



# **AYDIN DENTAL JOURNAL**

**Aydin Dent J**

**Year 11 Issue 2 - August 2025**

**ISTANBUL AYDIN UNIVERSITY  
JOURNAL OF FACULTY OF DENTISTRY**

**GENEL DOI:** 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009

**Year 11 Number 2 DOI:** 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/2025.1102

**ISSN:** 2149-5572

**E-ISSN:** 2717-6835

**Print** 30.08.2025

ISTANBUL AYDIN UNIVERSITY  
JOURNAL OF FACULTY OF DENTISTRY  
AYDIN DENTAL JOURNAL

ISSN: 2149-5572

**Owner - Sahibi**  
Prof. Dr. Mustafa AYDIN

**Editor-in-Chief - Yazı İşleri Müdürü**  
Zeynep AKYAR

**Editor - Editör**  
Prof. Dr. Şeyda HERGÜNER SİSO

**Associate Editor - Yardımcı Editör**  
Prof. Dr. Pınar TÜRKOĞLU  
Doç. Dr. Emine PİRİM GÖRGÜN  
Doç. Dr. Işıl Kaya BÜYÜKBAYRAM  
Dr. Öğr. Üyesi Sevgi ZORLU  
Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇOLAKOĞLU  
Dr. Öğr. Üyesi Hilal YILANCI  
Dr. Öğr. Üyesi Burcu YILMAZ  
Dr. Öğr. Üyesi Nuri Mert TAYŞI

**Academic Studies Coordination Office (ASCO)**  
**Akademik Çalışmalar Koordinasyon Ofisi (AÇKO)**

**Administrative Coordinator - İdari Koordinatör**  
Dr. Öğr. Üyesi Burak SÖNMEZER

**Graphic Design - Grafik Tasarım**  
Başak GÜNDÜZ

**Language - Dili**  
English - Türkçe

**Publication Period - Yayın Periyodu**  
Published three times a year - Yılda üç kere yayınlanır  
April, August and December - Nisan, Ağustos ve Aralık

**Correspondence Address - Yazışma Adresi**  
Beşyol Mahallesi, İnönü Caddesi, No: 38 Sefaköy, 34295  
Küçükçekmece/İstanbul  
**Tel:** 0212 4441428 - **Fax:** 0212 425 57 97  
**web:** www.aydin.edu.tr - **e-mail:** dentaydinjournal@aydin.edu.tr

**Printed by**  
**Baskı:** Armoninuans Matbaa  
**Adres:** Yukarıdudullu, Bostancı Yolu Cad. Keyap Çarşısı B-1  
Blk. N. 24, Ümraniye/İstanbul  
**Tel:** 0(216) 540 36 11  
**Faks:** 0216 540 42 72  
**E-Mail:** info@armoninuans.com

**Editorial Board - Yayın Kurulu**

**Prof. Dr. Şeyda HERGÜNER SİSO** (İstanbul Aydın Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Türkiye)

**Prof. Dr. Pınar TÜRKOĞLU** (İstanbul Aydın Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Türkiye)

**Doç. Dr. Işıl Kaya BÜYÜKBAYRAM** (İstanbul Aydın Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Ana Bilim Dalı, Türkiye)

**Doç. Dr. Emine PİRİM GÖRGÜN** (Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Ana Bilim Dalı, Türkiye)

**Doç. Dr. Hilal YILANCI** (İstanbul Medipol Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Ana Bilim Dalı, Türkiye)

**Dr. Öğr. Üyesi Sevgi ZORLU** (İstanbul Aydın Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Ana Bilim Dalı, Türkiye)

**Dr. Öğr. Üyesi Gizem ÇOLAKOĞLU** (İstanbul Aydın Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Ana Bilim Dalı, Türkiye)

**Dr. Öğr. Üyesi Burcu YILMAZ** (İstanbul Medipol Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Türkiye)

**Dr. Öğr. Üyesi Nuri Mert TAYŞI** (İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Türkiye)

**Editorial Board Secreteriat - Yayın Kurulu**

**Sekreteryası**

**Arş. Gör. Hakkı Talha YILDIZ** (İstanbul Aydın Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Ana Bilim Dalı)

**İstatistik Editörü**

**Öğr. Gör. Dr. Ali Vasfi AĞLARCI** (Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye)

**Yabancı Dil Editörü**

**Öğr. Gör. Nuran KIR** (İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye)

*İstanbul Aydın Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Aydın Dental Dergisi özgün bilimsel araştırmalar ile uygulama çalışmalarına yer veren ve bu niteliği ile hem araştırmacılara hem de uygulamadaki akademisyenlere seslenmeyi amaçlayan hakem sistemini kullanan bir dergidir.*

*İstanbul Aydın University, Journal of the Faculty of Dentistry, Aydın Dental is a double-blind peer-reviewed journal which provides a platform for publication of original scientific research and applied practice studies. Positioned as a vehicle for academics and practitioners to share field research, the journal aims to appeal to both researchers and academicians.*

## Scientific Advisory Board - Bilimsel Danışma Kurulu

**Prof. Dr. Arzu Pınar Erdem** (İstanbul Üniversitesi)  
**Prof. Dr. Aslı Topaloğlu** (İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa)  
**Prof. Dr. Hande Şar Sancaklı** (İstanbul Üniversitesi)  
**Prof. Dr. Hasan Sabri Meriç** (İstanbul Aydın Üniversitesi)  
**Prof. Dr. Mehmet Kağan Değerliyurt** (İstanbul Aydın Üniversitesi)  
**Prof. Dr. Önjen Tak** (İstanbul Aydın Üniversitesi)

**Prof. Dr. Erdoğan Fişekçioğlu** (İstanbul Galata Üniversitesi)  
**Prof. Dr. Yusuf Emes** (İstanbul Üniversitesi)  
**Prof. Dr. Fusun Ozer** (University of Pennsylvania)  
**Prof. Dr. Emine Şen Tunç** (Antalya Bilim Üniversitesi)  
**Doç. Dr. Mahdi Vatanpour** (Islamic Azad University)  
**Doç. Dr. Ayça Yılmaz** (İstanbul Üniversitesi)

## Hakem Listesi - Reviewers List

(Year 11 Issue 2)

**Prof. Dr. Ferhan EGİLMEZ** (Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi A.B.D.)  
**Prof. Dr. Gamze AREN** (Atlas Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti A.B.D.)  
**Prof. Dr. Vildan BOSTANCI** (Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti A.B.D.)  
**Doç. Dr. Aysan LEKTEMÜR ALPAN** (Pamukkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji A.B.D.)  
**Doç. Dr. Ayşe KOÇAK BÜYÜKDERE** (Kocaeli Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi A.B.D.)  
**Doç. Dr. Betül GÜNEŞ** (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti A.B.D.)  
**Doç. Dr. Buket EVREN** (Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi A.B.D.)  
**Doç. Dr. Seda AYDEMİR MUTLU** (İstanbul Atlas Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti A.B.D.)  
**Doç. Dr. Süleyman Emre MEŞELİ** (İstanbul Atlas Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji A.B.D.)  
**Doç. Dr. Şeyda ERŞAHAN EROĞLU** (İstanbul Medipol Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti A.B.D.)  
**Doç. Dr. Yelda ERDEM HEPŞENOĞLU** (Medipol Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Banu Çiçek TEZ** (Ankara Medipol Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti A.B.D.)

**Dr. Öğr. Üyesi Bengü DOĞU KAYA** (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Berceste POLAT AKMANSOY** (Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Büşra KARABULUT GENÇER** (Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Ceren KÜÇÜK** (Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Duygu DEĞİRMENCİOĞLU** (Medipol Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Feyza ÖZDEMİR KISACIK** (Mehmet Akif ERSOY Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Fulya GÜLENER** (Biruni Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Hakan AMASYA** (İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Berk KAFAF** (İstanbul Kent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Pelin KARASU YALVAÇ** (İstanbul Galata Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Pınar KIYMET KARATABAN** (Bahçeşehir Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti A.B.D.)  
**Dr. Öğr. Üyesi Turgut Yağmur YALÇIN** (İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti A.B.D.)

\*Sayı Hakemleri, akademik unvan dahilinde alfabetik düzende sıralanmıştır.

**Dizin – İndex**  
**(Year 11 Issue 2)**



**Academindex**



**Acar Index**



**Asos Indeks**



**Crossref**



**Directory of Research Journals**



**Eurasian Scientific Journal Index**



**Europub**



**IP Indexing Portal**



**Researchbib**



**ROAD Index**



**Scilit**



**Türk Medline**

# İÇİNDEKİLER – CONTENTS

## ARAŞTIRMA MAKALESİ- RESEARCH ARTICLE

### **Evaluation of Microhardness of 3D Printable Permanent Dental Restorative Materials**

*Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Daimi Dental Restoratif Materyallerin Mikrosertlik Açısından Değerlendirilmesi*  
Nina Farshidian, Ezgi Acar, Elif Nur Kaya, Pınar Yılmaz Atalı, Bilge Tarçın.....117

### **Diş Hekimliği Fakültesi Öğrencilerinin Periodontoloji Uzmanlığına Bakış Açılarının Değerlendirilmesi Anketi**

*Survey for Evaluation of Dentistry Faculty Students' Perspectives on Specialization in Periodontology*  
Kübra Eskin.....127

### **Dentistry Students vs. ChatGPT 4o: Assessing Knowledge of Panoramic Radiographic Anatomy**

*Diş Hekimliği Öğrencileri ve ChatGPT 4o: Panoramik Radyografik Anatomi Bilgisinin Değerlendirilmesi*  
Melisa Ocbe, Yesim Demirdurak.....139

### **CAD/CAM Sistemi ile Üretilen Zirkonya ve Rezin Nanoseramik Kuronların Kırılma Dirençlerinin Değerlendirilmesi**

*Evaluation of Fracture Resistance of Zirconia and Resin Nanoceramic Crowns Fabricated with CAD/CAM System*  
Ceren Küçük, Atilla Sertgöz.....147

## OLGU SUNUMU-CASE REPORT

### **Digital Workflow in the Anterior Tooth Rehabilitation with Resin-Bonded Fixed Partial Dentures**

*Dijital İş Akışıyla Anterior Diş Eksikliklerinin Rezin Bağlı Sabit Bölümlü Protezler ile Rehabilitasyonu*  
Bensu Çalışkan Çelik, Beril Bayraktar, Gökhan Akgüngör.....155

### **Endodontik Tedavide Kalsiyum Silikat Esaslı Materyallerin Kullanımı: Vaka Serisi**

*Usage of Calcium Silicate-Based Materials In Endodontic Treatment: Case Series*  
Elif Yıldız, Emre Bodrumlu.....163

### **Minimally Invasive Approach to Gingival Recession**

*Diş Eti Çekilmesinde Minimal İnvaziv Yaklaşım*  
Burak Arda Önder, Resül Çolak.....171

## DERLEME-REVIEW

### **İmmatür Daimi Dişlerde Uygulanan Rejeneratif Endodontik Tedaviler**

*Regenerative Endodontic Treatments Performed on Immature Permanent Teeth*  
Ayşe Süeda Genç, Simin Kocaaydın.....179

### **İmplant Destekli Sabit Protetik Restorasyonlarda Konvansiyonel Ölçü Teknikleri ile Dijital Ölçü Sistemlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi ve İmplant Tarama Gövdelerinin İncelenmesi**

*Comparative Evaluation of Conventional Impression Techniques and Digital Impression Systems in Implant-Supported Fixed Prosthesis and Investigation of Implant Scanbodies*  
Bige Koç, Deniz Şen.....193

### **Perasetik Asitin Endodontide İrrigasyon Solüsyonu Olarak Kullanımı: Genel Bakış**

*Use of Peracetic Acid as Irrigation Solution in Endodontics: Overview*  
Özge Bekar.....205

### **3 Dimensional Printing in Prosthetic Dentistry**

*Protetik Diş Tedavisinde 3 Boyutlu Yazıcılar*  
Nilüfer İpek Şahin, Emre Tokar.....215

### **Kalsiyum Silikat Esaslı Kanal Patları Kök Kanallarından Uzaklaştırılabilir Mi?**

*Is it Possible to Retreat Calcium Silicate-Based Sealers?*  
Didem Yüce, İpek Öreroğlu.....223

### **A Critical Review of Pulp Stone Etiology and Clinical Significance**

*Pulpa Taşının Etiyolojisi ve Klinik Önemi Üzerine Eleştirel Bir İnceleme*  
Sana Mahroos Al-Shammari.....237

## DOI Numaraları – DOI Numbers

Aydın Dental Dergisi Ağustos 2025 Cilt 11 Sayı 2 DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/2025.1102

Aydın Dental Journal August 2025 Volume 11 Issue 2 DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/2025.1102

## ARAŞTIRMA MAKALESİ- RESEARCH ARTICLE

### **Evaluation of Microhardness of 3D Printable Permanent Dental Restorative Materials**

*Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Daimi Dental Restoratif Materyallerin Mikrosertlik Açısından Değerlendirilmesi*

Nina Farshidian, Ezgi Acar, Elif Nur Kaya, Pınar Yılmaz Atalı, Bilge Tarçın

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i2001

### **Diş Hekimliği Fakültesi Öğrencilerinin Periodontoloji Uzmanlığına Bakış Açılarının Değerlendirilmesi Anketi**

*Survey for Evaluation of Dentistry Faculty Students' Perspectives on Specialization in Periodontology*

Kübra Eskin

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i2002

### **Dentistry Students vs. ChatGPT 4o: Assessing Knowledge of Panoramic Radiographic Anatomy**

*Diş Hekimliği Öğrencileri ve ChatGPT 4o: Panoramik Radyografik Anatomi Bilgisinin Değerlendirilmesi*

Melisa Ocbe, Yesim Demirdurak

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i2003

### **CAD/CAM Sistemi ile Üretilen Zirkonya ve Rezin Nanoseramik Kronların Kırılma Dirençlerinin Değerlendirilmesi**

*Evaluation of Fracture Resistance of Zirconia and Resin Nanoceramic Crowns Fabricated with CAD/CAM System*

Ceren Küçük, Atilla Sertgöz

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i2004

## OLGU SUNUMU-CASE REPORT

### **Digital Workflow in the Anterior Tooth Rehabilitation with Resin-Bonded Fixed Partial Dentures**

*Dijital İş Akışıyla Anterior Diş Eksikliklerinin Rezin Bağlı Sabit Bölümlü Protezler ile Rehabilitasyonu*

Bensu Çalışkan Çelik, Beril Bayraktar, Gökhan Akgüngör

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i2005

### **Endodontik Tedavide Kalsiyum Silikat Esaslı Materyallerin Kullanımı: Vaka Serisi**

*Usage of Calcium Silicate-Based Materials In Endodontic Treatment: Case Series*

Elif Yıldız, Emre Bodrumlu

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i2006

### **Minimally Invasive Approach to Gingival Recession**

*Diş Eti Çekilmesinde Minimal İnvaziv Yaklaşım*

Burak Arda Önder, Resül Çolak

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i2007

## DERLEME-REVIEW

### **İmmatür Daimi Dişlerde Uygulanan Rejeneratif Endodontik Tedaviler**

*Regenerative Endodontic Treatments Performed on Immature Permanent Teeth*

Ayşe Süeda Genç, Simin Kocaaydın

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i2008

### **İmplant Destekli Sabit Protetik Restorasyonlarda Konvansiyonel Ölçü Teknikleri ile Dijital Ölçü Sistemlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi ve İmplant Tarama Gövdelerinin İncelenmesi**

*Comparative Evaluation of Conventional Impression Techniques and Digital Impression Systems in Implant-Supported Fixed Prosthesis and Investigation of Implant Scanbodies*

Bige Koç, Deniz Şen

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i2009

### **Perasetik Asitin Endodontide İrrigasyon Solüsyonu Olarak Kullanımı: Genel Bakış**

*Use of Peracetic Acid as Irrigation Solution in Endodontics: Overview*

Özge Bekar

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i20010

**3 Dimensional Printing in Prosthetic Dentistry**

*Protetik Diş Tedavisinde 3 Boyutlu Yazıcılar*

Nilüfer İpek Şahin, Emre Tokar

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i20011

**Kalsiyum Silikat Esaslı Kanal Patları Kök Kanallarından Uzaklaştırılabilir Mi?**

*Is it Possible to Retreat Calcium Silicate-Based Sealers?*

Didem Yüce, İpek Öreroğlu

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i20012

**A Critical Review of Pulp Stone Etiology and Clinical Significance**

*Pulpa Taşının Etiyolojisi ve Klinik Önemi Üzerine Eleştirel Bir İnceleme*

Sana Mahroos Al-Shammari

10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i20013

## **EDİTÖRDEN**

Değerli Okurlarımız,

Bilimsel bilgi birikimine katkıda bulunma sorumluluğuyla sürdürdüğümüz yayın hayatımıza, yeni sayımızla birlikte bir adım daha eklemekten büyük mutluluk duyuyoruz. Editör ekibimizin yoğun ve titiz çalışmaları neticesinde hazırlanan bu sayımızda, siz değerli okuyucularımıza güncel, özgün ve nitelikli bilimsel içerikler sunmayı hedefledik.

Bu sayımızda, Periodontoloji, Protetik Diş Tedavisi, Restoratif Diş Tedavisi ve Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi alanlarında yürütülmüş dört özgün araştırma makalesinin yanı sıra, dört adedi Endodonti, iki adedi Protetik Diş Tedavisi alanında altı derleme makalesi yer almaktadır. Ayrıca, klinik pratiğe ışık tutacak nitelikte, Periodontoloji, Protetik Diş Tedavisi ve Endodonti alanında üç olgu sunumu da dikkatle seçilerek sizlerin beğenisine sunulmuştur. Her bir çalışma, ilgili alanlarda çalışan araştırmacı ve klinisyenlere değerli bilgiler sağlamayı amaçlamaktadır.

Dergimizin, Scilit, ROAD Index, Crossref gibi uluslararası saygın indekslerdeki yerini koruyor olması, bilimsel niteliğimizin ve yayın kalitemizin bir göstergesi olmanın yanı sıra, bizlere geleceğe yönelik daha büyük hedefler için ilham vermektedir. Yılda üç sayı olarak düzenli bir şekilde yayınlanan dergimizin bu başarısında, özverili çalışmalarıyla sürece katkı sağlayan editörlerimize, hakemlerimize ve yazarlarımıza teşekkürü bir borç biliriz. Ayrıca, bilimsel üretimi destekleyen anlayışlarıyla her zaman yanımızda olan Dekanlığımıza, Rektörlüğümüze ve Mütevelli Heyetimize içten teşekkürlerimizi sunarız.

Dergimizin her yeni sayısında, bilim dünyasına katkıda bulunacak özgün ve güncel içerikler sunmaya devam edeceğimizi taahhüt ederken, tüm meslektaşlarımıza sağlıklı, verimli ve başarılı çalışmalar dileriz. Gelecek sayımızda daha da zenginleştirilmiş bir içerikle yeniden buluşmak dileğiyle, Dergimizin Editörler Kurulu adına saygı ve sevgilerimizi sunarız.

**Prof. Dr. Şeyda Hergüner Siso**  
**Aydın Dental Journal Editörü**





# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v01i2001



## Evaluation of Microhardness of 3D Printable Permanent Dental Restorative Materials

## Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Daimi Dental Restoratif Materyallerin Mikrosertlik Açısından Değerlendirilmesi

Nina Farshidian<sup>1\*</sup>, Ezgi Acar<sup>1</sup>, Elif Nur Kaya<sup>2</sup>,  
Pınar Yılmaz Atalr<sup>3</sup>, Bilge Tarçın<sup>3</sup>

### ABSTRACT

**Objectives:** This study aimed to evaluate the microhardness of 3D-printed permanent restorative materials exposed to commonly consumed beverages.

**Materials and Method:** Three different 3D-printed permanent restorative materials (Crowntec, SAREMCO; Permanent Crown Resin, FORMLABS; VarseoSmile TriniQ, BEGO) were used to prepare 120 disk-shaped (10x2mm) specimens and one CAD/CAM block (Cerasmart, GC) was used to prepare 40 specimens (n=10). Designs were created with SolidWorks 2023, and 2mm slices were obtained from the GC block (12x14x18mm). Specimen surfaces were polished with aluminum oxide disks (Sof-lex, 3M) and a diamond-impregnated polishing system (Eve Diacomp-Plus). Specimens were subjected to thermocycle (5-55°C, 5000 cycles) in distilled water, according to ISO/TS 11405:39, simulating six months of clinical aging. They were then immersed in distilled water, coffee, cola, and cherry juice corresponding to six months. Microhardness (VHN) was measured at baseline (t0), after thermal cycling (t1), and after immersion (t2) using a Vickers tester. Data were analyzed by three-way ANOVA and Tukey HSD post hoc test (p<0.05).

**Results:** Cerasmart showed the highest and VarseoSmile TriniQ the lowest VHN values among all groups and times. Permanent Crown Resin had significantly higher VHN in coffee and distilled water than in cola and cherry juice (p<0.01). Solution had no effect on VHN for VarseoSmile TriniQ, Crowntec, or Cerasmart (p>0.05).

**Conclusion:** Within the limitations of this study, the microhardness values of the tested 3D permanent restorative materials were affected by coffee, cola, and cherry juice, leading to a decrease in microhardness.

**Keywords:** Beverages, Dental materials, Hardness, Three-dimensional printing

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, üç boyutlu yazıcılarda üretilen daimi restoratif materyallerin günlük hayatta sıkça tüketilen içeceklere maruziyetinin mikrosertlik değerlerine etkisinin değerlendirilmesidir.

**Gereç ve Yöntem:** Üç farklı 3-B daimi restoratif materyal (Crowntec, SAREMCO; Permanent Crown Resin, FORMLABS; VarseoSmile TriniQ, BEGO) kullanılarak 10x2 mm disk şeklinde 120 adet örnek ve CAD/CAM blok (Cerasmart, GC) kullanılarak 40 adet örnek (n=10) hazırlandı. Üç boyutlu yazıcıda üretilen materyallerin dijital tasarımları SolidWorks 2023 programı ile yapıldı. GC bloktan (12x14x18mm) 2mm kalınlığında kesitler alındı. Örneklerin yüzeyleri alüminyum oksit kaplı diskler (Sof-lex, 3M) ve elmas emdirilmiş çift aşamalı polisaj sistemi (Eve Diacomp-Plus) kullanılarak cilalandı. Örnekler, ISO/TS 1140539 standartlarına göre 5/55°C distile suda 5000 devirde (6 aylık yaşlandırmaya denk gelen) termal döngüye maruz bırakıldıktan sonra distile su, kahve, kola ve vişne suyunda 6 aylık klinik kullanıma denk gelen sürede bekletildi. Mikrosertlik (VHN) değerleri başlangıç (t0), termal döngü sonrası (t1) ve solüsyonlarda bekletme sonrası (t2) olmak üzere 3 farklı zamanda ölçüldü. Veriler üç yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey HSD post hoc testi ile değerlendirildi (p<0,05).

**Bulgular:** Tüm solüsyon gruplarında ve tüm ölçüm zamanlarında en yüksek VHN değerleri Cerasmart örneklerde görülürken, VarseoSmile TriniQ en düşük değerleri sergiledi. Permanent Crown Resin kahve ve distile suda, kola ve vişne suyuna göre anlamlı derecede yüksek mikrosertlik değerleri sergiledi (p<0,01). VarseoSmile TriniQ, Crowntec ve Cerasmart için farklı solüsyonların mikrosertlik üzerine anlamlı bir etkisi gözlenmedi (p>0,05).

**Sonuç:** Bu çalışmanın limitasyonları dahilinde, kullanılan 3-B daimi restoratif materyallerin mikrosertlik değerleri kahve, kola ve vişne suyundan etkilendi ve mikrosertlik değerlerinde azalma görüldü.

**Anahtar Kelimeler:** Dental materyal, İçecek, Sertlik, Üç boyutlu yazıcı

<sup>1</sup>PhD Student, Department of Restorative Dentistry, Institute of Health Sciences, Marmara University, Istanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>Research Assistant, Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Marmara University, Istanbul, Türkiye.

<sup>3</sup>PhD, Professor Dr., Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Marmara University, Istanbul, Türkiye.

**Corresponding Author:** Nina Farshidian, e-mail: [ninafarshidian@marun.edu.tr](mailto:ninafarshidian@marun.edu.tr), ORCID ID: 0000-0002-4850-5994

Marmara Üniversitesi Başbüyük Kampüsü, Diş Hekimliği Fakültesi Maltepe/İSTANBUL.

## Introduction

In recent years, three-dimensional (3D) printing technology, integrated into dentistry, has introduced a new approach to the fabrication of permanent dental restorations. Compared to traditional methods, this technology offers more precise, faster, and reproducible results.<sup>1,2</sup>

3D printers build materials layer by layer using computer-aided design (CAD) data, facilitating the production of complex geometries.<sup>3</sup> In dentistry, 3D printing technology provides advantages such as reduced material waste, shorter production times, and cost-effectiveness.<sup>4,5</sup> The mechanical properties of dental restorative materials produced by this technology play a critical role in their clinical success.<sup>6</sup>

The mechanical behavior of 3D printed dental materials are highly sensitive to a variety of production parameters. Among the most critical are layer thickness, post-curing time, washing protocol, and resin processing conditions during fabrication.<sup>7</sup> Layer thickness directly impacts polymerization depth, interlayer adhesion, and dimensional stability.<sup>8</sup> Post-curing facilitates further polymerization of residual monomers, reducing internal stresses and increasing cross-linking density, thereby improving the final strength and biocompatibility of the material.<sup>9</sup>

Microhardness is an important parameter indicating the wear resistance and surface durability of dental materials.<sup>6</sup> Materials with low microhardness are more susceptible to surface damage during toothbrushing or mastication of hard foods.<sup>4,10</sup> Therefore, evaluating the microhardness properties of permanent dental restorative materials used in 3D printers is of great clinical significance.

