynch, C. D., & McConnell, R. J. (2007). Attitudes and use of rubber dam by Irish general dental practitioners. *International Endodontic Journal*, 40(6), 427–432.
- Mahima, S., Karuna, Y. M., Ramya, S., Sudha, K., Maimoona, T. M., Ashwin, R., & Anupama, P. N. (2023). Evaluation of Anxiety Levels in Children While Using Rubber Dam and OptraDam Isolation Techniques. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 16(2), 287.
- Mala, S., Lynch, C. D., Burke, F. M., & Dummer, P. M. H. (2009). Attitudes of final year dental students to the use of rubber dam. *International Endodontic Journal*, 42(7), 632–638.
- Mattar, R. E., Sulimany, A. M., Binsaleh, S. S., & Al-Majed, I. M. (2021). Comparison of Fissure Sealant Chair Time and Patients' Preference Using Three Different Isolation Techniques. *Children*, 8(6), 444.

- McKay, A., Farman, M., Rodd, H., & Zaitoun, H. (2013). Pediatric dental patients' attitudes to rubber dam. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 38(2), 139–141.
- Miao, C., Yang, X., Wong, M. C. M., Zou, J., Zhou, X., Li, C., & Wang, Y. (2021). Rubber dam isolation for restorative treatment in dental patients. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2021(5), CD009858.
- Pottammal, N., Rao, A., Natarajan, S., Karuna, Y., Nayak, A., & Rao, S. (2023). Evaluation of pain response in children to the SoftClamp™ as an alternative to the metal rubber dam clamp: A randomized clinical trial. *Dental Research Journal*, 20(1), 21.
- Rahul, S., Saikiran, K. V., Elicherla, N. R., Anchala, K., Singaraju, A., & Nuvvula, S. (2024). Evaluation of child's behavior during the pit and fissure sealant administration using the rubber dam and MiniDam: A randomized clinical trial. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 42(2), 119–125.
- Sharma, D., Choudhari, S., Vanza, H., Mittal, S., Ahuja, V., & Thosar, N. R. (2024). The Impact of Rubber Dam Association With Physiological Stress Parameters on Children of 7-10 Years Undergoing Pit and Fissure Sealant Treatment: An In-Vivo Study. *Cureus*, 16(4), e58615.
- Slawinski, D., & Wilson, S. (2010). Rubber Dam Use: A Survey of Pediatric Dentistry Training Programs and Private Practitioners. *Pediatric Dentistry*, 32(1), 64–68.
- Soldani, F., & Foley, J. (2007). An assessment of rubber dam usage amongst specialists in paediatric dentistry practising within the UK. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 17(1), 50–56.
- Vanhée, T., Tassignon, C., Porta, P., Bottenberg, P., Charles, T., & Vanden Abbeele, A. (2021). Behavior of Children during Dental Care with Rubber Dam Isolation: A Randomized Controlled Study. *Dentistry Journal*, 9(8), 89.

BÖLÜM 6

Çocuk Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazer Türleri ve Uygulama Alanları

Beyza Günaydın¹

¹ Arş. Gör.. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı, Orcid: 0009-0007-1459-6748

1. GİRİŞ

Lazer teknolojisi, hastaların tanı ve tedavi ihtiyaçlarını daha hızlı ve daha verimli bir şekilde karşılamak amacıyla yakın zamanda tıp alanına girmiştir (Martens, 2003). Lazer ilk olarak Maiman tarafından geliştirilmiştir (Javan ve ark., 1961). Lazer ortaya çıktıktan kısa bir süre sonra, araştırmacılar benzersiz özellikleri nedeniyle onu diş hekimliğinde kullanmaya çalışmışlardır (Nazemisalman ve ark., 2015). Güncel diş hekimliği minimal invaziv işlemlere dayanmakta olduğundan, lazer; daha az ağrı, ses ve titreşim oluşturması nedeniyle frez ile yapılan işlemlere alternatif olarak tercih edilebilecek uygun bir seçenektir. Ağız içinde kuru bir çalışma alanının sağlanması, klinisyenin görüşünü artırarak daha iyi bir tedavi sonucuna ulaşılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, keskin dental aletlerin lazer ile değiştirilmesi, daha fazla hastanın diş kliniklerini tercih etmesine katkıda bulunmaktadır (Strauss ve ark., 2006). Bununla birlikte, lazer tedavisinin yüksek maliyet, erişilebilirlik güçlüğü, güvenlik önlemlerine uyulmadığı takdirde tehlikeli olabilmesi, diş hekimliğinin tüm alanlarında uygulanabilir olmaması, metal restorasyonların kaldırılamaması ve yumuşak dokularda ısıl hasara neden olabilmesi gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır (Boj ve ark., 2009).

