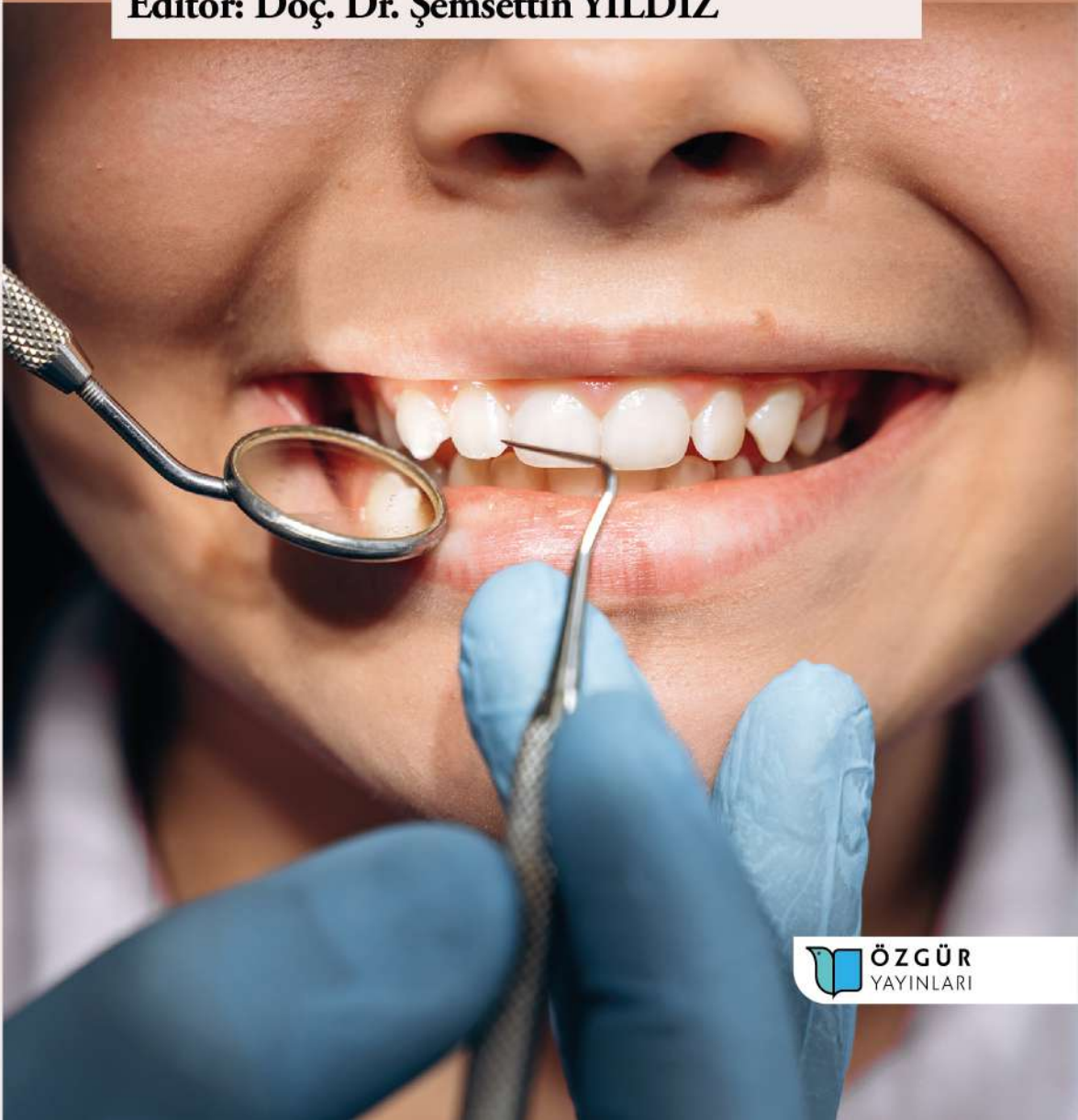


# Pedodontide Güncel Yaklaşımlar: Dijitalden Kliniğe Yolculuk

**Editör: Doç. Dr. Şemsettin YILDIZ**



# Pedodontide Güncel Yaklaşımlar: Dijitalden Kliniğe Yolculuk

**Editör:**

Doç. Dr. Şemsettin YILDIZ



Published by

**Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.**

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şhitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 [www.ozguryayinlari.com](http://www.ozguryayinlari.com)

✉ [info@ozguryayinlari.com](mailto:info@ozguryayinlari.com)

---

## Pedodontide Güncel Yaklaşımlar: Dijitalden Kliniğe Yolculuk

Editor: Doç. Dr. Şemsettin YILDIZ

---

Language: Turkish

Publication Date: 2025

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

**ISBN (PDF):** 978-625-5646-98-9

**DOI:** <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub825>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>  
This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Yıldız, Ş. (ed) (2025). *Pedodontide Güncel Yaklaşımlar: Dijitalden Kliniğe Yolculuk*. Özgür Publications.

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub825>. License: CC-BY-NC 4.0

---

*The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozguryayinlari.com/>*

---



## Ön Söz

Günümüzde bilim ve teknoloji alanında hızlı yaşanan dijital dönüşüm, diş hekimliğini de köklü bir değişim sürecine taşımaktadır. Özellikle çocuk diş hekimliği, farklı yaş gruplarına göre hassasiyet gerektirdiği bir alan olarak, dijital teknolojilerin ve yapay zekâ destekli yöntemlerin en hızlı ve etkin biçimde entegre edilmesi gerekmektedir. Bu gelişmeleri yakından takip eden akademisyen hekimler, güncellenen bilgiler ışığında klinik uygulamalara aktarılmasını amaçlamaktadır. Ayrıca toplumumuzda çocuklarda dental travma ve çürük görülme sıklığı fazladır. Bununla birlikte dental travma ve çürüğe bağlı olarak erken diş kayıplarında klinik karar süreçlerini ve uzun dönemli tedavi planlamasını kolaylaştıracak yöntemleri kullanmak önem arz etmektedir.

Bu eser, çocuk diş hekimliği alanında çalışan klinisyenler, akademisyenler ve öğrenciler için güncel bilgiyi sistematik biçimde derlemeyi hedefleyerek dijital dönüşümün olanaklarını güvenli, ölçülebilir ve hasta merkezli bir yaklaşımla kliniğe taşımayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın hazırlanmasında emeği geçen tüm yazar ve katkı sağlayıcı meslektaşlarımıza teşekkür eder, kitabın çocuk diş hekimliği alanına ve diş hekimliği literatürüne değerli katkılar sunmasını dileriz.



# İçindekiler

|        |     |
|--------|-----|
| Ön Söz | iii |
|--------|-----|

## Bölüm 1

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Yapay Zeka ve Diş Hekimliği | 1 |
| <i>Büşra Yüçetürk</i>       |   |

## Bölüm 2

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Dental Travmalarda Kayıt ve Tedavi Süreçlerinin Klinik Yönetimi | 17 |
| <i>Derya Sarıoğlu</i>                                           |    |

## Bölüm 3

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| Süt Dişlerinde Kontak Alanı Sınıflandırması: Oxis | 27 |
| <i>Derya Sarıoğlu</i>                             |    |

## Bölüm 4

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Yer Tutucuların Sonlu Elemanlar Analiziyle Değerlendirilmesi | 37 |
| <i>Saadet Nilü Muttepe</i>                                   |    |

## Bölüm 5

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Çocuk Diş Hekimliğinde Klinik Uygulamalarda Dijital Teknolojiler | 55 |
| <i>Zübeyde Uçar Gündoğar</i>                                     |    |



## Yapay Zeka ve Diş Hekimliği

Büşra Yüçetürk<sup>1</sup>

### Özet

Zekâ, ilişki kurma, problem çözme ve çevreye uyum sağlama gibi bilişsel yetileri kapsamaktadır. Yapay zekâ (YZ) ise, bu yetileri makinelerde taklit etmeyi amaçlayan sistemler bütünüdür. YZ, makine öğrenmesi, yapay sinir ağları ve derin öğrenme gibi alt alanlarla gelişmiştir. Makine öğrenmesi, sistemlerin verilerden öğrenerek karar verebilmesini sağlarken; yapay sinir ağları, insan beynindeki nöronları taklit eden katmanlı yapılarla çalışır. Bu yapılarının derin ve çok katmanlı hâli olan derin öğrenme ise, özellikle görüntü, ses ve metin gibi karmaşık veriler üzerinde yüksek başarı gösteren bir modelleme yöntemidir.

Diş hekimliğinde yapay zekâ, hasta kayıt yönetimi, teşhis destek sistemleri ve görüntü analizleri gibi alanlarda önemli gelişmeler sağlamıştır. Panoramik, periapikal ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) görüntülerinde dişlerin otomatik tespiti ve sınıflandırılması, tedavi planlamasında yüksek doğruluk sunmaktadır. Ayrıca diş yaşının belirlenmesi, çürük ve patoloji tespiti, sefalometrik analiz ve ağız hastalıklarının erken teşhisinde de yapay zekâ destekli sistemler başarıyla kullanılmaktadır. Bu gelişmeler, klinik verimliliği artırmakta ve hataları azaltarak hasta bakım kalitesini iyileştirmektedir.

### 1.Yapay Zeka Nedir?

Zekâ; nesneler ve kavramlar arasında ilişki kurabilme, karar verebilme, düşünerek çözüm geliştirme, yargıda bulunma ve sonuç çıkarabilme kabiliyeti olarak nitelendirilmektedir.. Aynı zamanda, öğrenme, anlama, çevreye uyum sağlama ve analiz yapabilme gibi becerileri de kapsamaktadır. Yapay zekâ ise, veri setleri aracılığıyla problemlere çözüm üretebilen, öğrenebilen makinelerden meydana gelen bir sistemler bütünüdür (1).

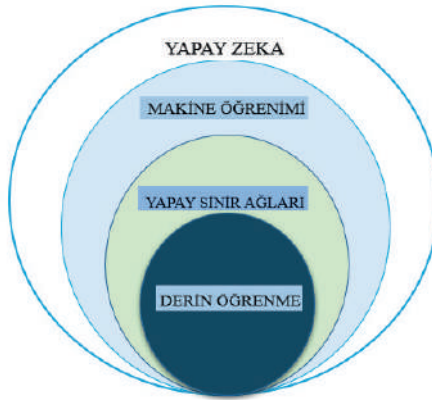
1 Uzman Diş Hekimi, Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,  
busrayctrk@outlook.com ORCID ID: 0000-0003-2686-1450



Yapay zekâ alanındaki araştırmalar, İkinci Dünya Savaşı döneminde önem kazanmaya başlamıştır. Yapay zekânın kurucularından kabul edilen Alan Turing, 1947’de verdiği konferansta bilgisayar programlarıyla akıllı makineler üretilebileceğini dile getirmiştir. 1950 yılında yayımladığı “Computing Machinery and Intelligence” adlı makalesinde “Makineler düşünebilir mi?” sorusunu ortaya atmış ve bu bağlamda günümüzde “Turing Testi” olarak bilinen “Taklit Oyunu”nu önermiştir. Turing adı verilen bu zeka testine göre, bilgisayarla insan arasındaki etkileşimde, insan ve bilgisayar farkı ayırt edilemiyorsa o bilgisayarın insan kadar akıllı sayılması gerektiğini kabul edilmektedir (2).

1950’lerde ilk kez ortaya atılan yapay zeka teriminin üzerine 1980’lerde makine öğrenimi terimi ve sonrasında derin öğrenme ve yapay sinir ağları (YSA) terimleri ortaya çıkmıştır (3).

Yapay karmaşık nöral bağlantı ağlarından oluşan sayısal metotlar bütününe yapay sinir ağları denilmektedir. Derin öğrenme ise karmaşık veri setlerini öğrenmek ve bu veri setlerinden çıkarım yapmak için çok daha fazla alt grupla beraber matematiksel işlemleri kullanan bir yapay zeka sinir ağıdır (4). Venn diyagramı yapay zeka ve alt gruplarının ilişkisini göstermektedir (5) (Şekil 1).



*Şekil 1. Yapay zeka alt gruplarının şematik görüntüsü(5)*

## 2. Makine Öğrenimi

Yapay zekâ teknolojisinin temel amacı, makinelerin yüklenen veriler aracılığıyla insanlar gibi problem çözme kabiliyeti kazanmasıdır. Bu teknolojiyi anlayabilmek için “Makine Öğrenmesi”, “Yapay Sinir Ağları”

ve “Derin Öğrenme” kavramlarının bilinmesi gerekmektedir. Makine öğrenmesi, yapay zekâ algoritmalarının en temel yapı taşlarından birini oluşturmaktadır (6).

Makine öğrenimi, yirmi birinci yüzyılı dönüştürme potansiyeline sahip bir yapay zekâ biçimidir. Bu terim, büyük veri kümelerine dayalı olarak akıllı tahminlerde bulunabilen geniş bir algoritma aralığını tanımlamaktadır. Söz konusu veri setleri çoğunlukla milyonlarca benzersiz veri noktasını dahil edecek ölçüde büyük görünmektedir (7).

Makine öğrenmesi modelleri, daha fazla veri ile beslendikçe gelişim göstermekte; böylece daha doğru değerlendirmeler yaparak daha özelleşmiş yanıtlar üretebilir hâle gelmektedir (8).

Son dönemdeki makine öğrenmesi alanında kaydedilen ilerlemeler, insan düzeyinde bilgi çıkarımı, semantik anlama ve hatta bazen soyut kalıpları insan uzmanlardan daha yüksek doğrulukla tanımlayabilme yetisine ulaşmıştır (9). Makine öğrenimi, makinenin aldığı öğrenme sinyali ya da geri bildirimle göre çeşitli sınıflara ayrılmaktadır.

## 2.1. Denetimli Öğrenme

Denetimli öğrenme, etiketlenmiş veri setleri kullanılarak modelin giriş ve çıkışlar arasındaki ilişkileri öğrendiği bir yapay zekâ yaklaşımı sunmaktadır. Rehberlik gerektiren bu süreç sonunda model, yeni verileri doğru şekilde etiketleyebilmektedir (10).

## 2.2. Denetimsiz Öğrenme

Denetimsiz öğrenmede sistem, dış bir rehber olmadan, etiketlenmemiş veriler arasındaki benzerlikleri analiz ederek analizleri keşfeder ve anlamlı bilgiler çıkarır (10).

## 3.Yapay Zeka Sinir Ağları

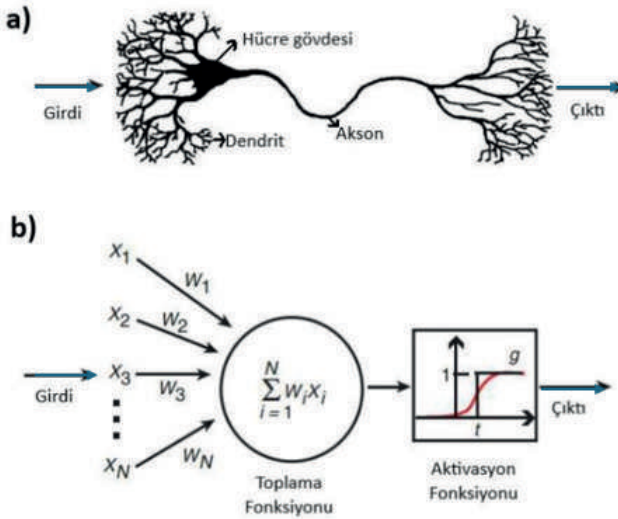
Yapay Sinir Ağları (YSA), insanın merkezi sinir sistemindeki karmaşık nöral bağlantı ağlarına benzer şekilde gelişim gösteren sayısal yöntemler bütünüdür. Bu sistemlerde, biyolojik sinir hücrelerinin (nöron) görevlerini üstlenen yapay sinir hücreleri, belirli görevleri yerine getirmek amacıyla bir araya gelerek katmanlı bir ağ yapısı oluşturmaktadırlar (11).

Warren McCulloch ve Walter Pitts’in 1943 yılında kaleme aldıkları “Sinir Aktivitesinde Düşüncelere Ait Bir Mantıksal Hesap” isimli araştırma, ilk yapay sinir ağı modelini sunan çalışmalardan biri olarak kabul edilmektedir (12).

Yapay sinir ağları, örnek verileri toplayarak bu örnekler arasındaki ilişkileri öğrenen ve edindiği bilgileri kullanarak karşılaştığı yeni örnekler hakkında karar verebilen yapılardır. Bu ağların, öğrenebilme ve genelleme yetenekleri sayesinde birçok bilim dalında uygulama alanı bulunmaktadır (13).

Biyolojik sinir hücrelerinde yer alan dendrit, hücre gövdesi ve akson gibi bileşenlerine karşılık olarak; yapay sinir ağlarında bu yapılar sırasıyla ağırlıklar, toplama fonksiyonu ve aktivasyon fonksiyonu olarak adlandırılmaktadır (5)

Yapay bir sinir hücresinde,  $X_1, X_2, \dots, X_n$  gibi girdiler, kendi ağırlıkları olan  $w_1, w_2, \dots, w_n$  ile çarpılır; ardından bu değerler toplanarak aktivasyon fonksiyonuna iletilmektedir. Aktivasyon fonksiyonu, bu toplamı işleyerek bir çıktı üretmektedir (14) (Şekil 2).



Şekil 2. Doğal sinir hücresi (a) ve Yapay sinir hücresi (b) (15,16)

Yapay sinir ağları genellikle üç katmandan oluşmaktadır: Girdi katmanı, çıktı katmanı ve gizli katmanı. Girdi ve çıktı katmanları çoğunlukla tek katmandan oluşurken, gizli katmanların sayısı ağına yapısına ve karmaşıklığına göre farklılık gösterebilmektedir. Girdi katmanı, verilerin ağına sunulduğu terminalleri içermektedir. Bu katmandaki veriler, bağlantıların ağırlıkları ile çarpılarak gizli katmana aktarılmaktadır. Gizli katman, ağına en önemli bölümünü oluşturur ve bazı yapay sinir ağı modellerinde birden fazla gizli katman bulunabilmektedir. Gizli katmanın yapısı ve nöron sayısı, ağına tasarımına ve kullanıcı deneyimine bağlı olarak belirlenmektedir. Gizli

katmandaki nöronlardan gelen çıkışlar, çıktı katmanına bağlantıların ağırlıkları ile çarpılarak aktarılmaktadır. Çıktı katmanı, ağın en son katmanıdır ve kendisine gelen girdileri işleyerek uygun bir çıktı oluşturmaktadır. Bağlantılar üzerindeki ağırlık değerleri, öğrenme süreci sırasında belirlenmektedir (17,18).

#### 4. Derin Öğrenme

21. yüzyılda insan beynindeki nöronal yapıyı taklit eden yapay sinir ağları, daha karmaşık problemleri çözebilmek amacıyla derin öğrenme kavramına evrilmiştir. 2006 yılında Hinton'un çok katmanlı yapay sinir ağlarının daha fonksiyonel eğitilebileceğini ortaya koymasıyla derin öğrenme kavramı literatürde yerini almıştır (19). Klasik yapay sinir ağlarıyla oluşturulamayan derin yapılar, modern hesaplama gücü sayesinde mümkün hâle gelmiş ve bu sayede doğrusal olmayan karmaşık ilişkiler modellenebilmiştir. Artan veri hacmi ve veri karmaşıklığı, derin öğrenme yöntemlerinin yaygınlaşmasına katkı sağlamıştır. Derin öğrenme; görüntü, ses ve doğal dil işleme gibi birçok alanda başarıyla kullanılmakta; plaka ve yüz tanıma, sürücüsüz araçlar, spam filtreleme ve tıbbi teşhis gibi uygulamalarda önemli rol oynamaktadır (20).

Derin öğrenme, geleneksel makine öğreniminde ihtiyaç duyulan elle özellik çıkarımı yerine, verilerin katmanlar boyunca otomatik şekilde işlenerek temsil edilmesini sağlar. Özellikle özellik çıkarımının otomatik olarak yapılması, derin öğrenmenin en önemli avantajlarından. Günümüzde bu alandaki araştırmalar hızla artmaktadır(21).

Derin öğrenme problemlerine göre farklı algoritmalar kullanılmaktadır. Bu algoritmalar arasında Evrişimli Sinir Ağları (ESA), Uzun Kısa Vadeli Hafıza (LSTM), Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN), Sınırlı Boltzmann Makineleri (RBM), Derin İnanç Ağları (DBN) ve Derin Otokodlayıcılar yer almaktadır (22,23).

##### 4.1.Evrişimli Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks - CNN):

ESA'lar, özellikle görüntü işleme ve nesne tespitinde sıklıkla kullanılan ileri beslemeli ve çok katmanlı sinir ağı yapılarıdır (24). Sınıflandırma ve tespit görevlerinde sıkça tercih edilen ESA'larda evrişim, havuzlama, tam bağlı ve sınıflandırma gibi çeşitli katmanlar bulunur. Bu katmanlar sayesinde nesnelere ait ayırt edici özellikler belirlenerek sınıflandırma gerçekleştirilir (25).

ESA'ların eğitimi şu adımları içerir:

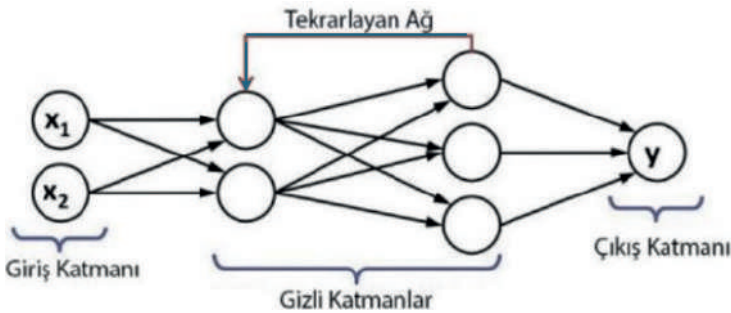
- Katman sayısı ve yapısı belirlenir, model oluşturulur.
- Başlangıç parametreleri tanımlanır.
- Girdi verisi modele aktarılır ve her katmanda işlenerek bir sonraki katmana iletilir (ileri besleme).

Bu süreçte ağırlıklar hesaplanır ve veri tüm katmanlar boyunca iletilir (26).

Modelin çıktısı hedef çıktıyla uyuşmadığında oluşan hata (kayıp), bağlantı noktalarına geri iletilerek sistemin kendini düzeltmesi sağlanmaktadır. Bu işleme geri besleme denir. Hata sinyali tüm nöronlara dağıtılır, toplam hata belirlenir ve ağ boyunca geri yayılım yoluyla modelin güncellenmesi gerçekleştirilmektedir (27).

#### 4.2. Tekrarlayan Sinir Ağı (RNN)

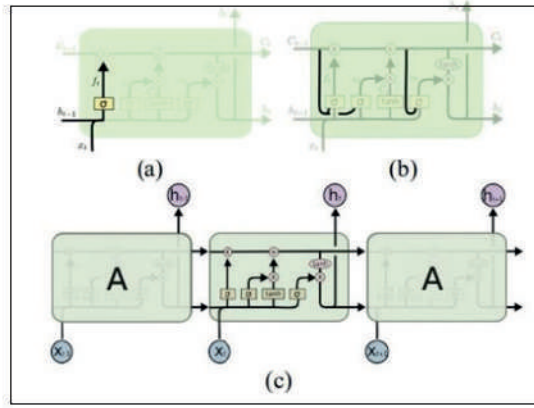
Tekrarlayan sinir ağları hafızaya sahip olmalarından dolayı zaman serileri ve ardışık verilerde başarılıdır. Her işlem adımı bir öncekinin çıktısına bağlıdır ve bu nitelik görüntü işleme gibi uygulamalarda yüksek doğruluk sağlamaktadır (28) (Şekil 3).



Şekil 3. Tekrarlayan sinir ağı modeli (25)

#### 4.3. Uzun Kısa Süreli Hafıza Ağları (LSTM)

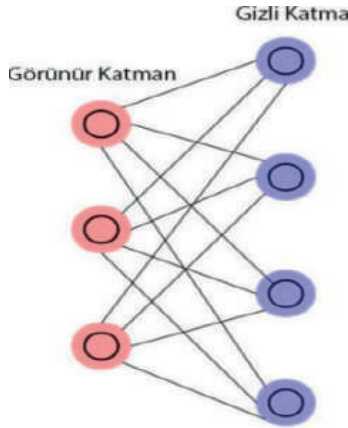
Hochreiter ve Schmidhuber tarafından 1997'de geliştirilen LSTM, uzun vadeli bağımlılıkları yakalamak için tasarlanmıştır. Makine çevirisi, hisse senedi tahmini, konuşma ve el yazısı tanıma gibi alanlarda kullanılır ve diğer yöntemlere kıyasla kısa-uzun dönemli tahminlerde daha iyi başarı göstermektedir (29) (Şekil 4).