Chemical and thermal changes in the oral environment can affect the microhardness values of dental materials.<sup>11,2</sup> Exposure to different beverages may alter the surface properties and mechanical strength of dental restorative materials.<sup>12</sup> In particular, acidic beverages can soften the resin matrix and decrease microhardness.<sup>13,14</sup>

There is limited information regarding the mechanical properties of 3D-printed permanent

dental materials.<sup>3</sup> The effects of different solutions on these materials are not yet fully understood.<sup>15</sup> Studies investigating the microhardness changes of dental restorative materials fabricated by 3D printers in different environments are scarce, and existing research reports conflicting results.<sup>11</sup> To better predict the clinical performance of these materials, it is essential to evaluate their microhardness properties after exposure to various beverage solutions.

The aim of this study was to evaluate the microhardness properties of three different 3D-printed permanent dental restorative materials after immersion in different beverage solutions (cola, coffee, cherry juice, and distilled water).

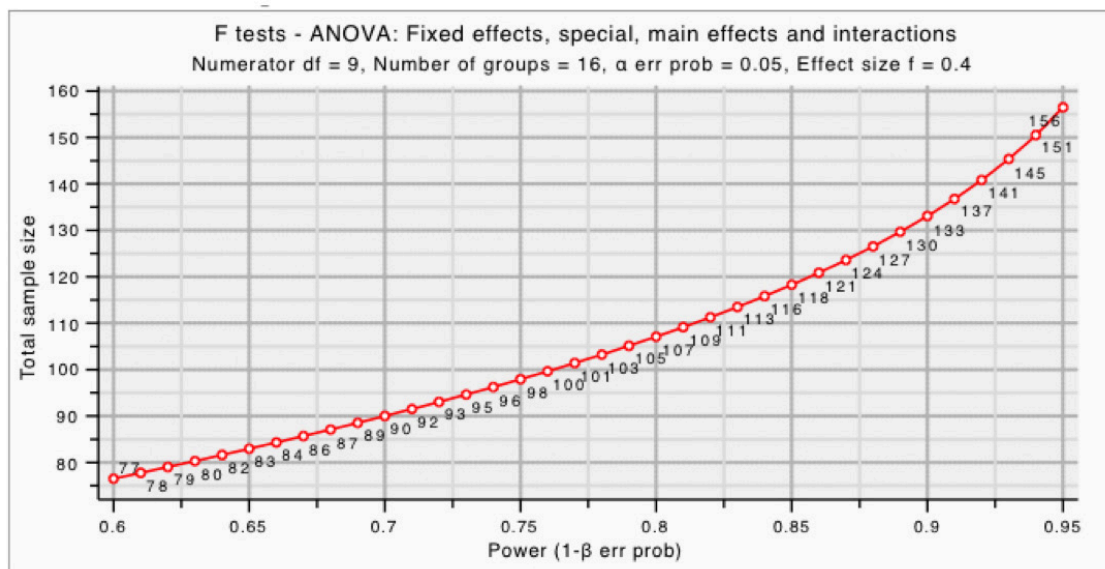
The null hypotheses of the study were as follows:

1. Beverage type does not affect the microhardness value of 3D printed permanent restorative material.
2. Type of 3D printed permanent restorative material does not affect the microhardness value in different solutions.

## Material and Method

Ethical approval was not required for this study as it did not involve any interventions on human participants, the use of personal data, or animal experiments.

Disc-shaped specimens (10x2mm) were designed (CAD Software, Solidworks) and 3D printable resins (Crowntec, SAREMCO; Permanent Crown Resin, FORMLABS; VarseoSmile TriniQ, Bego) (Table 1) were produced using 3D printers (Asiga Max2, Formlabs Form 3D+, Varseo XS 3D, respectively) to be immersed in cola (CC), coffee (CO), cherry juice (CJ), and distilled water (DW) (Table 2) (n=10). Additionally, 40 specimens were obtained by sectioning hybrid ceramic blocks (Cerasmart, GC) into 2x12x14mm slices, resulting in a total of 160 specimens (N=160). Power analysis was performed using the GPower v3.1.9.7 program with a 95% confidence level (1- $\alpha$ ), 95% test power (1- $\beta$ ), and an effect size of  $f = 0.40$ , a minimum of 10 samples per group (16) should be included, totaling a minimum of 160 samples in the study (Figure 1).



**Figure 1.** Power Analysis using the v3.1.9.7 GPower program.

All specimen surfaces were polished with aluminum oxide-coated disks (Sof-lex, 3M) and a diamond-impregnated two-step polishing system (Eve Diacom-Plus). Initial microhardness measurements

were performed using a Vickers microhardness tester (INNOVATEST 412A, Holland) with a load of 1000 g applied for 15 seconds, and baseline (t0) values were recorded (VHN).

**Table 1.** Characteristics of the tested restorative materials.

| Material              | Color | Manufacturer         | Type                         | Composition                                    | Polymerization Type          | Production Method                    |
|-----------------------|-------|----------------------|------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Crowntec              | A2    | SAREMCO, Switzerland | 3D-printed resin             | UDMA-based resin composite                     | Light-cured + Post-curing    | 3D Printing (Max2, Asiga)            |
| Permanent Crown Resin | A2    | FORMLABS, USA        | 3D-printed resin             | Methacrylate-based resin composite             | Light-cured + Post-curing    | 3D Printing (Form 3D+, Formlabs)     |
| VarseoSmile TriniQ    | A2    | BEGO, Germany        | 3D-printed resin             | Ceramic-filled resin composite                 | Light-cured + Post-curing    | 3D Printing (Varseo XS 3D, BEGO)     |
| Cerasmart             | A2    | GC, Japan            | Hybrid ceramic CAD/CAM block | Flexible nano-ceramic matrix (resin + ceramic) | Pre-polymerized (industrial) | Milling (MCX5 Unit, Dentsply Sirona) |

Abbreviations: 3D=Three dimensional, UDMA= Urethane Dimethacrylate

Specimens were then subjected to 5000 thermal cycles between 5°C and 55°C in distilled water, simulating six months of clinical aging according to ISO/TS 11405:39 standards. Following thermal cycling (t1), microhardness was remeasured.

Subsequently, specimens were immersed in distilled water, coffee, cola, or cherry juice at 37°C for six days corresponding to six months of clinical exposure and final microhardness values (t2) were obtained.

**Table 2.** Group abbreviations, company details, and pH values of the tested beverages.

| Beverage        |    | Company                    | pH  |
|-----------------|----|----------------------------|-----|
| Distilled Water | DW | N/A                        | 7.0 |
| Coffee          | CO | Nestle, Switzerland        | 5.0 |
| Cola            | CC | The Coca Cola Company, USA | 2.5 |
| Cherry Juice    | CJ | Dimes, Türkiye             | 3   |

Statistical analysis was conducted using SPSS version 26.0 (IBM SPSS, Türkiye). Three-way analysis of variance (ANOVA) was employed to identify significant differences in microhardness values according to material, solution and time. Post hoc comparisons were performed using the Tukey HSD test. Statistical significance was set at  $p < 0.05$ .

### Results

The effects of material type, solution type, and their interaction on microhardness values are summarized in Table 3. Statistically significant main effect of material type ( $p < 0.001$ ) and solution type ( $p = 0.002$ ) was observed on microhardness values, while the material  $\times$  solution interaction was not significant ( $p = 0.252$ ).

**Table 3.** Effect sizes for material type, solution type, and their interaction on microhardness values

|                                                                       | F         | p      |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|--------|
| <i>Material</i>                                                       | 20332.562 | <0.001 |
| <i>Solution</i>                                                       | 5.016     | 0.002  |
| <i>Time</i>                                                           | 36.815    | <0.001 |
| <i>Material <math>\times</math> Solution</i>                          | 1.281     | 0.252  |
| <i>Material <math>\times</math> Time</i>                              | 8.365     | <0.001 |
| <i>Solution <math>\times</math> Time</i>                              | 1.040     | 0.399  |
| <i>Material <math>\times</math> Solution <math>\times</math> Time</i> | 1.976     | 0.011  |

\*Three-way ANOVA

The microhardness values of the materials obtained according to the solutions at different times are presented in Table 4. At baseline ( $t_0$ ), the highest mean VHN value was observed for Cerasmart (75.87), followed by Permanent Crown Resin (25.62), Crowntec (25.04), and VarseoSmile TriniQ (18.51).

After thermocycle ( $t_1$ ), Cerasmart maintained the highest microhardness value (75.82), followed by Permanent Crown Resin (24.98), Crowntec (24.58), and VarseoSmile TriniQ (18.34). While a slight decrease was observed in the microhardness values of all materials compared to baseline, the overall ranking remained consistent. At the final time point ( $t_2$ ), Cerasmart again exhibited the

highest microhardness value (75.96), followed by Permanent Crown Resin (25.11), Crowntec (24.80), and VarseoSmile TriniQ (18.52).

Following immersion period ( $t_2$ ), significant differences in microhardness values were observed among different solutions ( $p < 0.05$ ). Samples stored in distilled water and cola exhibited the highest overall mean microhardness values (36.39 and 36.44, respectively), with no statistically significant difference between them ( $p > 0.05$ ). These groups were followed by cherry juice (35.81) and coffee (34.55), which formed a statistically similar subgroup. The lowest mean VHN value was recorded in specimens stored in CJ, specifically for VarseoSmile TriniQ (18.48).



**Table 4.** The microhardness values of the materials obtained according to the solutions at different times.

| Time           | Material                           | CC <sup>A</sup> | CJ            | CO <sup>B</sup> | DW <sup>B</sup> | Total Mean±SD |
|----------------|------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|
| T <sub>0</sub> | VarseoSmile TriniQ <sup>a</sup>    | 18.41 ± 0.25    | 18.51 ± 0.13  | 18.61 ± 0.20    | 18.50 ± 0.19    | 18.51 ± 0.20  |
|                | Permanent Crown Resin <sup>b</sup> | 24.82 ± 0.79    | 25.10 ± 0.75  | 26.56 ± 0.79    | 26.00 ± 0.94    | 25.62 ± 1.06  |
|                | Crowntec <sup>b</sup>              | 25.25 ± 1.40    | 24.58 ± 1.34  | 25.16 ± 1.48    | 25.16 ± 1.50    | 25.04 ± 1.40  |
|                | Cerasmart <sup>c</sup>             | 74.64 ± 2.63    | 75.52 ± 1.98  | 76.41 ± 1.30    | 76.93 ± 1.72    | 75.87 ± 2.09  |
|                | Total Mean±SD                      | 35.78 ± 22.93   | 35.92 ± 23.33 | 36.69 ± 23.45   | 36.65 ± 23.77   | 36.26 ± 23.15 |
| T <sub>1</sub> | VarseoSmile TriniQ <sup>a</sup>    | 18.26 ± 0.24    | 18.34 ± 0.11  | 18.42 ± 0.11    | 18.36 ± 0.13    | 18.34 ± 0.16  |
|                | Permanent Crown Resin <sup>b</sup> | 24.14 ± 0.73    | 24.64 ± 0.66  | 25.70 ± 0.48    | 25.42 ± 0.80    | 24.98 ± 0.91  |
|                | Crowntec <sup>b</sup>              | 24.69 ± 1.53    | 24.20 ± 1.45  | 24.82 ± 1.39    | 24.62 ± 1.26    | 24.58 ± 1.38  |
|                | Cerasmart <sup>c</sup>             | 74.96 ± 2.49    | 75.39 ± 1.74  | 76.28 ± 1.13    | 76.67 ± 1.69    | 75.82 ± 1.89  |
|                | Total Mean±SD                      | 35.51 ± 23.25   | 35.64 ± 23.41 | 36.30 ± 23.56   | 36.27 ± 23.81   | 35.93 ± 23.29 |
| T <sub>3</sub> | VarseoSmile TriniQ <sup>a</sup>    | 18.51 ± 0.31    | 18.48 ± 0.28  | 18.52 ± 0.14    | 18.57 ± 0.11    | 18.52 ± 0.22  |
|                | Permanent Crown Resin <sup>b</sup> | 24.56 ± 0.93    | 24.62 ± 0.68  | 25.66 ± 0.56    | 25.62 ± 0.83    | 25.11 ± 0.91  |
|                | Crowntec <sup>b</sup>              | 24.83 ± 1.49    | 24.37 ± 1.25  | 25.09 ± 1.41    | 24.91 ± 1.11    | 24.80 ± 1.30  |
|                | Cerasmart <sup>c</sup>             | 75.11 ± 2.13    | 75.77 ± 1.83  | 76.52 ± 0.95    | 76.47 ± 1.72    | 75.96 ± 1.75  |
|                | Total Mean±SD                      | 35.75 ± 23.19   | 35.81 ± 23.52 | 36.44 ± 23.62   | 36.39 ± 23.62   | 36.10 ± 23.27 |

Different superscript letters (lowercase: a, b, c for materials; uppercase: A, B for solutions) indicate statistically significant differences ( $p < 0.05$ ). No significant differences were found between groups sharing the same superscript letter.

## Discussion

The first null hypothesis stated that there would be no statistically significant difference in microhardness among the different materials tested. However, the ANOVA results revealed a highly significant effect of material type on microhardness ( $p < 0.001$ ), with Cerasmart exhibiting the highest values and VarseoSmile TriniQ showing the lowest. Therefore,  $H_0$  was rejected, indicating that the microhardness properties of the materials differed significantly according to their chemical composition and production method.

The superior microhardness values of Cerasmart CAD/CAM block can be attributed to the higher degree of polymerization and lower residual monomer content typical of CAD/CAM-manufactured materials.<sup>16</sup> Goujat<sup>17</sup> evaluated the mechanical properties of four CAD-CAM block materials, including Cerasmart and IPS e.max CAD. Their findings indicated that Cerasmart exhibited superior flexural strength compared to other tested materials. These results align with this study, where Cerasmart demonstrated the highest microhardness values and maintained its mechanical integrity after thermal aging. The consistency between these studies reinforces the clinical reliability of Cerasmart as a durable restorative material.

The low microhardness values of the VarseoSmile TriniQ may be associated with incomplete polymerization and the presence of residual monomers in 3D-printed resin materials.<sup>4,6,18</sup>

Barutcugil<sup>19</sup> investigated the potential monomer release from resin-based CAD/CAM composite blocks and highlighted that insufficient polymerization or lower cross-linking density can lead to detectable monomer elution. VarseoSmile TriniQ exhibited consistently lower microhardness values compared to Cerasmart, potentially indicating a lower degree of polymer cross-linking and aligning with the findings. These results underline the importance of optimized post-curing protocols to minimize residual monomer content and enhance the mechanical stability of 3D-printed restorative materials.

Yilmaz Atali<sup>20</sup> reported that the degree of polymerization significantly influences the microhardness of single-shade universal resin composites and demonstrated a positive correlation between the degree of conversion and Vickers hardness values, emphasizing that insufficient polymerization results in lower surface hardness and potentially compromised mechanical performance. While their evaluation focused on conventionally light-cured composites, the observed trends align

with the current results, indicating that both curing intensity and time are key factors in achieving optimal surface integrity. These findings support the notion that achieving an adequate degree of polymerization through post-curing is essential.

The similar microhardness values observed between Permanent Crown Resin and Crowntec suggest that these two materials may possess comparable chemical compositions and polymerization characteristics. Consistently, Demirsoy<sup>21</sup> reported that Crowntec showed similar microhardness values across different solutions.

The second null hypothesis proposed that there would be no statistically significant difference in microhardness among the different solutions. Although the ANOVA showed a statistically significant effect of solution type ( $p=0.002$ ), Tukey HSD post hoc comparisons revealed that significant differences were observed only between certain pairs (specifically between coffee and cola). Thus, while  $H_2$  was also rejected, the magnitude of the effect of the solutions on microhardness was relatively small compared to the material effect.

In this study, Permanent Crown Resin material specimens immersed in coffee and distilled water exhibited significantly higher microhardness values compared to those immersed in cola and cherry juice. This finding suggests that acidic beverages (cola and cherry juice) may soften the resin matrix, leading to decreased microhardness values. Santi<sup>22</sup> similarly reported that acidic environments can soften resin matrices and adversely affect mechanical properties. However, no significant effect of different solutions on microhardness was observed for the VarseoSmile TriniQ, Crowntec, and Cerasmart materials. This outcome indicates that the chemical structure of these materials may confer greater resistance to environmental degradation.<sup>23</sup>

Likewise, Demirsoy<sup>21</sup> found no significant differences in Vickers hardness values for Saremco Crowntec specimens immersed in wine and coffee solutions.

All specimens in this study were subjected to 5000 thermal cycles between 5°C and 55°C, following ISO/TS 11405:39 standards. A general decrease in microhardness values was observed after thermal cycling ( $t_1$ ), suggesting that thermal cycling can affect the surface properties of materials. Falahchai<sup>7</sup> similarly reported that thermal cycling impacted the mechanical properties of 3D-printed denture base materials. However, in the study by Yıldırım<sup>24</sup>, an

increase in average hardness values after thermal cycling was observed only in 3D-printed composite resin materials. This discrepancy may be attributed to differences in material compositions and variations in thermal cycling protocols.

Temizci<sup>25</sup> demonstrated that thermocycling had no significant effect on the mechanical properties of Crowntec, Permanent Crown Resin, and Cerasmart. Similarly in this study, these materials maintained their microhardness values although a slight decrease was observed after thermal cycling, with Cerasmart consistently exhibiting the highest hardness values. The consistency of outcomes across both studies supports the thermal and mechanical reliability of these materials and underscores their suitability for long-term clinical applications.

The results of this study suggest that microhardness should be considered when selecting materials for permanent dental restorations. Particular attention should be paid when using materials susceptible to acidic degradation, such as Permanent Crown Resin, especially in patients with high acidic beverage consumption. Materials like Cerasmart, which exhibit high microhardness values, may be preferable in clinical situations requiring superior wear resistance and surface durability.

Moreover, to optimize the clinical performance of 3D-printed permanent dental restorative materials, appropriate post-curing protocols and optimization of printing parameters are essential.

This study has several limitations. Only microhardness properties were evaluated, while other mechanical properties (such as flexural strength and fracture toughness) were not assessed. Additionally, the color stability of the 3D printed materials was not evaluated. Since post-curing parameters, material composition, and photo initiator systems can significantly influence the optical properties of resin-based materials, including discoloration over time, future studies should incorporate objective color measurements using spectrophotometric methods such as the CIEDE2000 system to better assess the long-term esthetic behavior of 3D printed resins. Third, the immersion period in different solutions was limited, and long-term effects were not evaluated. Long-term clinical studies are necessary to evaluate the mechanical and physical properties of 3D-printed permanent dental restorative materials.

## **Conclusion**

The findings of this study revealed that the microhardness values of the tested 3D-printed permanent dental restorative materials vary depending on the material type, and certain materials may be affected by acidic beverages. Cerasmart demonstrated the highest microhardness values, whereas VarseoSmile TriniQ the lowest. Solutions also had a significant but smaller effect on microhardness, with coffee causing less degradation compared to cola. These results indicate that microhardness properties should be considered when selecting materials for permanent dental restorations.

## **Acknowledgements**

The authors declare that there is no individual or institution to acknowledge in relation to this study.

## **Ethical Approval**

Ethical approval was not required for this study as it did not involve any interventions on human participants, the use of personal data, or animal experiments. The study was conducted in accordance with relevant regulations and ethical principles.

## **Conflict of Interest**

The authors declare no conflicts of interest regarding the subject matter or materials discussed in this article.

## **Sources of Funding**

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors

## **Authorship Contributions**

Idea/Concept: N.F., E.A., B.T. Design: N.F., E.A., P.Y.A., B.T. Control/Supervision: N.F., E.A., E.N.K., P.Y.A., B.T. Literature Review: N.F., E.A., E.N.K., P.Y.A., B.T. Data Collection and/or Processing: N.F., E.A., E.N.K. Analysis and/or Interpretation: N.F., E.A., B.T. Writing the Article: N.F., E.A., E.N.K., P.Y.A., B.T. Critical Review: P.Y.A., B.T.

# References

1. Karademir SA, Atasoy S, Akarsu S, Karaaslan E. Effects of post-curing conditions on degree of conversion, microhardness, and stainability of 3D printed permanent resins. *BMC Oral Health*. 2025;25:304.
2. Pereira ALC, Dias ACM, Santos KS, Andrade JO, Boa PWM, Medeiros AKB. Influence of salivary pH on the surface, mechanical, physical, and cytotoxic properties of resins for 3D-printed and heat-polymerized denture base. *J Dent*. 2025;156:105721.
3. Oh R, Lim JH, Lee CG, Lee KW, Kim SY, Kim JE. Effects of washing solution temperature on the biocompatibility and mechanical properties of 3D-Printed dental resin material. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2023;143:105906.
4. Al-Dulaijan YA, Alsulaimi L, Alotaibi R et al. Comparative evaluation of surface roughness and hardness of 3D printed resins. *Materials (Basel)*. 2022;15(19):6822.
5. Castro EF, Nima G, Rueggeberg FA, Giannini M. Effect of build orientation in accuracy, flexural modulus, flexural strength, and microhardness of 3D-Printed resins for provisional restorations. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2022;136:105479.
6. Alshamrani AA, Raju R, Ellakwa A. Effect of printing layer thickness and postprinting conditions on the flexural strength and hardness of a 3D-printed resin. *Biomed Res Int*. 2022;2022:8353137.
7. Hanon MM, Zsidai L. Tribological and mechanical properties investigation of 3D printed polymers using DLP technique. In: Dahham OS, Zulkepli NN. *AIP Conference Proceedings*. Melville (NY): AIP Publishing; 2020. p. 020205.
8. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater*. 2018;34(2):192-200. doi:10.1016/j.dental.2017.10.003
9. Kim D, Shim JS, Lee D et al. Effects of post-curing time on the mechanical and color properties of three-dimensional printed crown and bridge materials. *Polymers*. 2020;12(11):2762. doi:10.3390/polym12112762
10. Katheng A, Prawatvatchara W, Tonprasong W, Namano S, Kongkon P. Effect of postrinsing times and methods on surface roughness, hardness, and polymerization of 3D-printed photopolymer resin. *Eur J Dent*. 2025;19:154-64.
11. Falahchai M, Ghavami-Lahiji M, Rasaie V, Amin M, Asli HN. Comparison of mechanical properties, surface roughness, and color stability of 3D-printed and conventional heat-polymerizing denture base materials. *J Prosthet Dent*. 2023;130(2):266.e1-8.
12. Lambart AL, Xepapadeas AB, Koos B, Lib P, Spintzyk S. Rinsing postprocessing procedure of a 3D-printed orthodontic appliance material: Impact of alternative post-rinsing solutions on the roughness, flexural strength and cytotoxicity. *Dent Mater*. 2022;38(8):1344-53.
13. Cai H, Lee MY, Jiang HB, Kwon JS. Influence of various cleaning solutions on the geometry, roughness, gloss, hardness, and flexural strength of 3D-printed zirconia. *Sci Rep*. 2024;14:22551.
14. Reymus M, Stawarczyk B. Influence of different postpolymerization strategies and artificial aging on hardness of 3D-printed resin materials: An in vitro study. *Int J Prosthodont*. 2020;33(6):634-40.
15. Mohammed AQ, Mohammed AK. Evaluation the biocompatibility and hardness of 3D printed resin material with different times and many rinsing solutions. *AIP Conf Proc*. 2024;3097:030023.
16. Papathanasiou I, Kamposiora P, Dimitriadis K, Papavasiliou G, Zinelis S. In vitro evaluation of CAD/CAM composite materials. *J Dent*. 2023;136:104623. doi:10.1016/j.jdent.2023.104623
17. Goujat A, Abouelleil H, Colon P et al. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. *J Prosthet Dent*. 2017;118(5):686–693. doi:10.1016/j.prosdent.2017.03.001
18. Mudhaffer S, Althagafi R, Haider J, Satterthwaite J, Silikas N. Effects of printing orientation and artificial ageing on martens hardness and indentation modulus of 3D printed restorative resin materials. *Dent Mater*. 2024;40:1003-14.
19. Barutçigil K, Dündar A, Batmaz SG, Yıldırım K, Barutçugil Ç. Do resin-based composite CAD/CAM blocks release monomers? *Clin Oral Investig*. 2021;25(1):329–36. doi:10.1007/s00784-020-03377-3
20. Yılmaz Atalı P, Doğu Kaya B, Manav Özen A et al. Assessment of micro-hardness, degree of conversion, and flexural strength for single-shade universal resin composites. *Polymers*. 2022;14(22):4987. doi:10.3390/polym14224987
21. Demirsoy KK, Büyük SK, Akarsu S, Kaplan MH, Simsek H, Abay F. Color alterations, flexural strength, and microhardness of 3D-Printed resins treated in different coloring agents. *Int J Prosthodont*. 2025;38(1):111.
22. Santi MR, Khodor N, Sekula M, Donatelli D, De Souza GM. Effect of cleaning solution on surface properties of 3D-printed denture materials. *J Prosthodont*. 2024;1-7.
23. Kim MC, Byeon DJ, Jeong EJ, Go HB, Yang SY. Color stability, surface, and physicochemical properties of three-dimensional printed denture base



- resin reinforced with different nanofillers. *Sci Rep.* 2024;14(1):1842. doi:10.1038/s41598-024-51486-w
24. Yıldırım M, Aykent F, Özdoğan MS. Comparison of fracture strength, surface hardness, and color stain of conventionally fabricated, 3D printed, and CAD-CAM milled interim prosthodontic materials after thermocycling. *J Adv Prosthodont.* 2024;16:115-25.
25. Temizci T, Bozoğulları HN. Effect of thermocycling on the mechanical properties of permanent composite-based CAD-CAM restorative materials produced by additive and subtractive manufacturing techniques. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):334. doi:10.1186/s12903-024-04016-z.





# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v01i2002



## Diş Hekimliği Fakültesi Öğrencilerinin Periodontoloji Uzmanlığına Bakış Açılarının Değerlendirilmesi Anketi

## Survey for Evaluation of Dentistry Faculty Students' Perspectives On Specialization in Periodontology

Kübra Eskin\*

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, klinik deneyim yaşamış olan diş hekimliği öğrencilerinin mezuniyet sonrası uzmanlık eğitimine bakış açılarını etkileyen faktörlerin dağılımını incelemek, öğrencilerin kariyer planlamasını öngörebilmek ve Periodontoloji uzmanlığına olan ilgilerini birçok farklı yönüyle inceleyebilmektir.

**Gereç ve Yöntemler:** Çalışmamız Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde eğitim görmekte olan üçüncü, dördüncü ve beşinci sınıf öğrencisi olan 205 kişiye (102 kız, 103 erkek) uygulanmış epidemiyolojik tanımlayıcı bir araştırmadır. Verilerin analizi birçok farklı istatistiksel yöntemle yapıldı.

**Bulgular:** Çalışmaya dahil edilen yaşları 20 ile 30 aralığında olan bireylerin yaş ortalaması  $22,58 \pm 1,7$ 'dir. Katılımcılara ait tanımlayıcılar incelendiğinde kızların oranı %49,8 (n=102) iken erkeklerin oranı %50,2 (n=103) olarak tespit edilmiştir. Öğrencilerin sınıflara göre dağılım oranına bakıldığında 3. sınıfa giden öğrencilerin oranı %45,4, 4. sınıfa giden öğrencilerin oranı 17,6 ve 5. sınıfa giden öğrencilerin oranı %37,1 olduğu görülmüştür. Uzmanlık yapılması hayal edilen ilk üç bölüm Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi, Ortodonti ve Periodontoloji olmuştur. Öğrenciler Periodontoloji alanında uzmanlaşmak istemenin en önemli sebebi olarak maddi kazanç seçeneğini daha çok tercih etmiştir.

**Sonuç:** Mezuniyet sonrası kariyer planlamasında uzmanlığa bakış açısını etkileyen birçok faktör olduğu gözlemlendi. Periodontoloji uzmanlık açısından hayal edilen bölümler arasında üst sıralarda yer aldı.

**Anahtar Kelimeler:** Diş uzmanlıkları, Kariyer seçimi, Periodontoloji

### ABSTRACT

**Objectives:** The purpose of this study is to examine the distribution of factors affecting the perspectives of dental students who have had clinical experience on postgraduate specialization training, to predict students' career planning, and to examine their interest in Periodontology specialization from many different aspects.

**Materials and Methods:** Our study is an epidemiological descriptive study applied to 205 third, fourth and fifth year students (102 female, 103 male) studying at Van Yuzuncu Yil University Faculty of Dentistry. Data analysis was done with many different statistical methods.

**Results:** The average age of the individuals included in the study, whose ages ranged from 20 to 30, was  $22.58 \pm 1.7$ . When the descriptive data of the participants were examined, the rate of women was 49.8% (n=102) while the rate of men was 50.2% (n=103). When the distribution rate of students according to grades was examined, it was seen that the rate of students in the 3rd grade was 45.4%, the rate of students in the 4th grade was 17.6% and the rate of students in the 5th grade was 37.1%. The first three departments where they dreamed of specializing were Oral, Dental and Maxillofacial Surgery, Orthodontics and Periodontics. Students preferred the option of financial gain as the most important reason for wanting to specialize in Periodontics.

**Conclusion:** It was observed that there are many factors affecting the perspective on specialization in post-graduation career planning. Periodontics was among the dream departments in terms of specialization.

**Keywords:** Career choice, Dental specialties, Periodontology

\*Sorumlu Yazar: Dr. Öğr. Üyesi Kübra Eskin, e-mail: [kubraeskin93@gmail.com](mailto:kubraeskin93@gmail.com), ORCID: 0000-0001-5322-1286, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim Dalı, Bardakçı Mh. Van YYÜ Zeve Kampüsü, Tuşba, Van, Türkiye

## Giriş

Diş hekimliğine genel anlamda bakıldığında hastaların diş ile ilgili birçok ihtiyacı karşılanırsa da bazı özel vaka durumlarında fonksiyon ve estetiği geri kazanabilmek adına ileri bilgi ve becerilere gereksinim duyulmaktadır.<sup>1</sup> Yeni dünya düzenindeki gelişmeler diş hekimliği içerisinde de uzmanlaşma ihtiyacını doğurmuştur. Bu kapsamda 2011 yılında ülkemizde diş hekimliği alanında Ortodonti, Periodontoloji, Protetik Diş Tedavisi, Restoratif Diş Tedavisi, Endodonti, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi ve Pedodonti olmak üzere sekiz ayrı uzmanlık dalı yasal olarak belirlenmiştir.<sup>2</sup> Diş hekimliğinde uzmanlığa yönelim ve hangi uzmanlık dalının seçileceği konusunda sosyal statü, ilgi alanı, gelir düzeyindeki artışa katkı gibi faktörlerin etkisi oldukça önemlidir.<sup>3</sup> Aynı zamanda bu faktörler kadın ve erkek diş hekimleri arasında da farklılıklar gösterebilmektedir.<sup>4</sup>

Tarih boyunca Periodontoloji farklı kültürlerden bilim insanlarının kazandırdıklarıyla dişeti hastalıklarının kökenine inme ve tedavisini gerçekleştirme konusunda oldukça gelişme kaydetmiştir. Periodontal hastalıklar görülme sıklığı bakımından dünyada altıncı sırada yer almaktadır ve bu durum da Periodontolojinin önemini ortaya koymaktadır.<sup>5</sup> Yine periodontal hastalıklar ile bazı sistemik hastalıkların birbirlerini karşılıklı olarak etkilemesi Periodontoloji uzmanlık alanının gerekliliğini göstermektedir.<sup>6</sup> Bu çalışmanın amacı, klinik deneyim yaşamış olan diş hekimliği öğrencilerinin mezuniyet sonrası uzmanlık eğitimine bakış açılarını etkileyen faktörlerin dağılımını incelemek, öğrencilerin kariyer planlamasını öngörebilmek ve Periodontoloji uzmanlığına olan ilgilerini birçok farklı yönüyle inceleyebilmektir.

Bu bilgiler doğrultusunda kurduğumuz hipotezimize göre Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi üçüncü, dördüncü ve beşinci sınıf

öğrencilerinin eğitim öğretim yılları boyunca deneyimledikleri ve bölümlerdeki öğretim üyelerinin danışmanlığı bu öğrencilerde uzmanlık eğitimine devam kararlarını ve Periodontoloji Anabilim Dalına olan yönelimlerini etkilemektedir.

## Gereç ve Yöntemler

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurulu'ndan 2023/02-03 karar numarası ile etik onayı alınan çalışmamız 2023-2024 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde eğitim görmekte olan üçüncü, dördüncü ve beşinci sınıf öğrencilerine uygulanmış epidemiyolojik tanımlayıcı bir araştırmadır.

Çalışmamıza 20 ile 30 yaş aralığında bulunan 205 kişi (102 kız, 103 erkek) dahil edilmiştir. 93 kişi üçüncü sınıf, 36 kişi dördüncü sınıf, 76 kişi ise beşinci sınıf öğrencisidir.

Öğrencilere yapılan ankette kullanılan sorular 2019 yılında uygulanan ve öğrencilerin Protetik Diş Tedavisi bölümüne olan ilgilerini sorgulayan bir çalışma referans alınarak seçilmiştir.<sup>7</sup>

Veriler IBM SPSS V23 ile analiz edildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Testi ile incelendi. Normal dağılıma uymayan parametrelerin üç ve üzeri grup karşılaştırmalarında Kruskal Wallis H Testi kullanıldı. Kategorik veriler arasındaki ilişkinin incelenmesinde Fisher Freeman Halton Testi ve Pearson Ki Kare Testi kullanıldı. Değişkenlerin çoklu karşılaştırmalarında Bonferroni Düzeltmeli Z Testi kullanıldı. Çoklu yanıtların kategorik verilerle ilişkisinin incelenmesinde Pearson Ki Kare Testi kullanıldı. Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler ortalama  $\pm$  standart sapma; ortanca (minimum-maksimum); n (%) olarak sunuldu. Önem düzeyi ( $p < 0,050$ ) olarak alındı.

**Tablo 1.** Bireylerin sorulara verdikleri cevapların dağılımı, cinsiyete ve sınıflara göre farkları

|                                                                                              | Tüm Bireyler | Cinsiyet            |                       |       | Sınıf                 |                        |                     |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------|-----------------------|-------|-----------------------|------------------------|---------------------|-------|
| Sorular                                                                                      | n (%)        | Kız n(%)            | Erkek n(%)            | p     | 3.sınıf n(%)          | 4. sınıf n (%)         | 5. sınıf n (%)      | p     |
| <b>1.Periodontoloji bölümünü ilk ne zaman öğrendiniz?</b>                                    |              |                     |                       | 0,277 |                       |                        |                     | 0,559 |
| A. Okul öncesi                                                                               | 18 (%8,8)    | 10(%9,8)            | 8 (%7,8)              |       | 8 (%8,6)              | 3 (%8,3)               | 7 (%9,2)            |       |
| B. Üniversite tercih dönemi                                                                  | 35 (%17,1)   | 17 (%16,7)          | 18 (%17,5)            |       | 22 (%23,7)            | 4(%11,1)               | 9 (%11,8)           |       |
| C. Preklinik dönemi                                                                          | 97 (%47,3)   | 54 (%52,9)          | 43 (%41,7)            |       | 38 (%40,9)            | 20 (%55,6)             | 39 (%51,3)          |       |
| D. Klinik dönemi                                                                             | 47 (%22,9)   | 17 (%16,7)          | 30 (%29,1)            |       | 20 (%21,5)            | 8(%22,2)               | 19 (%25)            |       |
| E. Diğer                                                                                     | 8 (%3,9)     | 4 (%3,9)            | 4 (%3,9)              |       | 5 (%5,4)              | 1 (%2,8)               | 2 (%2,6)            |       |
| <b>2. Periodontoloji bölümü ile ilgili hangi tanıtıcı deneyim sizi en çok etkiledi?</b>      |              |                     |                       | 0,927 |                       |                        |                     | 0,022 |
| A. Preklinik dersi                                                                           | 15 (%7,3)    | 8 (%7,8)            | 7 (%6,8)              |       | 4 (%4,3)              | 1 (%2,8)               | 10 (%13,2)          |       |
| B. Klinik deneyimi                                                                           | 96 (%46,8)   | 46 (%45,1)          | 50 (%48,5)            |       | 39 (%41,9)            | 21 (%58,3)             | 36 (%47,4)          |       |
| C. Periodontoloji dersini anlatan öğretim üyesi                                              | 66 (%32,2)   | 35 (%34,3)          | 31 (%30,1)            |       | 34 (%36,6)            | 8 (%22,2)              | 24 (%31,6)          |       |
| D. Ders kitabı                                                                               | 10 (%4,9)    | 5 (%4,9)            | 5 (%4,9)              |       | 5 (%5,4)              | 2 (%5,6)               | 3 (%3,9)            |       |
| E. Diş hekimliği fakültesi dergisi/web sitesi                                                | 5 (%2,4)     | 3 (%2,9)            | 2 (%1,9)              |       | 2 (%2,2)              | 0 (%0)                 | 3 (%3,9)            |       |
| F. Diğer                                                                                     | 13 (%6,3)    | 5 (%4,9)            | 8 (%7,8)              |       | 9 (%9,7) <sup>a</sup> | 4 (%11,1) <sup>a</sup> | 0 (%0) <sup>b</sup> |       |
| <b>3. Periodontal tedavi ile ilgili klinik deneyiminizi nasıl değerlendirirsiniz?</b>        |              |                     |                       | 0,663 |                       |                        |                     | 0,514 |
| A. Çoğunlukla olumlu                                                                         | 65 (%31,7)   | 30 (%29,4)          | 35(%34)               |       | 35(%37,6)             | 8(%22,2)               | 22 (%28,9)          |       |
| B. Biraz olumlu                                                                              | 67 (%32,7)   | 34 (%33,3)          | 33(%32)               |       | 31 (%33,3)            | 13 (%36,1)             | 23 (%30,3)          |       |
| C. Kararsızım                                                                                | 46 (%22,4)   | 26 (%25,5)          | 20 (%19,4)            |       | 16(%17,2)             | 11 (%30,6)             | 19 (%25)            |       |
| D. Biraz olumsuz                                                                             | 13 (%6,3)    | 7 (%6,9)            | 6 (%5,8)              |       | 4 (%4,3)              | 3 (%8,3)               | 6 (%7,9)            |       |
| E. Çoğunlukla olumsuz                                                                        | 14 (%6,8)    | 5 (%4,9)            | 9 (%8,7)              |       | 7 (%7,5)              | 1 (%2,8)               | 6 (%7,9)            |       |
| <b>4. Periodontoloji bölümüne gelecekteki ihtiyaç konusundaki genel algınız ne yöndedir?</b> |              |                     |                       | 0,038 |                       |                        |                     | 0,360 |
| A. Çoğunlukla olumlu                                                                         | 103 (%50,2)  | 58 (%56,9)          | 45 (%43,7)            |       | 53 (%57)              | 16 (%44,4)             | 34 (%44,7)          |       |
| B. Biraz olumlu                                                                              | 65 (%31,7)   | 28 (%27,5)          | 37 (%35,9)            |       | 23 (%24,7)            | 14 (%38,9)             | 28 (%36,8)          |       |
| C. Kararsızım                                                                                | 15 (%7,3)    | 9 (%8,8)            | 6 (%5,8)              |       | 5 (%5,4)              | 4 (%11,1)              | 6 (%7,9)            |       |
| D. Biraz olumsuz                                                                             | 12 (%5,9)    | 6 (%5,9)            | 6 (%5,8)              |       | 5 (%5,4)              | 2 (%5,6)               | 5 (%6,6)            |       |
| E. Çoğunlukla olumsuz                                                                        | 10 (%4,9)    | 1 (%1) <sup>a</sup> | 9 (%8,7) <sup>b</sup> |       | 7 (%7,5)              | 0 (%0)                 | 3 (%3,9)            |       |

|                                                                                            |             |            |            |       |                         |                         |                         |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| <b>5. Uzmanlık seçiminde dikkat ettiğiniz en önemli kriter nedir?</b>                      |             |            |            | 0,521 |                         |                         |                         |       |
| A. Uzmanlık dalına olan ilgi                                                               | 146 (%71,2) | 69 (%67,6) | 77 (%74,8) |       | 68 (%73,1)              | 22 (%61,1)              | 56 (%73,7)              |       |
| B. Uzmanlık eğitimi alacağınız fakültenin etkisi                                           | 20 (%9,8)   | 11 (%10,8) | 9 (%8,7)   |       | 6 (%6,5)                | 4 (%11,1)               | 10 (%13,2)              |       |
| C. Uzmanlık alacağınız şehrin etkisi                                                       | 6 (%2,9)    | 2 (%2)     | 4 (%3,9)   |       | 3 (%3,2)                | 2 (%5,6)                | 1 (%1,3)                |       |
| D. Uzmanlık eğitiminin maliyeti                                                            | 17 (%8,3)   | 12 (%11,8) | 5 (%4,9)   |       | 6 (%6,5)                | 3 (%8,3)                | 8 (%10,5)               |       |
| E. Uzmanlık programının süresi                                                             | 8 (%3,9)    | 4 (%3,9)   | 4 (%3,9)   |       | 5 (%5,4)                | 2 (%5,6)                | 1 (%1,3)                |       |
| F. Diğer                                                                                   | 8 (%3,9)    | 4 (%3,9)   | 4 (%3,9)   |       | 5 (5,4)                 | 3 (8,3)                 | 0 (%0)                  |       |
| <b>6. Uzmanlık yapmayı hayal ettiğiniz ilk üç bölüm hangileridir?</b>                      |             |            |            |       |                         |                         |                         |       |
| A. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi                                                           | 50 (%8,1)   | 28 (%27,5) | 22 (%21,4) |       | 23 (%24,7)              | 11(%30,6)               | 21(%27,6)               |       |
| B. Protetik Diş Tedavisi                                                                   | 67 (%10,9)  | 27 (%26,5) | 40 (%38,8) |       | 21 (%22,7)              | 13 (%36,2)              | 48 (%63,2)              |       |
| C. Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi                                                             | 125 (%20,3) | 54 (%52,9) | 71 (%68,9) |       | 94 (%91,1)              | 34 (%94,4)              | 66 (%86,9)              |       |
| D. Pedodonti                                                                               | 59 (%9,6)   | 34 (%33,3) | 25 (%24,3) |       | 3 (%3,2)                | 2 (%5,6)                | 13 (%17,1)              |       |
| E. Endodonti                                                                               | 76 (%12,3)  | 41 (%40,2) | 35 (%34)   |       | 24 (%25,9)              | 13 (%36,1)              | 24 (%31,6)              |       |
| F. Periodontoloji                                                                          | 77 (%12,5)  | 39 (%38,2) | 38 (%36,9) |       | 49 (%52,7)              | 14 (%38,9)              | 38 (%50)                |       |
| G. Ortodonti                                                                               | 121 (%19,6) | 59 (%57,8) | 62 (%60,2) |       | 60 (%64,5)              | 20 (%55,6)              | 17 (%22,5)              |       |
| H. Restoratif Diş Hekimliği                                                                | 40 (%6,5)   | 24 (%23,5) | 16 (%15,5) |       | 5 (%5,4)                | 1 (%2,8)                | 1 (%1,3)                |       |
| <b>7. Hangi uzmanlık dalında daha çok maddi kazanç sağlayabileceğinizi düşünüyorsunuz?</b> |             |            |            | 0,552 |                         |                         |                         | 0,001 |
| A. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi                                                           | 3 (%1,5)    | 1 (%1)     | 2 (%1,9)   |       | 0 (%0)                  | 1 (%2,8)                | 2 (%2,6)                |       |
| B. Protetik Diş Tedavisi                                                                   | 41 (%20)    | 16 (%15,7) | 25 (%24,3) |       | 6 (%6,5) <sup>a</sup>   | 6 (%16,7) <sup>ab</sup> | 29 (%38,2) <sup>b</sup> |       |
| C. Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi                                                             | 57 (%27,8)  | 26 (%25,5) | 31 (%30,1) |       | 32 (%34,4)              | 7 (%19,4)               | 18 (%23,7)              |       |
| D. Pedodonti                                                                               | 7 (%3,4)    | 4 (%3,9)   | 3 (%2,9)   |       | 3 (%3,2)                | 0 (%0)                  | 4 (%5,3)                |       |
| E. Endodonti                                                                               | 10 (%4,9)   | 6 (%5,9)   | 4 (%3,9)   |       | 2 (%2,2)                | 2 (%5,6)                | 6 (%7,9)                |       |
| F. Periodontoloji                                                                          | 10 (%4,9)   | 5 (%4,9)   | 5 (%4,9)   |       | 2 (%2,2)                | 2 (%5,6)                | 6 (%7,9)                |       |
| G. Ortodonti                                                                               | 77 (%37,6)  | 44 (%43,1) | 33 (%32)   |       | 48 (%51,6) <sup>a</sup> | 18 (%50) <sup>a</sup>   | 11 (%14,5) <sup>b</sup> |       |
| <b>8. Hangi uzmanlık dalının hasta bakımı açısından en önemli olduğunu düşünüyorsunuz?</b> |             |            |            | 0,192 |                         |                         |                         | 0,437 |
| A. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi                                                           | 34 (16,6)   | 14 (13,7)  | 20 (19,4)  |       | 16 (%17,2)              | 5 (%13,9)               | 13 (%17,1)              |       |
| B. Protetik Diş Tedavisi                                                                   | 15 (7,3)    | 7 (6,9)    | 8 (7,8)    |       | 5 (%5,4)                | 2 (%5,6)                | 8 (%10,5)               |       |
| C. Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi                                                             | 60 (29,3)   | 31 (30,4)  | 29 (28,2)  |       | 24 (%25,8)              | 13 (%36,1)              | 23 (%30,3)              |       |
| D. Pedodonti                                                                               | 4 (2)       | 2 (2)      | 2 (1,9)    |       | 0 (%0)                  | 2 (%5,6)                | 2 (%2,6)                |       |
| E. Endodonti                                                                               | 24 (11,7)   | 18 (17,6)  | 6 (5,8)    |       | 10 (%10,8)              | 7 (%19,4)               | 7 (%9,2)                |       |
| F. Periodontoloji                                                                          | 58 (28,3)   | 26 (25,5)  | 32 (31,1)  |       | 32 (%34,4)              | 7 (%19,4)               | 19 (%25)                |       |



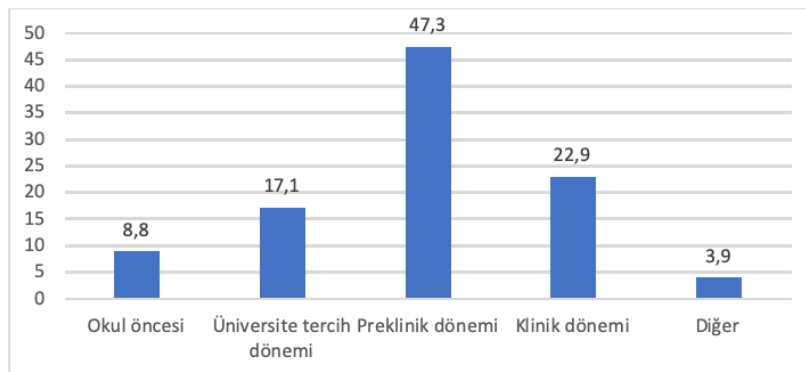
|                                                                                                   |           |           |           |       |            |            |            |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------|------------|------------|------------|-------|
| G. Ortodonti                                                                                      | 7 (3,4)   | 2 (2)     | 5 (4,9)   |       | 4 (%4,3)   | 0 (%0)     | 3 (%3,9)   |       |
| H. Restoratif Diş Hekimliği                                                                       | 3 (1,5)   | 2 (2)     | 1 (1)     |       | 2 (%2,2)   | 0 (%0)     | 1 (%1,3)   |       |
| <b>9. Hangi uzmanlık dalının diş hekimliği açısından en etkili bölüm olduğunu düşünüyorsunuz?</b> |           |           |           | 0,560 |            |            |            | 0,222 |
| A. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi                                                                  | 18 (8,8)  | 11 (10,8) | 7 (6,8)   |       | 7 (%7,5)   | 5 (%13,9)  | 6 (%7,9)   |       |
| B. Protetik Diş Tedavisi                                                                          | 26 (12,7) | 14 (13,7) | 12 (11,7) |       | 10 (%10,8) | 5 (%13,9)  | 11 (%14,5) |       |
| C. Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi                                                                    | 77 (37,6) | 31 (30,4) | 46 (44,7) |       | 38 (%40,9) | 14 (%38,9) | 25 (%32,9) |       |
| D. Pedodonti                                                                                      | 7 (3,4)   | 4 (3,9)   | 3 (2,9)   |       | 0 (%0)     | 0 (%0)     | 7 (%9,2)   |       |
| E. Endodonti                                                                                      | 27 (13,2) | 16 (15,7) | 11 (10,7) |       | 12 (%12,9) | 4 (%11,1)  | 11 (%14,5) |       |
| F. Periodontoloji                                                                                 | 33 (16,1) | 16 (15,7) | 17 (16,5) |       | 15 (%16,1) | 5 (%13,9)  | 13 (%17,1) |       |
| G. Ortodonti                                                                                      | 13 (6,3)  | 8 (7,8)   | 5 (4,9)   |       | 8 (%8,6)   | 2 (%5,6)   | 3 (%3,9)   |       |
| H. Restoratif Diş Hekimliği                                                                       | 4 (2)     | 2 (2)     | 2 (1,9)   |       | 3 (%3,2)   | 1 (%2,8)   | 0 (%0)     |       |
| <b>10. Periodontoloji dalında uzmanlaşmak istiyorsanız bunun en önemli nedeni nedir?</b>          |           |           |           | 0,279 |            |            |            | 0,137 |
| A. Profesyonel yaşama katkısı                                                                     | 40 (19,5) | 22 (21,6) | 18 (17,5) |       | 20 (%21,5) | 6 (%16,7)  | 14 (%18,4) |       |
| B. Hastaların ihtiyacı                                                                            | 49 (23,9) | 28 (27,5) | 21 (20,4) |       | 29 (%31,2) | 10 (%27,8) | 10 (%13,2) |       |
| C. Maddi kazanç                                                                                   | 51 (24,9) | 25 (24,5) | 26 (25,2) |       | 15 (%16,1) | 10 (%27,8) | 26 (%34,2) |       |
| D. Kişisel beceriler                                                                              | 32 (15,6) | 16 (15,7) | 16 (15,5) |       | 14 (%15,1) | 5 (%13,9)  | 13 (%17,1) |       |
| E. Diğer                                                                                          | 33 (16,1) | 11 (10,8) | 22 (21,4) |       | 15 (%16,1) | 5 (%13,9)  | 13 (%17,1) |       |

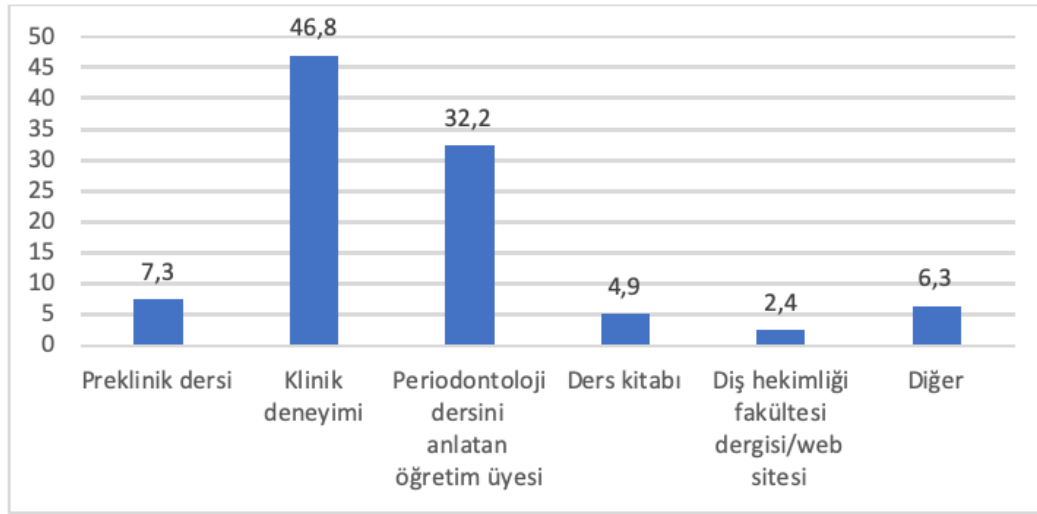
### Bulgular

Çalışmaya dahil edilen yaşları 20 ile 30 aralığında olan bireylerin yaş ortalaması  $22,58 \pm 1,7$ 'dir. Katılımcılara ait tanımlayıcılar incelendiğinde kızların oranı %49,8 (n=102) iken erkeklerin oranı %50,2 (n=103) olarak tespit edilmiştir. Öğrencilerin sınıflara göre dağılım oranına bakıldığında üçüncü sınıfa giden öğrencilerin oranı %45,4, dördüncü sınıfa giden öğrencilerin oranı 17,6 ve beşinci sınıfa giden öğrencilerin oranı %37,1 olduğu görülmüştür. Anket sorularına verilen cevaplar incelenerek cevapların dağılımı Tablo 1'de gösterilmiştir.