Lazer ilk olarak yumuşak doku insizyonları için kullanılmıştır. Yeni nesil lazerler su molekülleri üzerindeki özel etkileri sayesinde dental sert dokuların ablasyonunda da kullanılabilmektedir. Son yıllarda diş hekimliğinin birçok alanındaki lazer uygulamalarındaki gelişmeler sayesinde, artık çürüklerin önlenmesi, teşhisi ve tedavisinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Boj, 2005).

Çocuk diş hekimleri, çocukların iyi ağız hijyeni alışkanlıkları geliştirmelerine yardımcı olmak amacıyla ilk diş hekimi ziyaretinin hoş bir anı olarak kalmasını sağlamak için yenilikçi ve minimal invaziv teknolojiler kullanmaya çalışmaktadır (Widmer, 2002). Lazer gibi modern bir teknolojinin kullanımıyla daha az ağrılı bir ilk dental deneyim sağlanması, etkili bir koruyucu ve tedavi edici strateji olabilir. Lazer; çocuklarda oral ve dental durumların teşhisinde, sert ve yumuşak doku tedavilerinde ve hızlı ilerleyen ağız ve diş problemlerinin önlenmesinde başarıyla kullanılabilmektedir (Dean ve ark., 2011).

Bu kitap bölümünün amacı, çocukların fiziksel sağlık durumunda ağız ve diş sağlığının önemine dayanarak, çocuk diş hekimliğinde kullanılan farklı lazer türlerini ve uygulama alanlarını gözden geçirmektir.

2. Lazer Türleri ve Diş Hekimliğinde Uygulama Alanları

Diş hekimliğinde en yaygın kullanılan lazerler arasında holmiyum itriyum alüminyum garnet (Ho:YAG), neodimyum:yttrium-aluminium-garnet (Nd:YAG), karbondioksit lazer (CO₂), erbium-doped yttrium aluminium garnet (Er:YAG), neodimyum katkılı itriyum alüminyum perovskit (Nd:YAP), galyum

arsenit (GaAs) (diyot), erbium, chromium:yttriumscandium-gallium-garnet (Er-Cr:YSGG) ve argon lazerler bulunmaktadır (Gontijo ve ark., 2005).

Lazerlerin diş hekimliğindeki klinik uygulamaları; yumuşak ve sert doku cerrahisi, küretaj, mine ve dentinde kavite hazırlığı, diş çürüklerinin tespiti, kök kanal sisteminin temizliği, asitleme işlemi, mine kristal yapısını değiştirerek çürük oluşumunun önlenmesi, diş beyazlatma, periodontal tedavi ve peri-implantitis tedavisini kapsamaktadır (Boj, 2005).