Şekil 4. Uzun kısa süreli hafıza ağı modeli (25)

#### 4.4. Sınırlı Boltzman Makineleri (RBM)

RBM, sınıflandırma, regresyon ve boyut indirgeme gibi alanlarda kullanılan derin öğrenme yöntemidir. İki katmandan oluşur: girişleri temsil eden görünür katman ve verilerin özelliklerini kodlayan gizli katman. Bu katmanlar arasındaki ağırlıklar öğrenilerek veri temsili sağlanır (30,31) (Şekil 5).

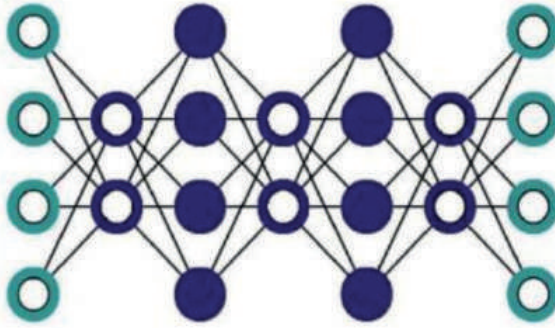


Şekil 5. Sınırlı boltzman makineleri modeli (25)

#### 4.5. Derin İnanç Ağları (DBN)

Geoffrey Hinton tarafından geliştirilen DBN, ardışık RBM katmanlarından oluşur. Katmanlar birbirleriyle bağlantılı çalışır ancak aynı katmandaki

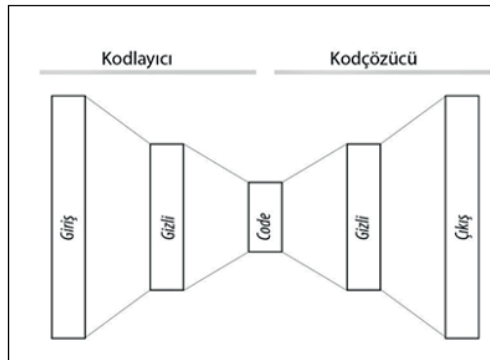
düğümlemler yatay iletişim kurmaz. Son katmanda softmax işlevi bulunur ve denetimsiz öğrenme ile sınıflandırma yapılabilir. DBN'ler görüntü üretimi ve tanıma gibi alanlarda da kullanılır (31) (Şekil 6).



Şekil 6. Derin inanç ağı modeli (25)

#### 4.6. Derin Otokodlayıcılar

Derin otokodlayıcılar; kodlayıcı, kod çözücü ve kod bileşenlerinden oluşur. Girdileri daha düşük boyutlu kodlara dönüştürür ve aslına yakın bir çıktı üretir. Netleştirilen görüntüler, yorumlama amacıyla başka sinir ağılarına aktarılabilir (32) (Şekil 7).



Şekil 7. Derin Otokodlayıcı modeli (25)

## 5. Derin Öğrenme Kütüphaneleri

Derin öğrenme mimarilerini geliştirmek ve yapay sinir ağlarını eğitmek amacıyla kullanılan yazılım araçları derin öğrenme kütüphaneleri olarak tanımlanmaktadır. Bu derin öğrenme kütüphaneleri, büyük veri setlerinden anlamlı örüntüler çıkarabilmek ve derin öğrenme modellerinin görevlerini etkin şekilde yerine getirebilmek amacıyla geliştirilmiştir. Facebook tarafından geliştirilen PyTorch, dinamik ve esnek yapısı hesaplama grafikleri meydana getirme özelliği ile dikkat çeken açık kaynaklı bir derin öğrenme kütüphanesidir. UC Berkeley tarafından geliştirilen Keras, genellikle bilgisayar görüşü alanında öne çıkan hızlı bir derin öğrenme aracıdır. Google tarafından geliştirilen TensorFlow ise grafik tabanlı hesaplama modeliyle geniş bir topluluk tarafından desteklenen açık kaynaklı bir kütüphanedir (3). Apache MXNet ise, ölçeklenebilirliği, esnekliği ve çoklu dil desteğiyle öne çıkan, dağıtılmış eğitim olanağı sunan bir derin öğrenme platformudur. Bu kütüphaneler, geliştiricilerin farklı gereksinimlerine yönelik çeşitli avantajlar sunmakta olup, seçim süreci projenin ihtiyaçları, geliştirme tecrübesi ve topluluk desteği gibi unsurlara bağlıdır (33).

## 6. Derin Öğrenme ve Diş Hekimliği

Yapay zeka tabanlı algoritmalar, birçok alanda olduğu gibi diş hekimliği alanında da hızla gelişerek ilerlemektedir (34). Bilgisayar ve internet teknolojilerindeki ilerlemeler, diş hekimliği veri setlerinin kolay erişilebilirliği ve yapay zeka ile işlenebilmesi bu gelişmeyi desteklemektedir. Diş hekimliği pratiğinde hasta-klinisyen etkileşiminden klinik prosedürlere kadar teknolojik ilerlemeler büyük önem taşımaktadır (35).

Yapay zeka tabanlı modeller, dental asistanlarla bütünleşmiş biçimde hasta randevularını organize ederek hasta kayıtlarının yönetimini kolaylaştırmaktadır (36). Ayrıca hastaların tıbbi ve dental anamnezleri kaydedilmekte, sigara ve alkol kullanımı gibi olumsuz alışkanlıklar tespit edilerek hekimlere sunulmaktadır. Bu sayede, oluşan benzersiz veri tabanı ile hasta süreçleri hızlanmakta ve takibi kolaylaşmaktadır (35). Tüm bu ilerlemeler insan gücü ve zamandan tasarruf sağlarken, insan kaynaklı hataları azaltmakta ve maliyetleri azaltmaktadır (3).

Diş hekimliğinde yapay zeka, teşhis süreçlerini daha doğru ve etkin hale getirerek en doğru tedavi süreci planlarının oluşturulmasına katkı sağlamaktadır. Hekimlerin var olan tüm bilgilerini kullanarak doğru karar vermesi bazen zaman kısıtlamaları nedeniyle zor olabilmektedir. Bu durumda yapay zeka tabanlı modeller rehberlik edebilmektedir (3). Yapay zekâ algoritmaları, panoramik radyografilerde dişlerin otomatik olarak



algılanması ve doğrulanması için ayırt edici özelliklerden yararlanmaktadır. Ayrıca, periapikal radyografilerde dişlerin ve çevresindeki anatomik yapıların ayrıntılı görüntülenmesi, yapay zeka tabanlı diş numaralandırma sistemlerinin doğruluğunu ve hassasiyetini artırmaktadır. Periapikal görüntüler, diş morfolojisindeki küçük değişikliklerin tanımlanmasını ve doğru teşhisi kolaylaştırmaktadır. Doğru diş segmentasyonu ve tanımlanması, teşhisten tedavi planlamasına kadar klinik uygulamalarda önemli avantajlar sunmaktadır. Yapay zeka tabanlı üç boyutlu segmentasyon, diş hekimliği uygulamalarının etkinliğini artırarak karmaşık anatomik yapıların daha hassas tanımlanmasına olanak sağlamaktadır (37). Son zamanlarda konik ışıklı bilgisayarlı tomografi (CBCT) görüntüleri kullanılarak dişlerin otomatik tespiti ve sınıflandırılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır. (38).

Ağız, diş ve çene radyolojisi alanında yapay zeka, sefalometrik radyografilerde landmark tespiti, alveolar kemik kaybının değerlendirilmesi, kök morfolojisinin incelenmesi, üç ve iki boyutlu radyografilerde diş tespiti ve numaralandırılması, diş çürükleri ve periapikal patolojilerin saptanması gibi çeşitli araştırmalarda kullanılmaktadır (39,40). Ayrıca yapay zekâ modelleri, ağız hastalıklarının teşhisinde, ağız kanserlerinin ve yüksek riskli hastaların belirlenmesinde, ortodontide büyüme ve gelişimin izlenmesinde, el-bilek radyografileri kullanılarak kemik yaşının değerlendirilmesinde, diş hareketlerinin planlanmasında ve uygulanacak kuvvet miktarının ölçülmesinde etkin görev almaktadır (41). Evrişimli sinir ağı tabanlı algoritmalar, vertikal kök kırıkları, diş ve çene patolojileri, osteoporoz ve maksiller sinüzitin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (42).

Hangi dişlerin diş hastalıklarından etkilenip etkilenmediğini tespit eden otomatik, karmaşık tespit sistemleri diş tanımlama sürecinin temelini oluşturmaktadır. Araştırmacılar, dişleri sınıflandırmak ve numaralandırmak için çeşitli teknikler geliştirmiştir (43). Evrişimli sinir ağıları tabanlı modeller, otomatik diş segmentasyonu konusunda daha yüksek doğruluk değerleri sergilemektedir (44).

Diş yaşının belirlenmesinde klinik ve pantomografik yöntemler genellikle kullanılır. Klinik yöntem uygulanması kolay ve hızlı sonuçlar sağlayabilse de sıklıkla yanlış sonuçlar verebilmektedir. Pantomografik yöntem ise diş tomurcuklarının mineralizasyon aşamasını incelenmesini sağlayan daha hassas bir yaklaşımdır. Zaborowicz vd. (2021), dijital pantomografik görüntüler ve sinir modellemesi kullanarak kronolojik yaşını belirlemek için 4-15 yaş aralığındaki çocuklarda yeni bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem, basit uygulanabilirliği, yüksek doğruluk sağlaması, pantomografik görüntülerde metrik yaş değerlendirmesi yapabilmesi nedeniyle kullanılan ilk

yöntemlerden biri olmaktadır (45). Benzer şekilde Zaborowicz vd. (2022), yaptığı diğer araştırmada üç derin sinir ağı modeli ile 4-15 yaş arası çocuk ve ergenlerin diş ve kemik göstergelerini kullanarak biyolojik yaşı doğru bir şekilde tanımlayabildiğini göstermiştir (46).

## Referanslar

1. Bellman R. Artificial intelligence : can computers think? (No Title) [Internet]. 1978; Available from: <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282270499133440>
2. Ramesh AN, Kambhampati C, Monson JR, Drew pJ. Artificial intelligence in medicine Ann R Coll Surg Engl. 2004;86(5):334–8.
3. Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, Vishwanathaiah S, Patil S, Baeshen HA, et al. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry - A systematic review. J Dent Sci. 2021 Jan;16(1):508–22.
4. Schwendicke F, Elhennawy K, Paris S, Friebertshäuser P, Krois J. Deep learning for caries lesion detection in near-infrared light transillumination images: A pilot study. J Dent. 2020 Jan;92(103260):103260.
5. Soffer S, Ben-Cohen A, Shimon O, Amitai MM, Greenspan H, Klang E. Convolutional neural networks for radiologic images: A radiologist's guide. Radiology. 2019 Mar;290(3):590–606.
6. Nichols JA, Herbert Chan HW, Baker MAB. Machine learning: applications of artificial intelligence to imaging and diagnosis. Biophys Rev. 2019 Feb;11(1):111–8.
7. Samuel AL. Some studies in machine learning using the game of checkers. II—Recent progress. Annual Review of Automatic Programming. 1967 Nov 1;6:1–36.
8. Miotto R, Wang F, Wang S, Jiang X, Dudley JT. Deep learning for healthcare: review, opportunities and challenges. Brief Bioinform. 2018 Nov 27;19(6):1236–46.
9. Calayır GN, Kabak M. Bakım için makine öğrenme tekniklerinin analizi ve bir uygulama. Journal of Turkish Operations Management. 2021;5(1):662–75.
10. Silver D, Schrittwieser J, Simonyan K, Antonoglou I, Huang A, Guez A, et al. Mastering the game of Go without human knowledge. Nature. 2017 Oct 18;550(7676):354–9.
11. Jain AK, Mao J, Mohiuddin KM. Artificial neural networks: a tutorial. Computer (Long Beach Calif). 1996 Mar;29(3):31–44.
12. Öztürk K, Şahin ME. Yapay sinir ağları ve yapay zekâ'ya genel bir bakış. Takvim-i Vekayi. 2018;6(2):25–36.
13. Ergezer H, Dikmen M, Özdemir E. Yapay sinir ağları ve tanıma sistemleri. PiVOLKA. 2003;2(6):14–7.
14. Öztemel DE. YAPAY SİNİR AĞLARI [Internet]. Available from: [http://papatyabilim.com.tr/PDF/yapay\\_sinir\\_aglari.pdf](http://papatyabilim.com.tr/PDF/yapay_sinir_aglari.pdf)

15. Sinanoğlu C, Kurban AO, Yildirim Ş. Analysis of pressure variations on journal bearing system using artificial neural network. *Ind Lubr Tribol*. 2004 Apr 1;56(2):74–87.
16. Krogh A. What are artificial neural networks? *Nat Biotechnol*. 2008 Feb;26(2):195–7.
17. Efe MÖ, Kaynak O. Yapay sinir ağları ve uygulamaları. 2004; Available from: <https://scholar.google.gr/citations?user=OityWEAAAAAJ&hl=tr&oi=sra>
18. Firat M, Güngör M. Askı Madde Konsantrasyonu ve Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi. *Teknik Dergi* [Internet]. 2004 Feb 1;15. Available from: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/136710>
19. Kaya U, Yılmaz A, Dikmen Y. Sağlık Alanında Kullanılan Derin Öğrenme Yöntemleri. *Eur J Sci Technol*. 2019 Aug 31;(16):792–808.
20. Keleş A. DERİN ÖĞRENME VE SAĞLIK ALANINDAKİ UYGULAMALARI. *Electronic Turkish Studies* 2018 [Internet]. Available from: [https://www.researchgate.net/profile/Ali-Keles-5/publication/328347813\\_Derin\\_Ogrenme\\_ve\\_Saglik\\_Alanindaki\\_Uygulamalari/links/5f997a40a6fdccfd7b84c32a/Derin-Oegrenme-ve-Saglik-Alanindaki-Uygulamalari.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ali-Keles-5/publication/328347813_Derin_Ogrenme_ve_Saglik_Alanindaki_Uygulamalari/links/5f997a40a6fdccfd7b84c32a/Derin-Oegrenme-ve-Saglik-Alanindaki-Uygulamalari.pdf)
21. Elshawi R, Wahab A, Barnawi A, Sakr S. DLBench: a comprehensive experimental evaluation of deep learning frameworks. *Cluster Comput*. 2021 Sep;24(3):2017–38.
22. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*. 2015 May 28;521(7553):436–44.
23. Collobert R, Weston J, Bottou L, Karlen M, Kavukcuoglu K, Kuksa P. Natural language processing (almost) from scratch. *Journal of machine learning research*. 2011;12:2493–537.
24. Söylemez ÖF, Ergen B. Farklı Evrimsel Sinir Ağı Mimarilerinin Yüz İfade Analizi Alanındaki Başarımlarının İncelenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*. 2020;11(1):123–33.
25. Doğan F, Türkoğlu İ. Derin öğrenme modelleri ve uygulama alanlarına ilişkin bir derleme. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*. 2019;10(2):409–45.
26. Choi RY, Coyner AS, Kalpathy-Cramer J, Chiang MF, Campbell JP. Introduction to machine learning, neural networks, and deep learning. *Transl Vis Sci Technol*. 2020 Feb 27;9(2):14.
27. Kriegeskorte N, Golan T. Neural network models and deep learning. *Curr Biol*. 2019 Apr 1;29(7):R231–6.
28. Bae JH, Yeo D, Yim J, Kim NS, Pyo CS, Kim J. Densely distilled flow-based knowledge transfer in teacher-student framework for image classification. *IEEE Trans Image Process*. 2020 Apr 6;29:5698–710.

29. Somuncu E, Atasoy NA. Evrişimli tekrarlayan sinir ağı ile metin görüntüleri üzerinde karakter tanıma uygulaması gerçekleştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 2022;37(1):17–28.
30. HCA Deckshith Shetty, MJ Varma, S Navi, MR Ahmed. Diving Deep into Deep Learning: History, Evolution, Types and Applications. 2020;
31. Hinton GE, Salakhutdinov RR. Reducing the dimensionality of data with neural networks. *Science*. 2006 Jul 28;313(5786):504–7.
32. Voulodimos A, Doulamis N, Doulamis A, Protopapadakis E. Deep learning for computer vision: A brief review. *Comput Intell Neurosci*. 2018 Feb 1;2018:7068349.
33. Gündüz G, Cedimoğlu İH. Derin öğrenme algoritmalarını kullanarak görüntüden cinsiyet tahmini. *Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences*. 2019;2(1):9–17.
34. Ghods K, Azizi A, Jafari A, Ghods K. Application of Artificial Intelligence in clinical dentistry, a comprehensive review of literature. *J Dent (Shiraz)*. 2023 Dec;24(4):356–71.
35. Mahdi SS, Battineni G, Khawaja M, Allana R, Siddiqui MK, Agha D. How does artificial intelligence impact digital healthcare initiatives? A review of AI applications in dental healthcare. *International Journal of Information Management Data Insights*. 2023 Apr;3(1):100144.
36. Khanna SS, Dhaimade PA. Artificial intelligence: transforming dentistry today. *Indian J Basic Appl Med Res*. 2017;6(3):161–7.
37. Hartoonian S, Hosseini M, Yousefi I, Mahdian M, Ghazizadeh Ahsaie M. Applications of artificial intelligence in dentomaxillofacial imaging: a systematic review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2024 Nov;138(5):641–55.
38. Jang TJ, Kim KC, Cho HC, Seo JK. A fully automated method for 3D individual tooth identification and segmentation in dental CBCT. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*. 2022 Oct;44(10):6562–8.
39. Kılıc MC, Bayrakdar IS, Çelik Ö, Bilgir E, Orhan K, Aydın OB, et al. Artificial intelligence system for automatic deciduous tooth detection and numbering in panoramic radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*. 2021 Sep 1;50(6):20200172.
40. Krois J, Ekert T, Meinhold L, Golla T, Kharbot B, Wittemeier A, et al. Deep learning for the radiographic detection of periodontal bone loss. *Sci Rep*. 2019 Jun 11;9(1):8495.
41. AGZ BİÇER, ÖGH TEPE, ÖGÖ ÇELİKSÖZ, BC YAMAN. Yapay Zeka Ve Restoratif Diş Hekimliği [Internet]. Available from: <https://iksadyayinevi.com/wp-content/uploads/2023/06/TIP-VE-SAGLIK-BILIMLERINDE-MULTIDISIPLINER-BAKIS-I.pdf#page=10>

42. Orhan K, Bilgir E, Bayrakdar IS, Ezhov M, Gusarev M, Shumilov E. Evaluation of artificial intelligence for detecting impacted third molars on cone-beam computed tomography scans. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2021 Sep;122(4):333–7.
43. Vishwanathaiah S, Fageeh HN, Khanagar S, Maganur P. Artificial intelligence its uses and application in pediatric dentistry: A review. *Biomedicines* [Internet]. 2023 Mar 1;11. Available from: <https://www.mdpi.com/2227-9059/11/3/788>
44. Lee JH, Han SS, Kim YH, Lee C, Kim I. Application of a fully deep convolutional neural network to the automation of tooth segmentation on panoramic radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2020 Jun;129(6):635–42.
45. Zaborowicz K, Biedziak B, Olszewska A, Zaborowicz M. Tooth and bone parameters in the assessment of the chronological age of children and adolescents using neural modelling methods. *Sensors (Basel)*. 2021 Sep 8;21(18):6008.
46. Zaborowicz M, Zaborowicz K, Biedziak B, Garbowski T. Deep learning neural modelling as a precise method in the assessment of the chronological age of children and adolescents using tooth and bone parameters. *Sensors (Basel)*. 2022 Jan 14;22(2):637.



## Dental Travmalarda Kayıt ve Tedavi Süreçlerinin Klinik Yönetimi

Derya Sarioğlu<sup>1</sup>

### Özet

Uluslararası standartlara uygun olarak geliştirilen sınıflandırmalar, kayıt sistemleri ve indeksler sayesinde diş travmaları hem klinik hem de bilimsel olarak daha sistematik ve karşılaştırılabilir hale gelmiştir. Bu kapsamlı yaklaşım, hastaların tedavi kalitesini artırmanın yanı sıra, travmatoloji alanında gelecekteki araştırmalar için sağlam bir veri tabanı da sağlamaktadır.

### 1. Dental Travma Hakkında Genel Bilgiler

Travmatik dental yaralanmalar, iç ve dış etkenlerden kaynaklanan basınç sonucu ortaya çıkan ve bireyde dental ile periodontal dokuları etkileyen hasarlardır. Dünya genelinde nüfusun yaklaşık %5'i bu tür yaralanmalara maruz kalmaktadır. Bu durum özellikle çocukluk döneminde sık görülmekle birlikte, sporla ilgilenen yetişkinlerde de rastlanabilmektedir (1). Okul çağındaki çocuklarda bu oran %17'ye kadar çıkmakta; hem süt dişleri hem de daimi dişler bu yaralanmalardan etkilenebilmektedir (2).

#### 1.1. Dental Travma Etiyolojisi

Dental travmaların etiolojisi çeşitli faktörlere bağlıdır. Çocukluk döneminde motor fonksiyonların tam olarak gelişmemesi, kazaların daha sık yaşanmasına neden olur. Okul öncesi dönemde travmalar genellikle ev kazaları sonucu meydana gelirken, okul çağında düşme, çarpma, darbe alma ve spor aktiviteleri gibi nedenlerle ortaya çıkmaktadır (3,4).

Bu travmalar sadece dişlerin estetiğini ve oklüzyonunu değil, aynı zamanda bireylerin psikososyal durumlarını da olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, dental travmaların tanı ve tedavisinde sağlık çalışanlarının bilgi

1 Uzman Diş Hekimi, Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, dsarioğlu@gantep.edu.tr.  
ORCID ID: 0009-0004-1905-3230



ve tecrübesi büyük önem taşır. Diş hekiminin, travmanın etiyolojisini, yayılımını ve uygulanacak tedavi protokollerinin olası sonuçlarını bilmesi gerekmektedir (5).

Travmaya maruz kalan dental ve periodontal dokuların prognozu, yaralanma tipine ve müdahalenin zamanlamasına bağlıdır. Tedavinin en önemli aşamalarından biri uygun splintleme protokolünün bilinmesi ve takibin düzenli şekilde yapılmasıdır. Seçilen splintin esnekliği de prognoz açısından kritik öneme sahiptir (6). Periodontal ligamentlerin sağlıklı iyileşmesi için, splintin fizyolojik diş hareketlerine izin verecek esneklikte olması gereklidir. Rijit splintleme, dişlerde stres birikimine yol açarak ankiloz, rezorpsiyon ve pulpa kanalı obliterasyonu gibi olumsuz sonuçlara neden olabilir (7,8).

DiAngelis ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmaya göre, okul çağındaki çocukların yaklaşık %25'i dental travmaya maruz kalmaktadır (9). Bu travmalar, süt dişleri, karma dentisyon ve daimi dentisyon dönemlerinde görülebilir. Süt dişlenme döneminde, özellikle 2-3 yaş arasında, motor fonksiyonların tam gelişmemesi nedeniyle periodontal dokular sıklıkla etkilenir ve bu dönemde en çok avülsiyon ve lateral lüksasyon görülür (10). Karma dişlenme döneminde ise dental travmalar en sık 9-10 yaşlarında meydana gelir ve en yaygın travma tipi mine kırıklarıdır (10).

Dental travmaların nedenleri arasında günlük aktiviteler (%38), spor faaliyetleri (%31), trafik kazaları (%12), fiziksel şiddet (%12) ve iş kazaları (%5) yer almaktadır (11). Borin-Moura ve arkadaşları ise, dental travmaların en yaygın nedeninin düşme olduğunu belirtmiştir (12).

Dental travmanın prognozunu belirleyen başlıca faktörler; travmaya neden olan kuvvetin şiddeti, yönü ve bu kuvvete karşı koyan dokuların dayanıklılığıdır (3). Ayrıca, parmak emme, infantil yutkunma, tırnak yeme gibi alışkanlıklar maksillanın transversal büyümesini engelleyerek açık kapanış ve Sınıf II, Modifikasyon I gibi ortodontik sorunlara yol açmaktadır (2). Dudak desteğinin yetersizliği de dental travmanın görülme sıklığını artıran bir diğer faktördür (13).