Çalışmaya dahil edilen öğrencilerin %47,3'lük yüksek bir oranı prelinik döneminde Periodontoloji bölümünden haberdar olduklarını belirtti. Sekiz kişi (%3,9) diğer cevabını verdi. Kız ve erkek öğrencilerin bu soruya verdikleri cevaplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi ( $p=0,277$ ). Üçüncü, dördüncü ve beşinci sınıflar içerisinde de verilen cevapta anlamlı bir fark bulunmadı ( $p=0,559$ ). (Tablo 1 ve 2)

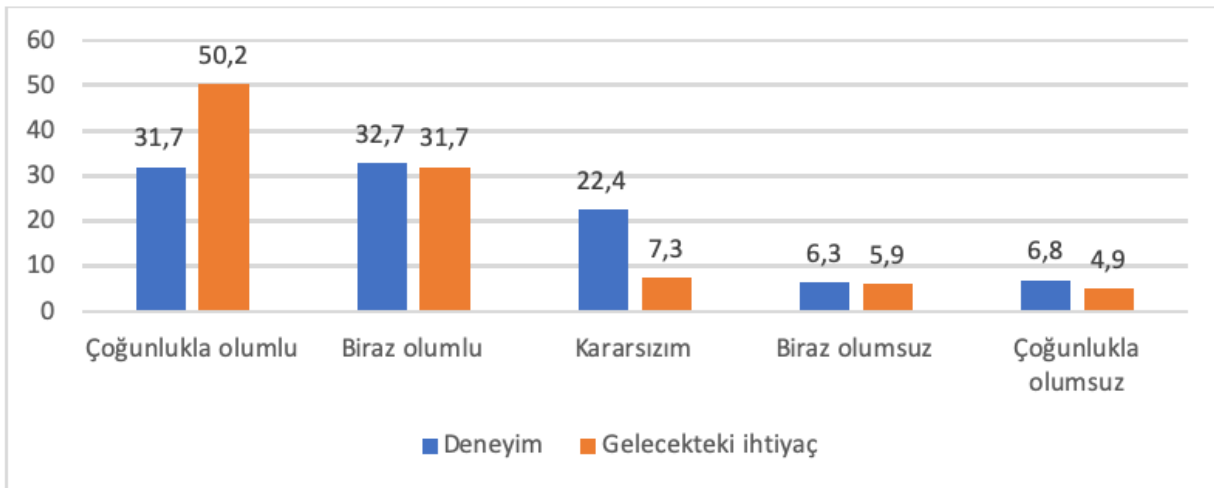
**Tablo 2.** 'Periodontoloji bölümünü ilk olarak ne zaman öğrendiniz?' sorusuna verilen cevabın dağılımı



**Tablo 3.** ‘Periodontoloji bölümü ile ilgili hangi tanıtıcı deneyim sizi en çok etkiledi?’ sorusuna verilen cevabın dağılımı’

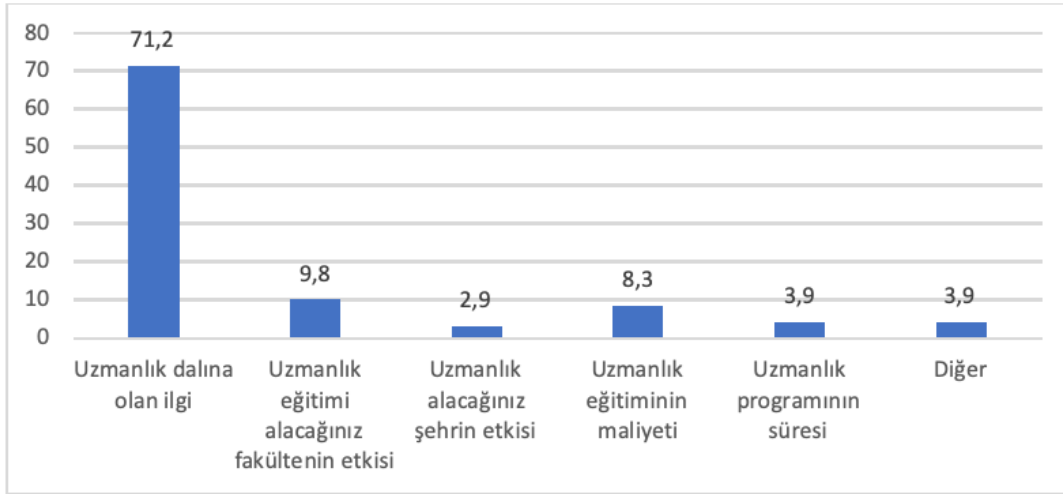
Katılımcıların %32,7'si Periodontal tedaviyle ilgili ilk deneyiminin “biraz olumlu” olduğunu belirtmiştir; Periodontoloji bölümüne gelecekteki ihtiyaç konusundaki genel algınız ne yöndedir sorusuna en fazla verilen cevap ise %50,2 oranıyla “çoğunlukla olumlu” seçeneğidir. Cinsiyet ve Periodontoloji bölümüne gelecekteki ihtiyaç konusundaki genel algınız ne yöndedir sorusuna

verilen cevaplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ( $p=0,038$ ). Kızlarda en yüksek oran %56,9 ile “Çoğunlukla olumlu” seçeneğine aitken erkeklerde en yüksek oran %43,7 ile “Çoğunlukla olumlu” seçeneğine aittir. Burada farklılık Kızlarda “Çoğunlukla olumsuz” seçeneği işaretleyenler ile erkeklerde “Çoğunlukla olumsuz” seçeneğini işaretleyenlerden kaynaklanmıştır.

**Tablo 4.** ‘Periodontal tedavi ile ilgili klinik deneyiminizi nasıl değerlendirirsiniz?’ ve ‘Periodontoloji bölümüne gelecekteki ihtiyaç konusunda genel algınız ne yöndedir?’ sorularına verilen cevapların dağılımı’

Uzmanlık seçiminde dikkat edilen en önemli kriterin sorgulandığı soruda 146 öğrenci (%71,2) uzmanlık dalına olan ilginin en önemli olduğunu belirtti. Uzmanlık eğitiminin alınacağı şehrin etkisi en az kişi tarafından seçildi. Üçüncü, dördüncü ve beşinci

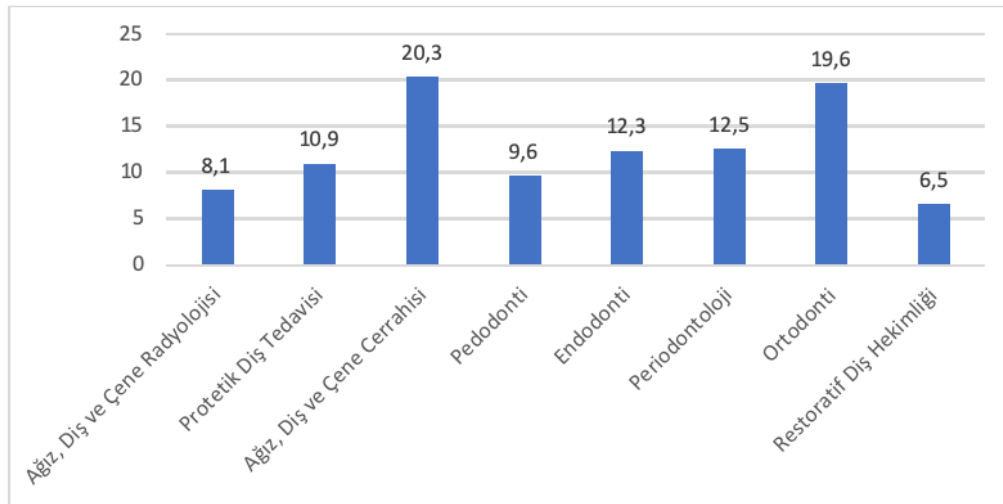
sınıfların bu soruya verdiği yanıtlar arasında bir fark bulunamadı ( $p=0,141$ ). Bu soruya verilen yanıtlarda cinsiyet grupları arasında da anlamlı bir farklılık bulunamadı ( $p=0,521$ ). (Tablo 1 ve 5)

**Tablo 5.** ‘Uzmanlık seçiminde dikkat ettiğiniz en önemli kriter nedir?’ sorusuna verilen cevabın dağılımı’

Çalışmada kızlarda en çok verilen Ortodonti cevabı 59 kişi ile %57,8 oranındadır, en çok tercih edilen bölümü 54 kişinin cevabıyla (%52,9) ile Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi ve 41 kişinin cevabıyla (%40,2) Endodonti bölümü takip etmektedir. Kızlarda en az tercih edilen bölüm ise 24 kişi (%23,5) ile Restoratif Diş Hekimliğidir.

Erkeklerde ise 71 kişi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi yanıtı ile %68,9 oranındadır, en çok tercih edilen ikinci bölüm 62 kişinin cevabıyla (%60,2) Ortodonti

olurken 40 kişinin cevabıyla (%38,8) Protetik Diş Tedavisi bölümü üçüncü sıradadır. En az tercih edilen 16 kişinin yanıt verdiği Restoratif Diş Hekimliği seçeneğinin oranı ise %15,5'tir. Toplama bakıldığında Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Bölümü 125 kişinin yanıtıyla (%20,3) en çok tercih edilirken; ikinci sırada 121 kişinin (%19,6) yanıtıyla Ortodonti bölümü, üçüncü sırada 77 kişinin yanıtıyla (%12,5) Periodontoloji bölümü bulunmaktadır. Restoratif Diş Tedavisi Bölümü ise 40 kişinin yanıtıyla (%6,5) en az tercih edilen bölüm olmuştur. (Tablo 1 ve 6)

**Tablo 6.** ‘Uzmanlık yapmayı hayal ettiğiniz ilk üç bölüm hangisidir?’ sorusuna verilen cevabın dağılımı’

Hangi uzmanlık dalında daha çok maddi kazanç sağlayabileceğinizi düşünüyorsunuz sorusunda en fazla verilen cevap %37,6 oranıyla “Ortodonti” seçeneğidir. Hangi uzmanlık dalının hasta bakımı açısından en önemli olduğunu düşünüyorsunuz sorusunda en fazla verilen cevap %29,3 oranıyla “Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi” seçeneğidir. Hangi uzmanlık dalının diş hekimliği açısından en etkili bölüm olduğunu düşünüyorsunuz sorusunda en

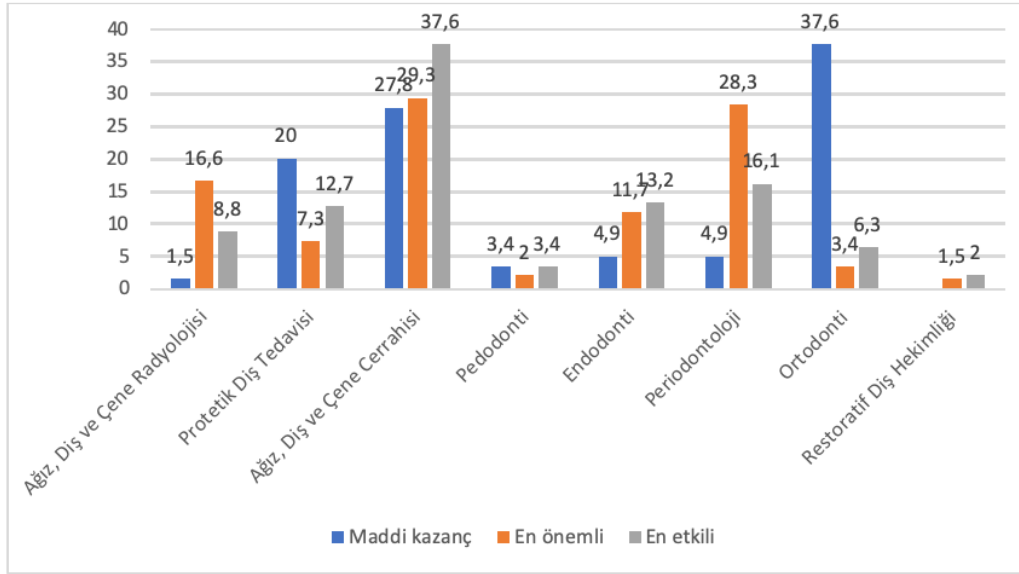
fazla verilen cevap %37,6 oranıyla “Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi” seçeneğidir. Bu sorular ve cinsiyet arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ( $p>0,050$ ).

Hangi uzmanlık dalında daha çok maddi kazanç sağlayabileceğinizi düşünüyorsunuz sorusuna verilen cevaplar ve sınıf grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p<0,001$ ). 3.

Sınıflarda en yüksek oran %51,6 ile “Ortodonti” seçeneğine aiten 4. Sınıflarda en yüksek oran %50 ile “Ortodonti” seçeneğine ve 5. Sınıflarda en yüksek oran %38,2 ile “Protetik Diş Tedavisi” seçeneğine aittir. “Ortodonti” seçeneğinde 5. Sınıflar

3 ve 4. Sınıflardan farklılık göstermektedir. Diğer seçeneklerde yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Diğer sorular ve sınıf grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ( $p>0,050$ ).

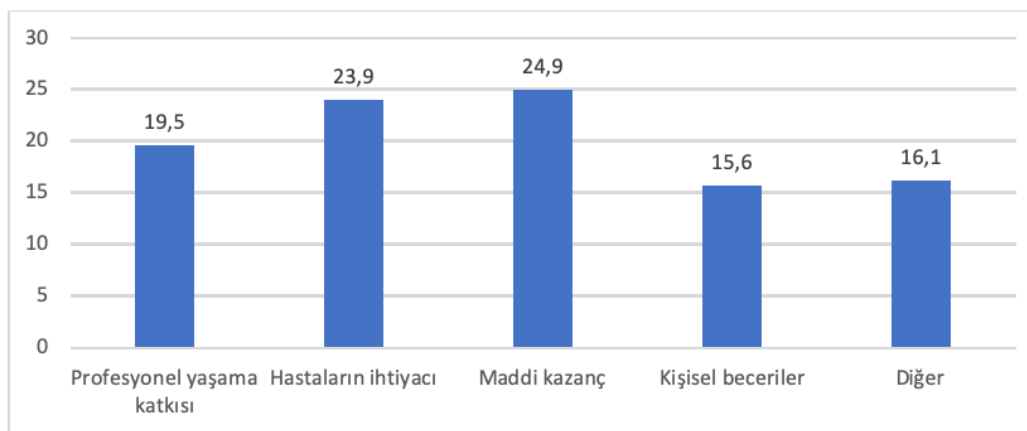
**Tablo 7.** ‘Hangi uzmanlık dalında daha çok maddi kazanç sağlayabileceğinizi düşünüyorsunuz?’, ‘Hangi uzmanlık dalının hasta bakımı açısından en önemli olduğunu düşünüyorsunuz?’ ve ‘Hangi uzmanlık dalının diş hekimliği açısından en etkili bölüm olduğunu düşünüyorsunuz?’ sorularına verilen cevapların dağılımı’



Çalışmaya katılan öğrenciler Periodontoloji alanında uzmanlaşmak istemelerinin en önemli nedenini %24,9'luk oran ile maddi kazanç olarak belirttiler. Kişisel becerilerin ise %15,6 ile en az tercih edilen

seçenek olduğu görüldü. Cinsiyetler arasında ve sınıf grupları arasında bu soruya verilen cevapta anlamlı bir fark yoktu ( $p=0,279$ ;  $p=0,137$ ). (Tablo 1 ve 8)

**Tablo 8.** ‘Periodontoloji dalında uzmanlaşmak istiyorsanız bunun en önemli nedeni nedir?’ sorusuna verilen cevabın dağılımı’



## Tartışma

Tıp fakültesi öğrencileri üzerinde, düşündükleri uzmanlık alanı hakkında yapılan çeşitli çalışmalar olsa da diş hekimliği okuyan öğrencilerin bu konudaki fikirlerinin irdelendiği az sayıda çalışma bulunmaktadır.<sup>8</sup> Bu çalışma diş hekimliği fakültemizin üç, dört ve beşinci sınıfında eğitim gören öğrencilerin Periodontoloji bölümü ile ilgili fikirlerini ve Periodontoloji bölümünün mezuniyet sonrası kariyer planlarında nerede yer aldığını tespit edebilmek için planlanmıştır. Diş hekimliği fakültesi öğrencilerinin mezuniyet sonrası kariyer planlarının değerlendirildiği çalışmalarda birinci sınıf öğrencileri henüz klinik deneyim yaşamadıklarından dahil edilmemiştir.<sup>9</sup> Ancak yaptığımız bu çalışmada üçüncü, dördüncü ve beşinci sınıf öğrencilerimizin yalnızca teorik eğitim değil bununla birlikte klinik eğitim de aldıkları düşünüldüğünde çalışmamıza dahil edilmiştir.

Öğrencilerin çoğu prelinik ve klinik deneyimi ile Periodontoloji bölümünden haberdar olduğunu belirtti. Bu durum Periodontoloji bölümünün halk arasında kendi ismiyle anılmamasından, bireylerin ancak diş hekimliği eğitimi görmeye başlayınca öğrenmesinden kaynaklanıyor olabilir. İlk tanıtıcı deneyimin klinik tecrübe ve dersi anlatan öğretim üyesinin katkısı olması da bu düşüncüyü destekler niteliktedir.

Öğrenciler kendilerine yöneltilen Periodontal deneyim ve gelecekteki ihtiyaç konusundaki genel algı sorularını çoğunlukla olumlu seçeneğiyle yanıtlamıştır. Yapılan bir çalışmada Periodontoloji uzmanlığına gelecekte ne kadar ihtiyaç duyulacağı sorgulanmış ve fazla düzeyde cevabı alınmıştır.<sup>10</sup> Ankete dahil edilen öğrencilerin klinikte daha aktif rol almaları bu fikirlerinin gelişmesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Uzmanlık seçiminde dikkat edilen en önemli kriterin ne olduğu sorusuna öğrenciler uzmanlık dalına olan ilgileri olduğunu belirttiler. Dhima ve ark. yaptığı çalışmada öğrenciler uzmanlık programının görüleceği şehir, süre veya maliyetten o uzmanlık dalına olan ilgiye göre seçim yapacaklarını belirtmiştir.<sup>11</sup> Yine uzmanlık seçiminde o bölüme duyulan ilginin etkili olduğunu bildiren başka alanlardaki çalışmalar da bulunmaktadır.<sup>12</sup> Alrashdan ve ark.<sup>13</sup> da 2018 yılında yaptıkları çalışmada ülkelerin ekonomik gelir ve seviyelerine göre uzmanlık dalı seçiminin, mali beklentiler, uzmanlık dalının itibarı, alınacak eğitimin süresi ve maliyetine milletler arası farklılık olduğunu ortaya koymuştur.

Bizim sonuçlarımız da bu çalışmayla benzerlik göstermektedir.

İngiltere’de yapılan bir çalışmaya göre öğrenciler Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi ve Ortodonti bölümlerini daha popüler bulsa da Periodontoloji bölümü listenin sonlarında yer almıştır.<sup>14</sup> Bizim çalışmamızda ise bu çalışmadan farklı olarak Periodontoloji bölümü tercih edilmesi düşünülen ilk üç bölümde Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi ve Ortodonti bölümlerinden hemen sonra üçüncü sırada yer almaktadır.

Yapılan bazı çalışmalarda en çok hayal edilen ilk üç bölüm hangisidir sorusuna öğrenciler sırasıyla Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi, Ortodonti ve Pedodonti cevaplarını verirken bizim çalışmamızda Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi, Ortodonti ve Periodontoloji bölümleri yer almıştır. Bizim çalışmamız bu çalışmalarla kısmen benzerlik göstermektedir.<sup>15</sup>

Öğrenciler Ortodonti, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi bölümlerini maddi kazanç sağlayabilecekleri öncelikli bölümler olarak seçerken Periodontoloji ve Endodonti bölümleri bu bağlamda onları takip etmektedir. Farklı ülkelerde yapılan bir çalışmada bu soruya verilen yanıt Protetik Diş Tedavisi olmuştur.<sup>16</sup> Yine yapılan bir çalışmada Periodontoloji uzmanlık dalı hem hastaların yaşam kalitesine etkisi açısından hem de ekonomik açıdan üçüncü sırada yer almıştır.<sup>17</sup> Çalışmamız bu çalışmalarla benzerlik göstermemektedir.

Hasta bakımı açısından yöneltilen soruda en çok işaretlenen bölüm Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi olurken Periodontoloji bölümü yüksek oranla onu takip eden diğer bölüm olmuştur. Bu iki bölümün ardından Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi bölümü en fazla işaretlenen üçüncü bölüm olmuştur. Aksoy ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi, Pedodonti ve Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi bölümleri hastaya bakım açısından öğrencilerin en önemli bulunduğu bölümler seçilirken bizim çalışmamızda Periodontolojinin ikinci sırada yer alması bu çalışmadan farklılık göstermektedir.<sup>7</sup> Yine Zarchy ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada en çok tercih edilen bölümün Ortodonti en azının ise Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi olması birbirinden farklı ülkelerin hasta bakımı konusu ele alındığında değişik yaklaşımlar gösterebildiğini düşündürmektedir.<sup>18</sup>

Diş hekimliğinde etkisinin en fazla olduğu düşünülen bölüm olarak Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi seçilirken Periodontoloji bölümü onu takip etmektedir. Başka çalışmalarda bu soruya verilen yanıtta Periodontoloji alt sıralarda yer alırken bizim çalışmamızda ikinci

sırada yer alarak öğrencilerimiz açısından etkili görüldüğü düşünülmüştür. Bunun sebebinin Periodontoloji uzmanlığının, oral hijyen anlamında farkındalık açısından büyük rol üstlendiği faktörü olabilir.

Periodontoloji alanında uzmanlaşmak isteyen öğrencilere bunun en önemli nedeni sorulduğunda maddi kazanç cevabı en yüksek oranda tercih edildi. Hastaların ihtiyacı ve profesyonel yaşama katkısı cevapları da eşit oranda tercih edildi. Periodontoloji uzmanlığı yaparak maddi anlamda iyi bir gelir elde edebileceğine inanılması öğrencilerin kişisel ilgisinden kaynaklanıyor olabilir.

Anket soruları sadece Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi öğrencilerine sorulmuştur. Uzmanlık yapılacak bölümün seçimi sırasında bireylerin fikrini şekillendiren birçok faktör olduğundan dolayı kapsamlı bir sonuca varılabilmesi adına ülkemizdeki birçok farklı fakültede de aynı anket sorularının yanıtlanması sağlanarak elde edilen verilerin değerlendirilmesi gerekmektedir.