Tablo 1. Farklı lazer türleri ve diş hekimliğinde kullanım alanları

Lazer Tipi	Dalga Boyu	Kullanım Alanları
CO2	10 600 nm	1. Yumuşak doku ablasyonu 2. Estetik amaçlı diş eti şekillendirme 3. Ağız ülseratif lezyonlarının tedavisi 4. Frenektomi ve gingivektomi 5. Rejeneratif periodontal cerrahi sırasında nekrotik epitel dokusunun ortadan kaldırılması
Nd:YAG	1064 nm	1. Kök kanal tedavisi 2. Nekrotik dokuları ve patojen mikroorganizmaları ortadan kaldırmak için kapsamlı periodontal cerrahi ve diş taşı temizliği. 3. Çürük temizliği
Er:YAG	2940 nm	1. Çürük temizliği 2. Mine ve dentinde kavite hazırlığı 3. Kök kanal hazırlığı
Er,Cr:YSGG	2780 nm	1. Mine aşındırma 2. Çürük temizleme 3. Kavite hazırlığı 4. Aşırı ısınma, erime veya kalsiyum ve fosfor oranlarını değiştirmeden kemik aşındırma 5. Kök kanal hazırlığı
Argon	572 nm	1. Restoratif resin materyallerinin polimerizasyonu 2. Diş beyazlatma 3. Nekrotik dokunun ortadan kaldırılması ve diş eti şekillendirme 4. Tekrarlayan aftöz ülserler veya herpes lezyonları gibi ağız lezyonlarının tedavisi 5. Frenektomi ve gingivektomi

Diyot	810 veya 980 nm	1.Fibroblastların çoğalması ve ağız lezyonlarının veya cerrahi yaraların iyileşmesinin hızlandırılması 2. Frenektomi ve gingivektomi 3.Estetik amaçlarla diş eti konturunun düzeltilmesi
HO:YAG	2100 nm	1. Diş eti şekillendirme 2. Ağız içi lezyonların tedavisi 3. Frenektomi ve gingivektomi

2.1. Sert Dokuda Lazer Uygulamaları

2.1.1. Çürük Tespiti

Çürüklerin doğru şekilde tespiti, klinisyenin diş daha kısa sürede ve daha düşük maliyetle uygun olarak restore etmesine yardımcı olmaktadır. Çalışmalar, lazer floresansının çürüklerin klinik olarak tespitinde doğruluğu ve hızı artırabildiğini göstermiştir (Krause ve ark., 2007; Olivi & Genovese, 2011). 655 nm dalga boyunda lazer floresans, süt ve daimi dişlerde oklüzal çürüklerin belirlenmesinde yardımcı bir yöntem olarak kullanılabilir ve yüksek güvenilirlik, öngörülebilirlik ve tekrarlanabilirliği sayesinde tanısal hataları azaltır (Bengtson ve ark., 2005; Olivi & Genovese, 2011).

DIAGNOdent, lazer floresans teknolojisini kullanan ticari bir üründür. Yapılan in vitro bir çalışma, süt dişlerinde oklüzal dentin çürüklerini ortaya çıkarmada görsel muayene, sondalama ve radyografiye kıyasla daha üstün etkinlik gösterdiğini bildirmiştir (Lussi & Francescut, 2003).

488 nm dalga boyuna sahip (mavi-yeşil ışık) argon lazer ise, özellikle proksimal ve oklüzal yüzeylerde floresans özelliği sayesinde çürük tespitine olanak sağlayan bir diğer tanısal lazer türüdür. Bu yöntem kantitatif ışıkla indüklenen floresans (QLF) olarak da bilinmektedir (Martens, 2003). Süt dişlerindeki demineralizasyonun nicel olarak tespitinde, daimi dişlere göre daha etkilidir (Ando ve ark., 2001). QLF kullanımı; rutin ve periyodik kontroller sırasında, fissür örtücülerinin altında oluşan çürüklerin kolayca belirlenmesini mümkün kılar (Takamori ve ark., 2001).

2.1.2. Çürük Önleme

Diş yüzeyinin çürük oluşturan ajanların penetrasyonuna karşı direnci, çürük oluşumunun önlenmesinde önemli bir rol oynar. Erbiyum ve CO₂ lazerler, çocuklar yeni sürmüş daimi dişlerin asit erozyonuna karşı direncini artırmak amacıyla başarıyla kullanılabilir. Yapılan çalışmalar; CO₂ lazerinin 9600, 9300 ve 10 600 nm dalga boylarında, erbiyum lazerinin 2780 ve 2940 nm dalga boylarında ve argon lazerinin mine yüzeyine çürüğe karşı direnç kazandırabildiğini göstermiştir (Apel ve ark., 2004; Westerman ve ark., 2004).