Bunların yanı sıra çocuğun psikolojik ve sistemik durumu da travmaya yatkınlığı etkilemektedir. Dikkat eksikliği, hiperaktivite, otizm, epilepsi, serebral palsi gibi durumların yanı sıra görme ve işitme engeli olan veya özel gereksinime sahip çocuklar, dental travma açısından daha yüksek risk altındadır (9,14,15)..

## 2. Dental Travma Kayıt Süreci

Dental travmaların doğru ve eksiksiz şekilde kayıt altına alınması, gelecekte yapılacak çok merkezli çalışmalar ve meta-analizler açısından büyük önem taşımaktadır. Bu kayıtlar, hem bilimsel literatüre katkı sağlar hem de hasta takibinde önemli kolaylıklar sunar. Travmaya acil müdahale eden hekimin, hastaya ait travma formunu eksiksiz ve detaylı şekilde doldurması gerekmektedir. Ayrıca hastanın başka bir sağlık kuruluşuna sevk edilmesi gerektiğinde, doldurulan formun bir nüshasının ilgili birime iletilmek üzere hazırlanması, hastanın takibi ve tedavinin sürekliliği açısından son derece önemlidir. Tüm ayrıntıların titizlikle kaydedildiği eksiksiz bir travma formu, diş hekiminin karar verme sürecini kolaylaştırmakta ve prognoz hakkında daha net öngörülerde bulunmasına imkân tanımaktadır (16).

Dental travmaların tanımlanması ve sınıflandırılması için evrensel bir terminoloji oluşturmak amacıyla birçok farklı sınıflandırma geliştirilmiştir. Bu sınıflamalar arasında en yaygın kabul göreni Andreasen tarafından oluşturulan sınıflandırmadır (17). Andreasen Sınıflandırması, dental travmaları komplike ve komplike olmayan olmak üzere toplamda 19 alt gruba ayırmaktadır (18). Bu ayrımın temelinde, her iki travma türü için uygulanacak tedavi yaklaşımlarının farklı olması yatmaktadır. Günümüzde bu sınıflandırma dünya genelinde birçok klinik ve araştırma ortamında yaygın olarak kullanılmaktadır.

### 2.1. Dental Travma Kaydının Tarihçesi

Dental travmalarla ilgili ilk sistematik kayıt çalışmaları Birleşik Krallık'ta gerçekleştirilmiştir. Tüm çocuk diş hekimlerinin katılımıyla yürütülen bu çalışmada, travmaya maruz kalan çocukların geçirdiği travma türü, travmanın şiddeti, tıbbi öykü gibi bilgiler kaydedilmiş ve asgari bir kodlama sistemi geliştirilmesi hedeflenmiştir (19).

2018 yılında Kenny ve arkadaşları, dental travma sonrası yapılan tedavi süreçlerinin daha etkin şekilde izlenebilmesi amacıyla "Çekirdek Sonuç Seti (COS)" olarak adlandırılan bir sistem oluşturmak üzere bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, travma ile ilgili hangi bilgilerin kaydedilmesi gerektiği diş hekimlerine web tabanlı anketlerle sorulmuş ve elde edilen yanıtlar doğrultusunda altı temel başlık belirlenmiştir. Bu başlıklar; travmanın şiddeti, fiziksel bulgular, yaşam kalitesine etkileri, olası yan etkiler, fonksiyonel durum ve takip süreçleri şeklinde gruplandırılmıştır (20).

Dental travmaya uğrayan çocukların acil olarak sağlık kuruluşlarına başvurmaları, mevcut randevulu hastaların planlarını aksatabilmekte ve tedavi süreçlerinde gecikmelere neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra travma kayıt

formunun doldurulması da süreci uzatmakta ve hekim için zaman kaybına yol açmaktadır. Andreasen tarafından geliştirilen kayıt formu dört sayfadan oluşmakta ve oldukça detaylı bilgiler içermektedir (15). Bu sebeple, bazı ülkeler bu formun daha kısa ve pratik versiyonlarını kullanmaya yönelmiştir (21). Day ve arkadaşlarına göre, travma formunda mutlaka bulunması gereken asgari bilgiler; olayın nerede ve nasıl gerçekleştiği, travmadan sağlık kurumuna başvuruya kadar geçen süre, hastanın tıbbi geçmişi, bilinç kaybının olup olmadığı, ağız içi ve ağız dışı bulgular ile kırık parça varsa bu parçanın durumu gibi temel verilerden oluşmalıdır (21).

Almanya’da, Alman Endodonti ve Diş Travması Derneği tarafından hazırlanan dental travma kayıt formu, 2016 yılından bu yana kullanılmaktadır. Bu form, standart bir dokümantasyon sistemiyle doldurulduktan sonra dijital sistemlere aktarılmakta ve kayıt altına alınmaktadır. Formda yer alan bilgiler oldukça kapsamlıdır: travmanın oluş şekli ve nedeni, hastanın tıbbi öyküsü, demografik bilgileri, ağız içi ve ağız dışı muayene bulguları, radyografik görüntüler, pulpal ve periodontal testler (vitalite testi, mobilite vb.), uygulanan tedavi ve tedaviye dair planlanan adımlar detaylı biçimde yer almaktadır (22).

Dental travmalar, pek çok farklı senaryoyla ortaya çıkabileceğinden, bu travmaların türlerini belirlemeye yarayan kapsamlı indekslerin oluşturulması, evrensel düzeyde büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu bağlamda geliştirilen Eden–Baysal İndeksi, dental travmalarda tanımlanan ilk sistematik indekslerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu indeks beş farklı basamaktan oluşur ve dişler, FDI numaralandırma sistemine göre parantez içinde kodlanır. Birinci basamak, dişin kron kısmına ilişkin 0–5 arası bir değerlendirme içerirken, ikinci basamak kök kısmını 0–3 arasında derecelendirir. Üçüncü basamakta yaralanma tipi harflerle ifade edilirken, dördüncü basamak apeksin durumunu (immatür: i, matür: m, rezorbe: r) simgeler. Beşinci ve son basamak ise alveolar kemik kırığının varlığını (+) ya da yokluğunu (–) gösterecek şekilde kodlanmıştır (23). Daha sonra geliştirilen Modifiye Eden–Baysal İndeksi’nde ise periodontal durumlar da kodlama sistemine dâhil edilmiştir (24).

### **3. Dental Travmada Klinik Fotoğraflama**

Dental travmalarda tedaviye giden sürecin en kritik adımlarından biri, doğru ve eksiksiz bir anamnez alınmasıdır. Travmanın tüm detaylarını içeren kapsamlı bir kayıt formu ile birlikte, gelecekteki değerlendirmelere olanak sağlayacak şekilde klinik fotoğraflama yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu unsurlar, travmanın kapsamlı biçimde belgelenmesine ve tedavi sürecinin

daha sağlıklı yönetilmesine katkı sağlar. Günümüzde dijital sistemlerin yaygınlaşmasıyla birlikte, fotoğrafik dokümantasyonun da gelişmesi dental travma kayıtlarında önemli bir ilerleme kaydedilmesini sağlamıştır (25).

Dental travmalarda fotoğraf kullanımının önemi ilk kez 1985 yılında dile getirilmiş ve o tarihten itibaren fotoğrafik kayıtlar klinik değerlendirmelerin vazgeçilmez bir parçası hâline gelmiştir (26). Günümüzde ise standart hâle gelmiş bu uygulama, travma kayıtlarının temel klinik aracı olarak kabul edilmektedir (27).

Özellikle hastanın başka bir sağlık kurumuna sevk edilmesi gereken durumlarda, daha önce çekilmiş olan klinik fotoğraflar yeni hekim için yol gösterici olabilir. Bu sayede tedavi süreci daha sağlıklı planlanabilir ve yönetilebilir. Dental travma formuyla birlikte değerlendirilen bu görsel kayıtlar, kişiye özel tedavi planının oluşturulmasına önemli ölçüde katkı sağlayabilir. Takip randevularında çekilen fotoğrafların karşılaştırılması sayesinde, travmaya uğramış dişlerdeki renk değişiklikleri, intrüze olmuş dişin sürme miktarı ya da ankiloz sonucu gelişen infraoklüzyon gibi durumlar daha kolay tespit edilebilmektedir (26).

Ayrıca, bu fotoğrafların elektronik veri sistemlerine aktarılması tanı, tedavi ve takip süreçlerinde hızlı erişim sağlayarak sürecin etkin biçimde değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Dijital ortamda saklanan görseller, aynı zamanda sağlık kayıtlarının bütüncül şekilde belgelenmesine olanak tanır. Bu durum, özellikle travma sonrası gelişebilecek olası komplikasyonların erken tanımlanması ve izlem süreçlerinin kesintisiz bir şekilde sürdürülebilmesi açısından son derece değerlidir.

Elektronik sağlık kayıtlarına entegre edilen bu görsel belgeler, sadece klinik açıdan değil, aynı zamanda adli durumlarda da büyük bir öneme sahiptir. Travmaya ilişkin görsel veriler, şüpheli ya da hukuki süreç gerektiren durumlarda tartışılmaz birer delil olarak kullanılabilir.

Uluslararası Diş Travmatolojisi Derneği (IADT), 2020 yılında yayımladığı kılavuzda, dental travmaya maruz kalan hastaların kayıtlarında fotoğrafik dokümantasyonun kullanımını şiddetle tavsiye etmektedir (28).

Bu bağlamda, fotoğrafik kayıt işlemi yalnızca sağlık kuruluşunda değil, olayın gerçekleştiği anda da başlamalıdır. Travma sonrası ilk fotoğrafların olay yerinde hasta ya da ebeveyni tarafından çekilmesi oldukça faydalı olabilir. Hasta sağlık kuruluşuna ulaştığında ise, diş hekimi travmatize bölgeyi temizlemeden önce ve sonra olmak üzere fotoğraflama işlemini sürdürmelidir. Bununla birlikte; yanlış pozisyonadaki dişin tekrar yerine yerleştirilmesinden sonra, pulpa açıklığı kapatıldığında, kırık diş parçası

yapıştırıldığında ya da splint uygulaması yapıldıktan sonra da kayıtlar görsellerle desteklenmelidir. Tedavi süreci boyunca periyodik olarak yapılan takip randevularında yeni fotoğraflar çekilerek daha önceki görsellerle karşılaştırılmalı, böylece iyileşme süreci ayrıntılı olarak izlenmelidir (29).

## Referanslar

1. RGoswami M, Eranhikkal A. Management of traumatic dental injuries using different types of splints: A case series. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2020;13(2):199–202. <https://doi.org/10.5005/jpjournals-10005-1746>
2. Andersson L. Epidemiology of traumatic dental injuries. *J Endod.* 2013;39(3 Suppl):S2–S5.
3. Glendor U. Epidemiology of traumatic dental injuries: A 12-year review of the literature. *Dent Traumatol.* 2008;24(6):603–11. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2008.00696.x>
4. Gassner R, Tuli T, Hächl O, Rudisch A, Ulmer H. Cranio-maxillofacial trauma: A 10-year review of 9543 cases with 21,067 injuries. *J Craniomaxillofac Surg.* 2003;31(1):51–61. [https://doi.org/10.1016/S10105182\(02\)00168-3](https://doi.org/10.1016/S10105182(02)00168-3)
5. Arhakis A, Athanasiadou E, Vlachou C. Social and psychological aspects of dental trauma: Behavior management of young patients who have suffered dental trauma. *Open Dent J.* 2016;11:41–7. <https://doi.org/10.2174/1874210601711010041>
6. Quaranta A, de Giglio O, Coretti C, Vaccaro S, Barbuti G, Strohmer L. What do parents know about dental trauma among school-age children? A pilot study. *Ann Ig.* 2014;26(5):443–6. <https://doi.org/10.7416/ai.2014.1969>
7. Emshoff R, Moschen I, Strobl H. Adverse outcomes of dental trauma splinting related to displacement injury and pulpal blood flow. *Dent Traumatol.* 2008;24(1):32–7.
8. Kahler B, Rossi-Fede G, Chugal N, Lin LM. An evidence-based review of treatment approaches for immature permanent teeth with pulp necrosis. *J Endod.* 2017;43(7):1052–7. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.003>
9. Diangelis AJ, Andreasen JO, Ebeleseder KA, Kenny DJ, Trope M, Sigurdsson A, et al. IADT guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dent Traumatol.* 2012;28(1):2–12.
10. Kenny KP, Day PF, Sharif MO, Parashos P, Lauridsen E, Feldens CA, et al. Important outcomes in traumatic dental injuries: A core outcome set. *Dent Traumatol.* 2018;34(1):4–11. <https://doi.org/10.1111/edt.12367>
11. Gassner R, Tuli T, Hächl O, Rudisch A, Ulmer H. Cranio-maxillofacial trauma: A 10-year review of 9543 cases with 21,067 injuries. *J Craniomaxillofac Surg.* 2003;31(1):51–61. [https://doi.org/10.1016/S10105182\(02\)00168-3](https://doi.org/10.1016/S10105182(02)00168-3)
12. Borin-Moura L, Azambuja-Carvalho P, Daer-De-Faria G, Barros-Gonçalves L, Kirst-Post L, Braga-Xavier C. A 10-year retrospective study

- of dental trauma in permanent dentition. *Rev Esp Cir Oral Maxilofac.* 2018;40(2):65–70.
13. Basha S, Noor Mohammad R, Shivalinga Swamy H. Incidence of dental trauma among obese adolescents: A 3-year prospective study. *Dent Traumatol.* 2015;31(2):125–9. <https://doi.org/10.1111/cdt.12137>
14. Gandhi RP, Klein U. Autism spectrum disorders: Oral health management update. *J Evid Based Dent Pract.* 2014;14(Suppl):115–26. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2014.03.002>
15. Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L. Classification, epidemiology and etiology. In: Glendor U, Marcenes W, Andreasen JO, editors. *Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth.* 4th ed. 2007. p. 217–54.
16. Sharif MO, Tejani-Sharif A, Kenny K, Day PF. Systematic review of outcome measures in traumatic dental injury trials. *Dent Traumatol.* 2015;31(6):422–8.
17. Petti S, Andreasen JO, Glendor U, Andersson L. NA0D: The new traumatic dental injury classification of WHO. *Dent Traumatol.* 2022;38(3):170–4.
18. Andreasen FM, Pedersen BV. Prognosis of luxated permanent teeth: Pulp necrosis development. *Dent Traumatol.* 1985;1(6):207–20.
19. Gregg TA, Boyd DH. Software for clinical audit in pediatric dentistry. *Int J Paediatr Dent.* 1996;6(1):45–51.
20. Kenny KP, Day PF, Sharif MO, Parashos P, Lauridsen E, Feldens CA, et al. Important outcomes in traumatic dental injuries: A core outcome set. *Dent Traumatol.* 2018;34(1):4–11.
21. Day PF, Duggal MS. Reminders in dental traumatology: Current practices in the UK and Ireland. *Dent Traumatol.* 2006;22(5):247–51.
22. Widbiller M, Huppertz G, Müller K, Koller M, Reichert TE, Buchalla W, et al. Regensburg Dental Trauma Registry: Framework for data collection. *J Clin Med.* 2024;13(23):7196.
23. Eden E, Onetto JE, O’Connell AC. Modified Eden Baysal Dental Trauma Index including soft tissue injuries. *Dent Traumatol.* 2021;37(6):749–57.
24. Eden E, Baysal M, Andersson L. Eden Baysal dental trauma index: Validation study. *Dent Traumatol.* 2020;36(2):117–23.
25. Moule A, Cohenca N. Emergency assessment and planning for dental trauma. *Aust Dent J.* 2016;61(Suppl 1):21–38.
26. Andreasen FM, Andreasen JO. Diagnosis of luxation injuries: Importance of standardized techniques. *Endod Dent Traumatol.* 1985;1:160–9.
27. Geraldino R, Rezende L, da Silva C, Almeida J. Remote diagnosis of dental injuries via mobile photos. *Dent Traumatol.* 2017;33:350–7.

28. Bourguignon C, Cohenca N, Lauridsen E, Flores M, O'Connell A, Day P, et al. IADT guidelines: Fractures and luxations. *Dent Traumatol.* 2020;36:314–30.
29. Tzimpoulas N, Sotiropoulou S, Tewari N. Clinical photography after dental trauma. *Dent Traumatol.* 2025;41:4–16.





## Süt Dişlerinde Kontak Alanı Sınıflandırması: Oxis

Derya Sarioğlu<sup>1</sup>

### Özet

Bu bölümde, çürük lezyonlarının lokalizasyon ve derinliğinin, dişlerin sürme zamanı, ağız içindeki konumu ve komşu dişlerle temas türüne göre nasıl değişiklik gösterdiği ele alınmaktadır. Özellikle süt azı dişlerinde oklüzal ve aproksimal çürüklerin zamanla nasıl farklılaştığı açıklanmıştır. Dişlerin oklüzyona geldikten sonra komşu dişlerle temas kurması, aproksimal bölgelerde çürük oluşma riskini artırmaktadır. Bu bağlamda, süt dişleri arasındaki temas çeşitliliğinin anlaşılması, çürüğün erken tanı ve önlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

Bölümde, süt azı dişleri arasındaki temas tiplerini sınıflandırmak amacıyla geliştirilen **OXIS sınıflaması** tanıtılmaktadır. Bu sınıflama, 'O' (açık temas), 'X' (nokta temas), 'T' (düz temas) ve 'S' (kavisli temas) olmak üzere dört ana temas türünü içermektedir. OXIS sınıflaması, hem klinik gözlemlerde hem de epidemiyolojik araştırmalarda çürük riskini değerlendirmek için önemli bir araç olarak sunulmaktadır.

### 1. Genel Bilgiler

OXIS sınıflandırması, süt molar dişler arasındaki temas alanlarının biçimsel özelliklerini değerlendirmek ve belirli gruplar altında sınıflandırmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu sınıflandırma sisteminin ilk olarak 2018 yılında Kirthiga ve arkadaşları tarafından önerildiği bildirilmektedir. OXIS sistemine göre, 'O' harfi ile ifade edilen temas alanı açık tip teması; 'X' harfi ile ifade edilen temas noktası şeklindeki teması; 'T' harfi ile belirtilen düz temas tipini ve 'S' harfi ile ifade edilen ise kavisli temas tipini temsil etmektedir (1).

1 Uzman Diş Hekimi, Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, dsarioglu@gantep.edu.tr.  
ORCID ID: 0009-0004-1905-3230

|                                                                                    |                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p><b>O Tipi Temas</b></p> <p>Süt molar dişleri arasında temas bulunmamaktadır.</p>                                       |
|   | <p><b>X Tipi Temas</b></p> <p>Süt molar dişleri arasında nokta şeklinde temas bulunmaktadır.</p>                          |
|   | <p><b>I Tipi Temas</b></p> <p>Süt molar dişleri arasında düz temas(<math>\geq 1,5</math> mm) bulunmaktadır.</p>           |
|  | <p><b>S Tipi Temas</b></p> <p>Süt molar dişleri arasında sık ve kavisli temas(<math>&gt;1,5</math> mm) bulunmaktadır.</p> |

Şekil 1: OXIS'in şematik gösterimi(Kirthiga M, 2018)

## 2. Süt ve Daimi Dişlerde İnterproksimal Temas Alanları: Klinik Önemi, Çürükle İlişkisi ve Tarihçe

Andrews tarafından yapılan tanımlamaya göre, sıkı kontak alanları oklüzyonun altı temel bileşeninden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, yeterli ve sıkı temas alanlarının sağlanması oklüzyonun bütünlüğü açısından önem arz etmektedir (2). Ayrıca, sıkı temas alanları besin artıklarını pit ve fissürlerden uzaklaştırarak vestibul bukkal bölgelerine doğru yönlendirmekte ve bu yönlendirme sayesinde arayüz bölgelerinde çürük oluşumu riskini azaltmaktadır (3). Yeterince sıkı olmayan temas alanları ise gıda sıkışmasına neden olmakta; bu da, tükürük ve dil yardımıyla temizlenemeyen bölgelerde biriken besin artıklarının arayüz çürükleri ve food impaction gibi periodontal problemlere yol açmasına sebebiyet vermektedir. Bu bağlamda, düzgün

konturlanmış ve sıkı temas alanlarının varlığı hem dental hem de periodontal açıdan koruyucu rol oynamaktadır (1).

Süt azı dişleri ile daimi dişlerin temas alanları arasında çeşitli morfolojik farklılıklar bulunmaktadır. Süt dişlerinin temas alanları, daimi dişlere kıyasla daha düz ve daha geniş yapıdadır (4, 5). Bu durum, süt dişlerinde tükürük ve dilin temizleyici etkisinin sınırlı kalmasına neden olmakta ve buna bağlı olarak plak birikimi açısından daha riskli bir ortam oluşturmaktadır.

Süt dişlerinde, dişler henüz oklüzyona gelmeden önce en sık karşılaşılan çürük tipi oklüzal çürükler iken, dişlerin oklüzyona gelmesiyle birlikte arayüz çürükleri de görülmeye başlamaktadır. Özellikle altı yaşından itibaren, arayüz çürükleri oklüzal çürüklerle benzer oranlarda gözlenmektedir. Bu durumun temel nedeni, daimi birinci molarların, süt dentisyonundaki aralıkları kapatma eğiliminde olmalarıdır. Yapılan bir çalışmaya göre, 6–8 yaşına kadar arayüzlerinde çürük görülmeyen bireylerde ileriki yaşlarda da çürük gelişme olasılığı düşüktür. Bu bulgu, çürüğün doğal ilerleyiş sürecinde çürüğün konumunun önemine işaret etmektedir (6, 7).

Literatürde yer alan ilk kontak alanı sınıflandırması 2018 yılında Cortes ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Bu sınıflamada, daimi birinci molar ile ikinci molar arasındaki temas varyasyonları dört gruba ayrılmıştır: içbükey–içbükey, içbükey–dışbükey, dışbükey–içbükey ve dışbükey–dışbükey (8).

Süt dişlerinin temas çeşitliliğini araştıran ilk çalışmalar ise temasları açık ve kapalı olmak üzere iki alt kategoriye ayırmıştır. Bu gruplandırma doğrultusunda, interproksimal bölgelerdeki çürük gelişim hızı incelenmiştir. Bu çalışmalarda, kapalı kontak alanlarının çürüğe daha yatkın olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak, bazı araştırmalar kapalı temas alanlarının çürüğün ilerleme hızı üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını da savunmaktadır (7, 9).

Temas alanlarının açık ya da kapalı olması çeşitli yöntemlerle değerlendirilmiştir. Örneğin, Allison ve arkadaşları diş ipi uygulamasıyla temas alanlarının sınıflandırılmasını gerçekleştirmiştir. Bu yöntemde, diş ipi geçebilen alanlar açık temas olarak, geçemeyenler ise kapalı temas olarak değerlendirilmiştir (7). Diğer bazı çalışmalarda ise kontak alanlarındaki boşluklar ölçümle değerlendirilmiş ve bu boşluklar şu şekilde gruplandırılmıştır: 1 mm üstü boşluk, 1 mm altı boşluk, boşluk bulunmayan temas, çapraşık temas ve temas olmadan boşluk bulunmayan alanlar (10, 11).

### 3. OXIS'in Kullanıldığı Çalışmalar

OXIS sınıflandırması; Hindistan, Suudi Arabistan, Güney Kore ve Türkiye gibi farklı coğrafyalarda denenmiş ve çalışmalarda hem temas tipi prevalansı hem de bu tiplerin çürük gelişimine etkisi araştırılmıştır. Çalışmalarda çeşitli teşhis yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında görsel muayene, ağız içi ölçü sonrası oluşturulan alçı modeller, çekilen ağız içi fotoğraflar, bu fotoğrafların analizleri ve Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) görüntüleri yer almaktadır.

Epidemiyolojik çalışmalarda zaman tasarrufu sağlaması nedeniyle en sık tercih edilen yöntem geleneksel muayene olmuştur. Ancak, geleneksel muayene yöntemi kanıta dayalı bir yöntem olarak kabul edilmediğinden, güvenilirliği diğer yöntemlere kıyasla düşüktür (12).

Kirthiga ve arkadaşlarının OXIS sınıflamasını ele aldığı ilk çalışmaları, KIBT görüntüleri üzerinden gerçekleştirilmiş ve bu çalışmada süt molar dişlerin interproksimal temas alanları değerlendirilmiştir. Çalışmada, Hindistan'da yer alan Sri Ramachandra Üniversitesi'nde, dental anomaliler nedeniyle başvuran 3 ila 14 yaşları arasındaki toplam 28 çocuk (12 erkek, 16 kız) incelenmiştir.