### Sonuç

Çalışmamızda diş hekimliği fakültesi üç, dört ve beşinci sınıf öğrencilerinin Periodontoloji ve diğer uzmanlık dallarına yönelik fikirlerini görmek amaçlanmış ve bu yönde sonuçlar elde edilmiştir.

- Periodontolojinin uzmanlık yapılması hayal edilen ilk üç bölümden biri olduğu görüldü.
- Diş hekimliğindeki etkisi ve hasta bakımı açısından önemli bölümler arasında olduğu bulundu.
- Maddi getiri hususunda diğer uzmanlık dalları arasında orta sıralarda yer aldı.
- Öğrencilerin hayal ettikleri uzmanlık dalını belirlerken o alana olan ilgilerine göre seçim yaptıkları görüldü.
- Periodontoloji bölümünün, öğrencilerin gelecekte ihtiyaç duyulan bir bölüm olacağını düşündüğü görülmüştür.
- Kariyer planlamalarında düşünülen belli bir alanda yetkinlik kazanılması fikri ve uzmanlık dallarının bu şekilde irdelenmesi diş hekimliği alanında uzmanlıkların gelişim göstermesi açısından katkıda bulunabilecektir.

### Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için gerekli etik onayı Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurulu tarafından verilmiştir (2023/02-03).

### Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

### Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların çıkar çatışması olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

### Yazar Katkısı

Fikir: K.E. Tasarım: K.E. Denetleme: K.E. Kaynaklar: K.E. Malzemeler: K.E. Veri Toplama: K.E. Analiz: K.E. Literatür: K.E. Yazı: K.E. Eleştirel İnceleme: K.E.



**Kaynakça**

1. Eliav E, Scotti R, Pellegrino G, et al. Specialties in dentistry. *Quintessence Int.* 2010;41(10):807-83.
2. Kızılcı, E., Duman, B., & Demiroğlu, C. (2022). Diş hekimliği fakültesi öğrencilerinin pedodonti anabilim dalında uzmanlaşma konusundaki tercihlerinin değerlendirilmesi. *Selcuk Dental Journal*, 9(1), 147-52.
3. Halawany HS, Binassfour AS, AlHassan WK, Alhejaily RA, Al Maflehi N, Jacob V, et al. Dental specialty, career preferences and their influencing factors among final year dental students in Saudi Arabia. *Saudi Dent J.* 2017;29(1):15-23.
4. Scarbecz M, Ross JA. Gender Differences in First-Year Dental Students' Motivation to Attend Dental School. *J Dent Educ.* 2002;66(8):952-61.
5. Cerit B, Evler Es, Çalışkan Ma. Journal Of Health Sciences Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yayın Organıdır Araştırma Makale. *Sağlık Bilim Derg.* 2021;90(374):0-2.
6. Erciyas K, Üstün K, Pahlivan Y, Onat AM. Romatoid artrit ve periodontal sağlık. *Gaziantep Med J.* 2009;15(3):1-4.
7. Aksoy A, Yanıkoğlu N. Diş Hekimliği Fakültesi Öğrencilerinin Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalında Uzmanlaşma Konusundaki Motivasyonlarının Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* 2019;29(4):623-30.
8. Taşsöker M, Çelik M. Diş hekimliği öğrencilerinde mezuniyet sonrası kariyer ve uzmanlık motivasyonu. *Selcuk Dent J.* 2019;6(4):108-11.
9. Sam G. Orthodontics as a prospective career choice among undergraduate dental students: A prospective study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2015;5(4):290.
10. Gupta P, Chowdhary Z, Singh V, Bajaj A, Gupta D, Loitongbam M. Choosing Periodontology for Specialty Specialization: Perspective of Dental Undergraduate Students. *Indian J Dent Res.* 2023;34(4):354-8.
11. Dhima M, Petropoulos VC, Salinas TJ, Wright RF. Predoctoral Dental Students' Perceptions and Experiences with Prosthodontics. *J Prosthodont.* 2013 Feb;22(2):148-56.
12. Kızılcı, E., Duman, B., & Demiroğlu, C. (2022). Diş hekimliği fakültesi öğrencilerinin pedodonti anabilim dalında uzmanlaşma konusundaki tercihlerinin değerlendirilmesi. *Selcuk Dental Journal*, 9(1), 147-52.
13. Alrashdan MS, Alazzam M, Alkhader M, Phillips C. Career perspectives of senior dental students from different backgrounds at a single Middle Eastern institution. *BMC* 2018;18(1):283.
14. Grace M. Student attitudes to periodontology. *Br Dent J.* 2004;197(3):111.
15. Dhima M, Petropoulos VC, Han RK, Kinnunen T, Wright RF. Dental students' perceptions of dental specialties and factors influencing specialty and career choices. *J Dent Educ* 2012;76:562-73.
16. Nash KD, Pfeifer DL. Prosthodontics as a specialty private practice: net income of private practitioners. *J Prosthodont.* 2006;15(1):37-46.
17. Beder, Melek, & Yemenoğlu, Hatice Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde Eğitim Gören Stajyer Öğrencilerin Periodontoloji Uzmanlığına İlişkin Görüşlerinin İncelenmesi. 2. *International Eurasia Health Sciences Congress*, Baku, Azerbaijan, pp.1-9, 2025.
18. Zarchy M, Kinnunen T, Chang BM, Robert FACP, Wright F, Wright RF. Increasing Predoctoral Dental Students' Motivations to Specialize in Prosthodontics. *J Dent Educ.* 2011;75(9):1236-43.





# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>

DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v01i2003



**Dentistry Students vs. ChatGPT 4o: Assessing Knowledge of Radiographic Anatomy on Panoramic Images**

**Diş Hekimliği Öğrencileri ve ChatGPT 4o: Panoramik Görüntülerde Radyografik Anatomi Bilgisinin Değerlendirilmesi**

Melisa Öçbe<sup>1\*</sup>, Yeşim Demirdurak<sup>2</sup>

## ABSTRACT

**Objectives:** Panoramic radiography constitutes an essential modality for the comprehensive assessment of patients in dentistry. This study investigates the panoramic radiography knowledge between dentistry students and ChatGPT-4o.

**Materials and Methods:** In this study, 182 undergraduate students from Kocaeli Health and Technology University, Faculty of Dentistry participated, with 52.7% being 3rd grade students and 47.3% being 4th grade students. Participants identified 35 landmarks on panoramic radiographs, which were categorized into bone structures, soft tissues/airways, and ghost images (20, 13, 2 questions were asked respectively). ChatGPT-4o was evaluated on the same task using the identical set of panoramic radiographic anatomy landmarks. To ensure consistency, the questions were entered into the AI model in the same format as they were presented to the students. ChatGPT-4o's responses were recorded for further evaluation. All data were analyzed using IBM SPSS version 23.

**Results:** The study revealed that 4th-grade students demonstrated significantly higher correct answer rates in bone structures, ghost images, and total scores compared to 3rd-grade students. No significant differences were observed in the median values of correct answer rates according to age and gender.

**Conclusions:** The outcome that 4th-grade students exhibited greater competence compared to 3rd-graders suggests that practical exposure to panoramic radiography within clinical contexts may enhance knowledge retention despite comprehensive theoretical instruction.

**Keywords:** *Anatomy, Artificial intelligence, Dental education, Panoramic radiography.*

## ÖZET

**Amaç:** Panoramik radyografi, diş hekimliğinde hastaların kapsamlı değerlendirilmesinde temel bir görüntüleme yöntemidir. Bu çalışmada, diş hekimliği öğrencileri ile 4o'nun panoramik radyografi bilgileri karşılaştırılmıştır.

**Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışmaya Kocaeli Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nden toplam 182 lisans öğrencisi katılmış olup, katılımcıların %52,7'si 3. sınıf, %47,3'ü ise 4. sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır. Katılımcılardan panoramik radyograflar üzerinde 35 anatomik oluşumu tanımlamaları istenmiş ve bu yapılar; kemik yapılar, yumuşak dokular / hava yolları ve hayalet görüntüler olarak kategorize edilmiştir (sırasıyla 20, 13 ve 2 soru sorulmuştur). ChatGPT-4o, aynı panoramik radyografik anatomi yapıları kullanılarak aynı görevde değerlendirilmiştir. Tutarlılığı sağlamak amacıyla sorular, öğrencilere sunulduğu formatta yapay zeka modeline girilmiştir. ChatGPT-4o'nun yanıtları kaydedilmiş ve daha sonra analiz edilmiştir. Tüm veriler IBM SPSS 23 kullanılarak analiz edilmiştir.

**Bulgular:** Çalışmada, 4. sınıf öğrencilerinin kemik yapılar, hayalet görüntüler ve toplam puanlarda 3. sınıf öğrencilerine kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek doğru cevap oranlarına sahip olduğu bulunmuştur. Yaş ve cinsiyete göre doğru cevap oranlarının medyan değerlerinde anlamlı bir fark saptanmamıştır.

**Sonuç:** Dördüncü sınıf öğrencilerinin üçüncü sınıf öğrencilerine kıyasla daha yüksek başarı göstermesi, panoramik radyografinin klinik uygulamalarda kullanılmasıyla sağlanan pratik deneyimin, kapsamlı teorik eğitime rağmen bilgi kalıcılığını artırabileceğini düşündürmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Anatomi, Diş hekimliği eğitimi, Panoramik radyografi, Yapay zeka.*

<sup>1\*</sup>Assistant Professor, Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Kocaeli Health and Technology University, Kocaeli, Türkiye.

<sup>2</sup>Assistant Professor, Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Kocaeli Health and Technology University, Kocaeli, Türkiye.

\*Corresponding Author: Melisa Ocbe, e-mail: [melisa.ocbe@kocaelisaglik.edu.tr](mailto:melisa.ocbe@kocaelisaglik.edu.tr), ORCID: 0000-0003-1609-610X, Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Kocaeli Health and Technology University, Kocaeli, Turkey.

## Introduction

Dental education in Türkiye is a 5-year program, and the comprehensive curriculum includes foundational lectures and basic training throughout the five years, with clinical preliminary training initiating in the third year, and clinical training in the fourth and fifth years, with intraoral and extraoral radiographic anatomy lectures during their third year. These courses provide students with essential knowledge to understand dentomaxillofacial anatomical structures. When studying these anatomical structures, students often find certain regions challenging to understand and remember which can hinder their ability to accurately identify these areas in clinical settings. Although previous studies have clearly shown that dental students experience notable difficulty in identifying certain anatomical regions on panoramic radiographs, especially soft tissue structures, ghost images, and projection artifacts,<sup>1,2</sup> there are still only a limited number of studies that systematically evaluate these challenges by anatomical region. Given the inherent complexity of panoramic imaging and its reliance on superimposed two-dimensional representations of three-dimensional structures, a more detailed and region-specific assessment is essential to improve radiographic anatomy education in dental curricula.

Chat Generative Pretrained Transformer (ChatGPT) is an artificial intelligence model capable of not only generating text but also analyzing visuals and interpreting medical images.<sup>3,4</sup> While numerous studies in the literature explore ChatGPT's applications in medical image analysis<sup>5-8</sup>, its use in panoramic radiography remains limited. The aim of this study is to compare the knowledge of panoramic radiographic anatomy between dentistry students and the current version of ChatGPT, 4o.

## Materials and Methods

This study involved 182 undergraduate students (87% of all invited participants) from the Kocaeli Health and Technology University Faculty of Dentistry, targeting the 3rd and 4th graders. Data were collected through voluntary participation in the study. Participants were informed about the purpose of the study and provided consent for their inclusion. Informed consent was obtained from all subjects involved in the study. Students who did not provide informed consent, those who were not enrolled in the 3<sup>rd</sup> or 4<sup>th</sup> year of the

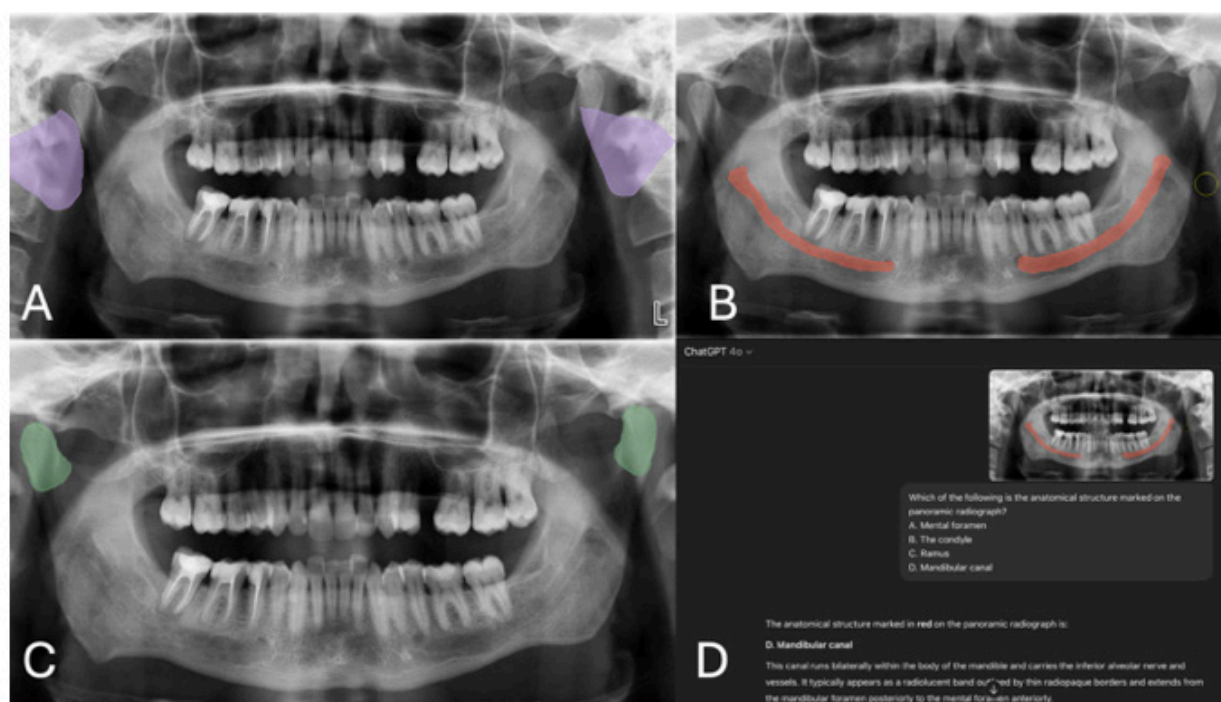
dentistry program at the time of the study, and individuals who did not complete the full set of questions or left the assessment incomplete were excluded from the study. Ethical approval for this study was obtained from the Institutional Ethical Committee of Kocaeli Health and Technology University (Project Number: 2024/79). All procedures were conducted in accordance with the principles outlined in the Declaration of Helsinki.

The anatomical landmarks were categorized into three main groups: bone structures, soft tissue/airways, and ghost images. In total, 35 anatomical landmarks were evaluated-comprising 20 bone structures, 13 soft tissue or airway structures, and 2 ghost images. Importantly, only one panoramic radiograph was used throughout the study. Each of the 35 anatomical points was marked individually on this single image, and participants were asked to identify the anatomical structure corresponding to each marked point, one by one.

As illustrated in Figure 1, the same panoramic radiograph was used for all questions, with a different anatomical point highlighted for each question. To annotate the 35 distinct anatomical landmarks on a single panoramic radiograph, the Segment Editor module of the 3D Slicer software (version 5.2.2, USA) was used. During the face-to-face sessions, the panoramic image was projected on a screen, and participants were shown each marked point in succession. For every question, students were asked, "Which anatomical structure is indicated by the marked point?" This process ensured that students interpreted the same image throughout, but focused on a different anatomical landmark each time.

All assessments were conducted under the supervision of two observers-an Oral and Maxillofacial Radiologist with 6 years of experience (MO) and another with 27 years of experience (YD)-to ensure consistency and reliability. Correct and incorrect identifications were recorded for each landmark.

To evaluate AI performance, the same 35 annotated questions-based on the single panoramic image-were presented to ChatGPT-4o. The model received the questions in the exact same format used for students to maintain methodological consistency.



**Figure 1.** A. Panoramic radiograph showing annotated earlobes. B. Highlighted mandibular canal bilaterally. C. Bilateral condyles visualized at the superior aspect of the mandible. D. Screenshot of the question format presented to ChatGPT and the model's correct identification of the mandibular canal.

The data were analysed by IBM SPSS V23. The conformity of the data to normal distribution was analysed by Kolmogorov Smirnov test. Mann Whitney U test was used to compare the data that did not show normal distribution according to binary groups. Spearman's rho correlation coefficient was used to analyse the relationship between the scores that did not conform to normal distribution and age. Descriptive statistics results were presented as frequency (percentage) for categorical variables, mean  $\pm$  standard deviation and median (minimum -

maximum) for quantitative variables. Significance level was taken as  $p < 0.050$ .

## Results

The participants consisted of 98 female students (53.8%) and 82 male students (45.1%). Detailed descriptive statistics results are provided in Table 1. Statistically, no significant difference was observed in the median values of correct answer rates of hard tissue structures, soft tissue / airways, ghost images and total scores according to gender ( $p=0.865$ ,  $p=0.682$ ,  $p=0.839$ ,  $p=0.985$ , respectively).

**Table 1:** Demographic characteristics and knowledge levels of dental students regarding panoramic radiographic anatomy.

|                             |                       | Frequency                                       | %                       |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Gender</b>               |                       |                                                 |                         |
| Female                      |                       | 98                                              | 53,8                    |
| Male                        |                       | 82                                              | 45,1                    |
| Non declared                |                       | 2                                               | 1,1                     |
| <b>Grade</b>                |                       |                                                 |                         |
| 3 <sup>rd</sup> Grade       |                       | 96                                              | 52,7                    |
| 4 <sup>th</sup> Grade       |                       | 86                                              | 47,3                    |
|                             |                       | <b>Mean <math>\pm</math> Standard Deviation</b> | <b>Median (Min-Max)</b> |
| Age                         |                       | 22,92 $\pm$ 3,28                                | 22 (19 - 39)            |
| <b>Correct answer rates</b> |                       |                                                 |                         |
|                             | <b>Bone sturcture</b> | 18,13 $\pm$ 2,32                                | 19 (7 - 20)             |
|                             | <b>Ghost image</b>    | 1,83 $\pm$ 0,42                                 | 2 (0 - 2)               |



|  |                              |              |              |
|--|------------------------------|--------------|--------------|
|  | <b>Soft tissue / Airways</b> | 11,36 ± 1,77 | 12 (5 - 13)  |
|  | <b>Total score</b>           | 31,32 ± 3,79 | 33 (13 - 35) |

The median number of correct answers for bone structure questions among 3rd-grade students was slightly lower compared to 4th-grade students. The median values exhibited significant differences based on the grade factor ( $p < 0.001$ ). The median number of correct answers for ghost image questions was 2 for both 3rd and 4th-grade students. The distinction arised from the average score, with 3rd-grade students achieving a rank average value of 96.18 compared to 86.28 for 4th-grade students ( $p = 0.043$ ). The median number of correct answers for soft tissue and airways questions was consistent across both

3rd and 4th-grade students, both recording a median value of 12 ( $p = 0.315$ ). Regarding the total score, the median value was 31 for 3rd-grade students and 33 for 4th-grade students, demonstrating a significant difference between the two groups ( $p = 0.008$ ) (Table 2). When examined through Spearman correlation, there was no statistically significant relationship observed between age and correct answer rates of bone structures ( $r = 0.058$ ;  $p = 0.439$ ), ghost images ( $r = -0.049$ ;  $p = 0.514$ ), soft tissue / airways ( $r = -0.037$ ;  $p = 0.616$ ), and total score ( $r = 0.041$ ;  $p = 0.585$ ).

**Table 2:** Correct answer rates of panoramic radiographic anatomy by grade level

| Correct answer rates of: | 3 <sup>rd</sup> Grade | 4 <sup>th</sup> Grade | Total        | Test Statistics | p       |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-----------------|---------|
| Bone structures          | 18 (7 - 20)           | 19 (11 - 20)          | 19 (7 - 20)  | 2928,000        | <0,001* |
| Ghost Images             | 2 (1 - 2)             | 2 (0 - 2)             | 2 (0 - 2)    | 4577,000        | 0,043*  |
| Soft tissue / Airways    | 12 (5 - 13)           | 12 (6 - 13)           | 12 (5 - 13)  | 3782,500        | 0,315*  |
| Total score              | 31 (13 - 35)          | 33 (19 - 35)          | 33 (13 - 35) | 3199,000        | 0,008*  |

\*Mann Whitney U Test

The pterygopalatine fossa, inferior nasal meatus, and middle nasal meatus emerged as the least recognized anatomical landmarks, with correct answer rates of 64.8%, 65.4%, and 73.1%, respectively. Table 3 and Table 4 demonstrates detailed information on correct answer rates, most common wrong answer, and rate

of the most common wrong answer and the answers of Chat GPT 4o. Chat GPT 4o correctly answered 25 of 35 questions (71%). Inferior nasal concha and inferior nasal meatus were most common mistakes of both dentistry students and Chat GPT 4o.

**Table 3:** Correct identification rates and common errors for anatomical landmarks of bone structures.

|                 | Anatomical landmark             | Rate of the correct answer (%) | Most common wrong answer of dentistry students | Rate of the most common wrong answer (%) | Answer of Chat GPT 4O  |
|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|
| Bone structures | Condyle                         | 96.7                           | Coronoid process                               | 2.7                                      | Correct                |
|                 | Coronoid process                | 96.7                           | Maxillary sinus                                | 3.3                                      | <b>Maxillary sinus</b> |
|                 | Ramus                           | 97.8                           | Mandibular canal                               | 1.6                                      | Correct                |
|                 | Inferior border of the mandible | 96.2                           | Styloid process                                | 3.8                                      | Correct                |
|                 | Articular eminence              | 86.8                           | Glenoid fossa                                  | 11                                       | <b>Glenoid fossa</b>   |
|                 | External acoustic meatus        | 83                             | Styloid process                                | 8.8                                      | Correct                |
|                 | Mandibular foramen              | 94.5                           | Infraorbital canal                             | 3.8                                      | <b>Mental foramen</b>  |
|                 | Mental foramen                  | 95.1                           | Mandibular foramen                             | 3.3                                      | Correct                |
|                 | Mandibular canal                | 98.9                           | Mental foramen                                 | 1                                        | Correct                |
|                 | Hyoid bone                      | 96.2                           | Angle of the mandible                          | 3.8                                      | Correct                |



|  |                         |      |                           |      |                                     |
|--|-------------------------|------|---------------------------|------|-------------------------------------|
|  | Styloid process         | 82.4 | External acusticus meatus | 14.8 | Correct                             |
|  | Infraorbital canal      | 83.5 | Pterygopalatine fossa     | 8.2  | <i>Floor of the maxillary sinus</i> |
|  | Floor of orbita         | 88.5 | Floor of maxillary sinus  | 11   | <i>Floor of the maxillary sinus</i> |
|  | Pterygopalatine fossa   | 64.8 | Ethmoid sinus             | 17   | <i>Maxillary Sinus</i>              |
|  | Sigmoid notch           | 90.7 | Coronid process           | 5.5  | <i>Condyle</i>                      |
|  | Zygoma                  | 90.7 | Maxillary sinus           | 6    | Correct                             |
|  | Anterior nasal spine    | 98.9 | Maxillary sinus           | 1    | Correct                             |
|  | Pterygopalatine fissure | 94   | Inferior nasal concha     | 4.4  | Correct                             |
|  | Hard palate             | 92.9 | Soft palate               | 3.8  | Correct                             |
|  | Glenoid fossa           | 85.2 | Condyle                   | 8.8  | Correct                             |

**Table 4:** Correct identification rates and common errors for soft tissue anatomical landmarks and ghost images.

|                          | Anatomical landmark                              | Rate of the correct answer (%) | Most common wrong answer     | Rate of the most common wrong answer (%) | Answer of Chat GPT 40               |
|--------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| Soft tissues and airways | Dorsum of the tongue                             | 78                             | Soft palate                  | 17                                       | Correct                             |
|                          | Soft palate                                      | 87.9                           | Hard palate                  | 7.1                                      | Correct                             |
|                          | Nasal septum                                     | 98.9                           | Nasopharynx                  | 1                                        | Correct                             |
|                          | The earlobes                                     | 94.5                           | Hypopharynx                  | 5.5                                      | Correct                             |
|                          | The nose                                         | 96.7                           | Soft palate                  | 2.2                                      | Correct                             |
|                          | The posterior wall of the oral and nasal pharynx | 96.2                           | Inferior nasal meatus        | 2.2                                      | Correct                             |
|                          | Middle nasal concha                              | 98.4                           | Mental foramen               | 1.6                                      | Correct                             |
|                          | Middle nasal meatus                              | 73.1                           | Anterior nasal spine         | 18.7                                     | <i>Maxillary sinus</i>              |
|                          | Inferior nasal concha                            | 91.2                           | Orbita                       | 6.6                                      | <i>Orbita</i>                       |
|                          | Inferior nasal meatus                            | 65.4                           | Floor of the maxillary sinus | 22.5                                     | <i>Floor of the maxillary sinus</i> |
|                          | Hypopharynx                                      | 95.6                           | Mandibular canal             | 3.3                                      | Correct                             |
|                          | Nasopharynx                                      | 83.5                           | Styloid process              | 13.2                                     | Correct                             |
|                          | Oropharynx                                       | 76.4                           | Mastoid air cells            | 12.1                                     | Correct                             |
|                          | Ghost image of the cervical vertebrae            | 95.1                           | Hypopharynx                  | 2.7                                      | Correct                             |
|                          | Ghost image of contralateral mandible            | 87.9                           | Corpus mandible              | 11                                       | Correct                             |

## Discussion

In this study, it was found that 4th-year students who had begun clinical education demonstrated a higher level of knowledge compared to 3rd-year students who had completed radiographic anatomy courses but had not yet started clinical education. In addition, Chat GPT 4o represented a 71% of correct answers, which was found to be lower than both 3rd and 4th

grade dentistry students. It was observed that the anatomical structures with the lowest recognition rates for dentistry students were the pterygopalatine fossa, inferior nasal meatus, and middle nasal meatus. Knowledge of hard tissues was generally more prevalent in dentistry students, whereas the identification and understanding of soft tissues and fossae were less well-acquired by dental students.