Bununla birlikte, lazer ve florür tedavisinin eş zamanlı uygulanmasıyla diş direncinde daha da artış sağlandığı birçok çalışma tarafından ortaya konmuştur. Yapılan çalışmalarda argon lazerin asidüle fosfat florür (APF) ile birlikte uygulanmasının, yalnızca lazer kullanımına kıyasla çürük derinliğinde %50 azalma oluşturduğu gösterilmiştir (Rezaei ve ark., 2011; Westerman ve ark., 2004).

2.1.3. Restorasyon, Pit ve Fissür Örtücü Uygulamaları

Lazerler, pit ve fissür örtücülerinin uygulanmasından önce diş yüzeyi hazırlığında ve dezenfeksiyonunda kullanılabilir (Olivi & Genovese, 2011). Ancak yapılan çalışmalar, mine pit ve fissürlerinin hazırlanmasında yalnızca lazer uygulanmasının, asit pürüzlendirme yapılmadan kullanılması halinde yüksek oranda mikrosızıntıya yol açtığını göstermiştir (Lupi-Pégurier ve ark., 2007). Bu nedenle, lazer uygulaması mine asitleme ihtiyacını ortadan kaldırmamaktadır (Lepri ve ark., 2008).

2.1.4. Kavite Preperasyonu

Geleneksel kavite preparasyon teknikleri uzun yıllardır kullanılmaktadır. Ancak, işlem sırasında ortaya çıkan titreşim ve sesin kemik doku tarafından iletilmesi, hastalar tarafından rahatsızlık verici bir durum olarak algılanabilmektedir. Lazerle kavite hazırlığında ise yoğun elektromanyetik (ışık) enerjisi kullanılarak doku ablasyonu sağlanır. Ablasyonun etkinliği, kullanılan lazerin dalga boyuna bağlı olarak ortaya çıkan kimyasal ve termal etkilerle ilişkilidir. Lazer ışığının diş dokuları tarafından farklı oranlarda absorbe edilmesi ablasyonun seçiciliğini açıklamakta, ayrıca çevre dokularda minimal ısı artışı ile çalışılabilmektedir (Berggren & Meynert, 1984).

Er:YAG, Er,Cr:YSGG, Nd:YAG lazerler kavite preparasyonunda kullanılmaktadır (Aranha ve ark., 2007; Hibst, 2002; McDonald ve ark., 2000). Ancak kullanım güvenliği açısından değerlendirildiğinde kavite preparasyon yönteminin termal zararı dikkate alınmalıdır. Lazer tedavisi sırasında özellikle inflamatuvar pulpal doku cevabına karşı dişlerin aşırı ısınmasından kaçınılmalıdır (Visuri ve ark., 1996).

2.1.5. Endodonti

Lazer teknolojisi, süt dişlerinde pulpotomi için kullanılan ve mutajenik özelliklere sahip olan formokrezole alternatif olarak; pulpotomi, pulpektomi ve koagülasyonda kullanılabilir (Olivi ve ark., 2009). Yapılan çalışmalarda, CO₂ lazer ile yapılan süt dişi pulpotomisinde formokrezole kıyasla daha üstün klinik sonuçlar bildirilmiştir (Pescheck ve ark., 2002). Lazer tedavisi sonrasında pulpal inflamasyonun azaldığı görülmüştür (Olivi ve ark., 2009).

Lazer teknolojinin kök kanal sisteminin temizliği ve şekillendirilmesinde de etkin şekilde kullanılabildiği gösterilmiştir. Yapılan bir çalışmada Er,Cr:YSGG

lazerin temizleme ve şekillendirme etkinliğinin döner aletlerle benzer, el aletlerine göre ise daha üstün olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bu lazerin her iki tekniğe kıyasla daha hızlı çalıştığı belirtilmiştir (Soares ve ark., 2008).