Bu analizde iki ana parametre değerlendirme konusu olmuştur: süt ikinci molar dişin kron boyu ve OXIS sınıflamasına göre temas alanı tipi. Kron boyu, süt ikinci moların meziobukkal tüberkülü ile mine-sement sınırı arasındaki mesafe esas alınarak ölçülmüş ve bu ölçüm doğrultusunda diş kronu üç bölüme ayrılmıştır: koronal, orta ve apikal üçlü. Temas alanları OXIS sistemine göre sınıflandırılmış ve her tipe sayısal bir değer verilmiştir: 'O' için 0, 'X' için 1, 'T' için 2 ve 'S' için 3 puan. Her bir dişin temas alanı bu üç bölge açısından ayrı ayrı değerlendirilmiş ve kayıt altına alınmıştır.

Örneğin, iki süt moları arasında koronal bölgede 'T', orta bölgede 'X', apikal bölgede 'O' temas tipi gözlemlenmişse, bu yapı maksimum skoru almış kabul edilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda, maksilla ve mandibulada en sık karşılaşılan temas tipi sırasıyla %67.4 ve %64.5 oranlarıyla 'T' tipi olarak belirlenmiştir (1).

Çalışmanın sınırlılıklarından biri örneklem sayısının azlığıdır. Bu nedenle, 2020 yılında örneklem boyutu artırılmış ve toplamda 367 KIBT üzerinde inceleme yapılmıştır. Bu çalışmada yer alan çocukların yaş ortalaması 7.41 olup; katılımcıların 196'sı erkek, 171'i kızdır. Ayrıca, çalışmada çocukların ağız içi fotoğrafları da değerlendirmeye alınmış ve hangi teşhis yönteminin daha güvenilir sonuç verdiği incelenmiştir. Bu yönüyle, iki farklı teşhis yönteminin doğruluğunu karşılaştıran ilk çalışmadır.

KIBT yönteminin kullanıldığı başka çalışmalardan biri de Gupta ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada 65 KIBT görüntüsü incelenmiştir. Mandibula ve maksilla bölgeleri ayrı ayrı değerlendirilmiş, maksillada en çok görülen temas tipi 'T', mandibulada ise 'O' olarak kaydedilmiştir (13).

Muthu ve arkadaşları ise Güney Kore'de gerçekleştirdikleri bir çalışmada, toplam 1102 çürüksüz temas alanını KIBT üzerinden incelemiş, temas alanlarını bir yıl sonra tekrar değerlendirerek OXIS temas tiplerinin çürük oluşum hızı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu çalışma, OXIS sınıflamasının çürük ilerlemesiyle olan ilişkisini araştıran ilk çalışmadır (14).

KIBT, çocuk ve ergen bireylerde rutin kontrollerde kullanılmayan bir görüntüleme yöntemidir. Bunun temel nedeni, yüksek radyasyon dozu nedeniyle bu yaş grubunda uzun vadeli biyolojik etkiler yaratma potansiyelidir. Bu nedenle KIBT, yalnızca zorunlu tanısal durumlarda tercih edilmektedir. Örneğin, diş sürme anomalileri, gömülü dişler, fazla diş varlığı, çene eklemi bozuklukları ve travmaya bağlı dental hasarlarda başvuru bir yöntemdir (15).

KIBT ile yapılan bazı çalışmalarda, dişler arası temas alanları koronal, orta ve apikal düzeylerde ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bu çalışmalarda, OXIS sınıflamasında belirleyici olan temas tipinin çoğunlukla koronal bölgede oluşan temas tipi olduğu, diğer iki bölgenin genel puanlamayı anlamlı derecede etkilemediği gözlemlenmiştir. Bu bulgu, yüksek radyasyon içeren görüntüleme yöntemlerinin her zaman gerekli olmayabileceğini düşündürmektedir.

Geleneksel muayene ve alçı modelleme ile teşhis yöntemlerinin birlikte kullanıldığı ilk çalışma, 2020 yılında Muthu ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Hindistan'ın Puducherry bölgesinde yer alan beş farklı okuldan, eşit sayıda öğrenci basit rastgele örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Toplamda 1119 çocuk ve 4476 temas alanından oluşan bir örneklem büyüklüğü oluşturulmuştur (16). Çocuklar hem geleneksel yöntemle muayene edilmiş hem de alçı modeller oluşturularak gelecekteki çalışmalarda kullanılmak üzere arşivlenmiştir. Temas alanlarından diş ipi geçirilmiş; ip geçen alanlar 'O' tipi temas, geçmeyen alanlar ise 'X', 'T' ve 'S' tipi temaslar olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en sık karşılaşılan temas tipi %75.5 oranıyla 'T' iken, en az rastlanan temas tipi 'O' olmuştur (16). Bu araştırma, OXIS sınıflamasının kullanıldığı ilk epidemiyolojik çalışmadır. Ancak, çalışmada etnik ve ırksal çeşitlilik bulunmaması önemli bir sınırlılık olarak belirtilmiştir.

2022 yılında Debnath ve arkadaşları, OXIS sınıflamasını 3–6 yaş aralığındaki Bengalli çocuklar üzerinde değerlendirmiştir. Çalışmada toplam 34 Bengalli çocuğun çürüksüz 124 temas alanı üzerinden çalışma modelleri oluşturulmuş ve bu modeller OXIS sınıflamasına göre analiz edilmiştir (17). Elde edilen bulgulara göre, en sık karşılaşılan temas tipi %78.2 oranı ile 'T' tipi temas olurken, en az görülen temas tipi ise %6.4 oranıyla 'O' tipi temas olarak kaydedilmiştir (17).

Benzer şekilde, Walia ve arkadaşları Hindistan'ın Ajman ve Puducherry bölgelerinde, farklı etnik kökenlere sahip 3–6 yaş aralığındaki çocuklarda OXIS sınıflaması üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada hastalar yaş gruplarına göre 3–4, 4.1–5 ve 5.1–6 yaş aralıkları şeklinde gruplandırılmıştır. Toplamda 200 bireyin değerlendirildiği çalışmada, incelemeler alçı modeller üzerinden yapılmıştır (18).

Merkezlere göre dağılım incelendiğinde, Ajman'da %53 ve Puducherry'de %75.5 oranında 'T' tipi temas en sık görülen temas türü olarak kaydedilmiştir. Bunu sırasıyla 'X', 'S' ve 'O' tipi temaslar takip etmiştir (18).

Çalışmanın yaş gruplarına göre bulguları incelendiğinde, ilk iki yaş grubunda en sık rastlanan temas tipi 'T' sınıflaması olurken, 5.1–6 yaş grubunda ise 'O' tipi temasın daha yaygın olarak görüldüğü tespit edilmiştir. Walia ve arkadaşları, bu yaş grubundaki farklılığın sebebini çene genişlemesi ile açıklamışlardır (18). Kumari ve arkadaşları ise Hindistan'ın Kanpur bölgesinde 3–5 yaş aralığında bulunan 75 çocuk üzerinde OXIS sınıflamasını değerlendirmiştir. İncelemeler alçı modelleme yöntemiyle gerçekleştirilmiş ve çalışma sonucunda %44 oranıyla en sık karşılaşılan temas tipi 'T' olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, en az rastlanan temas tipi ise %9 oranıyla 'S' tipi temas olmuştur (19).

OXIS sınıflamasının esas olarak süt dişlerindeki temas alanı varyasyonlarını değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş olmasına rağmen, bazı çalışmalar bu sınıflandırmanın daimi dişlerde de uygulanabileceğini öne sürmektedir. Bu bağlamda, Kailasam ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, OXIS sınıflamasının daimi premolar ve molar dişlerdeki geçerliliği araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, 14–25 yaş aralığındaki bireylerde toplam 520 temas alanı değerlendirilmiştir. Temas alanları; daimi ikinci molar ile daimi birinci molar, daimi birinci molar ile daimi ikinci premolar ve daimi ikinci premolar ile daimi birinci premolar arasındaki bölgeler şeklinde üç ayrı gruba ayrılmış ve her grup OXIS sınıflamasına göre incelenmiştir (20).

Elde edilen bulgular doğrultusunda, daimi ikinci molar ile daimi birinci molar arasında en sık rastlanan temas tipi %46.5 oranıyla 'T' tipi temas olarak belirlenmiştir. Daimi birinci molar ile daimi ikinci premolar arasındaki temaslarda ise en sık görülen temas tipi %46.65 oranıyla yine 'T' tipi temas olmuştur. Öte yandan, daimi ikinci premolar ile daimi birinci premolar arasında yapılan değerlendirmede, %59.62 oranıyla en sık karşılaşılan temas tipi 'X' olarak kaydedilmiştir (20).



## Referanslar

1. Kirthiga M, Muthu MS, Kayalvizhi G, Krithika C. Proposed classification for interproximal contacts of primary molars using CBCT: a pilot study. *Wellcome Open Res.* 2018;3:98.
2. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod.* 1972;62(3):296–309.
3. Peumans M, Van Meerbeek B, Asscherickx K, Simon S, Abe Y, Lambrechts P, et al. Do condensable composites help to achieve better proximal contacts? *Dent Mater.* 2001;17(6):533–41.
4. Kennedy DB. Anatomy of primary and permanent teeth. In: Kennedy DB, editor. *Pediatric Operative Dentistry*. 3rd ed. London: IOP Publishing Limited; 1986.
5. Waggoner WF, Nelson T. Restorative dentistry for the primary dentition. In: Casamassimo PS, Fields HW, McTigue DJ, Nowak AJ, editors. *Pediatric Dentistry*. 6th ed. St. Louis: Elsevier; 2019. p. 304–28.
6. Vanderas AP, Manetas C, Koulatzidou M, Papagiannoulis L. Progression of proximal caries in the mixed dentition: a 4-year prospective study. *Pediatr Dent.* 2003;25(3):229–34.
7. Allison PJ, Schwartz S. Interproximal contact points and proximal caries in posterior primary teeth. *Pediatr Dent.* 2003;25(4):334–40.
8. Cortes A, Martignon S, Qvist V, Ekstrand KR. Approximal morphology as predictor of approximal caries in primary molar teeth. *Clin Oral Investig.* 2018;22(2):951–9.
9. Dean JA, Barton DH, Vahedi I, Hatcher EA. Progression of interproximal caries in the primary dentition. *J Clin Pediatr Dent.* 1997;22(1):59–62.
10. Subramaniam P, Babu KL, Nagarathna J. Interdental spacing and dental caries in the primary dentition of 4–6 year old children. *J Dent.* 2012;9(3):207–14.
11. Warren JJ, Slayton RL, Yonezu T, Kanellis MJ, Levy SM. Interdental spacing and caries in the primary dentition. *Pediatr Dent.* 2003;25(2):109–13.
12. Kirthiga M, Tejasvi R, Srivarshani S, Muthu MS. Assessment of OXIS contacts: a comparison of three methods. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2023;24(4):507–11.
13. Gupta S, Das A, Patra A, Saket A. Comparison of prevalence of OXIS contact in primary maxillary and mandibular teeth: a retrospective cohort study. *Annu Res Rev Biol.* 2023;38(6):38–43.
14. Muthu MS, Kirthiga M, Lee JC, Kayalvizhi G, Mathur VP, Kandaswamy D, et al. OXIS contacts as a risk factor for approximal caries: a retrospective cohort study. *Pediatr Dent.* 2021;43(4):296–300.

15. Hidalgo-Rivas JA, Theodorakou C, Carmichael F, Murray B, Payne M, Horner K. Use of cone beam CT in children and young people in three United Kingdom dental hospitals. *Int J Paediatr Dent*. 2014;24(5):336–48.
16. Muthu MS, Kirthiga M, Kayalvizhi G, Mathur VP. OXIS classification of interproximal contacts of primary molars and its prevalence in three- to four-year-olds. *Pediatr Dent*. 2020;42(3):197–202.
17. Debnath D, Kar S, Bhattacharya S, Zahir S, Lahiri PK. A clinico-observational study of proximal contacts in primary molars among Bengali children. *J Clin Lab Med*. 2023;11:2608–15.
18. Walia T, Kirthiga M, Brigi C, Muthu MS, Odeh R, Mathur VP, et al. Interproximal contact areas of primary molars based on OXIS classification: a two-centre cross-sectional study. *Wellcome Open Res*. 2020;5:285.
19. Kumari S, Sharma A, Sharma K, Singh C. OXIS contact area variations in primary molars among three to five year aged preschool children. *Eur Chem Bull*. 2023;12(4):2321–31.
20. Kailasam V, Muthu MS, Rao U, Krithika C, Kirthiga M, Aarthi J, et al. An evaluation of the interproximal contacts of the permanent dentition: a study cast based classification. *Wellcome Open Res*. 2023;8:176.



## Yer Tutucuların Sonlu Elemanlar Analiziyle Değerlendirilmesi

Saadet Nilsu Muttepe<sup>1</sup>

### Özet

Yer tutucular, süt dişlerinin erken kaybı sonrasında daimi dişlerin süreceği boşluğun korunmasını amaçlayan, pediatrik diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan apareylerdir. Bu apareylerin uzun dönem başarısı yalnızca klinik stabilitelere değil, aynı zamanda biyomekanik uygunluklarına da bağlıdır. Sonlu Elemanlar Analizi (Finite Element Analysis, FEA), karmaşık yapıların mekanik davranışlarını dijital ortamda simüle edebilen ileri bir mühendislik yöntemidir ve son yıllarda diş hekimliğinde de yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yer tutucularla ilgili çalışmalarda FEA, farklı tasarım ve materyallerin stres dağılımını değerlendirme, zayıf bölgeleri belirleme ve tasarım iyileştirmelerine olanak tanıma açısından büyük avantaj sağlar. Ayrıca, dijital tarayıcılar ve üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte FEA, bireyselleştirilmiş aparey tasarımı ve üretimi sürecinde vazgeçilmez hâle gelmiştir. Bu bölümde, yer tutucuların FEA kullanılarak değerlendirilmesine ilişkin temel kavramlar, yöntemsel yaklaşımlar, literatür bulguları ve geleceğe yönelik öngörüler ele alınmıştır. Biyomekanik analizlerin klinik verilerle entegre edilmesi sayesinde, çocuk hastalarda daha kanıta dayalı ve uzun ömürlü tedavi planlarının oluşturulması hedeflenmektedir.

### 1. Giriş

Çocuklarda süt dişlerinin fizyolojik düşme yaşından önce çekimi, oral sağlık ve dental gelişim açısından çeşitli komplikasyonlara yol açabilmektedir. Erken süt dişi kaybı sonrası oluşan dişsiz boşluklara, komşu dişlerin devrilme eğilimi göstermesi ark boyutlarında değişime neden yol açabilmektedir. Bu durum, alttaki daimi dişin sürmesini engelleyerek dental oklüzyonun bozulmasına ve çene gelişiminin olumsuz etkilenmesine sebep olabilmektedir. Bunun sonucu olarak, çocuğun ileriki yaşlarda daha karmaşık

1 Uzman Diş Hekimi, Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, nilsumuttepe@gantep.edu.tr. ORCID ID: 0000-0002-0311-4703

ve uzun süreli ortodontik tedavilere ihtiyaç duyma olasılığı artmaktadır (1). Bu olumsuz sonuçların önüne geçmek adına çekim boşluğunun korunması büyük önem taşımaktadır. Çocuk Diş Hekimliğinde bu amaçla kullanılan yer tutucular dişlerin mesio-distal hareketini (devrilme) kısıtlayarak ark boyutlarını korumayı amaçlamaktadır.

Süt veya karma dişlenme döneminde birden fazla süt azı dişinin kaybı, diş arki dengesi ve çocuğun dental gelişimi üzerinde ciddi sorunlara neden olabileceğinden, kalan dişlerin pozisyonunu ve ilişkisini korumak, ayrıca gelişmekte olan daimi dişlerin sürmesine rehberlik etmek amacıyla uygun bir aparey uygulanması gerekmektedir. Aparey kullanılmadığı takdirde, dişsiz boşlukların daralması ve komşu dişlerin devrilmesi gibi mekanik sorunlar meydana gelebilmektedir (2). Süt azı dişlerinin kaybindan sonra herhangi bir müdahale yapılmazsa, daimi azı dişlerin yer değiştirmesi ve bunun sonucunda posterior çapraz kapanışın meydana gelmesi beklenmektedir (3). Oluşacak olan yer kaybı nedeniyle, daimi küçük azı dişleri ektopik olarak sürebilmekte ve aşırı durumlarda persiste kalabilmektedir.

Yer tutucularla ilgili çalışmalar, genellikle modeller üzerinden veya panoramik filmler üzerinden yapılan ölçümlerle olmaktadır. Ölçü alınarak modeller oluşturulması ve bunun belli aralıklarla tekrarlanması; hasta kooperasyonuna ihtiyaç duyulmasına ve çalışma süresinin uzamasına yol açmaktadır. Bunların yanı sıra, klasik ölçüm yöntemlerinin iki boyutlu olması, dental ark ve dişlerin ilişkilerinin tam anlamıyla değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. İki boyutlu ölçümler, dişlerin üç boyutlu anatomik pozisyonlarını ve komşu dişlerle olan dinamik ilişkilerini doğru bir şekilde yansıtamadığından, alınan sonuçların güvenilirliğini sınırlandırmaktadır.

Bir dişte meydana gelen hareket, diş kuvvete maruz kaldığında PDL'de meydana gelen stres dağılımına bağlı olmaktadır. Diş hareketi, PDL'nin indüklediği kemik reaksiyonlarıyla meydana gelen biyolojik bir süreçtir (4,5). Kemikte oluşan sıkışma ve gerilme bölgelerinde, PDL'nin indüklemesiyle kemik yıkımı ve yeniden oluşumu gözlenmektedir. Bu da dişin genellikle kuvvetin geldiği yöne doğru hareket etmesine neden olmaktadır. Diş hareketini olabildiğince doğru bir şekilde inceleyebilmek için PDL ve alveol kemiğin biyolojik davranışını simüle etmek gerekmektedir. Yapılan ortodontik ve periodontolojik çalışmalarda böyle bir matematiksel modelin oluşturulması için "sonlu elemanlar analizi (SEA)" faydalı bulunmuştur (6,7). Çocuk diş hekimliği alanında yapılan benzer çalışmalarda genellikle olgunlaşmış dişler üzerinden diş hareketleri incelenmiştir. Olgunlaşmış dişlere gelen stresler uzun kökler sayesinde geniş bir alana yayılarak dağılabilmektedir. Gelişimi devam etmekte olan dişler ise benzer stresleri alttaki kemiğe aktarmak için

daha küçük bir yüzey alanına sahiptir. Bu nedenle, böyle dişlerde PDL'de daha fazla stres oluşması beklenmektedir. Bu tarz değişkenlerin doğru bir şekilde aktarılması ve incelenmesi için SEA' nın uygun bir yöntem olduğu bilinmektedir (8,9).

## 2. Yer Tutucular

Yer tutucular, henüz sürmemiş bir diş uygun konumda yönlendirmek ve boşluğu korumak için kullanılan bir araçtır. Dişin erken kaybı sonrası, yer tutucular daimi dişin düzgün bir şekilde hizalanmasını sağlar ve oklüzyona ulaşmasına yardımcı olur. Yer tutucular hem estetiğe hem de fonksiyona yardımcı olmaktadır. Bu aparatlar, koruyucu ve durdurucu ortodontinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır (10). Yer tutucular oklüzyonun mevcut durumunu koruyarak ark çevresinin, uzunluğunun ve genişliğinin korunmasını sağlamaktadır. Oklüzal düzlemin normal olarak oluşması için gerekli olan maymun diastemalarının kapatılmasını önlemektedir. Diş olarak yapıldığında yer tutucular estetik bir görüntüye, çiğnemeye ve fonetiğe katkı sağlayabilmektedir (11).

### 2.1. Yer Tutucular ve Biyomekanik Temeller

Yer tutucular, çocuğun yaşına, kaybedilen diş sayısına ve ark durumuna göre sabit ya da hareketli olarak planlanabilir. Ancak bu aparatların sabitlenmesiyle ağız içerisinde oluşan kuvvetlerin yönü, şiddeti ve yayılımı, sadece ilgili diş değil, komşu dişleri, periodontal ligamentleri ve hatta alveol kemiğini de etkileyebilir. Özellikle sabit yer tutucularda (örneğin band-loop veya lingual ark), yemek sırasında oluşan çiğneme kuvvetleri ya da dil/bukkal basınçlar belirli bölgelerde stres birikimine yol açabilir. Bu streslerin dağılımı, kullanılan malzemenin elastik modülü, yer tutucunun kalınlığı, bağlantı şekli gibi parametrelerle doğrudan ilişkilidir. Ayrıca çocuk hastalarda büyüme gelişimin etkisiyle kemik yoğunluğu, diş konumları ve oklüzal kuvvetler zaman içinde değişkenlik gösterdiğinden, bu biyomekanik değerlendirmelerin yaşa özgü yapılması daha doğru sonuçlar verecektir (12).

### 2.2. Yer tutucuların sınıflandırılması

Yer tutucular çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bunlardan bazıları:

- Fonksiyonlarına göre; fonksiyonel olanlar ve fonksiyonel olmayanlar
- Dişlere uyguladıkları kuvvetlere göre aktif ve pasif olanlar
- Kullanım durumlarına göre; sabit ve hareketli yer tutucular şeklindedir.

Genel olarak kullanılan ana sınıflandırma, sabit ve hareketli yer tutuculardır. Sabit yer tutucular da kendi arasında alt başlıklara ayrılmaktadır (13,14).

### 2.2.1. Sabit Yer Tutucular

Dişsiz boşluğa komşu diş simante edilerek yapılan, ortodontik tel ve bantlardan oluşan yer tutuculardır. Tek taraflı ve eksik diş sayısı az olan, kooperasyonun zayıf olduğu vakalarda bu tür yer tutucular tercih edilmektedir. Sabit yer tutucu tipi, yer tutucunun simante edileceği dişlerin hangi çenede bulunduğuna ve arktaki konumuna bağlı olarak değişmektedir. Bunlar:

- Band-loop yer tutucu
- Kron-loop yer tutucu
- Distal uzantılı aparey (Distal shoe retainer)
- Nance apareyi
- Transpalatal ark
- Lingual ark
- Kompozit Rezine ile Yapıştırılan Farklı Sabit Yer Tutucular (15,16).

Sabit yer tutucuların avantajları:

- Destek aldığı dişin düşmesine ve sürmesine etkisi bulunmamaktadır
- Kooperasyonun başarıya etkisi yoktur.
- Sürecek olan daimi diş etkilememektedir.
- Çenelerin büyümesini etkilememektedir (15,17).

Sabit yer tutucuların dezavantajları:

- Plak birikiminin kolaylaşmasıyla, gingivitis ve çürük oluşumunda artış gözlemlenebilmektedir
- Uygun olmayan yer tutucular nedeniyle destek alınan dişlerden istenmeyen hareketler gerçekleşebilmektedir
- Yer tutucu zamanla desimante olabilmektedir
- Minede demineralizasyon izlenebilmektedir
- Bandın zamanla dişetine gömülmesiyle yumuşak dokuda zedelenme meydana gelebilmektedir

➤ Yer tutucu metal yorgunluğu ya da tüketilen besin çeşidine bağlı olarak kırılabilir (18,19,20).

#### 2.2.1.1. Band-loop yer tutucular

Karışık dişlenme veya süt dişlenme dönemlerinde; arka tek bir tarafında bir tane süt azısının erken kaybı halinde kullanılmaktadır (21). Band-loop yer tutucular düşük maliyetlidir ve kolaylıkla uygulanabilir. Bunların yanında düzenli bakım ve kontrol gerektirmesi, sabitlendiği dişte çürüğe neden olabilmesi, oklüzal olarak fonksiyon karşılamaması gibi dezavantajları vardır (17,22). Bu aparatlar, dişsiz boşluğun distalindeki daimi diş veya 2. süt azı dişine simanla sabitlenen bir bant ve buna lehimlenen, boşluğun mesialindeki diş dayanarak destek alacak şekilde hazırlanan bir telden oluşmaktadır (14,23,24,25).

Endikasyonları:

- Daimi birinci büyük azı dişinin henüz ağızda olmadığı, birinci süt azının kaybedildiği durumlarda
- Tek süt dişinin kaybedildiği durumlarda
- Hastanın ileriki dönemlerde ortodontik tedavi gerektirecek maloklüzyonlarının bulunmaması
- Daimi birinci azıların ağızda daimi kesicilerin ise henüz ağızda olmadığı, süt azılardan herhangi birinin tek veya çift taraflı kayıp olduğu durumlarda endikedir (14,23,26).