Although, Chat GPT 4o scored higher in soft tissue and ghost image questions.

The study revealed specific areas where students and Chat GPT 4o demonstrated common misunderstandings. For instance, 96.7% of the students correctly identified the mandibular condyle, yet there was a notable confusion with the coronoid process among those who answered incorrectly. Chat GPT 4o answered mandibular condyle question correctly; while did not answer correctly for coronoid process. Similarly, while 86.8% of participants accurately identified the articular eminence, the glenoid fossa was frequently mistaken by those who erred. Chat GPT 4o also misidentified articular eminence as glenoid fossa. These results highlight a tendency for students to confuse anatomical structures that are in close proximity to each other on radiographs, with a need for increased focus on teaching and reinforcing the identification these structures in dental radiology education.

In a previous research by Serindere and Aktuna<sup>9</sup>, it was stated that mandibular canal, mandibular foramen, mental foramen, and incisive canal are the most visible anatomical structures on panoramic radiographs.<sup>9</sup> In addition, the findings of Tokgoz Kaplan and Yıldız<sup>10</sup> indicated that the mental foramen had the highest correct identification rate among dental students.<sup>10</sup> Our study also revealed high levels of knowledge regarding these structures, confirming their visibility and recognizability in radiographic images. However, despite their distinct appearances, the mental foramen and mandibular canal were often mistaken for one another by the students. This confusion highlights a persistent issue in dental radiographic education where students struggle to differentiate between similarly located structures, despite their differing radiographic presentations. Moreover, our findings resonate with the studies of Maeda et al. and Elsheikh et al.<sup>11</sup>, which identified the nasal cavity structures as challenging for dental students to detect on panoramic radiographs.<sup>1,11</sup> Specifically, our study found that knowledge levels were particularly low for the middle and inferior nasal meatus. This suggests a need for improved educational strategies focusing on the nasal cavity structures to enhance the diagnostic accuracy of dental students. In light of these findings, it is evident that a targeted educational focus on differentiating between closely situated anatomical landmarks is necessary. Enhanced training methods, such as side-by-side comparisons, virtual reality simulations, artificial intelligence-assisted softwares and detailed

annotations on radiographs, could be beneficial.<sup>12-14</sup> By addressing these specific areas of confusion, dental education can improve the accuracy of anatomical identification and ultimately enhance the diagnostic capabilities of future dental professionals.

### **Conclusions**

This study evaluated and compared the knowledge of panoramic radiographic anatomy among third- and fourth-year dental students and the ChatGPT 4o large language model. The findings demonstrated that fourth-year students, who had begun their clinical education, showed significantly better performance compared to third-year students, indicating that clinical exposure enhances radiographic anatomical understanding. ChatGPT 4o achieved a 71% overall accuracy rate, which was lower than the performance of both student groups, suggesting that while large language models (LLMs) show promise, their current capabilities do not yet surpass those of trained dental students in this specific task.

The results further revealed specific anatomical regions-particularly the pterygopalatine fossa and nasal meatus areas-as common sources of misidentification, highlighting a gap in students' understanding of complex or less prominent anatomical structures. Similar trends in errors were observed in both students and the AI model, particularly in distinguishing between anatomically adjacent features such as the mandibular condyle and coronoid process, or the articular eminence and glenoid fossa. Incorporating advanced tools such as AI-assisted visualizations, side-by-side radiographic comparisons, and interactive learning technologies may help address these gaps. Although ChatGPT 4o exhibited potential in anatomical interpretation, its limitations reinforce the importance of human expertise and structured anatomical training in dental education. Future research may explore the integration of AI as a supportive tool in dental curricula and assess its impact on student learning outcomes.

### **Acknowledgement**

None declared.

### **Ethical Approval**

Ethical approval for this study was obtained from the Institutional Ethical Committee of Kocaeli Health and Technology University (Project Number: 2024/79) at 17.01.2024.

### **Funding**

The authors declare that this research received no

specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors and that they have no financial interests related to the study.

### **Conflict of Interest**

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding this study.

### **Authorship Contributions**

Idea/Concept: M.O, Y.D Design: M.O, Y.D Control/Supervision: M.O, Y.D Literature Review: Y.D Data Collection and/or Processing: M.O, Y.D Analysis and/or Interpretation: Y.D Writing the Article: M.O Critical Review: M.O

## References

1. Maeda N, Hosoki H, Yoshida M, Suito H, Honda E. Dental students' levels of understanding normal panoramic anatomy. *J Dent Sci* 2018; 13: 241-6.
2. Razmus TF, Williamson GF, Van Dis ML. Assessment of the knowledge of graduating American dental students about the panoramic image. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993; 76: 499-504.
3. Tran CG, Chang J, Sherman SK, De Andrade JP. Performance of ChatGPT on American Board of Surgery In-Training Examination preparation questions. *J Surg Res* 2024; 291: 61-7.
4. Gordon EB, Towbin AJ, Wingrove P, et al. Enhancing patient communication with Chat-GPT in radiology: Evaluating the efficacy and readability of answers to common imaging-related questions. *J Am Coll Radiol* 2024; 21: 142-9.
5. Mago J, Sharma M. The potential usefulness of ChatGPT in oral and maxillofacial radiology. *Cureus* 2023; 15: e42133.
6. Khurana S, Vaddi A. ChatGPT from the perspective of an academic oral and maxillofacial radiologist. *Cureus* 2023; 15: e40053.
7. Baghdady MT, Pharoah MJ, Regehr G, Lam EW, Woods NN. The role of basic sciences in diagnostic oral radiology. *J Dent Educ* 2009; 73: 1186-93.
8. Parillo M, Vaccarino F, Beomonte Zobel B, Mallio CA. ChatGPT and radiology report: potential applications and limitations. *Radiol Med* 2024; 129: 527-33.
9. Serindere G, Belgin CA. The evaluation of visibility of mandibular anatomic landmarks using panoramic radiography. *Int Dent Res* 2019; 9: 60-5.
10. Tokgöz Kaplan T, Yıldız Y. Evaluation of knowledge levels of undergraduate and postgraduate dentists concerning anatomical landmarks on panoramic radiography. *Unika Sağlık Bilimleri Dergisi* 2024; 8: 671-81.
11. Elsheikhi F, Betamar N, Bugaighis I. Assessment of level of knowledge understood and memorized of panoramic anatomical landmarks among dental students in Benghazi, Libya. *Libyan Int Med Univ J* 2021; 6: 145-50.
12. Alsufyani N, Alnamlah S, Mutaieb S, et al. Virtual reality simulation of panoramic radiographic anatomy for dental students. *J Dent Educ* 2023; 87: 1208-14.
13. Wang D, Huai B, Ma X, et al. Application of artificial intelligence-assisted image diagnosis software based on volume data reconstruction technique in medical imaging practice teaching. *BMC Med Educ* 2024; 24: 145.
14. Yuan Q, Chen X, Zhai J, et al. Application of 3D modeling and fusion technology of medical image data in image teaching. *BMC Med Educ* 2021; 21: 316.



# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v01i2004



## CAD/CAM Sistemi ile Üretilen Zirkonya ve Resin Nanoseramik Kırılma Dirençlerinin Değerlendirilmesi

## Evaluation of Fracture Resistance of Zirconia and Resin Nanoceramic Crowns Fabricated with CAD/CAM System

Ceren Küçük<sup>1\*</sup>, Atilla Sertgöz<sup>2</sup>

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı rezin nanoseramik kuron restorasyonların kırılma direncini monolitik zirkonya ve veneerlenen zirkonya alt yapı kuron restorasyonlarıyla karşılaştırmaktır.

**Gereç ve Yöntemler:** Toplam 90 kuron restorasyonu üretildi. Kullanılan materyalin türüne göre 3 eşit gruba (n = 30) ayrıldı: grup U, rezin nanoseramik (Lava™ Ultimate) kuronlar, grup MZ, monolitik zirkonya (Lava™ Frame) kuronlar ve grup BZ, düşük ısı porseleni ile veneerlenen zirkonya alt yapı kuronlar. Restorasyonlar self adeziv rezin siman (Rely X U100) ile prepare edilen dişler üzerine simante edildi. Kırılma direnci kompresyon testi uygulanarak değerlendirildi.

**Bulgular:** Gruplar arasındaki farkları değerlendirmek için iki yönlü ANOVA analizi, çoklu grup karşılaştırmaları için ise Tukey HSD testi kullanıldı. Yapılan istatistiksel değerlendirmede kırılma dirençleri açısından tüm gruplar arasında anlamlı fark tespit edildi ( $p < .05$ ). İkili karşılaştırmada her bir grup arasında anlamlı fark tespit edildi. ( $p < .05$ ) En yüksek kırılma direnci grup MZ’de, en düşük kırılma direnci grup U’da görüldü.

**Sonuç:** Resin nanoseramik kuron restorasyonları, monolitik ve veneerlenen zirkonya kuronlar normal klinik koşullara dayanabilir ve kırılma dirençleri ortalama çiğneme kuvvetlerinin üzerindedir. Monolitik zirkonya restorasyonlar en yüksek kırılma direncine sahipken, bunu veneerlenen zirkonya restorasyonlar izlemektedir, rezin nanoseramik restorasyonlar ise en düşük kırılma direncine sahiptir.

**Anahtar kelimeler:** Dental rezinler, Dental kuronlar, Zirkonyum

### ABSTRACT

**Objective:** To compare the fracture resistance of resin nanoceramic crown restorations with monolithic zirconia and bilayered zirconia-based crown restorations.

**Materials and Methods:** A total of 90 crowns were fabricated. They were divided into 3 equal groups (n = 30) according to the type of material used: group U, resin nanoceramic (Lava™ Ultimate), group MZ, monolithic zirconia (Lava™ Frame), and group BZ (bilayered zirconia substructure with veneering ceramic). Crowns were cemented on prepared teeth using a self-adhesive resin cement (Rely X U100). Fracture resistance was evaluated using a compression test.

**Results:** Two-way ANOVA analysis was used to evaluate the differences between groups and Tukey HSD test was used for multiple group comparisons. In the statistical evaluation, a significant difference was found between all groups in terms of fracture resistance ( $p < .05$ ). In pairwise comparison, a significant difference was detected between each group ( $p < .05$ ). The highest fracture resistance was seen in group MZ and the lowest fracture resistance was seen in group U.

**Conclusion:** Resin nanoceramic crown restorations, monolithic and veneered zirconia crowns can withstand normal clinical conditions and their fracture resistance is above average masticatory forces. Monolithic zirconia restorations have the highest fracture resistance, followed by veneered zirconia restorations, while resin nanoceramic restorations have the lowest fracture resistance.

**Keywords:** Dental crowns, Dental resins, Zirconia

<sup>1</sup>Dr. Öğr. Üyesi, Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Maltepe, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>Prof. Dr., Özel Klinik, Kadıköy, İstanbul, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar: Ceren Küçük, e-mail: [ceren.kucuk@marmara.edu.tr](mailto:ceren.kucuk@marmara.edu.tr), ORCID: 0000-0002-9044-1912, Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Maltepe, İstanbul, Türkiye.



## Giriş

Tam seramik restorasyonlar, yüksek estetik özellikleri, ideal mekanik nitelikleri ve biyouyumlulukları nedeniyle estetik diş hekimliği alanında büyük öneme sahiptirler.<sup>1</sup> Yttrium ile stabilize edilmiş zirkonyum (Y-TZP) materyali son 20 yılda büyük ölçüde metal altyapıların yerini alarak sabit restorasyonların yapımında kullanılan ideal seramik alt yapı materyali haline gelmiştir.<sup>2</sup> Opak beyaz renge sahip olan zirkonyum esaslı altyapılar, estetik görünüm sağlamak amacıyla uzun yıllar boyunca feldspatik porselenlerle veneerlenerek kullanılmıştır.<sup>3</sup> Klinik çalışmalar, 3 ila 5 yıl takip edilen zirkonya restorasyonlarda, Y-TZP alt yapının sağlam kalmasına rağmen veneer seramik tabakasının değişen derecelerde *chipping* riski gösterdiğini ortaya koymuştur.<sup>4,5</sup> *Chipping*den sorumlu başlıca faktörler; veneer seramiklerinin mekanik özelliklerinin altyapı için kullanılan diğer seramiklere kıyasla düşük olması, çiğneme kuvvetlerinden kaynaklanan yorgunluk ve termal rezidüel streslerdir. Termal rezidüel stresler de büyük ölçüde iki faktöre bağlıdır: üst yapı seramiği ile Y-TZP arasındaki termal genleşme katsayısındaki farklılıklar ve soğutma sırasında veneer tabakası boyunca oluşan sıcaklık değişimi.<sup>6</sup> *Chipping* sorununu aşmak amacıyla farklı yaklaşımlar ve yöntemler önerilmiştir: CAD/CAM ile üretilen veneer gibi alternatif veneerleme tekniklerinin uygulanması, fırınlama prosedürlerinin modifikasyonu ve altyapı tasarımının modifiye edilmesi.<sup>7</sup> Bir diğer alternatif çözüm de veneerlenmemiş zirkonya restorasyonların kullanılmasıdır. CAD/CAM teknolojisindeki ilerlemelerin bir sonucu olarak zirkonyanın translusensisi artmış ve porselen veneer içermeyen tam konturlu, monolitik zirkonya restorasyonlar giderek daha popüler hale gelmiştir.<sup>8</sup> Monolitik zirkonya restorasyonlar CAD/CAM iş akışı sayesinde daha hızlı üretim sağlayarak, ideal marjinal uyumu olan restorasyonlar elde edilmesini sağlarlar. Ayrıca, mükemmel biyouyumluluğa sahiptirler ve artan kalınlık nedeniyle mekanik özellikleri bakımından daha üstün performans gösterirler.<sup>9</sup> Monolitik zirkonya *chipping* problemini ortadan kaldırmak için özellikle posterior bölgede kullanılmaktadır. Sadece 0,5 mm oklüzal kalınlık ile yüksek çiğneme kuvvetlerine dayanabilmesi nedeniyle sınırlı interoklüzal boşluğu olan hastalarda kullanılması önerilmiştir.<sup>10</sup>

Dental restorasyonların yapımında kullanılan rezin-seramik materyallerin sayısı giderek artmaktadır. Bu rezin-seramik materyaller, rezin nanoseramikler (RNC) ve polimer infiltre seramik network materyalleri

olarak sınıflandırılabilirler.<sup>11</sup> Bu materyaller, kolay şekillendirilebilme özellikleri sayesinde, estetik ve diş dokusunu koruyucu restorasyonların üretiminde kullanılmak üzere CAD/CAM teknolojilerine uygun olarak geliştirilmiştir.<sup>12</sup> Rezin nanoseramik materyaller, silika veya zirkonya gibi nano boyutlu seramik dolgu partiküllerinin, polimer matris içinde rastgele dağılımı ile oluşturulan hibrit kompozitlerdir.<sup>13</sup> Rezin nano seramikler ile kuron, inley ve onley restorasyonları üretilebilir. Rezin nanoseramiğin elastik yapısı, ağız içinde kolaylıkla aşındırılmasına ve onarımına izin verir. Porselen kırığı görülen seramik restorasyonların yenilenmesi ile karşılaştırıldığında, ağız içi tamirin daha konservatif ve düşük maliyetli olması nedeniyle tercih edilebilir bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir.<sup>14</sup>

Birden çok tabakalı yapılar olarak üretilen kuron restorasyonları, monolitik restorasyonlardan farklı stres dağılımlarına ve yük taşıma kabiliyetine sahip olabilirler. Bu nedenle bu tip restorasyonlar arasında mekanik davranış ve kırık görülme sıklığı açısından farklılıklar beklenmektedir.<sup>15</sup> Bu çalışmanın amacı, rezin nanoseramik, monolitik zirkonya ve veneerlenen zirkonya alt yapı kuron restorasyonlarının kırılma direncini incelemektir. Çalışmanın hipotezi, monolitik zirkonya, veneerlenmiş zirkonya ve rezin nanoseramik restorasyonların karşılaştırılabilir kırılma direnci değerleri sergileyeceği yönündedir.

## Gereç ve Yöntemler

Bu çalışma, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 02.05.2013 tarihli ve 1 sayılı karar ile etik açıdan onaylanmıştır.

Bu çalışmada periodontal nedenlerle çekilmiş 90 adet intakt, çürüksüz, restore edilmemiş insan mandibuler molar dişi kullanıldı. Çekimden hemen sonra dişler kavitrone cihazı (Lm-Ergo Grip Ultra; Lm Dental, Parainen, Finlandiya) ile temizlendi ve steril %0.1 timol solüsyonu içinde 1 gün boyunca oda sıcaklığında bekletildi. Sonrasında prepare edilene kadar distile suda saklandı. Her bir diş silikon bir kalıp kullanılarak akrilik reçine (Meliodent, Heraeus Kulzer, Berkshire, Birleşik Krallık) içine gömüldü. Paralelometre (Kavo EWL, Typ 990, Kavo Elektrotechnisches Werk GmbH, Leutkirch im Allgau, Almanya) kullanılarak dişlerin uzun ekseninin akrilik rezin bloğun üst yüzeyine dik olarak konumlanması sağlandı. Diş preparasyonları, büyük gritli elmas frezler (Meisinger 880 G, Hager and Meisinger, Neuss, Almanya) kullanılarak yuvarlatılmış bitiş çizgisi mine-sement sınırının 1 mm yukarısında, 1,5 mm aksiyel redüksiyon, 1,5-2 mm oklüzal



redüksiyon, toplam oklüzal konverjans açısı 6°, iç açılar yuvarlatılmış olacak şekilde gerçekleştirildi. Dental döner alet, standart diş preparasyonunu gerçekleştirmek için bir paralelometreye (KaVo EWL Typ 990, KaVo Elektrotechnisches Werk) sabitlendi. Prepare edilen dişlerin ölçüleri C tipi silikon ölçü maddesi (Zhermack Elite HD+, Badia Polesine, İtalya) ile alındı ve ölçülerden elde edilen alçı modeller kuron restorasyonlarının fabrikasyonu için kullanıldı. Toplam 90 numune rastgele 3 gruba ayrıldı. Daha sonra her grup için kuron restorasyonları üretildi:

- Grup MZ: Monolitik Zirkonya Kuronlar (Lava™ Frame, 3M ESPE, ABD) (n=30)
- Grup VZ: Veneerlenmiş zirkonya alt yapılı kuronlar; zirkonya alt yapı (Lava™ Frame, 3M ESPE, ABD) düşük ısı porseleni (Lava™ Ceram, 3M ESPE, ABD) ile veneerlendi (n=30)
- Grup U: Resin nanoseramik kuronlar (Lava™ Ultimate, 3M ESPE, ABD) (n=30)

Üç test grubu için toplam 90 alçı model elde edildi. Kuron restorasyonlarının fabrikasyonu için öncelikle alçı modeller tarandı ve dijital ortama aktarıldı (CEREC inLab; Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Almanya). Tüm kuron restorasyonları için 80 µm'lik<sup>15</sup> bir siman boşluğu bırakıldı. Grup MZ ve Grup U'nun kuronları ve Grup VZ'nin altyapıları CAD/CAM ünitesi (CEREC inLab; Sirona Dental Systems) tarafından tasarlandı ve frezelenildi. Grup VZ'nin zirkonya altyapıları (kalınlık 0,7 mm) buharla temizlendi ve düşük ısı porseleni ile veneerlendi, ardından fırınladı (Programat S1; Ivoclar Vivadent AG). Monolitik restorasyonlara glazür (Ceram

Glaze; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) tabakası uygulandı. Kuron restorasyonları kesilmiş dişlere rezin siman (Rely X U100, 3M ESPE, ABD) ile simante edildi. Simantasyondan sonra, tüm numuneler kompresyon testine kadar 2 gün boyunca oda sıcaklığında distile su içinde saklandı.

Kırılma direncini değerlendirmek için, numuneler evrensel bir test makinesinde (Testometric Micro 500, Testometric Co. Ltd., Lancashire, UK) restorasyonun santral oluşuna yerleştirilen 3,5 mm çapında bir çelik bilye kullanılarak 0,5 mm/dak travers hızında kırılma meydana gelene kadar kompresyon testine tabi tutuldu. Her numune için, kırılmaya kadar olan maksimum yük ölçüldü ve dijital bir ekranda görüntülendi. Sonuçlar bir yazılım paketi (Windows için SPSS 13.0, SPSS Inc., IL, ABD) ile analiz edildi. Gruplar arasındaki farkları değerlendirmek için iki yönlü ANOVA analizi, çoklu grup karşılaştırmaları için ise Tukey HSD testi kullanıldı.

### Bulgular

Yapılan istatistiksel değerlendirmede kırılma dirençleri açısından tüm gruplar arasında anlamlı fark tespit edildi ( $p<.05$ ). Tablo 1'de kırılma testinden elde edilen kırılma kuvvetlerinin ortalama ve standart sapma değerleri ikili karşılaştırma şeklinde gösterilmiştir. İkili karşılaştırmada her bir grup arasında anlamlı fark tespit edildi. ( $p<.05$ ). Elde edilen bulgular kırılma dirençlerinin MZ grubunda ( $4298,21 \pm 935,90$  N) en yüksek olduğunu, bunu VZ grubunun ( $3367,81 \pm 881,6$ ) izlediğini ve U grubunda ( $2695,45 \pm 919,48$  N) en düşük olduğunu göstermiştir ( $p<.05$ ).

**Tablo 1.** Test edilen malzemelerin kırılma direnci değerlerinin (N) ortalama  $\pm$  Standart sapması

| Gruplar | Kırılma Yüğü (N)       |
|---------|------------------------|
| MZ      | $4298,21 \pm 935,90^A$ |
| VZ      | $3367,81 \pm 881,61^B$ |
| U       | $2695,45 \pm 919,48^C$ |

ANOVA, post-hoc Tukey test,  $p<.05$ . Aynı üst simge harfleri  $\alpha = 0,05$ 'te istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını gösterir. Her kolon için büyük harflerle gösterilmiştir.

### Tartışma

Kırılma, restorasyonların yapısal başarısızlığının en önemli nedenlerinden biridir. Bu çalışmada, veneerlenen zirkonya alt yapılı kuron restorasyonlarının kırılma direncinin monolitik zirkonya ve resin nanoseramik kuronların kırılma dirençleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır. İstatistiksel analiz sonuçları kırılma kuvvetinin monolitik zirkonya kuronlar için en yüksek olduğunu, bunu veneerlenen zirkonya alt yapılı kuronların

izlediğini ve rezin nanoseramik kuronlar için en düşük olduğunu göstermiştir ( $p<.05$ ). Bu nedenle, test edilen kuronların kırılma direncinde herhangi bir fark bulunmayacağı yönündeki araştırma hipotezi reddedilmiştir.

Bu çalışmanın bazı limitasyonları vardır. Bir materyali ağızda test etmeden önce, diğer özelliklerinin yanı sıra yorulmaya, aşınmaya, kırılmaya karşı direncini ve antagonist dişler üzerindeki etkisini

belirlemek için klinik öncesi bir testten geçmesi gerekir. Bu nedenle, bir çiğneme simülatörü aracılığıyla ağız koşullarını simüle etmek için bu malzemeye belirli yüklerin uygulanması gereklidir.<sup>16</sup> Çiğneme simülatörü ile termomekanik yükleme yapılan çalışmalarda<sup>3,15</sup> zirkonya ve hibrit seramik materyallerin kırılma direnci değerlerinin düştüğü görülmüştür. Bu çalışmada kuron restorasyonlarına çiğneme simülasyonu uygulanmamıştır.

Bu çalışmanın metodunun güçlü yanı, destek yapı olarak periodontal yıkım sebebiyle çekilmiş çürüksüz alt molar dişlerin kullanılmış olmasıdır. Bir araştırmada, destek yapı olarak kobalt-krom alaşımı, polimer ve doğal diş dokusu kullanılmış, bu altyapılar üzerine uygulanan seramik kuron restorasyonlarının kırılma dirençleri incelenmiştir. Doğal dişlerin kullanımında görece düşük kırılma direnci değerleri elde edilmiştir ve doğal dişlerin destek yapı olarak kullanıldığı çalışmalarda daha gerçekçi sonuçlar elde edileceği bildirilmiştir.<sup>17</sup> Scherrer ve Rijk<sup>18</sup> destek yapının elastik modülündeki artışın restoratif materyalin kırılma direncini artırdığını bildirmiştir. Ancak, destek yapı olarak yüksek rijitlikte materyallerin tercih edilmesi, elde edilen sonuçların klinik gerçekliği yansıtmaması azaltabilir.