Er:YAG, Er,Cr:YSGG ve CO₂ lazerlerin pulpa koagülasyonu için kullanılmasının, kalsiyum hidrokside kıyasla iki yıl sonrasında daha olumlu sonuçlar verdiği ortaya konmuştur (Olivi ve ark., 2007; Pescheck ve ark., 2002). CO₂ lazer desteğiyle yapılan vital pulpa tedavisi ve pulpotomi sonrası pulpa hemostazının klinik başarı oranının %98.1, radyografik başarı oranının ise %91.8 olduğu bildirilmiştir (Pescheck ve ark., 2002). Bununla birlikte, Nd:YAG lazerin süt dişlerinde pulpotomi için kullanımını değerlendiren diğer çalışmalar; 12 aylık takipte klinik başarıyı %71.42, radyografik başarıyı ise %85.71 olarak bildirmiştir ve bu oranlar aynı süre için klinik ve radyografik başarı oranı %90.47 olan formokrezole kıyasla daha düşük bulunmuştur (Odabaş ve ark., 2007).

2.2. Yumuşak Dokuda Lazer Uygulamaları

Lazer, çocuklarda periodontal hastalıkların alerjik reaksiyon veya bakteriyel direnç oluşturmada güvenli bir şekilde tedavi edilmesine olanak sağlar (Koci & Almas, 2009). Lazerin tüm dalga boyları, lokal anesteziye gerek kalmaksızın ve kanama olmaksızın gingivektomi, gingivoplasti ve operkülektomi yapılmasına imkân tanımaktadır (Fornaini ve ark., 2007). Diş sürmesini kolaylaştırma, hatalı diş hareketlerine bağlı gelişen anormal gingival lezyonların giderilmesi, ilaç kaynaklı gingival hiperplazinin tedavisi, fibroma, aftöz lezyonlar, herpes labialis, mukosel ve piyojenik granülomların eksizyonu ile estetik işlemler lazerlerin diğer kullanım alanları arasındadır (Parkins, 2000; Ramazani ve ark., 2012).

Er:YAG lazer; üst çenede sıkı frenulum ile doğan bebeklerde frenektomi işlemi için veya ciddi ankiloglossisi olan bebeklerde üst ve alt frenektomi amacıyla kullanılabilir (Kotlow, 2004). CO₂ lazer, ağız içi vasküler tümörlerin cerrahi eksizyonunda ve siklosporin kullanımına bağlı gelişen gingival büyümelerde uygulanabilmektedir (Monteiro ve ark., 2013). Erbiyum lazer ise servikal çürük lezyonunu örten gingivanın bir kısmının uzaklaştırılmasına olanak tanımaktadır (Bengtson ve ark., 2005).

2.2.1. Dezenfeksiyon ve Dekontaminasyon

Lazer teknolojisinin antimikrobiyal etkileri de bulunmaktadır. Yapılan bir in vitro çalışmada, kök kanal tedavisi ve çürük uzaklaştırılması sırasında foto-aktivasyonlu bakteriyel dezenfeksiyon (PAD) yöntemiyle diyet lazer uygulanmasının, kollajen matriks içerisindeki bakterilerin %99'unu elimine ettiği gösterilmiştir (Lussi ve ark., 2006). Ancak süt dişlerinde kök kanal sisteminin temizliği ve dezenfeksiyonu, apeks anatomisinin karmaşık olması nedeniyle yüksek hassasiyet gerektirir. Lazerin kızılötesine yakın dalga boyuna sahip olması nedeniyle dokuya penetrasyon derinliğine özellikle dikkat edilmelidir (Olivi ve ark., 2009).

Erbiyum lazerin kök kanal sistemi üzerindeki antimikrobiyal etkisi de gösterilmiştir (Ramazani ve ark., 2012). Ayrıca, diş avülsiyonu sonrasında alveol soketinin dekontaminasyonunda da lazerlerin etkin şekilde kullanılabildiği belirtilmiştir (Olivi ve ark., 2009).