#### 2.2.1.2. Kuron-loop yer tutucular

Dişsiz boşluğa komşu olan destek dişte fazla madde kaybı varsa ve ideal bir restorasyon planlanamıyorsa bu yer tutucu tercih edilmektedir. Destek diş uygulanan kuron ve buna lehimlenen, diğer komşu diş dayanarak destek alan telden oluşmaktadır. Destek alınan dişin kuronlanmasıyla, çürüğe yatkınlık dezavantajı ortadan kalkmaktadır. Bu yer tutucunun en büyük problemi, kırılma gibi bir durumla karşı karşıya gelindiğinde tamirinin yapılamamasıdır. Bu durumda aparat yapımının tekrarlanması gerekebilmektedir. Diğer bir çözüm ise kuron üzerine band yerleştirilerek, band-loop yer tutucuya dönüşümün sağlanmasıdır (27).

#### 2.2.1.3. Distal uzantılı aparat (Distal shoe retainer)

Daimi birinci büyük azı diş sürmeden önce, ikinci süt azı dişleri kaybedilirse bu yer tutucular kullanılır (15). Dişsiz boşluğun distal hizasına denk gelecek şekilde dişetine ve alveole gömülen bir parçası bulunmaktadır. Buradaki



amaç daimi birinci büyük azının mesiale doğru hareketini önlemektir. Bu parça süt 1.azı dişine simante edilen bir bantla lehimlenmektedir (28,29). Bu yer tutucu yapılırken anestezi yapılmalı, invaziv bir işlem olduğundan enfektif endokardit riskine dikkat edilmelidir (30). Bu yer tutuculara sahip hastalar için oral hijyene dikkat etmek çok önemlidir. Daimi birinci büyük azı sürüldükten sonra, distal uzantılı aparey başka uygun bir yer tutucuyla değiştirilmelidir (23,25).

#### 2.2.1.4. Alt çene lingual arki

Alt çenede çift taraflı olarak süt azı dişlerinin kaybında kullanılmaktadır. Bu aparey sadece daimi birinci molarlar ve alt daimi keser dişler ağızdayken yapılabilmektedir. Aksi taktirde süt keserlerin lingualinde konumlanmış olan daimi keserlerin sürmesini engelleyebilmektedir. Daimi keserlerin henüz sürmediği durumlarda iki taraflı olarak band veya kuron loop kullanılmaktadır (23,31). Lingual ark daimi birinci azılara ya da ikinci süt azılara simante edilen band ve bunlara lehimlenen telden oluşmaktadır (22). Bu apareyler, karşit çenedeki dişlerden de destek alabildiğinden stabil ve etkili bir yer tutucu olmaktadır (15,23,32). Lingual arklar, çeşitli elemanlar eklenerek veya bükümler yapılarak aktifleştirilebilmekte ve çeşitli modifikasyonlarda kullanılabilmektedir (17,33).

#### 2.2.1.5. Nance apareyi

Nance apareyi, lingual arkin üst çenedeki versiyonu olarak tanımlanabilmektedir. Kesici dişlere uzakta konumlandığından süt dişlenme dönemindeki yer tutucu ihtiyaçlarına da cevap vermektedir. Üst çenede erken süt diş kaybı nedeniyle oluşan yer darlığı azı dişlerin migrasyonundan kaynaklanmaktadır. Nance apareyleri tam olarak bunu önlemek için tasarlanmıştır (22,34,35).. Nance apareyi, arkin her iki tarafında dişsiz boşluğun distalindeki süt veya daimi azılara sabitlenen bant ve bunlara lehimlenen telden (0.9 mm) oluşmaktadır. Arkin iki tarafından gelen teller palatal rugalar bölgesinde damakla temasta olan bir akrilik butonla birleşmektedir (14,23,25). Akrilik butonun amacı telin palatal mukozaya gömülmesine engel olarak, molar dişlerin mesiale doğru devrilmesini önlemektir. Nance apareyi; alışkanlık kırıcı olarak, ankraj arttırmak için ve keser diş eksikliğinde diş eklenerek farklı amaçlarla da kullanılabilmektedir (36,37). Bu aparey, damaktaki akrilik teması nedeniyle doku irritasyonuna ve hiperplazisine neden olabilmektedir. Uzun dönemde kullanıldığında damak dokusuna gömülmeler gözlenebilmektedir. Bu nedenle ağız hijyenine dikkat edilmeli, düzenli olarak kontrollerinin yapılması gerekmektedir (15,38).

### 2.2.1.6. Transpalatal ark (TPA)

Nance apareyine benzer şekilde, lingual arkın üst çenede kullanılan versiyonudur. Transpalatal ark (TPA); çiğneme kuvvetlerinin etkisiyle daimi birinci büyük azı dişlerin palatinal kökler üzerinde rotasyon hareketi getirmesiyle oluşacak yer kaybını engellemeyi amaçlamaktadır (22,39). Bu aparey, daimi birinci büyük azı dişlerine yerleştirilen bantlar ve bu bantlara lehimlenen, transpalatal olarak her iki tarafa uzanan, dokudan 2-3 mm uzakta olacak şekilde teması olmayan telden oluşmaktadır (22,34,40,41). TPA, palatal mukozaya teması olmadığı için doku iritasyonuna sebep olmamaktadır ve gömülme izlenmemektedir (15,42). TPA'nın bir diğer avantajı da daimi azı dişlerin dikey boyutunu korumaya katkısıdır. Daimi azı dişlerin aşırı sürmesine ve devrilmesine engel olmaktadır. İkinci süt azı dişlerin her ikisinin de erken kaybedildiği durumlarda TPA'nın kullanımı tartışmalı bir konudur. Özellikle daimi ikinci azıların erken sürmesi TPA'nın etkinliğini azaltabilmektedir. Bazı çalışmalar TPA kullanımının tek taraflı süt azı kayıplarında sınırlandırılması gerektiğini savunmaktadır (4,43,44).

### 2.2.1.7. Kompozit rezin ile yapıştırılan farklı sabit yer tutucular

Bu yer tutucular dişsiz boşluğa komşu dişlere kompozit rezin kullanılarak tutturulmasıyla hazırlanmaktadır. Tutuculuklarının artırılması için mekanik aşındırma, asitlendirme gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yer tutucuların uzun dönem başarısı; hastanın oral hijyeni düzeyi, uygulama sırasındaki izolasyon, kullanılan bond ve kompozit çeşidi gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bu yer tutucular; ortodontik telden oluşan direkt bonded yer tutucular, fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinle uygulanan yer tutucular, paslanmaz çelik kuronun vestibül yüzüne açılan pencereye yapıştırılan yer tutucular ve EZ space maintainer olarak sınıflandırılmaktadır (18,45).

### 2.2.2. Hareketli yer tutucular

Hareketli yer tutucular hem karma hem de süt dişlenme döneminde kullanılabilir. Tek veya çift taraflı olarak çoklu diş eksiklerinde tercih edilmektedirler. Hareketli yer tutucuların sağlıklı bir şekilde kullanılabilmesi için hem hastanın hem de hasta velisinin iş birliğine ihtiyaç bulunmaktadır (46,47). Fonksiyonel hareketli apareyler kullanıldığında, oklüzal fonksiyon sağlanabilir. Daimi dişler sürmeye başladığında hareketli yer tutucudaki akrilik aşındırılarak modifiye edilmelidir. Hareketli yer tutucuların maliyeti sabit olanlara göre daha fazladır. Uzun vadede doku iritasyonuna yol açabilmesi, ağızda çok yer kaplaması ve kolayca kaybolabilmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Zamanla retansiyonu azalabileceği için düzenli kontroller yapılması gerekmektedir (48,49).

### 3. Sonlu Elemanlar Analizi (SEA)

Sonlu elemanlar analizi deneysel olarak çözümlenmesi zahmetli olan durumların bilgisayar yardımıyla çözümlenip matematiksel olarak hesaplanmasını sağlayan bir analiz yöntemidir. Uzun yıllardır mühendislik başta olmak üzere çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar analizi, ağız içindeki biyomekanik süreçlerin daha iyi anlaşılması ve etkili tedaviler yapılabilmesi için, diş hekimliğinde de uzun süredir yaygın bir şekilde kullanılmaktadır(50). Bu analiz yöntemi, çeşitli kuvvetler uygulandığında periodontal ligament ve alveol kemikteki gerilimleri, bunların dağılımını ve bunların etkisiyle meydana gelebilecek diş hareketlerini simüle edebilmektedir (51,52).

#### 3.1. Sonlu elemanlar analiziyle ilgili kavramlar

##### 3.1.1. Kuvvet

Cisimlerde etki oluşturabilen; şiddeti, yönü, doğrultusu olan vektörel bir büyüklüktür. Kuvvet, temasta olan iki cisim arasında olabildiği gibi aralarında mesafe olan iki cisim arasında da olabilmektedir (53,54).

##### 3.1.2. Gerilme (Stres)

Deforme edici bir dış kuvvete karşı üretilen, uygulanan kuvvetle ters yönde ancak aynı büyüklükte olan iç direnç gerilme (stres) olarak ifade edilmektedir. Dışarıda gelen kuvvet de sebep olduğu stres de belirli bir yüzey alanına dağıldığından; stres birim alan başına düşen kuvvet şeklinde hesaplanmaktadır (55). Üç temel stres tipi bulunmaktadır:

- Çekme gerilimi; bir cisim aynı hat üzerinde ancak farklı yönlerde hareket eden iki kuvvete maruz kaldığında ortaya çıkan, bu kuvvetlerin neden olduğu deformasyona karşı oluşan tepkidir.
- Basınç gerilimi; bir cisme aynı yönde ancak farklı yönlerde etki eden iki kuvvetin neden olduğu stresi ifade etmektedir.
- Makaslama gerilimi; bir cisme etki eden iki farklı karşıt kuvvetin oluşturduğu gerilimi ifade etmektedir.

##### 3.1.3. Gerinim (Strain)

Belli bir kuvvetin birim boyutunda meydana getirdiği değişikliği ifade etmektedir. Meydana gelen bu değişimin, normal boyuta olan oranıyla gerinim elde edilmektedir. Gerinim, gerilimden farklı olarak bir büyüklüğü olan skaler bir niceliktir (56,57). Kuvvete maruz kaldıkları zaman cisimlerde meydana gelen boyutsal değişiklik iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Bunlar elastik

ve plastik deformasyonlar olarak adlandırılmaktadır. Elastik deformasyon; etki eden kuvvet ortadan kalktığında eski hale dönebilmeyi ifade ederken, kuvvet ortadan kalktığında cismin orijinal halini koruyamaması plastik deformasyonu ifade etmektedir (58).

#### **3.1.4. Eleman (Element)**

Sonlu elemanlar analizi sistemin tanımlayıcı bölgesinin geometrik şekillere bölünmesi ile elemanlar oluşmaktadır. Elemanlar, düğümler olarak bilinen belirli sitelerde bilinmeyen değerler olarak temsil edilmektedir. Gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmek için eleman sayısı artırılmaktadır. Elemanların sayısını artırmak, daha gerçeğe yakın ve doğru sonuçlara yol açmaktadır. Elementler; boyutlarına (tek, iki, üç boyutlu), geometrik şekillerine (üçgen, dörtgen vb. ), ve sahip oldukları düğüm sayısına göre ayrılmaktadır (59,60).

#### **3.1.5. Düğüm noktası (Node)**

Sonlu elemanlar analizinde, elemanlar belirli konumlarda birleştirilir. Bu konumlar düğüm noktası (node) olarak adlandırılmaktadır. Düğüm noktalarında oluşan değişiklikler elemanların gerilmelerini diğer elemanlara aktarmaktadır. Bu nedenle düğüm noktalarının belli noktalardan sabitlenmesi gerekmektedir (61).

#### **3.1.6. Elastisite modülü**

Bir materyalin şekil değiştirmeye karşı gösterdiği dirence denmektedir ve gerilme/gerinim oranı kullanılarak hesaplanmaktadır. Elastisite modülü ne kadar yüksek olursa, uğranan deformasyon derecesi o kadar az olmaktadır (62).

#### **3.1.7. Poisson oranı**

Bir cisme çekme kuvveti uyguladığında elastik sınırlar içinde uzamaktadır. Sıkışma kuvveti uygulandığında ise kısalmaktadır. Bir cismin enine deformasyon/boyuna deformasyon oranı poisson oranı olarak ifade edilmektedir. Poisson oranı her bir materyal için 0- 0.5 arasında değişmektedir (63).

#### **3.1.8. Ağ yapısı (Mesh)**

Ağ yapısı, düğümlerin ve elemanların koordinatlarını oluşturmaktadır. Ağ yapısı kullanıcı tarafından manuel veya otomatik olarak yapılabilir. Ağ yapısı oluşturulurken birim başına daha fazla eleman eklemek verimliliği artırmaktadır. Önemli ölçüde element içeren veya içermesi beklenen

bölgelerde birim alana düşen element sayısı kendi sınırları içinde önemli farklılıklar göstermektedir. Kilit nokta modeli daha küçük parçalara ayırabilmek için gereken en etkili yöntemi belirlemektir. Ağ yapısı oluşturma işlemi bittikten sonra, hareketsiz noktaları ve kuvvetin uygulandığı yerleri belirtmek için sınır koşulları belirlenmektedir (64).

### 3.1.9. Sınır koşulları (Boundary Conditions)

Sınır koşulları, sınırlardaki gerilmelerin ve yer değiştirmelerin sınırlarını kapsamaktadır. Kuvvetin uygulandığı yeri ve sabitleme noktasının yerini göstermektedir. Sınır koşulları belirlenirken analizi yapılan cismin hangi bölgesine kuvvet uygulanacağı dikkate alınmaktadır (64).

## 3.2. Sonlu elemanlar analizinde kullanılan stres tipleri

### 3.2.1. Von mises stresleri

Cisimlere uygulanan kuvvetler farklı boyutlarda ele alınmaktadır. Üç boyutlu olarak ele alındığında  $x$ ,  $y$  ve  $z$  düzlemlerinde herhangi bir noktada üç sıkışma stresi oluşmaktadır. Bu üç stresin kombinasyonu von mises stresini ifade etmektedir (65,66).

### 3.2.2. Principle stres

3 boyutlu bir cisimde tüm bileşenlerin makaslama değeri sıfır olduğunda, en büyük stres değeri oluşmaktadır. Bu durumda, cismin maruz kaldığı normal streslere “principle stres” denmektedir. Bu stresler,  $x$ ,  $y$  ve  $z$  düzlemlerinde oluşmaktadır. En yüksek gerilme değerine sahip ve daima pozitif olan değer “maksimum principle stres” ara değerlere sahip değer “ara principle stres”, değeri her zaman negatif olan sıkıştırma değeri ise minimum principle stres olarak adlandırılmaktadır (67).

## 3.3. Sonlu elemanlar analizinin aşamaları

### 3.3.1. Analiz öncesi aşama

İncelencek olan yapının üç boyutlu modelinin yapılması için elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Bu fazda yapının alansal, hacimsel, noktasak ve çizgisel olarak geometrisinin sunulması amaçlanmaktadır. Oluşturulan bu ağ yapısı sonlu elemanlar denilen ve birbirleriyle düğüm noktalarıyla bağlanan alt bölümlere ayrılmaktadır. Bağlandıkları düğüm noktaları sınır koşullarını oluşturmaktadır (68,69).

### 3.3.2. Analiz aşaması

Oluşturulan yapı üzerindeki elemanların özellikleri ve koşullarının belirlendiği aşamadır. Elastisite ve poisson oranları kullanılmaktadır. Daha sonra kuvvetle ilgili özellikler belirlenmektedir(70).

### 3.3.3. Analiz sonrası aşama

Analiz sonrası elde edilen stres ve yer değiştirme gibi değerler değerlendirilmeye alınmaktadır. Elde edilen verilerin değerlendirmesi incelenen yapının tipine göre yapılmaktadır. Çekilebilir yapılar (metal vb.) Von mises stresler, kemik, porselen gibi kırılabilir yapılar için ise principle stresler kullanılmaktadır(70,71).

## 4. Literatürde Yer Tutucular ve SEA

Literatüre göre SEA, biyolojik yapıların stres, deformasyon ve yer değiştirme davranışlarını üç boyutlu olarak analiz edebilen, yüksek doğrulukta ve tekrarlanabilir sonuçlar sunan matematiksel bir modelleme tekniğidir. Bu yöntem, diş hareketlerinin simülasyonunda, geleneksel klinik ve radyografik değerlendirmelere kıyasla daha hassas ve etik bir alternatif sunduğundan farklı senaryolar altında yer tutucuların etkinliği değerlendirilebilmektedir (4)(72)(73). Literatürde yapılan birçok çalışma, SEA' nın tutarlı sonuçlar sağladığını ve diğer test yöntemleriyle yüksek uyum gösterdiğini ortaya koymaktadır (72).

SEA, yer tutucuların özellikle aşağıdaki yönlerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır:

- Stres dağılımı: Band ve loop gibi geleneksel yer tutucuların stres alanlarının belirlenmesi.
- Malzeme karşılaştırmaları: Paslanmaz çelik ile fiber destekli rezin sistemlerin karşılaştırılması
- Tasarım optimizasyonu: Dövme yerine lazerle kesilmiş yer tutucular gibi yeni tasarımların mekanik avantajları.

Dokuya etkiler: Kemik ve mukozaya iletilen kuvvetlerin değerlendirilmesi (74).

Kojima ve Fukui yaptıkları bir çalışmada; sonlu elemanlar analizinin klinik koşulları başarılı bir şekilde taklit edebileceğini savunmuştur. Sonlu elemanlar analizinin ortodontik çalışmalarda; diş hareketi gibi karmaşık olayları simüle edebilmesi, çocuk diş hekimliği alanında da yer tutucuları araştırmada kullanılması konusunda yol gösterici olmuştur (75).

Sabeti ve arkadaşlarının 2020 yılında sabit yer tutucuların etkinliğini sonlu elemanlar analizi (SEA) ile incelediği çalışmada, yer tutucu uygulandığında periodontal ligamente (PDL) iletilen stresin azaldığı, gelen streslerin yer tutucu üzerinde ve daimi dişin distal bölgesinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir (3).

Stivaros ve ark. TPA ile ilgili yaptıkları bir sonlu elemanlar analizi çalışmasında, daimi azı dişlerin mesiaopalatinal rotasyonunun teorik olarak TPA tarafından kontrol edilebileceğini ve düzeltilebileceğini ancak yer tutma konusundaki etkinliğinin öngörülemez olduğunu savunmuştur (47,76).

## 5. Geleceğe Yönelik Perspektifler

SEA kullanımı, çocuk hastalarda tedavi planlamasının kişiselleştirilmesine olanak tanımaktadır. Yeni nesil yer tutucuların dijital tasarımı ve üç boyutlu yazıcılarla üretimiyle birlikte, FEA bu sürecin ayrılmaz bir parçası haline gelecektir. Aynı zamanda biyomekanik analizlerin, klinik sonuçlarla entegrasyonu sayesinde, daha kanıta dayalı tedavi protokolleri geliştirilecektir (77).

## Referanslar

1. Hakim MAA, Khatab NMA, Mohamed KMG, Elheeny AAH. A Comparative Three-Dimensional Finite Element Study of Two Space Regainers in the Mixed Dentition Stage. *Eur J Dent.* 2020 Feb;14(1):107–14.
2. Barbería E, Lucavechi T, Cárdenas D, Maroto M. Free-end space maintainers: design, utilization and advantages. *J Clin Pediatr Dent.* 2006 Autumn;31(1):5–8.
3. Sabeti AK, Karimizadeh Z, Rafatjou R. Maximum equivalent stress induced and the displacement of the developing permanent first molars after the premature loss of primary second molars: A finite element analysis. *Dent Med Probl.* 2020 Oct;57(4):401–9.
4. Kupietzky A, Tal E. The transpalatal arch: an alternative to the Nance appliance for space maintenance. *Pediatr Dent.* 2007 May;29(3):235–8.
5. Poiate IAVP, de Vasconcellos AB, de Santana RB, Poiate E. Three-dimensional stress distribution in the human periodontal ligament in masticatory, parafunctional, and trauma loads: finite element analysis. *J Periodontol.* 2009 Nov;80(11):1859–67.
6. Santler G, Kärcher H, Ruda C. Indications and limitations of three-dimensional models in cranio-maxillofacial surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 1998 Feb;26(1):11–6.
7. Bobak V, Christiansen RL, Hollister SJ, Kohn DH. Stress-related molar responses to the transpalatal arch: a finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997 Nov;112(5):512–8.
8. Chauhan SP, Sharma DS, Jain ML. Initial stresses induced in permanent maxillary first molar in mixed dentition under normal masticatory forces: A finite element study. *J Clin Pediatr Dent.* 2016;40(4):334–40.
9. Zhang H, Cui JW, Lu XL, Wang MQ. Finite element analysis on tooth and periodontal stress under simulated occlusal loads. *J Oral Rehabil.* 2017 Jul;44(7):526–36.
10. Jitesh S, Mathew MG. Space maintainer-A review. *Drug Inven Today* [Internet]. 2019;11. Available from: <https://medicopublication.com/index.php/ijfmt/article/download/13189/12149/25191>
11. Adak A, Saha S, Sarkar S, Saha N, Pal S. SPACE MAINTAINERS IN PEDIATRIC DENTISTRY - A REVIEW [Internet]. *wbidajournal.org*; 2018. Available from: <http://wbidajournal.org/upload/article/article127.pdf>
12. Pokorná H, Marek I, Kucera J, Hanzelka T. Space Reduction After Premature Loss of A Deciduous Second Molar -Retrospective Study. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences.* 2016 Nov 1;15(11):1–08.



13. Hitchcock HP. Preventive orthodontics. In: Clinical Pedodontics. S.B. Finn. W.B. Saunders Co, editor. Bölüm 16;
14. Bijoor RR, Kohli K. Contemporary space maintenance for the pediatric patient. N Y State Dent J. 2005 Mar;71(2):32–5.
15. Marwah N. Textbook of pediatric dentistry. 2018; Available from: [https://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=ZK52DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Marwah+N.+Development+of+occlusion,+textbook+of+pediatric+dentistry,+In:Marwah+N,+Vishwanathiah+S,+Gr+R,+eds.+Fourth+edition,+New+Delhi,+London,+Panama:+Jaypee++Brothers,+2019,+p:165-179.&ots=i0sEiThTxO&sig=I86-s\\_I\\_9zTDXKkEu9WlcscLGBA](https://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=ZK52DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Marwah+N.+Development+of+occlusion,+textbook+of+pediatric+dentistry,+In:Marwah+N,+Vishwanathiah+S,+Gr+R,+eds.+Fourth+edition,+New+Delhi,+London,+Panama:+Jaypee++Brothers,+2019,+p:165-179.&ots=i0sEiThTxO&sig=I86-s_I_9zTDXKkEu9WlcscLGBA)
16. Kirzioğlu Z, Ertürk MSO. Success of reinforced fiber material space maintainers. J Dent Child . 2004 May-Aug;71(2):158–62.
17. Marwah N. Pediatric Space Managment. In: TEXTBOOK OF PEDIATRIC DENTISTRY. 3rd ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2014. p. 424- 54.
18. S Deshpande S, D Bendgude V, Kokkali V V. Survival of Bonded Space Maintainers: A Systematic Review. Int J Clin Pediatr Dent. 2018 Oct 1;11(5):440–5.
19. Santos VL, Almeida MA, Mello HS, Keith O. Direct bonded space maintainers. J Clin Pediatr Dent. 1993 Summer;17(4):221–5.
20. Demir P, Evren A. Koruyucu ve Durdurucu Pedodonti ve Ortodonti Uygulamaları. Livre de Lyon; 2021. 178 p.
21. Kharbanda OP. Orthodontics: Diagnosis and Management of Malocclusion and Dentofacial Deformities, E-Book. Elsevier Health Sciences; 2019. 1402 p.
22. Christensen JR, Fields H, Sheats RD. Treatment planning and management of orthodontic problems. In: Pediatric Dentistry. Elsevier; 2019. p. 512–53.e3.
23. Laing E, Ashley P, Naini FB, Gill DS. Space maintenance. Int J Paediatr Dent. 2009 May;19(3):155–62.
24. Bijoor RR, Kohli K. Contemporary space maintenance for the pediatric patient. N Y State Dent J. 2005 Mar;71(2):32–5.
25. Laing E, Ashley P, Naini FB, Gill DS. Space maintenance. Int J Paediatr Dent. 2009 May;19(3):155–62.
26. Subramaniam P, Babu G, Sunny R. Glass fiber-reinforced composite resin as a space maintainer: a clinical study. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2008;26 Suppl 3:S98–103.