Klinik ortamda dental restorasyonlar genellikle 60–250 N arasındaki çiğneme kuvvetlerine maruz kalırken, ani ve kısa süreli yüklenmelerde bu değerler 500–800 N'ye kadar çıkabilmektedir. Dişin bulunduğu anatomik bölgeye göre de kuvvet değerleri değişiklik göstermektedir; molar bölgede 400–890 N, premolar bölgede 22–445 N, kaninlerde 133–334 N ve kesici dişlerde 89–111 N arasında ölçülen kuvvetler bildirilmiştir.<sup>19,20</sup> Bu çalışmada test edilen restorasyon materyallerinin ortalama kırılma dirençleri; monolitik zirkonya için 4298 N, rezin nano seramik için 2696 N ve feldspatik porselenle veneerlenen zirkonya restorasyonlar için 3368 N olarak kaydedilmiştir. Bu değerler, her üç materyalin de fizyolojik çiğneme kuvvetlerine karşı yeterli mekanik dayanıklılığa sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Magne ve ark.<sup>21</sup> rezin nano seramikten üretilmiş kuron ve onley restorasyonlarının kırılma dirençlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, kuron restorasyonları için ortalama 2794 N, onley restorasyonları için ise 2606 N kırılma direnci elde etmişlerdir. Bu çalışmada ise rezin nano seramik kuronların ortalama kırılma direnci 2695,53 N olarak ölçülmüş olup, elde edilen veriler Magne ve ark.<sup>21</sup>'nin bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Benzer şekilde Zierden ve ark.<sup>22</sup> resin nanoseramik kuronların kırılma direncini termomekanik yükleme yapılmayan örneklerde ortalama 2.529.54 N olarak bildirmişlerdir, Bildirilen değerler bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla uyumludur.

Choi ve ark.<sup>23</sup> farklı tekniklerle veneerlenen zirkonya alt yapı kuronların kırılma direncini değerlendirdikleri çalışmada titanyum modeller üzerinde CAD/CAM sistemi ile zirkonya alt yapılar üretmişlerdir. Alt yapılar 3 gruba ayrılarak, tabakalama, presleme ve sinterleme tekniği ile hazırlanan üst yapılar ile veneerlenmiştir. Kırılma dayanımı, tabakalama tekniği uygulanan örneklerde ortalama 4263,8 N olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada ise aynı teknikle veneerlenen numunelerde ortalama kırılma dayanıklılığı 3367,88 N olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu değer, Choi ve ark.<sup>23</sup> 'nın bildirdiği değerlerden düşük olması, söz konusu çalışmada destek materyali olarak elastik modülü 200 GPa olan titanyum alaşımı kullanılması ile açıklanabilir. Araştırmacılar, elastik modülü 12 GPa olan doğal diş yapısının kullanılması durumunda kuronların kırılma dayanımının daha düşük olabileceğini ifade etmişlerdir.

Zhang ve ark.<sup>24</sup> monolitik zirkonyanın kırılma direncinin veneerlenmiş zirkonya, lityum disilikat ve metal-seramik restorasyonlardan daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Birçok çalışmada<sup>25-27</sup> monolitik zirkonyanın veneerlenmiş zirkonyadan daha yüksek kırılma direncine sahip olduğunu bildirmiştir. Buna karşın Preis ve ark.<sup>28</sup> 'ın çalışmasında monolitik ve veneerlenmiş zirkonyanın kırılma dayanımı benzer bulunmuştur. Bu çalışmada monolitik zirkonya kuron restorasyonlarının kırılma direnci, veneerlenmiş zirkonya restorasyonlardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.

Bu çalışmanın sınırlılıkları arasında in vitro tasarım yer almaktadır. Laboratuvar test düzenekleri, lateral kuvvetler, ağız boşluğundaki sıcaklık değişimi, periodonsiyumun hareketi ve dentinden gelen nem gibi gerçek klinik koşulları taklit edemezler.<sup>29</sup> Bu sebeple in vitro veriler klinik çalışmalarla desteklenmelidir.

## Sonuç

Bu in vitro çalışmada elde edilen bulgulara dayanarak aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

1. Monolitik zirkonya kuronların kırılma direnci, veneerlenen zirkonya kuronlardan ve rezin nanoseramik kuronlardan istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksektir.

2. Rezin nanoseraamik karonlar istatistiksel olarak anlamlı derecede en düşük kırılma direncini göstermiştir.

3. Rezin nanoseraamik karon restorasyonları, monolitik ve veneerlenen zirkonya karonlar normal klinik koşullara dayanabilir ve kırılma dirençleri ortalama çiğneme kuvvetlerinin üzerindedir.

#### **Etik Kurul Onayı**

Bu çalışma için gerekli etik onayı Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu tarafından verilmiştir (2013-1).

#### **Finansal Kaynak**

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

#### **Çıkar Çatışması**

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların çıkar çatışması olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

#### **Yazar Katkısı**

Fikir: A.S. Tasarım: A.S. Denetleme: A.S. Kaynaklar: A.S. Malzemeler: C.K. Veri Toplama: C.K. Analiz: A.S., C.K. Literatür: C.K. Yazı: C.K. Eleştirel İnceleme: A.S.

## Kaynakça

- Pjetursson BE, Sailer I, Zwahlen M, Hammerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part I: Single crowns. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18 Suppl 3:73-85.
- Raigrodski AJ, Hillstead MB, Meng GK, Chung KH. Survival and complications of zirconia-based fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2012;107:170-7.
- Sarikaya I, Hayran Y. Effects of dynamic aging on the wear and fracture strength of monolithic zirconia restorations. *BMC Oral Health.* 2018;18:146.
- Sailer I, Feher A, Filser F, Gauckler LJ, Luthy H, Hammerle CH. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont.* 2007;20:383-8.
- Koenig V, Vanheusden AJ, Le Goff SO, Mainjot AK. Clinical risk factors related to failures with zirconia-based restorations: an up to 9-year retrospective study. *J Dent.* 2013;41:1164-74.
- Baldassarri M, Stappert CF, Wolff MS, Thompson VP, Zhang Y. Residual stresses in porcelain-veneered zirconia prostheses. *Dent Mater.* 2012;28:873-9.
- Stawarczyk B, Keul C, Eichberger M, Figge D, Edelhoff D, Lumkemann N. Three generations of zirconia: From veneered to monolithic. Part I. *Quintessence Int.* 2017;48:369-80.
- Zhang Y, Lawn BR. Novel Zirconia Materials in Dentistry. *J Dent Res.* 2018;97:140-7.
- Tajti P, Solyom E, Czumbel LM et al. Monolithic zirconia as a valid alternative to metal-ceramic for implant-supported single crowns in the posterior region: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Prosthet Dent.* 2024;132:881-9.
- Leitao C, Fernandes GVO, Azevedo LPP, Araujo FM, Donato H, Correia ARM. Clinical performance of monolithic CAD/CAM tooth-supported zirconia restorations: systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont Res.* 2022;66:374-84.
- Mainjot AK, Dupont NM, Oudkerk JC, Dewael TY, Sadoun MJ. From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites. *J Dent Res.* 2016;95:487-95.
- Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2015;114:587-93.
- Laborie M, Naveau A, Menard A. CAD-CAM resin-ceramic material wear: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 2024;131:812-8.
- Hassan A, Hamdi K, Ali AI, Al-Zordk W, Mahmoud SH. Clinical performance comparison between lithium disilicate and hybrid resin nano-ceramic CAD/CAM onlay restorations: a two-year randomized clinical split-mouth study. *Odontology.* 2024;112:601-15.
- Hamza TA, Sherif RM. Fracture Resistance of Monolithic Glass-Ceramics Versus Bilayered Zirconia-Based Restorations. *J Prosthodont.* 2019;28:e259-e64.
- Heintze SD, Cavalleri A, Forjanic M, Zellweger G, Rousson V. Wear of ceramic and antagonist--a systematic evaluation of influencing factors in vitro. *Dent Mater.* 2008;24:433-49.
- Rosentritt M, Plein T, Kolbeck C, Behr M, Handel G. In vitro fracture force and marginal adaptation of ceramic crowns fixed on natural and artificial teeth. *Int J Prosthodont.* 2000;13:387-91.
- Scherrer SS, de Rijk WG. The fracture resistance of all-ceramic crowns on supporting structures with different elastic moduli. *Int J Prosthodont.* 1993;6:462-7.
- Wiskott HW, Nicholls JJ, Belser UC. Stress fatigue: basic principles and prosthodontic implications. *Int J Prosthodont.* 1995;8:105-16.
- Attia A, Abdelaziz KM, Freitag S, Kern M. Fracture load of composite resin and feldspathic all-ceramic CAD/CAM crowns. *J Prosthet Dent.* 2006;95:117-23.
- Magne P, Carvalho AO, Bruzi G, Anderson RE, Maia HP, Giannini M. Influence of no-ferrule and no-post buildup design on the fatigue resistance of endodontically treated molars restored with resin nanoceramic CAD/CAM crowns. *Oper Dent.* 2014;39:595-602.
- Zierden K, Acar J, Rehmann P, Wostmann B. Wear and Fracture Strength of New Ceramic Resins for Chairside Milling. *Int J Prosthodont.* 2018;31:74-6.
- Choi YS, Kim SH, Lee JB, Han JS, Yeo IS. In vitro evaluation of fracture strength of zirconia restoration veneered with various ceramic materials. *J Adv Prosthodont.* 2012;4:162-9.
- Zhang Y, Mai Z, Barani A, Bush M, Lawn B. Fracture-resistant monolithic dental crowns. *Dent Mater.* 2016;32:442-9.
- Beuer F, Stimmelmayer M, Gueth JF, Edelhoff D, Naumann M. In vitro performance of full-contour zirconia single crowns. *Dent Mater.* 2012;28:449-56.
- Lameira DP, Buarque e Silva WA, Andrade e Silva F, De Souza GM. Fracture Strength of Aged Monolithic and Bilayer Zirconia-Based Crowns. *Biomed Res Int.* 2015;2015:418641.

27. Ezzat Y, Sharka R, Rayyan M, Al-Rafee M. Fracture Resistance of Monolithic High-Translucency Crowns Versus Porcelain-Veneered Zirconia Crowns After Artificial Aging: An In Vitro Study. *Cureus*. 2021;13:e20640.
28. Preis V, Behr M, Hahnel S, Handel G, Rosentritt M. In vitro failure and fracture resistance of veneered and full-contour zirconia restorations. *J Dent*. 2012;40:921-8.
29. Kelly JR. Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *J Prosthet Dent*. 1999;81:652-61.







# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>

DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i2005



## Digital Workflow in the Anterior Tooth Rehabilitation with Resin-Bonded Fixed Partial Dentures

## Dijital İş Akışıyla Anterior Diş Eksikliklerinin Rezin Bağlı Sabit Bölümlü Protezler ile Rehabilitasyonu

Bensu Çalışkan Çelik<sup>1\*</sup>, Beril Bayraktar<sup>2</sup>, Gökhan Akgüngör<sup>3</sup>

### Özet

**Introduction:** Resin-bonded fixed partial dentures (RBFDPs) are a minimally invasive, aesthetic, and cost-effective treatment option for anterior tooth deficiencies. The use of a fully digital workflow in these restorations enhances comfort for both the patient and the clinician.

**Case Report:** In this case report, a glass ceramic RBFDP was fabricated using a computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD-CAM) system for a young patient with congenital tooth agenesis who had undergone orthodontic treatment. The RBFDP was intended for use until implant treatment could be performed. The restoration was cemented using adhesive resin cement.

**Conclusion:** After a one-year clinical follow-up of the lithium disilicate RBFDP restoration in a young patient with congenital tooth agenesis, successful outcomes were achieved.

**Keywords:** Adhesive cementation, CAD-CAM, Lithium disilicate, Resin-bonded fixed partial dentures.

### Abstract

**Giriş:** Rezin bağlı sabit bölümlü protezler (RBSBP) anterior bölgedeki diş eksikliklerinde minimal invaziv, estetik ve ekonomik bir tedavi seçeneğidir. Bu restorasyonlarda tümüyle dijital iş akışının kullanımı hem hasta hem hekim konforunu arttırmaktadır.

**Olgu Sunumu:** Bu olgu sunumunda konjenital diş eksikliği olan ve ortodontik tedavi görmüş olan genç hastaya, implant tedavisi gerçekleşene kadar geçen sürede kullanılmak üzere bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD-CAM) sistemi kullanılarak cam seramik RBSBP üretilmiş ve adeziv rezin siman kullanılarak simante edilmiştir.

**Sonuç:** Konjenital diş eksikliği olan genç hastanın lityum disilikat RBSBP restorasyonu ile rehabilitasyonu sonrası 1 yıllık klinik takibinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Adeziv simantasyon, CAD-CAM, Lityum disilikat, Rezin bağlı sabit protez.

<sup>1</sup>PhD Student, Institute of Graduate Studies in Health Sciences, Istanbul University, Istanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Asst. Prof., Department of Prosthodontics, Istanbul Atlas University, Istanbul, Türkiye

<sup>3</sup>Prof. Dr., Department of Prosthodontics, Istanbul University, Istanbul, Türkiye

**Corresponding Author:** Bensu Çalışkan Çelik, e-mail: [bensucaliskan@hotmail.com](mailto:bensucaliskan@hotmail.com), ORCID: 0000-0003-1191-955X, Istanbul University, Institute of Graduate Studies in Health Sciences, Vezneciler, Istanbul, Türkiye.

## Introduction

Various treatment options, including implant-supported prostheses, conventional fixed partial dentures and resin-bonded fixed partial dentures (RBFPD) are available for the rehabilitation of anterior tooth loss. Implant treatment may not be applicable to every patient.<sup>1-3</sup> In cases of hard and soft tissue deficiency in the edentulous area, patients may prefer tooth-supported prostheses due to surgical procedures, increased treatment costs, and fear of surgery. Additionally, if the patient is under 18 years old, implant placement should be postponed until adulthood due to the potential complications of implant infra-position.<sup>1,4-6</sup> Among tooth-supported restorations, fixed partial dentures are the most invasive option, as it has been reported that 63% to 72% of the total healthy tooth structure must be removed during crown preparations.<sup>7,8</sup> Furthermore, there is a risk of complications such as pulpal damage to the abutment tooth.<sup>9</sup>

RBFPDs are conservative restorations that do not irritate the pulp, requiring minimal preparation of abutment teeth and terminating the preparation margin at the enamel surface. Additionally, gingival and periodontal complications are less common due to the supragingival design of the restoration. The preference for this method is influenced by its short clinical and laboratory process, low cost, and ease of treatment application.<sup>10-12</sup> The indications for the clinical use of RBFPDs include vital and caries-free teeth and deficiencies of maxillary lateral, mandibular central or lateral incisors. They can be used as permanent or temporary prostheses in implant and fixed partial denture planning.<sup>13,14</sup> This method requires the treated tooth to have minimal or no occlusal interference. Shallow incisal guidance should be preferred to avoid vertical overlap. In the early years of application, bonding problems between the cement and RBFPD were observed. However, with the advancement of surface modification techniques and modern adhesive systems, these issues have been mostly resolved, and treatment success rates have increased.<sup>15</sup>

Metal-supported ceramic restorations have been used for many years in the fabrication of RBFPDs.<sup>6</sup> However, due to the disadvantages such as the bonding problem between dental tissues and metal alloys, esthetic problems and the risk of corrosion and allergy of metal alloys, fiber-reinforced composites,

ceramics containing high glass particles (lithium disilicate, glass-infiltrated zirconia/alumina) or high-strength ceramics (zirconium oxide, aluminum oxide) are currently used as substructure materials or monolithic.<sup>16-20</sup> With the development of new dental materials and computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD-CAM) technology, RBFPDs can be fabricated using glass-infiltrated alumina ceramics, lithium disilicate glass ceramics or zirconia.<sup>21,22</sup> In recent years, the use of glass ceramics has increased in modern adhesive dentistry due to their high biocompatibility and strong bonding properties.<sup>23-26</sup>

By scanning and designing CAD-CAM-fabricated restorations directly in the mouth, expansion in plaster models, contamination from impression materials, inaccuracies in traditional impressions, and casting-related manufacturing errors can be prevented.<sup>25</sup>

This case report details the fabrication process of a double retainer RBFPD using CAD-CAM technology for a young patient with congenital lateral tooth agenesis, aiming to fulfill the patient's temporary fixed prosthesis needs. The purpose of this study is to evaluate the clinical effectiveness of CAD-CAM-based digital workflow, its impact on patient comfort, and the short-term success of the restoration.

## Case Report

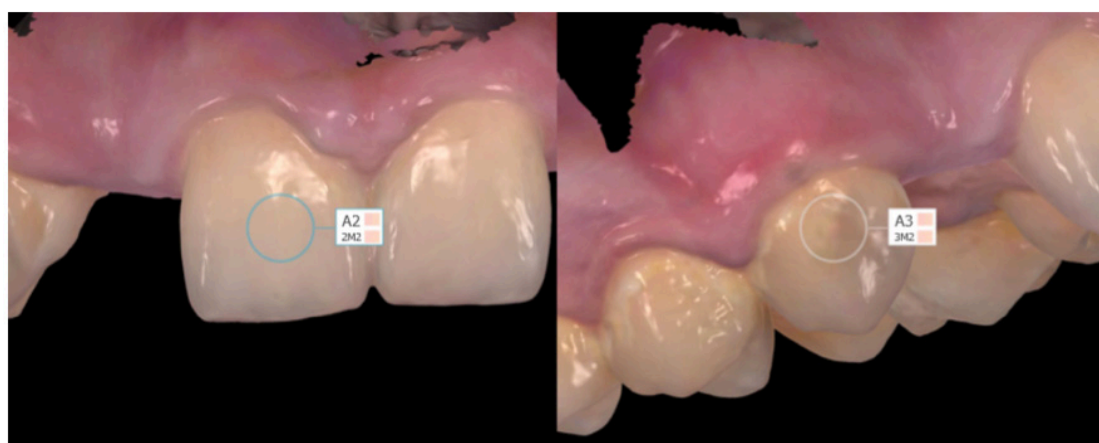
A 16-year-old female patient with congenital bilateral lateral teeth agenesis who had undergone orthodontic treatment presented to the Istanbul University Faculty of Dentistry. Clinical and radiographic evaluations were performed at the Department of Prosthodontics. Following consultations with the Departments of Orthodontics and Oral, Dental, and Maxillofacial Surgery, it was decided to delay implant surgery until the patient turned 21. A retention appliance was prepared to act as a space maintainer after orthodontic treatment. (Fig 1) Since the patient wished to use a fixed prosthesis during this period, her dental deficiencies were evaluated in terms of RBFPDs. The patient's long-term implant treatment plan, age, esthetic expectations, occlusion, vertical and horizontal overlap were assessed. It was decided to apply a double retainer RBFPD fabricated using lithium disilicate material through an indirect method.



**Figure 1:** a. Intraoral view of the patient before treatment. b. Occlusal view of the maxillary arch. c. The orthodontic retainer

Following the removal of the space maintainer previously made for the central incisors, minimal invasive tooth preparation was performed on the palatal surfaces of the central and canine teeth at the enamel level. After the preparation, digital impressions were taken using TRIOS 4 Move+ (3Shape, Copenhagen, Denmark) and the abutment teeth were identified. Shade selection was also performed digitally with TRIOS 4 Move+. (Fig 2)

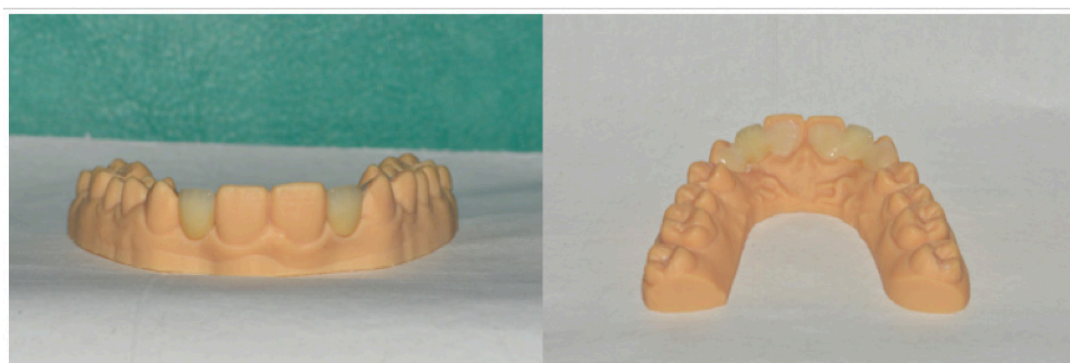
The shade for the canine teeth was determined as 3M2, while that for the central teeth was 2M2. Since the shade of the canine teeth was darker, the central teeth shade was used as the reference. The data were sent to the laboratory, where the three-dimensional printed resin models and IPS E-max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) RBFPD were produced. (Fig 3)



**Figure 2:** Shade selection with TRIOS 4 MOVE+.

After trial fitting, the cementation process was carried out. Initially, the inner surfaces of the palatal retainers were etched with 9% hydrofluoric acid for 20 seconds, rinsed, and dried. Subsequently, silane was applied and left for 60 seconds. The enamel was etched with 37% orthophosphoric acid for 15

seconds, rinsed, and dried. Bonding was applied and light-cured. A dual-cure resin cement (Nova Resin, Imicryl, Turkey) was used as the cement. After 5 seconds of initial light-curing, cement residues were cleaned. The restoration was then light-cured for 20 seconds from the palatal and incisal sides.

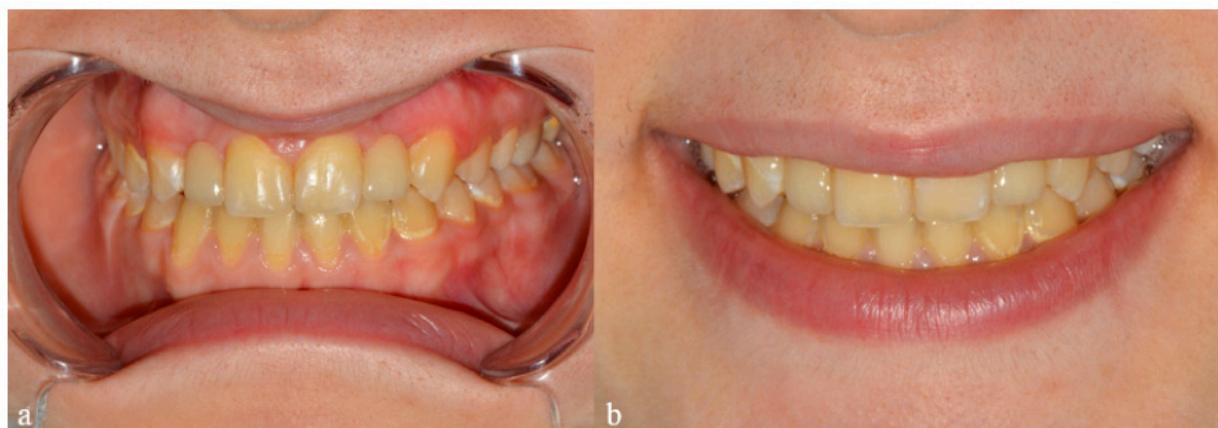


**Figure 3:** View of the restorations on the resin model.



After cementation, occlusion was checked using articulating paper, and premature contacts were

adjusted with a diamond bur. (Figure 4)



**Figure 4:** a. Intraoral view after cementation. b. Final appearance of the restoration.

### Discussion

This case report presents the indirect restoration of dental deficiencies using all-ceramic lithium disilicate RBFDP, considering the patient's age, esthetic expectations, and economic circumstances. IPS e.max CAD lithium disilicate (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) is the most commonly used glass-ceramic in dentistry. Compared to alternative materials like metal-ceramic, zirconia and fiber-reinforced composite, it offers superior properties.<sup>13</sup> Due to its translucency, it can mimic the natural appearance of teeth. Its high biocompatibility and the strong bonding to the tooth structures, making it a favorable choice.<sup>5</sup> The most common complication in RBFDPs is debonding. Metal-ceramic has the highest rate of debonding, followed by fiber-reinforced composite, zirconia and glass-ceramic respectively. In our case, lithium disilicate based glass-ceramic exhibited the best performance in these aspects. In lithium disilicate RBFDPs, the problem of debonding caused by the failure of the connection between the tooth and zirconia can be prevented.<sup>11</sup> Another common complication of RBFDPs is fractures.<sup>8</sup> Gresnigt et al.<sup>22</sup> reported that there was no statistically significant difference between the fracture strength values of lithium disilicate and metal RBFDPs. Additionally, lithium disilicate RBFDPs demonstrated comparable fracture resistance to zirconia RBFDPs.