2.2.2. Ağrının Kontrol Altına Alınması

Lazer, hastaların ağrı eşiğini yükseltmekte ve lokal anestezi ihtiyacını azaltmaktadır (Boj, 2005). Çalışmalar, yoğunlaştırılmamış modda yakın kızılötesi dalga boylarında (803–980 nm) uygulanan lazer ile anestezi sağlanabildiğini göstermiştir. Bu etki, sinir liflerinin membranını hiperpolarize ederek pulpa üzerinde oluşur ve yaklaşık 15 dakika sürmektedir (Bengtson ve ark., 2005). Bu tekniğin, 660 nm prob kullanılarak yapılmış anestezi enjeksiyon olmadan sınıf II kavite preparasyonu için süt azı dişlerinde %50–75 oranında başarılı olduğu bildirilmiştir (Koci & Almas, 2009).

CO₂ lazer, ortodontik kuvvetlere bağlı gelişen ağrıyı lokal olarak gidermek için kullanılabilir. Aynı zamanda düşük düzeyli lazer uygulamasının, herhangi bir yan etki oluşturmada ortodontik diş hareketini hızlandırmaktadır (Fujiyama ve ark., 2008). Lazer/LED uygulaması, ortodontik bölge ya da temporomandibular eklem çevresine uygulandığında da ağrıyı etkin şekilde azaltabilmektedir (Koci & Almas, 2009).

2.2.3. Travma ve Pulpa Vitalitesi

Dişlere gelen travmalar kısa ve uzun vadede olumsuz sonuçlara yol açıp ve pulpa canlılığını riske atabilmektedir. Lazer Doppler flowmetri (LDF), pulpa kan akımını gösterip ve pulpa canlılığının değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bu yöntem; doğru, noninvaziv, tekrarlanabilir, güvenilir ve ağrısızdır ve çocuklar tarafından iyi tolere edilmektedir. Ayrıca LDF'nin revaskülarizasyonun izlenmesinde ve mobil dişlerin takibinde de yardımcı olabileceği belirtilmiştir (Vaghela & Sinha, 2011).

Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerler, kırık dişlerde veya açık dentin tübülleri bulunan olgularda dentin tübüllerinin kapatılması amacıyla kullanılabilir. Bu sayede tübül permeabilitesi ve buna bağlı gelişen diş hassasiyeti azaltılabilmektedir (Olivi ve ark., 2009).

Yumuşak doku travmaları, yüz yaralanmaları ve şişlikler de bölgeye uygulanan lazer/LED tedavisi ile hafifletilebilmektedir. Bu yöntem, özellikle ağır travmaya uğramış bölgelerde travma sonrası rahatsızlığın azaltılmasına yardımcı olabilmektedir (Koci & Almas, 2009).

Pulpa canlılığının korunmasında lazer ışınlaması kullanılabilir. Bu amaçla; 0,5–1 W güçte, konsantre olmayan ışın, düşük frekans ve puls modunda, su kullanılmadan, 10 saniyeden daha kısa sürelerle (koagülasyonu önlemek için)

ve 30 saniyelik aralıklarla (pulpanın aşırı ısınmasını önlemek için) uygulanan farklı dalga boyları faydalı olabilmektedir (Bengtson ve ark., 2005).

3. SONUÇ

Lazer teknolojisi, çocuklarda ağız ve diş sert ve yumuşak doku durumlarının daha etkili şekilde tanı ve tedavisine olanak sağlamaktadır. Lazerin parametrelerinin iyi belirlenmesi başarının sağlanmasında oldukça önemlidir. Bu nedenle, çocuk diş hekimlerinin yeni teknolojilere ve güncel bilgilere sahip olması gerekmektedir.