27. Qudeimat MA, Sasa IS. Clinical success and longevity of band and loop compared to crown and loop space maintainers. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2015 Oct;16(5):391–6.
28. Hicks EP. Treatment planning for the distal shoe space maintainer. *Dent Clin North Am*. 1973 Jan;17(1):135–50.
29. Gegenheimer R, Donly KJ. Distal shoe: a cost-effective maintainer for primary second molars. *Pediatr Dent*. 1992 Jul;14(4):268–9.
30. Brill WA. The distal shoe space maintainer chairside fabrication and clinical performance. *Pediatr Dent*. 2002 Nov;24(6):561–5.
31. Laing E, Ashley P, Naini FB, Gill DS. Space maintenance. *Int J Paediatr Dent*. 2009 May;19(3):155–62.
32. Laing E, Ashley P, Naini FB, Gill DS. Space maintenance. *Int J Paediatr Dent*. 2009 May;19(3):155–62.
33. Rebellato J, Lindauer SJ, Rubenstein LK, Isaacson RJ, Davidovitch M, Vroom K. Lower arch perimeter preservation using the lingual arch. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997;112(4):449–56.
34. Terlaje RD, Donly KJ. Treatment planning for space maintenance in the primary and mixed dentition. *ASDC J Dent Child*. 2001 Mar-Apr;68(2):109–14, 80.
35. Terlaje RD, Donly KJ. Treatment planning for space maintenance in the primary and mixed dentition. *ASDC J Dent Child*. 2001 Mar-Apr;68(2):109–14, 80.
36. Evans RD, Jones AG. Modified Nance appliance for cases with missing anterior teeth. *J Clin Orthod*. 1994 Jan;28(1):40–2.
37. Laing E, Ashley P, Naini FB, Gill DS. Space maintenance. *Int J Paediatr Dent*. 2009 May;19(3):155–62.
38. Laing E, Ashley P, Naini FB, Gill DS. Space maintenance. *Int J Paediatr Dent*. 2009 May;19(3):155–62.
39. Laing E, Ashley P, Naini FB, Gill DS. Space maintenance. *Int J Paediatr Dent*. 2009 May;19(3):155–62.
40. Bijoor RR, Kohli K. Contemporary space maintenance for the pediatric patient. *N Y State Dent J*. 2005 Mar;71(2):32–5.
41. Laing E, Ashley P, Naini FB, Gill DS. Space maintenance. *Int J Paediatr Dent*. 2009 May;19(3):155–62.
42. Laing E, Ashley P, Naini FB, Gill DS. Space maintenance. *Int J Paediatr Dent*. 2009 May;19(3):155–62.
43. Terlaje RD, Donly KJ. Treatment planning for space maintenance in the primary and mixed dentition. *ASDC J Dent Child*. 2001 Mar-Apr;68(2):109–14, 80.

44. christensen and avery. In: DEAN, JA, McDONALD, RE, AVERY, DR (2000) Managing the developing occlusion In: Dentistry for The Child and Adolescent 7th Ed: RE Mc Donald, DR Avery St Louis: Mosby Co Bölüm 27.
45. Simsek S, Yilmaz Y, Gurbuz T. Clinical evaluation of simple fixed space maintainers bonded with flow composite resin. J Dent Child (Chic). 2004 May;71(2):163–8.
46. Barbería E, Lucavechi T, Cárdenas D, Maroto M. Free-end space maintainers: design, utilization and advantages. J Clin Pediatr Dent. 2006 Autumn;31(1):5–8.
47. Kupietzky A. Clinical technique: Removable appliance therapy for space maintenance following early loss of primary molars. Eur Arch Paediatr Dent. 2007 Nov;8(S1):30–4.
48. Woodward GL. The Use of Space Mantainers in the North York Public Dental Program. 1993. 32 p.
49. Ngan PW, Wei SH, Yen PK. The primary dentition. Orthodontic treatment. Oral Health. 1988 Sep;78(9):17–21.
50. Magne P. Efficient 3D finite element analysis of dental restorative procedures using micro-CT data. Dent Mater. 2007 May;23(5):539–48.
51. Cattaneo PM, Dalstra M, Melsen B. The finite element method: a tool to study orthodontic tooth movement. J Dent Res. 2005 May;84(5):428–33.
52. Srirekha A, Bashetty K. Infinite to finite: an overview of finite element analysis. Indian J Dent Res. 2010 Jul;21(3):425–32.
53. Bidez MW, Misch CE. Force transfer in implant dentistry: basic concepts and principles. J Oral Implantol. 1992;18(3):264–74.
54. Caputo AA, Standlee JP. Biomechanics in Clinical Dentistry. Quintessence Publishing (IL); 1987. 232 p.
55. McNeill C. Occlusion: what it is and what it is not. J Calif Dent Assoc. 2000 Oct;28(10):748–58.
56. FRANKLIN F. E. Stress Analysis. M. Kutz (Ed.). Mechanical Engineers' Handbook. Wiley Publishing.
57. O'Brien WJ. Dental Materials and Their Selection. Quintessence Publishing (IL); 1997. 444 p.
58. Veli İ. [ALINTI] Üst kanin distalizasyonunda oluşan değişikliklerin sonlu elemanlar analizi ile incelenmesi. 2012;
59. Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. J Prosthet Dent. 2001 Jun;85(6):585–98.
60. Moaveni S. Finite Element Analysis: Theory and Application with Ansys. 2003. 850 p.

61. Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2001 Jun;85(6):585–98.
62. Manappallil JJ. *Basic Dental Materials.* JP Medical Ltd; 2015. 630 p.
63. Manappallil JJ. *Basic Dental Materials.* JP Medical Ltd; 2015. 630 p.
64. Avci T, Omezli MM, Torul D. Investigation of the biomechanical stability of Cfr-PEEK in the treatment of mandibular angulus fractures by finite element analysis. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2022 Nov;123(6):610–5.
65. Geng J, Yan W, Xu W. *Application of the Finite Element Method in Implant Dentistry.* Springer Science & Business Media; 2008. 148 p.
66. Shigemitsu R, Yoda N, Ogawa T, Kawata T, Gunji Y, Yamakawa Y, et al. Biological-data-based finite-element stress analysis of mandibular bone with implant-supported overdenture. *Comput Biol Med.* 2014 Nov;54:44–52.
67. Ebrahimi F. *Finite Element Analysis: New Trends and Developments.* BoD – Books on Demand; 2012. 414 p.
68. Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2001 Jun;85(6):585–98.
69. Konda. P, Sa. T. Basic principles of finite element method and its applications in orthodontics [Internet]. Available from: <https://www.dent.cmu.ac.th/cmdj/backend/web/uploads/files/6200d8f98f104.pdf>
70. Borcic J, Braut A. *Finite Element Analysis in Dental Medicine.* In: Ebrahimi F, editor. *Finite Element Analysis - New Trends and Developments.* InTech; 2012.
71. Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2001 Jun;85(6):585–98.
72. Assunção WG, Barão VAR, Tabata LF, Gomes EA, Delben JA, dos Santos PH. Biomechanics studies in dentistry: bioengineering applied in oral implantology. *J Craniofac Surg.* 2009 Jul;20(4):1173–7.
73. Chien PYH, Walsh LJ, Peters OA. Finite element analysis of rotary nickel-titanium endodontic instruments: A critical review of the methodology. *Eur J Oral Sci.* 2021 Oct;129(5):e12802.
74. Hemdan MBE, El Kalla IHH, El Agamy RA. Clinical Evaluation of Different Designs of Fixed Space Maintainer: A Randomized Clinical Trial. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2024 Apr;17(4):442–50.

75. Kojima Y, Fukui H. Effects of transpalatal arch on molar movement produced by mesial force: a finite element simulation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008 Sep;134(3):335.e1–7; discussion 335–6.
76. Stivaros N, Lowe C, Dandy N, Doherty B, Mandall NA. A randomized clinical trial to compare the Goshgarian and Nance palatal arch. *Eur J Orthod.* 2010 Apr;32(2):171–6.
77. Aktaş N, Atabek D. Fracture Resistance of Space Maintainers Produced Using 3D Printable Materials. *Eur J Paediatr Dent.* 2024 Dec 1;25(4):266–70.

## Çocuk Diş Hekimliğinde Klinik Uygulamalarda Dijital Teknolojiler

Zübeyde Uçar Gündoğar<sup>1</sup>

### Özet

Dijital teknolojiler, çocuk diş hekimliğinde tanıdan tedaviye uzanan tüm klinik süreçlerde köklü bir dönüşüm başlatmıştır. İntraoral tarayıcılar, bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) sistemleri ile üç boyutlu (3B) yazıcılar aracılığıyla sağlanan dijital iş akışları, geleneksel yöntemlerin sınırlılıklarını aşarak önemli kazanımlar sunmaktadır. Geleneksel ölçü tekniklerinin çocuk hastalarda yarattığı kooperasyon problemleri ve anatomik sınırlamalar, intraoral tarayıcılar ile büyük ölçüde ortadan kaldırılmış; literatürde dijital ölçülerin hem tolere edilebilme hem de ölçümsel güvenilirlik açısından üstünlüğü ortaya konmuştur. Yer tutucular, protezler ve restorasyonların kişiye özel dijital üretimi, biyouyumluluk, marjinal adaptasyon ve üretim süresi açısından klinik avantaj sağlamaktadır. Endodontik tedavilerde dijital planlama ile konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ve 3B yazıcı teknolojileri kullanılarak oluşturulan yönlendirme şablonları, karmaşık anatomik varyasyonlarda güvenli erişim sağlarken; rejeneratif endodontide ise 3B biyoyazıcılar doku mühendisliğine dayalı kişiselleştirilmiş tedavilere zemin hazırlamaktadır. Tüm bu ilerlemeler, dijital teknolojilerin çocuk diş hekimliğinde klinik standartlara entegrasyon potansiyelini ortaya koyarken; bu dönüşümün sürdürülebilirliği, maliyet-etkin çözümler, altyapı uyumu ve kapsamlı kullanıcı eğitimi gibi alanlarda atılacak stratejik adımlara bağlı olacaktır.

### 1. Giriş

Dijital diş hekimliği, ilk kez 1970'li yılların sonlarında bilgisayarlı tomografi (BT) cihazlarının kullanıma girmesiyle sağlık alanında kullanılmaya başlanmış ve diş hekimliğinde dijitalleşmenin ilk adımlarını oluşturmuştur. Bu gelişmeyi takiben, 1982 yılında klinik kullanım için ilk bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM)

1 Dr. Öğr. Üyesi, Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, ORCID:0000-0002-3402-5332

sisteminin geliştirilmesiyle dijital teknolojilerin klinik pratiğe entegrasyonu somutlaşmış ve yaygınlaşmaya başlamıştır (1). Başlangıçta yalnızca CAD/CAM sistemleri, dijital görüntüleme araçları ve hasta yönetim yazılımlarını içeren bu dönüşüm; günümüzde yapay zekâ (AI), artırılmış gerçeklik (AR), üç boyutlu (3B) yazıcılar, robot destekli uygulamalar, telediş hekimliği ve biyomalzemeler gibi çok sayıda yenilikçi teknolojiyi kapsamaktadır. Dijital uygulamaları destekleyen donanım ve yazılımlar, kullanıcılara daha kaliteli ve ekonomik çözümler sunmak amacıyla sürekli geliştirilmektedir (2,3). Bu teknolojiler tanı ve tedavi süreçlerini iyileştirmenin ötesinde; hasta memnuniyetini artırma, tedavi süresini kısaltma, komplikasyonları azaltma ve hizmete erişimi kolaylaştırma gibi çok yönlü avantajlar sunmaktadır (1).

Amerikan Klinik Pediatrik Diş Hekimliği Derneği (AAPD) çocuk diş hekimliğini; bebeklikten ergenliğe kadar olan bireyler ile özel sağlık gereksinimi olan çocuklara birincil ve kapsamlı koruyucu ve tedavi edici ağız sağlığı hizmetleri sunan, yaşa dayalı bir uzmanlık alanı şeklinde tanımlamaktadır (4). Son yıllarda dijital teknolojiler, tıbbın birçok alanında olduğu gibi çocuk diş hekimliğinde de tanı, tedavi ve hasta yönetimi süreçlerinde önemli değişimlere yol açmıştır. Özellikle düşük doz radyasyonla çalışan dijital radyografi sistemleri, çocuk hastalar açısından daha güvenli bir görüntüleme alternatifi sunmaktadır. İntraoral tarayıcılar, geleneksel ölçü alma işleminin oluşturduğu rahatsızlığı ortadan kaldırarak hasta konforunu artırmıştır. 3B yazıcılar, sabit ve hareketli aygıtların kişiye özel ve hızlı üretimini mümkün kılmakta; aynı zamanda tedavi öncesi çocuklara işlemleri anlatmak için görsel ve etkileşimli bir iletişim aracı olarak da işlev görmektedir. Telediş hekimliği uygulamaları ise özellikle sağlık hizmetine erişimin kısıtlı olduğu bölgelerde sanal konsültasyonlar ve uzaktan teşhis imkânı sunarak çocuk hastalara kesintisiz bakım sağlamaktadır (5). Dijitalleşme yalnızca klinik uygulamaları değil, aynı zamanda hem çocuklara yönelik eğitici içerikleri hem de diş hekimlerinin mesleki gelişimini kapsayan bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Etkileşimli yazılımlar, mobil uygulamalar ve sanal platformlar dental anksiyeteyi azaltmakta, çocuklarda koruyucu alışkanlıkların gelişmesini desteklemekte ve mesleki eğitimde simülasyon temelli öğrenme olanakları sunmaktadır (3).

Bu kitap bölümü, ağız içi tarayıcılar (IOS), CAD/CAM ile 3B yazıcı teknolojilerinin çocuk diş hekimliğindeki klinik uygulamalara entegrasyonunu kapsamlı biçimde ele almaktadır. Dijital teknolojilerin tanı, tedavi planlaması ve çeşitli klinik işlemlerde sağladığı avantajlar ayrıntılı olarak değerlendirilmiş; pedodontide dijital dönüşümün mevcut durumu ve geleceğe yönelik potansiyeli tartışılmıştır.

## 2. Geleneksel Klinik Yöntemlerin Sınırlılıkları ve Dijital Teknolojilere Geçiş

Çocuk diş hekimliği pratiğinde temel hedef, özel sağlık gereksinimleri olan çocuklar da dahil olmak üzere tüm çocuklara en uygun diş sağlığı hizmetini sunmaktır. Geleneksel klinik işlemler; çocuk hastalarda iş birliğini zorlaştıran, işlem süresini uzatan ve klinisyen için hem fiziksel hem de psikolojik olarak zorlayıcı süreçleri beraberinde getirebilmektedir.

Hareketli yer tutucular, reçine esaslı parsiyel protezler, kişiye özel ağız koruyucular, oklüzal splintler, protetik kronlar, miyofonksiyonel apareyler ve alışkanlık kırıcı apareyler gibi dental protezlere ihtiyaç duyan çocuk hastalarda ölçü alma işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem çocuk hastada kusma refleksi, yabancı cisim aspirasyonu ve boğulma riski gibi solunumla ilgili endişeler ve kooperasyon problemleri gibi birçok davranışsal engelle karşılaşılmasına neden olmaktadır (6). Ayrıca, geleneksel ölçü tekniklerinin ağız içi anatomik yapıların detaylı aktarımında sınırlı kalması, tekrar ölçü alma gerekliliği, zaman kaybı ve laboratuvar işlemlerinde hata riskini artırmaktadır. Diğer yandan, bu süreçler çoğu zaman birden fazla klinik randevu gerektirmekte, bu da hem çocuk hasta hem de ebeveynler açısından zorluk yaratmaktadır (7). Çocuk hastalarda ağız ve diş problemlerinin yönetimi için kullanılan dental protez ve apareylerin geleneksel üretim yöntemleri de klinik ve teknik bazı sınırlılıklar içermektedir. **Geleneksel protez ve aparey üretim süreçleri**, uzun süren laboratuvar aşamaları, uyum sorunları ve prova gereksinimleri nedeniyle tedavi sürecini uzatmaktadır(6).

Geleneksel klinik uygulamalarda yaşanan zorluklar, dijital teknolojilerin klinik uygulamalara entegrasyonunu teşvik etmiştir. Dijital ölçü sistemleri, CAD/CAM yazılımları ve 3B yazıcı teknolojileri; geleneksel yöntemlerin zayıf yönlerini ortadan kaldırarak, daha hızlı, konforlu ve hasta dostu çözümler sunmaktadır (8–10).

## 3. Çocuk Diş Hekimliğinde Dijital Tarama, Tasarım ve Üretim Sistemleri

### 3.1. Ağız İçi Tarayıcılar (Intraoral Scanner-IOS)

Ağız içi tarayıcılar (IOS), ağız içi yapıların doğrudan optik ölçülerini kaydetmek amacıyla kullanılan cihazlardır. IOS sistemleri; kamera, görüntüleme ekranı ve yazılım arabiriminden oluşan entegre birimlerle çalışır. Bu cihazlar, taranacak nesneye lazer veya yapılandırılmış ışık gibi bir ışık kaynağı yansıtarak çalışır. IOS'un temel amacı, bir nesnenin (örneğin diş ya da dental ark) 3 boyutlu geometrisini yüksek doğrulukla



kaydetmektir (11). İntraoral tarayıcı sistemleri hem görüntüleme hem de dijital tasarım süreçlerinde yüksek doğruluk ve işlem kolaylığı sunarak dijital diş hekimliğinin temelini oluşturmaktadır.

İntraoral dijital tarayıcıların gelişimi, bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) teknolojilerindeki ilerlemeyle eş zamanlı olarak gerçekleşmiştir. 1984 yılında CEREC sisteminin tanıtılması, dijital ölçülemeye geçişte önemli bir dönüm noktası olmuş ve klinik uygulamalarda dijital teknolojilerin benimsenmesini hızlandırmıştır. Bu süreç, kökenini 1970'li yıllarda Dr. François Duret'in geliştirdiği CAD/CAM konseptinden almaktadır. 1985'te ilk ticari ağız içi tarayıcılar, laboratuvar ortamında hassas restorasyon üretimi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. 2001 yılında Cadent firması, OrthoCAD® sistemiyle 3B dijital modelleme, sanal ortodontik planlama ve indirekt braket yerleştirme uygulamalarını dijitalleştirmiştir. 2006'da geliştirilen iTero® sistemi, 2008 itibarıyla tam ark tarama özelliğine ulaşmış ve 2009'da iOC® adını almıştır. 2011 yılında ise Cadent'in Align Technology tarafından satın alınmasıyla bu sistem, Invisalign aparatlarının üretiminde fiziksel ölçü yerine dijital taramaların kullanılmasına olanak sağlamıştır (12). Bu teknolojik gelişmeler, dijital ölçü sistemlerinin yalnızca yetişkinlerde değil, çocuk hastalarda da konforlu, hızlı ve daha az invaziv çözümler sunmasının önünü açmıştır.

İntraoral tarayıcılar, dijital ölçülerin elde edilmesini sağlayan iki ana bileşenden oluşur: veri toplama ünitesi ve tasarım yazılımı. Bu sistemde kullanılan elde taşınabilir kamera ucu (wand), diş yüzeylerinden yansıyan ışığı algılayarak verileri toplar ve bunları özel bir yazılıma sahip bilgisayara aktarır. Tarayıcı ağız içine yerleştirilip dişler üzerinde nazikçe hareket ettirildiğinde, dişlerin boyutu ve şekli otomatik olarak kaydedilir. Elde edilen görüntüler anlık olarak ekranda izlenebilir, yakınlaştırılabilir ve gerekirse düzenlenebilir. Tarayıcılar, ışığı noktasal ya da ağ yapısında projekte ederek çalışır. (13,14). Dijital ölçülerin en yaygın kullanılan formatı STL (Standard Tessellation Language) dosyasıdır. Bu dosya formatı, ağız içi yapıların üç boyutlu şeklini küçük üçgen yüzeyler aracılığıyla tanımlar ve dijital modellemede yüksek doğruluk sağlar. Ancak, yalnızca şekil bilgisini içerdiğinden renk, doku veya şeffaflık gibi detaylar için yeterli değildir. Bu tür özelliklerin kaydedilmesi amacıyla PLY (Polygon File Format) gibi gelişmiş dosya formatları da kullanılmaktadır. İntraoral tarayıcılar, ışık kaynağını diş yüzeyine yansıtarak bu yapıların görüntüsünü oluşturur. Elde edilen görüntüler, yazılım yardımıyla analiz edilerek ağız içi yapıların dijital modeli oluşturulur. Bu süreçte, yazılım yüzeydeki belirgin anatomik geçişleri (örneğin kenarlar, eğrilikler) tanımlar ve bu alanları temel alarak modelin derinlik bilgisini hesaplar. Ardından, tüm görüntüler birleştirilerek üç boyutlu dijital model

tamamlanır. Bu dijital modeller, restoratif planlamada kullanılmak üzere sistemin türüne göre farklı iş akışlarına aktarılabilir (6,11). Kullanılan sistemler; farklı donanım ve yazılımlarla uyumlu olan açık sistemler (ör. CS 3600, TRIOS), sadece kendi altyapısıyla çalışan kapalı sistemler (ör. Omnicam) ve her iki yapıyı kısmen destekleyen yarı açık sistemler olmak üzere üç gruba ayrılır (15).

### **3.2. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAD/CAM)**

CAD/CAM teknolojisi, dental protezlerin tasarımı ve üretiminde bilgisayar yazılımlarının kullanılmasını sağlar. Bu sistem, özellikle protetik ve restoratif diş hekimliğinde önemli bir dönüşüm yaratmış, 1980’li yıllardan itibaren hızla gelişerek günümüzde birçok klinik ve laboratuvar sürecin dijitalleşmesini ve otomasyonunu mümkün kılmıştır. Geleneksel yöntemlerde karşılaşılan zaman kaybı ve düşük hassasiyet gibi sorunlar, CAD/CAM ile dijital ölçüm ve otomatik üretim süreçleri sayesinde büyük ölçüde aşılmıştır (16).

CAD/CAM teknolojisi, diş hekimliği uygulamalarına ilk olarak 1970’li yıllarda François Duret’in çalışmalarıyla girmiştir. Duret, 1983 yılında CAD yazılımı kullanarak ilk dental kuronu üretmiş ve bu alandaki öncü katkıları nedeniyle “modern dijital diş hekimliğinin babası” olarak anılmıştır. Aynı yıl Dr. Andersson, yüksek hassasiyetli kron üretimini mümkün kılan Procera yöntemini geliştirerek CAD/CAM’in restoratif alandaki kullanımını ileriye taşımıştır. Ayrıca, kompozit kaplamalı restorasyonlarda bu teknolojiyi kullanan ilk kişi olmuştur. 1984’te Dr. Duret’in geliştirdiği Sopha sistemi ise CAD/CAM’in evriminde önemli bir adım olmuştur (6,9). Klinik uygulamalara entegrasyon ise 1985’te Dr. Werner Mörmann ve Dr. Marco Brandestini’nin geliştirdiği CEREC sistemi ile sağlanmıştır. Bu sistem, optik tarayıcı ile frezeleme ünitesini entegre ederek, klinikte tek seansta restorasyon üretimine olanak tanıyan ilk ticari CAD/CAM platformu olmuştur (9,17). 1985’ten günümüze kadar Cerec, Cicero, Procera, Celay, DC-Zirkon ve Cercon gibi birçok CAD/CAM sistemi geliştirilmiştir (18) .

CAD/CAM teknolojisi, dijital diş hekimliğinde restoratif ve protetik işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan üç temel bileşenden oluşur: dijital tarayıcı, tasarım yazılımı ve üretim ünitesi. İlk olarak, ağız içi veya masaüstü tarayıcılarla ağız içi yapılar optik olarak taranarak dijital verilere dönüştürülür. Bu veriler, CAD yazılımı ile hastanın estetik ve fonksiyonel ihtiyaçlarına göre sanal ortamda kişiselleştirilmiş olarak tasarlanır. Ardından, CAM ünitesi aracılığıyla bu dijital tasarım frezeleme ya da aşındırma yoluyla

fiziksel restorasyona dönüştürülür (19). Bu sistem, geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı, daha hassas ve hasta konforunu artıran çözümler sunar. CAD/CAM sistemleri kullanım biçimlerine göre üç modele ayrılır: Klinik ortamda tek seansta üretim sağlayan hasta başı (chair side) sistemler (ör. CEREC, E4D), laboratuvar ortamında tarama ve üretimin yapıldığı sistemler (ör. CEREC inLab, Cercon), ve tasarımın lokal laboratuvarında, üretimin ise ileri teknoloji merkezlerde gerçekleştiği merkezi üretim sistemleri (ör. Procera, LAVA). Bu üretim modelleri, hekimin teknik altyapısına ve klinik gereksinimlerine göre farklı düzeyde esneklik sunmaktadır (20).