4. KAYNAKLAR

- Ando, M., van der Veen, M. H., Schemehorn, B. R., & Stookey, G. K. (2001). Comparative study to quantify demineralized enamel in deciduous and permanent teeth using laser-and light-induced fluorescence techniques. *Caries research*, 35(6), 464-470.
- Apel, C., Birker, L., Meister, J., Weiss, C., & Gutknecht, N. (2004). The caries-preventive potential of subablative Er: YAG and Er: YSGG laser radiation in an intraoral model: a pilot study. *Photomedicine and Laser Therapy*, 22(4), 312-317.
- Aranha, A. C. C., Eduardo, C. D. P., Gutknecht, N., Marques, M. M., Ramalho, K. M., & Apel, C. (2007). Analysis of the interfacial micromorphology of adhesive systems in cavities prepared with Er, Cr: YSGG, Er: YAG laser and bur. *Microscopy research and technique*, 70(8), 745-751.
- Bengtson, A. L., Gomes, A. C., Mendes, F. M., Cichello, L. R. D., Bengtson, N. G., & Pinheiro, S. L. (2005). Influence of examiner's clinical experience in detecting occlusal caries lesions in primary teeth. *Pediatric dentistry*, 27(3), 238-243.
- Berggren, U., & Meynert, G. (1984). Dental fear and avoidance: causes, symptoms, and consequences. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 109(2), 247-251.
- Boj, J. R. (2005). The Future of Laser Pediatric Dentistry. *Journal of Oral Laser Applications*, 5(3).
- Boj, J. R., Poirier, C., Espasa, E., Hernandez, M., & Espanya, A. (2009). Lower lip mucocele treated with an erbium laser. *Pediatric dentistry*, 31(3), 249-252.
- Dean, J. A., Avery, D. R., & McDonald, R. E. (2011). Dentistry for the Child and Adolescent. *Boston: Mosby*, 563.
- Fornaini, C., Rocca, J., Bertrand, M., Merigo, E., Nammour, S., & Vescovi, P. (2007). Nd: YAG and diode laser in the surgical management of soft tissues related to orthodontic treatment. *Photomedicine and laser surgery*, 25(5), 381-392.
- Fujiyama, K., Deguchi, T., Murakami, T., Fujii, A., Kushima, K., & Takano-Yamamoto, T. (2008). Clinical effect of CO2 laser in reducing pain in orthodontics. *The Angle Orthodontist*, 78(2), 299-303.
- Gontijo, I., Navarro, R. S., Haypek, P., Ciamponi, A. L., & Haddad, A. E. (2005). The applications of diode and Er: YAG lasers in labial frenectomy in infant patients. *Journal of dentistry for children*, 72(1), 10-15.
- Hibst, R. (2002). Lasers for Caries Removal and Cavity Preparation: State of the Art and Future Directions. *Journal of Oral Laser Applications*, 2(4).

- Javan, A., Bennett, W., & Herriott, D. (1961). Population Inversion and Continuous Optical Maser Oscillation in a Gas Discharge Containing a He-Ne Mixture, *Phys. Rev. Lett. In*.
- Koci, E., & Almas, K. (2009). Laser applications in dentistry: an evidence-based clinical decision-making update.
- Kotlow, L. A. (2004). Oral diagnosis of abnormal frenum attachments in neonates and infants: evaluation and treatment of the maxillary and lingual frenum using the Erbium: YAG laser. *J Pediatr Dent Care*, 10(3), 11-14.
- Krause, F., Jepsen, S., & Braun, A. (2007). Comparison of two laser fluorescence devices for the detection of occlusal caries in vivo. *European Journal of Oral Sciences*, 115(4), 252-256.
- Lepri, T. P., SOUZA-GABRIEL, A. E., Atoui, J. A., PALMA-DIBB, R. G., Pecora, J. D., & MILORI CORONA, S. A. (2008). Shear Bond Strength of A Sealant to Contaminated-Enamel Surface: Influence of Erbium: Yttrium–Aluminum–Garnet Laser Pretreatment. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 20(6), 386-392.
- Lupi-Pégurier, L., Bertrand, M.-F., Genovese, O., Rocca, J.-P., & Muller-Bolla, M. (2007). Microleakage of resin-based sealants after Er: YAG laser conditioning. *Lasers in medical science*, 22(3), 183-188.
- Lussi, A., & Francescut, P. (2003). Performance of conventional and new methods for the detection of occlusal caries in deciduous teeth. *Caries research*, 37(1), 2-7.
- Lussi, A., Zimmerli, B., Hellwig, E., & Jaeggi, T. (2006). Influence of the condition of the adjacent tooth surface on fluorescence measurements for the detection of approximal caries. *European Journal of Oral Sciences*, 114(6), 478-482.
- Martens, L. C. (2003). Laser-assisted Pediatric Dentistry: Review and Outlook. *Journal of Oral Laser Applications*, 3(4).
- McDonald, A. V., Claffey, N. M., Pearson, G. J., Blau, W., & Setchell, D. J. (2000). Effect of Nd: YAG radiation at millisecond pulse duration on dentine crater depth. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, 27(3), 213-223.
- Monteiro, L. S., Azevedo, A., Cadilhe, S., Sousa, D., Faria, C., & Martins, M. (2013). Laser treatment of vascular anomalies of oral cavity. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 54(3), 171-175.
- Nazemisalman, B., Farsadeghi, M., & Sokhansanj, M. (2015). Types of lasers and their applications in pediatric dentistry. *Journal of lasers in medical sciences*, 6(3), 96.