Dijital diş hekimliğinde kullanılan üretim sistemleri, farklı teknolojik yaklaşımlar sunmaktadır. Cercon sistemi, CAD bileşeni olmadan çalışır ve mum model üzerinden zirkonya köprüler üretir. Everest sistemi, alçı modelleri 20  $\mu$ m hassasiyetle tarayarak beş eksenli üretim ünitesiyle yüksek morfolojik detay ve kenar uyumu sağlar. Lava sistemi, dayanıklılığı yüksek itriyumla stabilize tetragonal zirkonya (YTZP) kullanımıyla öne çıkar. CEREC sistemi, dijital olarak tasarlanan restorasyonları frezeleme yöntemiyle üretirken; E4D sistemi ise benzer şekilde lazer tarayıcı, tasarım modülü ve freze ünitesinden oluşan entegre yapısıyla klinik içi, aynı gün restorasyon üretimine olanak tanır. Bu sistemler, dijital uygulamalarda hızlı, estetik ve yüksek hassasiyetli sonuçlar elde edilmesini sağlar (18)

### 3.3. Üç Boyutlu (3B) Yazıcılar

Üç boyutlu (3B) yazıcı teknolojisi, dijital olarak tasarlanan modellerin çeşitli malzemelerin katman katman birleştirilmesiyle fiziksel nesnelere dönüştürülmesini sağlayan yenilikçi bir üretim yöntemidir. Polimerler, metaller, seramikler ve hatta canlı hücreler gibi çok çeşitli materyallerle çalışabilen bu teknoloji; rejeneratif tıp, doku mühendisliği, biyomühendislik, medikal cihaz üretimi ve farmasötik uygulamalar gibi birçok sağlık alanında yaygınlaşmıştır. Diş hekimliğinde, bu teknoloji özellikle geleneksel “kazıma esaslı” (subtraktif) üretim tekniklerinin sınırlamalarını aşmak amacıyla öne çıkmaktadır. Subtraktif yöntemlerde; yüksek malzeme israfı, sınırlı tasarım esnekliği ve üretim sürecindeki zorluklar dikkat çekerken, 3B baskı teknolojisi karmaşık anatomik yapıların hassas ve verimli bir şekilde üretilmesine olanak tanır. Bu sayede 3B yazıcılar, hem klinik başarıyı artıran hem de dijital iş akışlarıyla uyumlu, çağdaş bir çözüm sunmaktadır (21).

3B yazıcı teknolojisinin temelleri 1980’li yıllara, o dönemde “hızlı prototipleme” (rapid prototyping) olarak adlandırılan kavrama dayanmaktadır. 1980 yılında Hideo Kodama, fotopolimerizasyon temelli ilk prototipleme sistemini önererek bu alandaki öncülerden biri olmuştur.

1983'te Charles Hull, "stereolitografi" adını verdiği ilk 3B yazıcı sürecini geliştirerek bu teknolojinin mucidi kabul edilmiştir. Ardından 1987'de Carl Deckard, seçici lazer sinterleme (Selective Laser Sintering - SLS) yönteminin patentini almıştır. 1988'de Hull, 3D Systems şirketini kurarak ilk ticari stereolitografi cihazı olan SLA-250'yi üretmiştir. 1992 yılında Emanuel Sachs, "3B yazıcı" (3D printing) terimini literatüre kazandırmıştır. 1990'lı ve 2000'li yıllarda yaşanan teknolojik ilerlemelerle birlikte farklı 3B yazıcı teknikleri geliştirilmiş; 2012 yılı itibarıyla ise bu cihazlar daha erişilebilir hale gelerek diş hekimliği uygulamalarına da uyarlanmıştır (22).

Diş hekimliğinde 3B yazıcı uygulamaları, hasta kaynaklı fiziksel bir modelin veya dijital verinin elde edilmesiyle başlar. Bu veri, genellikle intraoral tarayıcılar, bilgisayarlı tomografi (BT) veya manyetik rezonans görüntüleme (MRG) gibi ileri görüntüleme yöntemleriyle toplanır. Elde edilen dijital veriler uyumlu CAD (Bilgisayar destekli tasarım) yazılımları ile işlenerek hastanın ihtiyacına yönelik özgün tasarımlar oluşturulur. Hazırlanan dijital model, genellikle STL (Standard Tessellation Language) formatına dönüştürülerek yazdırma işlemine uygun hale getirilir (23).

3B yazıcı teknolojileri, kullanılan baskı tekniği ve malzeme türüne bağlı olarak diş hekimliğinde farklı klinik uygulamalara hizmet etmektedir. En yaygın yöntemlerden biri olan stereolitografi (SLA), fotosensitif reçine ve fotopolimerler kullanılarak UV ışığı ile kütleme esasına dayanır; bu teknik geçici dolgular, cerrahi kılavuzlar, döküme uygun kuron-köprü alt yapıları ve dental modellerin üretiminde tercih edilmektedir. Fused Deposition Modelling (FDM), ısıtılarak eritilen termoplastiklerin (PC, PLA, PEEK, ABS) katman katman biriktirilmesiyle çalışır; anatomik modeller, yer tutucular, prelinik eğitim materyalleri ve implant protezleri gibi alanlarda kullanılır. Selective Laser Sintering (SLS), titanyum, paslanmaz çelik, kobalt-krom gibi metal tozlarını lazer ile eritip kaynaştırarak metal kuronlar, köprüler ve implant yapılarının üretimine olanak tanır. Poly-jet printing ve Direct Light Processing (DLP) ise yüksek hassasiyet gerektiren modellerin üretimi için fotopolimer bazlı malzemelerle çalışır; yüz ve çene protezleri, cerrahi stentler ve karmaşık anatomik modeller bu teknikle üretilir. Electron Beam Melting (EBM), vakum ortamında metal tozlarını elektron demetiyle eriterek şekillendirirken, Powder Binder Printing pigmentli bağlayıcı sıvılarla toz partiküllerini birleştirerek katmanlı yapı oluşturur. Son olarak, biyoyazıcılar (bioprinters); kolajen, alginat, hyaluronik asit gibi biyomalzemelerle ve canlı hücrelerle çalışarak, rejeneratif diş hekimliği ve doku mühendisliği uygulamalarında kullanılan biyomimetik iskelet yapılar üretmektedir (22,24,25).

## 4. Çocuk Diş Hekimliğinde Dijital Teknolojilerin Klinik Kullanımı

### 4.1. Çocuk Hastalarda Dijital Ölçü Sistemlerinin Kullanımı

Geleneksel ölçü teknikleri, çocuk hastalarda bulantı refleksi, kooperasyon eksikliği, sınırlı ağız açıklığı, ve işlem süresinin uzunluğu gibi çeşitli nedenlerle hem klinisyen hem de hasta açısından zorluk oluşturabilmektedir. Son yıllarda diş hekimliğinde ölçü alma süreçlerinde dijital teknolojilerin entegrasyonu ile önemli bir dönüşüm yaşanmaktadır. Teknolojik gelişmeler, hem erişkin hem de çocuk hastalarda geleneksel ölçü süreçlerinin daha konforlu ve tolere edilebilir hale gelmesini sağlamaktadır. İntraoral tarayıcılar, diş ve oral dokuların üç boyutlu görüntülerini dijital olarak kaydeden cihazlardır. Ark taramasının gerektiğinde molalar verilerek sürdürülebilmesi, özellikle çocuk hastalarda önemli bir avantaj sunar. Ayrıca bu sistemler, fiziksel model saklama ihtiyacını ortadan kaldırarak dijital ortamda veri arşivlenmesine olanak tanımakta; üç boyutlu kayıtların hızlı erişimi sayesinde klinikler arası paylaşım ve hasta ile iletişim süreçlerini kolaylaştırmaktadır (26,27).

Çocuk hastalarda dijital ölçü yöntemlerinin konfor düzeyine etkisini değerlendiren güncel çalışmalar, dijital sistemlerin geleneksel aljinat ölçülere göre belirgin avantajlar sunduğunu göstermektedir. Luzzi ve ark. tarafından yürütülen çalışmada, aljinat ve dijital ölçü yöntemleri çocuk hastalarda konfor ve tercih açısından karşılaştırılmıştır. Ölçü deneyimi olmayan 50 ortodontik hasta çalışmaya dahil edilmiş; her iki yöntem uygulandıktan sonra bulantı hissi, nefes alma zorluğu ve genel tercihleri içeren bir anket uygulanmıştır. Dijital ölçü sırasında bulantı ve solunum problemi yaşama oranı daha düşük bulunmuş, katılımcıların yaklaşık %75'i dijital yöntemi daha konforlu bulmuştur (28). Benzer şekilde, Serrano-Velasco ve arkadaşlarının yürüttüğü çapraz tasarımlı randomize kontrollü bir çalışmada, 10-14 yaş aralığındaki çocuk ve ergen bireylerde konvansiyonel tam ark ölçü yöntemi ile iki farklı dijital tarayıcı (iTero™ ve Primescan™) hasta konforu açısından karşılaştırılmıştır. Görsel analog skala (VAS) ile değerlendirilen hasta geri bildirimleri doğrultusunda, her üç ölçü yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuş; dijital yöntemlerin, özellikle orta ergenlik dönemindeki bireylerde, konfor açısından geleneksel yöntemle göre açık şekilde üstün olduğu rapor edilmiştir. Bu bulgular, dijital ölçülerin çocuk hastalar açısından daha tolere edilebilir ve tercih edilen bir yöntem olduğunu göstermektedir (29).

Dijital ölçü sistemlerinin çocuk diş hekimliğinde tercih edilmesinde konfor ve hasta iş birliği kadar, elde edilen modellerin ölçüsel doğruluğu da klinik başarı açısından önemlidir. Patel ve ark. tarafından yürütülen

randomize çapraz tasarımlı çalışmada, 8–12 yaş arası çocuklarda dijital ve geleneksel ölçü yöntemleri; ölçüm doğruluğu, işlem süresi, ağrı, bulantı refleksi ve hasta konforu açısından karşılaştırılmıştır. Üst ve alt çenede interkanin ve intermolar genişlikler ile alt kesici dişlerin mezial-distal ölçümleri değerlendirilmiştir. Dijital ölçüler, özellikle işlem süresi, konfor ve bulantı refleksi açısından anlamlı derecede üstün bulunmuştur. Ayrıca bazı ölçüm parametrelerinde (örneğin üst çene intermolar genişliği ve alt kesici dişlerin mezial-distal genişliği) dijital yöntem daha hassas sonuçlar vermiştir (30). Onbaşı ve ark. tarafından yürütülen in vivo bir çalışmada, tam ark dijital ve konvansiyonel ölçülerin doğruluk düzeyleri karşılaştırılmıştır. CEREC Omnicam ve Trios 3 tarayıcılarıyla alınan dijital ölçüler ile polieter ve polivinilsiloksan esaslı konvansiyonel ölçülerden elde edilen modeller, referans dökümlerle karşılaştırılarak ortalama yüzey sapmaları değerlendirilmiştir. Bulgular, dijital tarayıcıların özellikle anterior bölgede yüksek doğruluk sağladığını; ancak posterior bölgede lokal sapmaların daha belirgin olduğunu ortaya koymuştur. Tam ark doğruluğu açısından dijital sistemlerin geleneksel yöntemlerle karşılaştırılabilir düzeyde performans sunduğu belirtilmiş, ancak posterior bölge restorasyonlarında dikkatli kullanım önerilmiştir (31). Bu bulgular, çocuk hastalarda dijital ölçülerin yalnızca konfor değil, aynı zamanda ölçümsel güvenilirlik açısından da güçlü bir alternatif olabileceğini desteklemektedir.

Bununla birlikte, dijital sistemlerin günlük klinik kullanımı hâlâ bazı sınırlamalarla karşı karşıyadır. Yüksek ekipman ve yazılım maliyetleri, üçüncü taraf yazılım sağlayıcılarına olan bağımlılık, veri kaybı riski ve elektronik arızalar, bu teknolojilerin yaygınlaşmasının önündeki temel engeller arasında yer almaktadır (32). Ayrıca çocuk hastalarda ağız içi tarama süreci; tarayıcı probunun boyutu, vestibüler sulkusun anatomik yapısı, eksik ya da süregelen diş sürmeleri gibi yaşa bağlı faktörler ve klinisyenin deneyimi doğrultusunda daha uzun sürebilmektedir (33).

Tüm bu sınırlamalara rağmen, intraoral tarayıcıların çocuk diş hekimliğinde hasta kooperasyonunu artırması, ölçü sürecini basitleştirmesi ve dijital protetik iş akışlarını desteklemesi açısından önemli avantajlar sunduğu açıktır. Ancak bu teknolojilerin rutine entegrasyonunun sürdürülebilir olabilmesi için maliyet etkinliği, altyapı uyumluluğu ve kullanıcı eğitimine yönelik stratejik planlamaların yapılması gerekmektedir.



## 4.2. Çocuk Diş Hekimliğinde Yer Tutucuların Dijital Tasarım ve Üretimi

Süt dişlerinin erken kaybı, ark uzunluğunun azalmasına ve komşu dişlerin yer değiştirmesine neden olarak çocuk hastalarda maloklüzyon, çapraşıklık ve yer darlığı gibi ortodontik problemlere zemin hazırlamaktadır (34). Bu olumsuz sonuçların önlenmesinde yer tutucular klinik olarak önemli bir rol oynar. Ancak geleneksel yöntemlerle üretilen yer tutucular; korozyon, kırılma, estetik yetersizlik, diş etiyle uyumsuzluk ve uzun üretim süreleri gibi çeşitli sınırlamalara sahiptir. Günümüzde dijital teknolojilerin diş hekimliğine entegrasyonu, bu alanda da yenilikçi çözümler sunmaktadır. Son yıllarda, ağız içi tarayıcılar ile elde edilen yüksek hassasiyetli dijital ölçüler sayesinde, CAD/CAM sistemleri ve 3B yazıcı teknolojileri kullanılarak biyouyumlu materyallerle kişiye özel yer tutucuların dijital olarak tasarlanıp üretilmesi mümkün hâle gelmiştir. Böylelikle ölçü alma süreci hem çocuk hem de klinisyen açısından kolaylaşmakta, üretim süresi kısalmakta ve elde edilen restorasyonların klinik doğruluğu artmaktadır (6). Dijital yer tutucular olarak tanımlanan bu yeni nesil aparatlar; estetik, yüksek dayanıklılık, pürüzsüz yüzey yapısı, hafiflik ve hızlı üretim gibi avantajlar sunmaktadır. Ayrıca, diş eti dokularında travmaya neden olmamaları da klinik açıdan önemli bir üstünlük sağlamaktadır (35).

Dijital yer tutucuların üretiminde kullanılan başlıca materyaller arasında polietilen eter keton (PEEK), polimetil metakrilat (PMMA), zirkonya (BruxZir), Trilon polimer ve titanyum yer almaktadır. PEEK; kemik benzeri elastik modülü, yüksek sıcaklık ve kimyasal direnci, toksik olmaması ve estetik avantajları nedeniyle özellikle metal alerjisi olan bireylerde tercih edilmektedir. PMMA ise hafif, estetik ve biyouyumlu bir termoplastik olup, CAD/CAM süreçlerine entegre edilerek mekanik dayanıklılığı ve marjinal adaptasyonu artırılmıştır. Zirkonya (BruxZir), yüksek kırılma direnci, düşük termal genleşmesi ve geniş renk skalasıyla estetik ve dayanıklı bir seçenek sunmaktadır. Trilon, fiberle güçlendirilmiş rezin kompozitten üretilen, metal içermeyen, hafif ve onarılabilir bir polimerdir. Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) gibi özel klinik durumlara sahip hastalar için uygun bir alternatiftir. Titanyum ise yüksek mukavemet ve biyouyumluluğu ile öne çıkan, 3B yazıcılarla üretilen yer tutucularda zaman ve üretim açısından pratiklik sağlamasıyla dikkat çekmektedir (25).

Dijital yer tutucuların üretiminde sıklıkla kullanılan PEEK polimeri ile CAD/CAM sistemleri aracılığıyla hazırlanan aparatların klinik etkinliği literatürde geniş biçimde incelenmiştir. AboulAzın ve arkadaşlarının yürüttüğü randomize kontrollü bir çalışmada, CAD/CAM ile üretilmiş

PEEK esaslı yer tutucular ile geleneksel band-halka yer tutucular karşılaştırılmış; her iki grup arasında dişeti sağlığı ve plak birikimi açısından fark gözlenmezken, PEEK grubunda hasta konforu anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur (36). Benzer şekilde, dijital iş akışı kullanılarak üretilen PEEK yer tutucuların değerlendirildiği pilot bir çalışmada, dijital tarama ve CAD yazılımı ile kişiye özel apareylerin tasarlandığı, CAM sistemiyle üretildiği ve 9 aylık takipte bu aygıtların çocuk hastalarca konforlu, estetik ve biyouyumlu bulunduğu rapor edilmiştir (37). Ayrıca, Guo ve arkadaşlarının in vitro çalışmasında lazer destekli tarama ile CAD yazılımı kullanılarak PEEK materyalinden çıkarılabilir yer tutucular (RSM) tasarlanmış; bu dijital apareylerin konvansiyonel yöntemlere kıyasla daha iyi doku uyumu sağladığı ve ortalama doku boşluğunun daha düşük olduğu belirlenmiştir (38).

CAD/CAM sistemlerinin yanı sıra, yer tutucu üretiminde giderek daha fazla ilgi gören bir diğer dijital yaklaşım ise 3B yazıcı teknolojileridir. Bu kapsamda Thakur ve ark. tarafından yürütülen randomize klinik bir çalışmada, 3B yazıcı ile üretilen band loop yer tutucular ile geleneksel yer tutucular karşılaştırılmıştır. Titanyum bazlı metal toz kullanılarak mikro lazer sinterleme yöntemiyle üretilen yer tutucular, 9 ay süresince 6–12 yaş arası çocuklarda değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, 3B yazıcı grubunda anlamlı şekilde daha yüksek bir başarı oranı (%77,4) elde edilmiş; dişeti sağlığı her iki grupta benzer bulunmuştur. Hasta memnuniyetinin %90'ın üzerinde olması ve dijital sistemlerin sağladığı uyum ve dayanıklılık, bu yöntemin geleneksel yer tutuculara klinik açıdan güçlü bir alternatif olabileceğini göstermektedir (39). Nedeljkovic ve ark. tarafından yürütülen randomize kontrollü çalışmada, erken süt molar kaybı sonrasında kullanılan fonksiyonel yer tutucuların klinik etkinliği değerlendirilmiştir. Yer tutucular, iki farklı üretim yöntemiyle (3B yazıcı ile üretilmiş metal: Co-Cr alaşımı ve CAD/CAM ile frezelenmiş kompozit) hazırlanmıştır. Toplam 28 çocuğun dahil edildiği çalışmada, apareyler 1., 3. ve 6. aylarda takip edilmiş; maksimum oklüzal kuvvet ve çiğneme etkinliği ölçülmüştür. Her iki grupta da çiğneme fonksiyonlarında anlamlı iyileşme görülmüş; oklüzal kuvvet açısından fark bulunmamıştır. Ancak 6. ay sonunda, 3B yazıcı ile üretilmiş metal yer tutucuların klinik olarak daha üstün olduğu bildirilmiştir (40).

Tüm bu bulgular, dijital olarak üretilmiş yer tutucuların hem pasif hem de fonksiyonel kullanımda geleneksel yöntemlere kıyasla eşdeğer hatta üstün performans gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Dijital ölçüleme, kişiselleştirilmiş tasarım ve hızlı üretim süreçleriyle desteklenen bu sistemlerin, çocuk diş hekimliğinde yer tutucu tedavilerine yeni bir standart getirmesi olası görünmektedir.



### 4.3. Çocuk Diş Hekimliğinde Dijital Restoratif ve Protetik Yaklaşımlar

Çocuk hastalarda restoratif tedavilerin başarısı; çürük yaygınlığı, dişin yapısal durumu, çocuğun yaşı ve kooperasyon düzeyi gibi birçok faktöre bağlıdır. Özellikle çok yüzeyli çürükler, pulpa tedavisi uygulanmış dişler ve gelişimsel mine/dentin defektleri gibi durumlarda, geleneksel restorasyonlar yetersiz kalabilmekte; bu gibi olgularda tam örtücü kronlar daha güvenilir bir tedavi seçeneği sunmaktadır. Geleneksel olarak çocuk diş hekimliğinde paslanmaz çelik kronlar (PÇK) en yaygın kullanılan restorasyonlardır. Estetik gereksinimlerin ön planda olduğu vakalarda ise pre-veneered PÇK'ler, zirkonya ve bioflex kronlar gibi alternatif prefabrike seçeneklere yönelinmektedir (41). Ancak bu sistemler, kişiye özel uyum ve estetik beklentileri karşılamakta sınırlı kalabilmektedir. Son yıllarda, dijital teknolojilerin klinik uygulamalara entegrasyonu ile kişiselleştirilmiş dijital restorasyonlara olan ilgi artmıştır. CAD/CAM ve 3B yazıcı teknolojileriyle hazırlanan bu restorasyonlar; yüksek ölçü doğruluğu, biyouyumluluk, estetik ve dayanıklılık gibi pek çok avantaj sunmaktadır. Ayrıca, dijital verilerin arşivlenmesi sayesinde fiziksel modellere olan gereksinim ortadan kalkmakta; bu da klinik süreçlerin hızlanmasına ve kaynak kullanımının daha verimli hale gelmesine katkı sağlamaktadır (42,43).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, CAD/CAM sistemleri ve 3B yazıcılarla üretilen restorasyonların çocuk hastalarda başarılı klinik sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Huang ve ark., kişiye özel 3B baskılı rezin kronlar ile CAD/CAM ile hazırlanan rezin kronların hem estetik hem de marjinal uyum açısından PÇK'ya üstünlük sağladığını bildirmiştir (44). Benzer şekilde, Al-Halabi ve ark. tarafından gerçekleştirilen randomize klinik çalışmada, pulpa tedavisi uygulanmış ve yaygın çürük lezyonlarına sahip süt azı dişlerin restorasyonunda kullanılan 3B yazıcıyla üretilmiş fotopolimer rezin kronlar (PRC) ile CAD/CAM yöntemiyle üretilmiş PMMA esaslı kronlar karşılaştırılmıştır. On iki aylık takip sürecinde her iki sistem de yüksek marjinal uyum ve retansiyon sağlamış; ancak PRC grubunda daha az siman kaybı ve daha iyi gingival yanıt gözlemlenmiştir (45). Naik ve arkadaşlarının çalışmasında ise süt azı dişlerde kullanılan üç farklı estetik kron türü—CAD/CAM ile üretilen PMMA kronlar, 3B baskılı PRC ve prefabrike zirkonya kronlar—dokuz ay süreyle değerlendirilmiştir. En yüksek retansiyon oranı ve marjinal uyum 3B yazıcı ile üretilmiş PRC kronlarda gözlenirken, bunu zirkonya ve PMMA kronlar izlemiştir. Bu sonuçlar, 3B yazıcı ile hazırlanmış kronların, hem biyolojik uyum hem de retansiyon açısından prefabrike sistemlere göre daha avantajlı olabileceğini göstermektedir (46).

Geniş çürük lezyonlarına sahip süt azı dişlerinin restorasyonunda, CAD/CAM ile üretilen onley restorasyonlar; yüksek marjinal adaptasyon, dayanıklılık ve estetik açıdan etkili bir tedavi alternatifi olarak öne çıkmaktadır. Dursun ve ark., süt azı dişlerde derin çürüklerin tedavisinde, dijital tarama ve frezeleme işlemi ile doğrudan klinikte üretilen CAD/CAM kompozit onleylerin uygulanabilirliğini bildirmiştir. Bu restorasyonlar, minimal invaziv hazırlık, üstün estetik ve biyouyumluluk gibi avantajlar sunarken, aynı zamanda dişeti travmasını azaltmakta ve hasta/ebeveyn memnuniyetini artırmaktadır. Ancak yüksek ekipman maliyeti ve yazılım sınırlılıkları dezavantaj oluşturmaktadır (47). Benzer şekilde, Mittal ve ark. tarafından yapılan prospektif çalışmada, endodontik tedavi görmüş süt azı dişlerde indirekt kompozit onleylerin üç yıllık klinik performansı, PÇK'lerle karşılaştırılmıştır. Her iki restorasyon benzer retansiyon, marjinal bütünlük ve gingival uyum göstermiştir; ancak onleyler daha kısa klinik süre ve yüksek hasta/ebeveyn memnuniyeti sağlamıştır (48).