- Odabaş, M. E., Bodur, H., Bartş, E., & Demir, C. (2007). Clinical, radiographic, and histopathologic evaluation of Nd: YAG laser pulpotomy on human primary teeth. *Journal of endodontics*, 33(4), 415-421.
- Olivi, G., & Genovese, M. (2011). Laser restorative dentistry in children and adolescents. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 12(2), 68-78.
- Olivi, G., Genovese, M., & Caprioglio, C. (2009). Evidence-based dentistry on laser paediatric dentistry: review and outlook. *European journal of paediatric dentistry*, 10(1), 29.
- Olivi, G., Genovese, M., Maturo, P., & Docimo, R. (2007). Pulp capping: advantages of using laser technology. *Eur J Paediatr Dent*, 8(2), 89-95.
- Parkins, F. (2000). Lasers in pediatric and adolescent dentistry. *Dental Clinics of North America*, 44(4), 821-830.
- Pescheck, A., Pescheck, B., & Moritz, A. (2002). Pulpotomy of Primary Molars with the Use of a Carbon Dioxide Laser: Results of a Long-term In Vivo Study. *Journal of Oral Laser Applications*, 2(3).
- Ramazani, N., Ahmadi, R., & Daryaeian, M. (2012). Oral and dental laser treatments for children: applications, advantages and considerations.
- Rezaei, Y., Bagheri, H., & Esmacilzadeh, M. (2011). Effects of laser irradiation on caries prevention.
- Soares, F., Varella, C. H., Pileggi, R., Adewumi, A., & Guelmann, M. (2008). Impact of Er, Cr: YSGG laser therapy on the cleanliness of the root canal walls of primary teeth. *Journal of endodontics*, 34(4), 474-477.
- Strauss, R. A., Jones, G., & Wojtkowski, D. E. (2006). A Comparison of Postoperative Pain Parameters Between CO 2 Laser and Scalpel Biopsies. *Journal of Oral Laser Applications*, 6(1).
- Takamori, K., Hokari, N., Okumura, Y., & Watanabe, S. (2001). Detection of occlusal caries under sealants by use of a laser fluorescence system. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 19(5), 267-271.
- Vaghela, D. J., & Sinha, A. A. (2011). Pulse oximetry and laser Doppler flowmetry for diagnosis of pulpal vitality. *Journal of interdisciplinary dentistry*, 1(1), 14-21.
- Visuri, S. R., Walsh Jr, J. T., & Wigdor, H. A. (1996). Erbium laser ablation of dental hard tissue: effect of water cooling. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, 18(3), 294-300.
- Westerman, G. H., Hicks, M. J., Flaitz, C. M., Ellis, R. W., & Powell, G. L. (2004). Argon laser irradiation and fluoride treatment effects on caries-like enamel

lesion formation in primary teeth: an in vitro study. *American Journal of Dentistry*, 17(4), 241-244.

Widmer, R. (2002). Implications of child development on the practice of oral care. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* (Jamesburg, NJ: 1995), 23(3 Suppl 2), 4-9.