Çocuk ve genç hastalarda süt dişlerinin yanı sıra daimi diş restorasyonları da klinik olarak büyük önem arz etmektedir. Özellikle derin çürükler veya endodontik tedavi sonrasında madde kaybı fazla olan birinci daimi molarların uzun dönem başarısı için biyolojik uyumu yüksek, estetik ve konservatif çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Geleneksel olarak bu dişler paslanmaz çelik kronlarla restore edilse de, günümüzde gelişmiş adeziv teknikler ve CAD/CAM destekli seramik materyallerin dayanıklılığının artmasıyla birlikte, endokronlar konservatif ve estetik bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Taha ve Saad tarafından yürütülen randomize klinik çalışmada, 10–13 yaş aralığındaki çocuklarda endodontik tedavi görmüş birinci daimi azı dişlerinin restorasyonunda geleneksel PÇK'ler, CAD/CAM ile lityum disilikat cam seramikten ve güçlendirilmiş indirekt kompozitten üretilmiş endokronlar ile karşılaştırılmıştır. On iki aylık takip sürecinde, her iki endokron grubunda daha yüksek ebeveyn memnuniyeti, daha düşük plak birikimi ve daha stabil gingival indeks değerleri bildirilmiştir. Bu bulgular, endokronların çocuk hastalarda da güvenle uygulanabileceğini ve özellikle estetik kaygıların ön planda olduğu durumlarda PÇK'lere başarılı bir alternatif sunabileceğini ortaya koymaktadır (49).

Son yıllarda yalnızca yaygın çürük lezyonlarının değil, aynı zamanda gelişimsel kökenli diş sert doku defektlerinin restorasyonunda da dijital yaklaşımlar öne çıkmıştır. Molar insisör hipomineralizasyonu (MIH), amelogenesis imperfekta ve dentinogenesis imperfekta gibi yapısal bozukluklar, dişlerin dayanıklılığını ve adeziv sistemlere yanıtını olumsuz etkileyerek geleneksel restoratif yöntemlerle uzun dönem başarıyı sınırlandırmaktadır. Moussally ve ark. tarafından sunulan bir vaka raporunda

hipokalsifiye tipte amelogenesis imperfekta tanılı 17 yaşındaki bir hastaya dört seansta 28 tam seramik kronun chairside CAD/CAM yöntemiyle hazırlanarak uygulanması sayesinde ağrı, fonksiyon ve estetik problemleri hızlı ve etkili bir şekilde çözülmüş; hastada genel yaşam kalitesinde anlamlı bir iyileşme bildirilmiştir (50). Benzer şekilde, Swanson ve ark. tarafından sunulan olgu serisinde, amelogenesis imperfecta tanılı dört adölesan hastada estetik ve fonksiyonel rehabilitasyon amacıyla dijital iş akışlarıyla geçici anterior restorasyonlar uygulanmıştır. Hastaların fenotipik özellikleri ve klinik ihtiyaçlarına göre restorasyon tipi, materyal ve üretim yöntemi bireysel olarak belirlenmiş; CAD/CAM sistemleri ile dijital ölçü ve üretim teknolojilerinden etkin şekilde yararlanılmıştır (51). Eldchna ve ark. MIH tanısı almış 52 arka daimi dişi iki gruba ayırarak CAD/CAM teknolojiyle üretilmiş iki farklı restoratif materyali—monolitik zirkonya overlay ve IPS e.max CAD overlay—karşılaştırmıştır. On iki aylık takip sürecinde, her iki restorasyon tipi de estetik, fonksiyonel uyum ve biyolojik uygunluk açısından başarılı sonuçlar göstermiştir (52). Bu çalışmalar gelişimsel dental defektlerin erken daimi dişlenme döneminde dijital destekli yaklaşımlarla başarılı şekilde yönetilebileceğini ve bu sistemlerin genç hastaların karmaşık restoratif ihtiyaçlarına bireysel çözümler sunabildiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, dijital teknolojiler çocuk diş hekimliğinde restoratif ve protetik uygulamalara yenilikçi, bireyselleştirilmiş çözümler sunmaktadır. CAD/CAM ve 3B yazıcı sistemleri, estetik, uyum ve hasta memnuniyeti açısından geleneksel yöntemlere güçlü bir alternatif oluşturmaktadır. Gelecekte bu yaklaşımların daha da yaygınlaşması beklenmektedir.

#### 4.4. Çocuk Diş Hekimliğinde Dijital Endodontik Yaklaşımlar

Çocuk hastalarda endodontik tedaviler, anatomik varyasyonlar ve gelişimsel anomaliler nedeniyle erişim, kanal tespiti ve şekillendirme aşamalarında önemli zorluklar oluşturabilir. Bu zorlukların aşılmasında dijital teknolojiler etkili çözümler sunmaktadır. Özellikle konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve 3B yazıcı teknolojileri kullanılarak kişiye özel yönlendirme şablonları hazırlanmakta, böylece güvenli kanal girişi sağlanmakta ve dentin kaybı ile kök perforasyonu gibi iatrojenik komplikasyonlar en aza indirilebilmektedir. CBCT tabanlı dijital planlamalarla oluşturulan modeller, karmaşık kök anatomisinin anlaşılmasını kolaylaştırmakta ve cerrahi endodontik işlemlerin (ör. apikal rezeksiyon) etkinliğini artırmaktadır (53). Krug ve arkadaşlarının sunduğu bir olguda, dentin displazisi tip I tanılı 12 yaşındaki bir hastada, kanal obliterasyonu ve apikal patolojiler nedeniyle endodontik tedavi planlanmış, konvansiyonel yaklaşım sırasında meydana gelen perforasyon sonrası geri kalan dişlerde dijital rehberli endodontik

yöntem tercih edilmiştir. CBCT ve yüzey tarayıcı verileri birleştirilerek 3B yazıcı ile kişiye özel kılavuzlar üretilmiş ve bu sayede minimal invaziv girişimlerle tüm kök kanalları başarılı şekilde bulunmuştur. Bir yıllık takipte tüm dişlerde apikal iyileşme sağlandığı bildirilmiştir (54). Benzer şekilde, Dabrowski ve ark.'nın çalışmasında da kanal kalsifikasyonu nedeniyle zorlaşan olgularda dijital planlamayla oluşturulan endodontik rehberlerin, iatrojenik hataları azaltarak kök kanal tedavisinin öngörülebilirliğini artırdığı gösterilmiştir (55). Bu bulgular, rehberli endodontinin hem çocuk hem erişkin hastalarda kişiselleştirilmiş ve güvenli bir yaklaşım sunduğunu ortaya koymaktadır.

Rejeneratif endodonti, özellikle genç daimi dişlerde doku mühendisliği prensiplerine dayalı biyolojik onarım süreçlerini hedefleyen yenilikçi bir yaklaşımdır. Rejeneratif endodontide 3B biyoyazıcı teknolojisi (bioprinting), doğal pulpa-dentin kompleksinin mimarisini taklit edebilen, hücre yerleşimini ve biyomalzeme bileşimini yüksek hassasiyetle kontrol etme olanağı sunarak büyük bir potansiyel taşımaktadır. Hidrojel bazlı biyomürekkepler kullanılarak kök kanalına özgü, kök hücreler ve biyolojik aktif moleküller içeren özelleştirilmiş doku iskeletleri üretilebilmekte; bu sayede rejeneratif süreçlerin etkinliği artmakta ve yeni dokuların kök kanal duvarlarıyla entegrasyonu kolaylaşmaktadır. Katmanlı üretim tekniği, hücrelerin ve büyüme faktörlerinin üç boyutlu ve organize biçimde yerleştirilmesine olanak tanıyarak kompleks dokuların biyomimetik olarak oluşturulmasına imkân verir (56,57)

Zhou ve ark. tarafından geliştirilen bir çalışmada, dental pulpa kök hücrelerini (DPSC) taşıyan ve GelMA-Dextran bazlı hidrojel ile oluşturulan gözenekli bir Dental Pulpa Yönlendirme Yapısı (DPGC) tasarlanmıştır. Bu biyobasılmış yapı, DPSC'lerin canlılığını, göçünü ve yayılımını artırırken aynı zamanda kapiller damar oluşumunu ve nörogenesi desteklemiştir. In vivo fare modelinde yapılan implantasyon sonrası, yapı içinde odontoblast benzeri hücreler ve yeniden damarlaşma gözlenmiş, böylece doğal pulpa dokusunun mimarisi başarıyla taklit edilmiştir. Bu bulgular, kişiye özel, yönlendirilmiş biyobasım stratejilerinin kök hücre temelli pulpa rejenerasyonunda umut verici bir alternatif oluşturabileceğini ortaya koymaktadır (58).

Bununla birlikte, 3B biyoyazıcı teknolojilerinin rejeneratif endodonti alanındaki uygulamaları hâlen deneysel düzeydedir; bugüne kadar insan üzerinde gerçekleştirilmiş klinik vaka ya da randomize kontrollü çalışma bildirilmemiştir. Bu nedenle, bu teknolojinin pulpa rejenerasyonu için klinik kullanımı, biyomalzeme biyouyumluluğu, damarlaşma yeterliliği ve uzun dönem doku bütünlüğü gibi konularda daha ileri düzey araştırmalara

ihtiyaç duymaktadır. Günümüzdeki literatür, bu teknolojinin ileride kişiye özel rejeneratif tedavilerin temelini oluşturabileceğine işaret etmektedir; ancak mevcut durumda uygulama alanı laboratuvar ve hayvan modelleri ile sınırlıdır.

## 5. Dijital Pedodontinin Sınırları

Dijital pedodonti, klinik uygulamalarda önemli avantajlar sağlasa da, bu teknolojilerin yaygın ve etkin kullanımı bazı sınırlamaları da beraberinde getirmektedir. Öncelikle, dijital sistemlere geçiş süreci yüksek maliyetli yatırımlar gerektirir; cihazların ilk temini, periyodik bakımları ve yazılım güncellemeleri, özellikle küçük ve orta ölçekli klinikler için ciddi bir ekonomik yük oluşturmaktadır. Buna ek olarak, dijital ekipmanların etkin kullanılabilmesi için hekimler ve yardımcı sağlık personelinin ileri düzeyde eğitim alması gerekmektedir; bu da hem zaman hem de kaynak açısından ek planlama gerektirir. Teknolojik alt yapıya bağlı olarak gelişebilecek teknik aksaklıklar —örneğin yazılım çökmeleri veya cihaz arızaları— klinik işleyişte kesintilere neden olabilir ve tedavi süreçlerini olumsuz etkileyebilir. Ayrıca dijital donanıma sahip olmayan veya sınırlı kaynaklara sahip merkezlerde bu hizmetlerin uygulanabilirliği kısıtlı kalmakta; bu durum dijital sağlık hizmetlerine erişimde eşitsizlik yaratabilmektedir.

Son olarak, dijital teknolojilerin hızla evrilmesi, kliniklerin teknolojik olarak güncel kalabilmeleri için sürekli yatırım yapmalarını zorunlu hâle getirmektedir. Bu bağlamda, dijital diş hekimliği uygulamalarının sürdürülebilirliği açısından maliyet etkinliği, erişilebilirlik ve kullanıcı dostu yazılım-donanım entegrasyonu kritik rol oynamaktadır. Teknolojik yeniliklerin klinik pratiğe entegre edilmesinde, sadece teknolojik yeterlilik değil, aynı zamanda altyapı, eğitim ve ekonomik planlama da dikkate alınmalıdır.

## 6. Sonuç

Dijital teknolojilerin çocuk diş hekimliği uygulamalarda giderek daha fazla yer bulduğu görülmektedir. İntraoral tarayıcılar, CAD/CAM sistemleri ve 3B yazıcı teknolojileri çocuk hastalarda daha konforlu, estetik ve etkili tedavi imkânı sunmaktadır. Bu dijital yaklaşımlar yalnızca klinik başarıyı artırmakla kalmayıp, aynı zamanda çocuk hastaların diş hekimliğine yönelik tutum ve iş birliğini de olumlu yönde etkilemektedir. Ancak bu teknolojilerin farklı klinik uygulamadaki etkinliğini, uzun dönem başarısını ve maliyet-etkinliğini değerlendirmek için daha fazla klinik araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

## Referanslar

1. Haidar ZS. Digital Dentistry: Past, Present, and Future. 2023 Jun 6;2(16).
2. Rekow ED. Digital dentistry: The new state of the art—Is it disruptive or destructive? *Dent Mater*. 2020 Jan;36(1):9–24.
3. Garcovich D, Lipani E, Aiuto R, Alvarado Lorenzo A, Adobes Martin M. Application of digital workflow and technologies in clinical paediatric dentistry: a scoping review. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2024;25(5):731–66.
4. American Academy of Pediatric Dentistry. Overview. *The Reference Manual of Pediatric Dentistry*. 2024.
5. Spagnuolo G. The role of digital devices in dentistry: clinical trends and scientific evidences. *J Clin Med*. 2020.
6. Khan MK. Modern Digital Pediatric Dentistry with the Advent of Intraoral Sensors, Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing, and Three-dimensional Printing Technologies: A Comprehensive Review. *J Dent Res Rev*. 2022 Sep;9(3):195–201.
7. Yilmaz H, Aydin MN. Digital versus conventional impression method in children: Comfort, preference and time. *Int J Paediatr Dent*. 2019 Nov 1;29(6):728–35.
8. Sikdar R, Bag A, Shirolkar S, Gayen K, Sarkar S, Roychowdhury S. 3D printing: Its application in pediatric dental practice. *Acta Sci Dent Sci*. 2022.
9. Bhuyan L, Dhull KS, Pattnaik S, Devraj IM, Nishat R, Panda A. CAD-CAM in Pediatric Dentistry: A brief insight. *Bangladesh J Med Sci*. 2024 Mar 11;23(Special Issue):S38–42.
10. Serrano-Velasco D, Martín-Vacas A, Paz-Cortés MM, Giovannini G, Cintora-López P, Aragonese JM. Intraoral scanners in children: evaluation of the patient perception, reliability and reproducibility, and chairside time—A systematic review. *Front Pediatr*. 2023 Jul 7;11:1213072.
11. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*. 2017 Dec 12;17(1).
12. Audiat MPT. Historical Evolution of Intraoral Scanners in Dentistry. 2021.
13. Panwar M, Gupta S, Singh U, Das A, Isha S. Role of Intraoral Scanners in Pediatric Dentistry. *Int J Med Dent Sci*. 2023 Mar 14:2071–6.
14. Eggmann F, Blatz MB. Recent Advances in Intraoral Scanners. *J Dent Res*. 2024 Dec 9;103(13):1349–57.

15. Braian M, Wennerberg A. Trueness and precision of 5 intraoral scanners for scanning edentulous and dentate complete-arch mandibular casts: A comparative in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2019.
16. Maiti N, Mahapatra N, Patel D, Chanchad J, Shah AS, Rahaman SM, et al. Application of CAD-CAM in Dentistry. *Bioinformation*. 2024 May 31;20(5):547.
17. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc*. 2006 Sep;137(9 Suppl):7S-13S.
18. Jain R, Takkar R, Jain G, Deora N, et al. CAD-CAM the future of digital dentistry: a review. *Ann Prosthodont Restor Dent*. 2(2):33.
19. Bhuyan L, Singh Dhull K, Pattnaik S, Mysore Devraj I, Nishat R, Panda A. CAD-CAM in Pediatric Dentistry: A brief insight. *Bangladesh J Med Sci*. 2024.
20. Susic I, Travar M. The application of CAD/CAM technology in Dentistry. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2017;200(1):012020.
21. Chen Y, Wei J. Application of 3D Printing Technology in Dentistry: A Review. *Polymers (Basel)*. 2025 Apr 1;17(7):886.
22. Greeshma B, Sandeep V, Rajavardhan K, Sindhura K, Madhupreethi T. A Review on Revolutionizing Pediatric Dental Treatments with 3D Printing Technology: Current Trends and Future Prospects. *J Orofac Res*. 2025.
23. Sikdar R, Bag A, Shirolkar S, Gayen K, Sarkar S, Roychowdhury S. 3D printing: Its application in pediatric dental practice. *Acta Sci Dent Sci*. 2022.
24. Tyagi R, Kalra N, Khatri A, Kulood MK, Garg N. Three-dimensional printing: Fine-tuning of the face of pediatric dentistry. *SRM J Res Dent Sci*. 2022.
25. Shaheen S, Sridevi E, Sankar AJS, Krishna VSS, Sridhar M, Sankar KS. Contemporary era of Three-dimensional printing in pediatric dentistry: An overview. *J Oral Res Rev*. 2023.
26. Burhardt L, Livas C, Kerdijk W, van der Meer W. Treatment comfort, time perception, and preference for conventional and digital impression techniques: A comparative study in young patients. *J Dent*. 2016.
27. Kalaivanan D, Kalimreddy P, Kodical SR, Ramasetty D. Three dimensional printing—from a pediatric dentist’s perspective. *Int J Pedodont Rehabil*. 2022.
28. Luzzi V, Di Carlo G, Crupi E, Quarta E, De Angelis F, Di Carlo S, et al. Traditional versus digital impression: compliance and preference in pediatric patients- review. *Ann Stomatol (Roma)*. 2022;13(1–4):3–8.



29. Serrano-Velasco D, Martín-Vacas A, Cintora-López P, Paz-Cortés MM, Aragonces JM. Comparative Analysis of the Comfort of Children and Adolescents in Digital and Conventional Full-Arch Impression Methods: A Crossover Randomized Trial. *Children (Basel)*. 2024 Feb 2;11(2):190.
30. Patel C, Barot GN, Patel MC, Nath KJ, Patel SP, Patel DK. Accuracy and Comfort in Digital and Conventional Impression in Pediatric Dental Patients: A Randomized Comparative Study. 2025.
31. Onbasi Y, Abu-Hossin S, Paulig M, Berger L, Wichmann M, Matta RE. Trueness of full-arch dental models obtained by digital and conventional impression techniques: an in vivo study. *Sci Rep*. 2022 Dec 1;12(1):1–9.
32. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res*. 2011 Feb;14(1):1–16.
33. Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE. Clinical use of a direct chairside oral scanner: An assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014 Nov;146(5):673–82.
34. Tunison W, Flores-Mir C, ElBadrawy H, Nassar U, El-Bialy T. Dental arch space changes following premature loss of primary first molars: a systematic review. *Pediatr Dent*. 2008;30:297–302.
35. Dhanotra K, Bhatia R. Digitainers—Digital space maintainers: A review. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2021.
36. AboulAzm NS, Sharaf AA, Dowidar KML, AbdelHakim AA. Effectiveness of CAD/CAM PEEK fabricated space maintainer in children: A randomized controlled clinical trial. *Alexandria Dent J*. 2023 Jul;48(2):203–10.
37. Ierardo G, Luzzi V, Lesti M, Voza I, Brugnoletti O, Polimeni A, Bossù M. Peek polymer in orthodontics: A pilot study on children. *J Clin Exp Dent*. 2017.
38. Guo H, Wang Y, Zhao Y, Liu H. Computer-aided design of polyetheretherketone for application to removable pediatric space maintainers. *BMC Oral Health*. 2020 Jul 10;20(1):1–10.
39. Thakur B, Bhardwaj A, Luke AM, Wahjunigrum DA. Effectiveness of traditional band and loop space maintainer vs 3D-printed space maintainer following the loss of primary teeth: a randomized clinical trial. *Sci Rep*. 2024 Dec 1;14(1):1–12.
40. Nedeljkovic A, Milosavljevic M, Mladenovic K, Janjic V, Schimmel M, Mladenovic R. Clinical outcomes of novel CAD/CAM-designed functional space maintainers produced via additive and subtractive methods: A randomized controlled trial. *J Dent*. 2025 Apr 1;155:105608.



41. Rahate I, Fulzele P, Thosar N. Comparative evaluation of clinical performance, child and parental satisfaction of Bioflx, zirconia and stainless steel crowns in pediatric patients. *F1000Res*. 2023;12.
42. Aktaş N, Ciftci V. Current applications of three-dimensional (3D) printing in pediatric dentistry: a literature review. *J Clin Pediatr Dent*. 2024 Sep 1;48(5):4–13.
43. Ille CE, Jivănescu A, Pop D, Stoica ET, Flueraş R, Talpoş-Niculescu IC, et al. Exploring the Properties and Indications of Chairside CAD/CAM Materials in Restorative Dentistry. *J Funct Biomater*. 2025 Feb 1;16(2):46.
44. Huang HY, Yang YT, Chuang CC, Shen YK, Chen MH, Lin WC. Evaluation of the clinical application of personalized 3D printing and CAD/CAM resin crowns to replace stainless steel crowns in paediatric dentistry. *Int J Paediatr Dent*. 2024 Nov;34(6):811–21.
45. Al-Halabi MN, Bshara N, Nassar JA, Comisi JC, Rizk CK. Clinical Performance of Two Types of Primary Molar Indirect Crowns Fabricated by 3D Printer and CAD/CAM for Rehabilitation of Large Carious Primary Molars. *Eur J Dent*. 2021 Jul;15(3):463–8.
46. Naik SV, Thakkar SV, Naik D, Chakraborty A, Usha G. Three-dimensional-printed Photopolymer Resin Crowns vs Computer-aided Milled Polymethyl Methacrylate Crowns with Prefabricated Zirconia Crowns for Primary Molars: A Randomized Clinical Trial. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2025 Jul 25;18(5):506–13.
47. Dursun E, Monnier-Da Costa A, Moussally C. Chairside CAD/CAM Composite Onlays for the Restoration of Primary Molars. *J Clin Pediatr Dent*. 2018;42(5):349–.
48. Mittal H, Goyal A. Clinical performance of indirect composite onlays as esthetic alternative to stainless steel crowns for rehabilitation of a large carious primary molar. *J Clin Pediatr Dent*. 2016;40(5):345–.
49. Taha AI, Saad AE. Clinical and radiographic outcomes of endocrowns fabricated from two different CAD-CAM materials versus stainless steel crowns in restoring first permanent molars. *BMC Oral Health*. 2025 Dec 1;25(1).
50. Moussally C, Fron-Chabouis H, Charrière A, Maladry L, Dursun E. Full-mouth Rehabilitation of Hypocalcified-type Amelogenesis Imperfecta With Chairside Computer-aided Design and Computer-aided Manufacturing: A Case Report. *Oper Dent*. 2019 May 1;44(3):E145–58.
51. Swanson AK, Duqum IS, Heimisdóttir LH, Wright JT. Digital restorative workflows for developmental dental defects in young patients: A case series. *J Am Dent Assoc*. 2023 Apr 1;154(4):340–8.

52. Eldehna AM, Montaser AG, Alrafee SA, Abdelgawad A. Clinical outcome of CAD/CAM overlays of MIH affected young permanent molars. *Saudi Dent J.* 2023 Sep;35(6):699–706.
53. Decurcio DA, Bueno MR, Silva JA, Loureiro MAZ, Sousa-Neto MD, Estrela C. Digital Planning on Guided Endodontics Technology. *Braz Dent J.* 2021 Dec 6;32(5):23–33.
54. Krug R, Volland J, Reich S, Soliman S, Connert T, Krastl G. Guided endodontic treatment of multiple teeth with dentin dysplasia: a case report. *Head Face Med.* 2020 Dec 1;16(1):1–8.
55. Dąbrowski W, Puchalska W, Ziemlewski A, Ordyniec-Kwaśnica I. Guided Endodontics as a Personalized Tool for Complicated Clinical Cases. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Aug 1;19(16).
56. Mohd N, Razali M, Fauzi MB, Abu Kasim NH. In Vitro and In Vivo Biological Assessments of 3D-Bioprinted Scaffolds for Dental Applications. *Int J Mol Sci.* 2023 Aug 1;24(16):12881.
57. Etezadkeyhan P. Recent Advances in Regenerative Endodontics: Clinical Applications and Challenges. *J Oral Dent Health Nexus.* 2024 Oct 1;1(1):29–42.
58. Zhou N, Zhu S, Wei X, Liao X, Wang Y, Xu Y, et al. 3D-bioprinted hydrogels with instructive niches for dental pulp regeneration. *Int J Bioprint.* 2024 Feb 5;10(3):1790.



# **Pedodontide Güncel Yaklaşımlar: Dijitalden Kliniğe Yolculuk**

**Editör:**

**Doç. Dr. Şemsettin YILDIZ**