A five-year clinical follow-up study in the literature reported survival rates of 91.3% for metal-ceramic and 95.3% for glass-ceramic RBFDPs. These findings indicate that glass-ceramic RBFDPs are a more successful alternative compared to metal-ceramic RBFDPs.<sup>6</sup> A systematic review of 23 articles

published between 2000 and 2020 analyzed the five-year survival rates of RBFDPs fabricated from various materials. Fiber-reinforced composite RBFDPs had a survival rate of 81.7%, metal-ceramic 86.2%, zirconia 87.9%, while glass-ceramics demonstrated a 100% success rate.<sup>23</sup> Based on these findings, lithium disilicate RBFDPs can be considered a viable treatment option, both as a temporary and permanent solution, even in long-term follow-ups. Zhang et al.<sup>5</sup> attribute the superior fracture and flexural strength of lithium disilicate compared to other materials to its elastic modulus, which closely resembles that of enamel. Long-term data reveal that glass-ceramic cantilever RBFDPs show a decline in success after six years, necessitating continued monitoring. However, zirconia and glass-infiltrated alumina cantilever RBFDPs have demonstrated excellent durability with survival rates extending up to 10 and 15 years. These findings reinforce the clinical applicability of cantilevered RBFDPs and support their viability as a long-term treatment option for anterior tooth replacement.<sup>26</sup>

RBFDPs can be designed with single or double retainers. Studies in the literature have examined both designs.<sup>1,5,10,15,23,24</sup> Since RBFDPs rely solely on support from the palatal surfaces of abutment teeth, achieving adequate retention is crucial. This is explained by the bond strength of materials to enamel surfaces and is also associated with the clinical crown length. In cases with short clinical crown lengths, the reduced surface area negatively impacts retention when single-retainer designs are used.<sup>14</sup> In this case, double-retainer RBFDPs were preferred to achieve adequate retention and extend the survival. Furthermore, some studies have indicated that

manufacturers do not recommend fabricating single-retainer RBFPDs from lithium disilicate material.<sup>2,22</sup> Some studies found that the five-year survival rate of double-retainer RBFPDs was 89.3%.<sup>6,9</sup> Double-retainer RBFPDs are also known for their space-maintaining capability.<sup>3,12</sup> In this case, interdisciplinary consultations involving the Departments of Orthodontics and Oral, Dental, and Maxillofacial Surgery concluded that a double retainer RBFPD represented the most clinically appropriate approach for preserving the edentulous space in anticipation of future implant placement.

Studies evaluating patient satisfaction reported no statistically significant difference between single-retainer and double-retainer RBFPDs.<sup>23</sup>

The survival rate of RBFPDs is significantly influenced by the absence of long edentulous spans, deep overbites, and bruxism.<sup>10</sup> This case was evaluated in light of these factors and no risks were identified.

A digital workflow minimizes errors caused by impression materials, accelerates the production process and enhances patient comfort.<sup>1,25</sup> For this reason, in this case, production was done using digital impression technique and CAD-CAM. Additionally, shade selection was performed using an intraoral digital scanner, minimizing errors in highly esthetic anterior restorations and achieving a natural appearance.

After one year of clinical follow-up, no complications such as debonding, fracture, or discoloration were observed in the lithium disilicate RBFPDs. No caries or sensitivity was detected in the abutment teeth. According to the literature, RBFPDs have sufficient mechanical strength for the rehabilitation of short anterior edentulous spans, but further studies are needed to evaluate their survival in posterior regions and long-span edentulous areas.

## Conclusion

Within the conditions and limitations of this case report, it was concluded that lithium disilicate RBFPDs can be used as an alternative to implant-supported prosthesis in congenital or traumatic lateral tooth deficiencies due to their high translucency, bonding strength to enamel, elastic modulus close to enamel and therefore good fracture and flexural strength values. Although the one-year follow-up demonstrated successful clinical outcomes, further long-term studies are necessary to comprehensively evaluate the durability and longevity of this treatment approach.

## Acknowledgements

None.

## Ethical Approval

Ethical approval is not necessary. An informed consent form is available.

## Conflict of Interest

None of the authors of this article has any relationship, connection or financial interest in the subject matter or material discussed in the article.

## Sources of Funding

During this study, no material and/or moral support was received from any pharmaceutical company directly related to the research topic, any company that supplies and/or manufactures medical devices, equipment and materials, or any commercial company that could negatively affect the decision to be made regarding the study during the study evaluation process.

## Authorship Contributions

Idea/Concept: B.Ç.Ç Design: B.Ç.Ç Control/Supervision: B.Ç.Ç, B.B Literature Review: B.Ç.Ç, B.B Data Collection and/or Processing: B.Ç.Ç Analysis and/or Interpretation: B.Ç.Ç, G.A Writing the Article: B.Ç.Ç Critical Review: B.Ç.Ç, G.A

## References

- Tezulas E, Yildiz C, Evren B, Ozkan Y. Clinical procedures, designs, and survival rates of all-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses in the anterior region: A systematic review. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30(4):307-18.
- Sun Q, Chen L, Tian L, Xu B. Single-tooth replacement in the anterior arch by means of a cantilevered IPS e.max Press veneer-retained fixed partial denture: case series of 35 patients. *Int J Prosthodont*. 2013;26(2):181-7.
- Paduano S, Laino A, Michelotti A, Viglione G. Uso del Maryland Bridge come mantentore di spazio: considerazioni su un caso clinico [Use of the Maryland Bridge for space maintenance: discussion of a clinical case]. *Arch Stomatol (Napoli)*. 1988;29(6):1317-26.
- Zitzmann NU, Arnold D, Ball J, Brusco D, Triaca A, Verna C. Treatment strategies for infraoccluded dental implants. *J Prosthet Dent*. 2015;113:169-74.
- Zhang X, Li T, Wang X, Yang L, Wu J. Glass-ceramic resin-bonded fixed partial dentures for replacing a single premolar tooth: A prospective investigation with a 4-year follow-up. *J Prosthet Dent*. 2020;124(1):53-9.
- Zitzmann NU, Büren AV, Glenz F, Rohr N, Joda T, Zaugg LK. Clinical outcome of metal- and all-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses. *J Prosthodont Res*. 2021;65(2):243-8.
- Edelhoff D, Sorensen JA. Tooth structure removal associated with various preparation designs for anterior teeth. *J Prosthet Dent*. 2002;87:503-9.
- Mourshed B, Samran A, Alfagih A, Samran A, Abdulrab S, Kern M. Anterior Cantilever Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses: A Review of the Literature. *J Prosthodont*. 2018;27:266-75.
- Yoshida T, Kurosaki Y, Mine A, Kimura-Omo A, Mino T, Osaka S, et al. Fifteen-year survival of resin-bonded vs full-coverage fixed dental prostheses. *J Prosthodont Res*. 2019;63:374-82.
- Durkan R, Deste G, Özkır SE. Adeziv Maryland köprü restorasyonunda Y-TZP tam kontür zirkonya seramik sisteminin kullanılması: Klinik vaka raporu. *A.Ü. Diş Hek. Fak. Derg*. 2017;44(2):123-8.
- Thoma DS, Sailer I, Ioannidis A, Zwahlen M, Makarov N, Pjetursson BE. A systematic review of the survival and complication rates of resin-bonded fixed dental prostheses after a mean observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res*. 2017;28(11):1421-32.
- Thakur A, Dwivedi S, GV Babu. Maryland bridge in a 4 year old patient: A case report. *J Adv Med Dent Scie Res*. 2022;10(3):53-5.
- Leos MFS, Flores LEC, Cruz N, Palencia PG. Materials used in rehabilitation of anterior teeth with Maryland adhesive bridge. *IJADS*. 2023;9(4):154-8.
- Stylianou A, Liu PR, O'Neal SJ, Essig ME. Restoring Congenitally Missing Maxillary Lateral Incisors Using Zirconia-Based Resin Bonded Prostheses. *J Esthet Restor Dent*. 2016;28(1):8-17.
- Lally U. Resin-bonded fixed partial dentures past and present--an overview. *J Ir Dent Assoc*. 2012;58(6):294-300.
- Augusti D, Augusti G, Borgonovo A, Amato M, Re D. Inlay-retained fixed dental prosthesis: a clinical option using monolithic zirconia. *Case Rep Dent*. 2014;2014:629786.
- Moslehifard E, Farid F. Single Tooth Replacement Using InCeram Resin Bonded Fixed Partial Denture: A Clinical Report. *J Dent (Tehran)*. 2014;11(1):106-10.
- Edelhoff D, Spiekermann H, Yildirim M. Metal-free inlay-retained fixed partial dentures. *Quintessence Int*. 2001;32(4):269-81.
- Rosentiel SF, Land MF, Fujimoto J. Fiber reinforced composite fixed prostheses. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. 4th ed. St.Louis, Miss: Elsevier Mosby; 2006. p.830-40.
- Bahadırılı G, Ayyıldız S, Turp V, Şen D. Anterior Diş Eksikliklerinde Fiberle Güçlendirilmiş Adeziv Köprü Uygulamaları: Üç olgu sunumu. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*. 2013;7(1):1419-26.
- Kihara T, Shigeta Y, Ikawa T, Sasaki K, Shigemoto S, Ogawa T. Designing anterior cantilever resin-bonded fixed dental prostheses based on finite element analysis. *J Prosthodont Res*. 2023;67(3):418-23.
- Gresnigt MMM, Tirlet G, Bošnjak M, van der Made S, Attal JP. Fracture strength of lithium disilicate cantilever resin bonded fixed dental prosthesis. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2020;103:103615.
- Mendes JM, Bentata ALG, de Sá J, Silva AS. Survival Rates of Anterior-Region Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses: An Integrative Review. *Eur J Dent*. 2021;15(4):788-97.
- Habibzadeh S, Khamisi F, Mosaddad SA, Fernandes GVO, Heboyan A. Full-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses: A systematic review. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2024;22:22808000241250118.
- Jurado CA, Tsujimoto A, Watanabe H, et al. Chair-side CAD/CAM fabrication of a single-retainer resin bonded fixed dental prosthesis: a case report. *Restor Dent Endod*. 2020;45(2):e15.



26. Alqutaibi AY, Alghauli MA, Almuzaini SA, Alharbi AF, Alsani AA, Mubarak AM, et al. Failure and complication rates of different materials, designs, and bonding techniques of ceramic cantilever resin-bonded fixed dental prostheses for restoring missing anterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Esthetic Restor Dent.* 2024;36(10):1396-411.





# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v01i2006



## Endodontik Tedavide Kalsiyum Silikat Esaslı Materyal Kullanımı: Vaka Serisi

## Usage of Calcium Silicate-Based Materials In Endodontic Treatment: Case Series

Elif Yıldız<sup>1\*</sup>, Emre Bodrumlu<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Yüksek biyoaktivite ve biyoyumluluğa sahip biyoseramik materyaller diş hekimliğinde, özellikle de kök ucu dolumu, kök kanal tedavisi, apeksifikasyon, endodontik tedavi, perforasyon onarımı ve kök defekti onarımı dahil olmak üzere çeşitli klinik endodontik vakalarda kullanılmaktadır. Kalsiyum silikat esaslı materyallerden olan Mineral trioxide aggregate (MTA) endodontide en yaygın kullanılan biyoseramik esaslı materyaldir. Bu vaka serisinde; iatrojenik perforasyonlar, internal ve eksternal rezorpsiyon, açık apeksler gibi konvansiyonel kök kanal dolgu materyalinin kullanılmadığı durumlarda MTA'nın kök kanal dolgu materyali ve kök ucu dolgu materyali olarak kullanımı ve MTA'nın iyileşme sürecine etkisi anlatılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Endodontik tedavi, Kalsiyum silikat, Olgu raporu, Perforasyon, Rezorpsiyon

### ÖZET

Bioceramic materials with high bioactivity and biocompatibility are used in dentistry, especially in various clinical endodontic cases, including root end filling, root canal treatment, apexification, endodontic treatment, perforation repair and root defect repair. Mineral trioxide aggregate (MTA), a calcium-silicate based material, is the most frequently used bioceramic material in endodontics. This case series describes the use of MTA as a root canal filling material and root apex filling material in cases where conventional root canal filling material cannot be used for iatrogenic perforations, internal and external resorption, open apices, and MTA's effect on the healing process.

**Keywords:** Calcium silicate, Case report, Endodontic treatment, Perforation, Resorption

<sup>1</sup>Araş. Gör. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

<sup>2</sup>Prof. Dr. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: Elif Yıldız, e-posta: [elif.yldz.99@gmail.com](mailto:elif.yldz.99@gmail.com) ORCID: 0009-0004-2837-4503,

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye.

Bu vaka serisi 19.05.2024 tarihinde Antalya'da düzenlenen 10. Bilimsel Endodonti Sempozyumunda Poster Bildirisi olarak sunulmuştur.

## Giriş

Mineral trioxide aggregate (MTA), son zamanlarda diş hekimliğinin birçok alanında etki gösteren bir materyal olma özelliğini taşımaktadır. MTA'nın temel yapısı, nemin etkisi altında katılan trioksitlerden (trikalsiyum oksit, bizmut oksit, silikat oksit) ve diğer hidrofilik parçacıklardan (trikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat) oluşur. İlk olarak 1993 yılında Torabinejad<sup>1</sup> tarafından kök kanallarını tıkamak için geliştirilen MTA, günümüzde; kök ucu dolum için geliştirilen, apikal konstrüksiyonu olmayan dişlerin tedavisi, pulpa kaplaması, pulpotomi, perforasyon onarımı, iç ve dış kök rezorpsiyonlarının tedavisi gibi bazı klinik durumlar için de başarılı olarak kullanılmaktadır.<sup>2</sup> MTA, başarılı tıkama özelliği, biyouyumluluğu, fibroblastik aktivasyon ve antimikrobiyal özelliği ile perforasyon onarım materyalleri arasında uygun bir örnek olarak öne sürülmüştür. Pulpa kuafajında, kök ve furkasyon perforasyonlarında, apikal konstrüksiyonu olmayan dişlerde apikal tıkaç oluşturmak, kök kanal dolum maddesi olarak ve beyazlatma tedavisinde bariyer materyali olarak kullanılmaktadır.

Rezorpsiyon, osteoklastların veya sementoklast hücrelerinin etkisiyle dentin, sement ve kemiğin kaybıyla karakterize edilen klinik bir süreçtir.<sup>3</sup> Kullanılan tedavi önlemleri de rezorpsiyonun tipine göre farklılık gösterir.<sup>4</sup> Kök kanalında bakteriyel enfeksiyon sonucu oluşan nekrotik doku ve rezorpsiyonların tedavisinde rutin kanal tedavisi yeterli olup, kanalın biyouyumlu bir materyal ile doldurulması tedavi seçenekleri arasındadır. Bunun için genellikle MTA tercih edilmektedir. İnternal rezorpsiyonlarda (IR), defektin uygun bir materyalle onarılması önemlidir, IR vakalarında kök kanal boşluğunun tamamen doldurulmasına önem verilmektedir.<sup>5</sup>

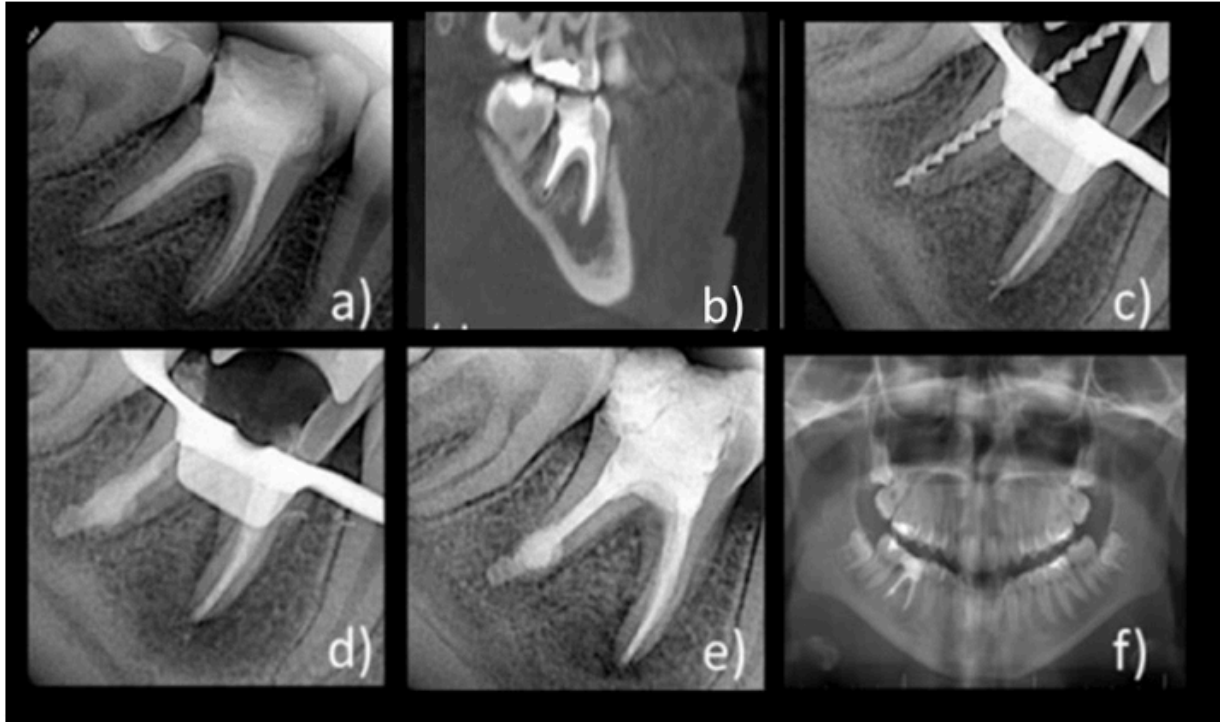
Travma, kök gelişim safhası veya pulpal patolojiler nedeni ile apikal konstrüksiyonu oluşmamış dişlerde endodontik ve restoratif tedavi, kanal dolgu materyallerinin uyumunu sağlayan apikal konstrüksiyon bölgesinin olmaması ve dişlerin kırılma ve hassas dentin duvarlarının olması sebebiyle her zaman sorun olmuştur. MTA, tek seansta uygulanabilmektedir. Bu özelliği sayesinde uzun süreli apeksifikasyon tedavisini elimine etmesi,

kök çevresi dokuların iyileşmesini teşvik etmesi, iyi kaplama gibi olumlu özellikleri nedeniyle standart apeksifikasyon yöntemin alternatif olarak sunulmaktadır. Kök ucu dolum malzemesi olarak MTA'nın kullanılması sonucu MTA'nın yüzeyine doğrudan sement dokusunun tutunduğu gözlenmektedir.<sup>6</sup>

Perforasyon, pulpa boşluğuyla kök çevresi dokular arasında oluşan doğal olmayan boşluklardır.<sup>7</sup> Genellikle iatrojenik olmaktadır. Post boşluğu hazırlarken ya da agresif şekilde kanal genişletilmesi, pulpa boşluğunu ve kanalı ararken yanlış alet seçimi sebepleriyle oluşur. Odontoklastlar nadir olarak içten veya dıştan olarak dentini yıkıma uğratarak perforasyona neden olabilmektedir. MTA kullanılması ile ilgili perforasyon onarımında iyi sonuçlar bildirilmektedir.<sup>8</sup>

## Vaka Serileri

**Vaka 1:** 16 yaşında kadın hastadan alınan anamnezde sistemik hastalığı bulunmamaktadır. Beş sene önce kök kanal tedavisi uygulanan 46 numaralı dişinde perküsyonda ağrı ve apikalde lezyon tespit edildi. Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT), üç boyutlu görüntüleme imkanı sağlayarak çok faktörlü endodontik problemlerin değerlendirilmesinde başarılı sonuçlar vermektedir.<sup>9</sup> Bu sebeple KIBT istenen hastada distal kanalın kök ucu açık ve internal rezorpsiyon olduğu tespit edildi. MTA (Bio MTA, Cerkamed) ile dolduruldu. MTA tozu, 3:1 oranında steril su ile cam üzerinde karıştırılmaktadır. Uygulama sahasına MTA taşıyıcıları ile taşınabilmektedir, bu amaçla şırınga tipi aletlerden de yararlanılabilmektedir. Materyalin adaptasyonunda ise, kağıt konlar, el aletleri veya özel tepiciler plugger gibi kullanılabilmektedir.<sup>10</sup> Ege değişimlerinde distile su ve NaOCl (%2,5) (Werax, İzmir, Türkiye) ile kanallar yıkandı. Final irrigasyonu NaOCl, EDTA (%5) (Werax, İzmir, Türkiye), distile su ile yapılarak kanalın kurulanmasının ardından, mezial kanallar lateral kondensasyon ile biyoseramik içerikli kanal patı BioRoot RCS (Septodont, Saint Maur des Fosse's, France) ve gütaperka kon (Dentsply Maillefer, İsviçre) ile dolduruldu. Üst yapı için Protetik Diş Tedavisi bölümüne yönlendirildi. Hastanın 6 aylık takip sonucunda başarılı klinik ve radyolojik sonuçlar gözlemlendi.<sup>11</sup> (Resim 1)

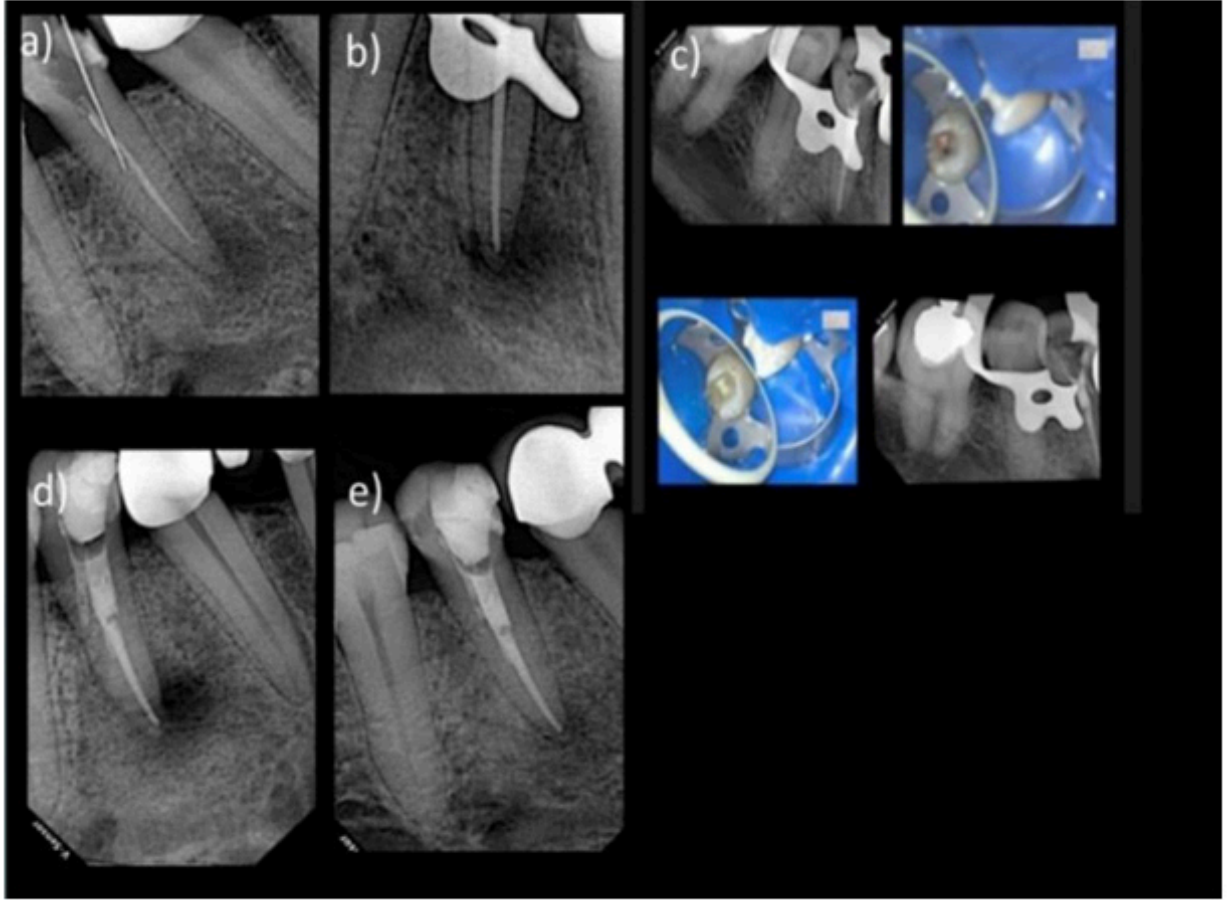
**Resim 1:** Vaka 1'e ait görseller

a) Başlangıç radyografisi b) Başlangıç tomografi görüntüleri c) Distal kanalın çalışma boyutu tespiti ve mezial kanalların master konlu radyografisi d) Distal kanalın MTA ile dolumu sonrası radyografisi e) Bitim radyografisi f) 9 aylık takip radyografisi

**Vaka 2:** 53 yaşında kadın hasta, sistemik hastalığı bulunmamaktadır. Özel bir diş kliniğinde, 44 nolu dişe kök kanal yenileme tedavisine başlandığı, dişte ağrı, perforasyon ve basamak meydana gelince, fakültemize yönlendirildiği öğrenilmiştir. Operasyon mikroskobu ile eski kanal dolgusu sökölüp, son yıkama NaOCl (%2,5) (Werax, İzmir, Türkiye),

EDTA (%5) (Werax, İzmir, Türkiye), distile su ile yapıp kanalın kurulanmasının ardından, tek seansta kök kanal tedavisi tamamlandı. Perforasyon alanı MTA ile kapatıldı. Dişin restoratif tedavisi kompozit rezin ile yapıldı. 9 aylık takibinde dişte semptom bulunmamaktadır. Radyolojik olarak lezyonda küçülme olduğu gözlenmektedir (Resim 2).

**Resim 2:** Vaka 2'ye ait görseller

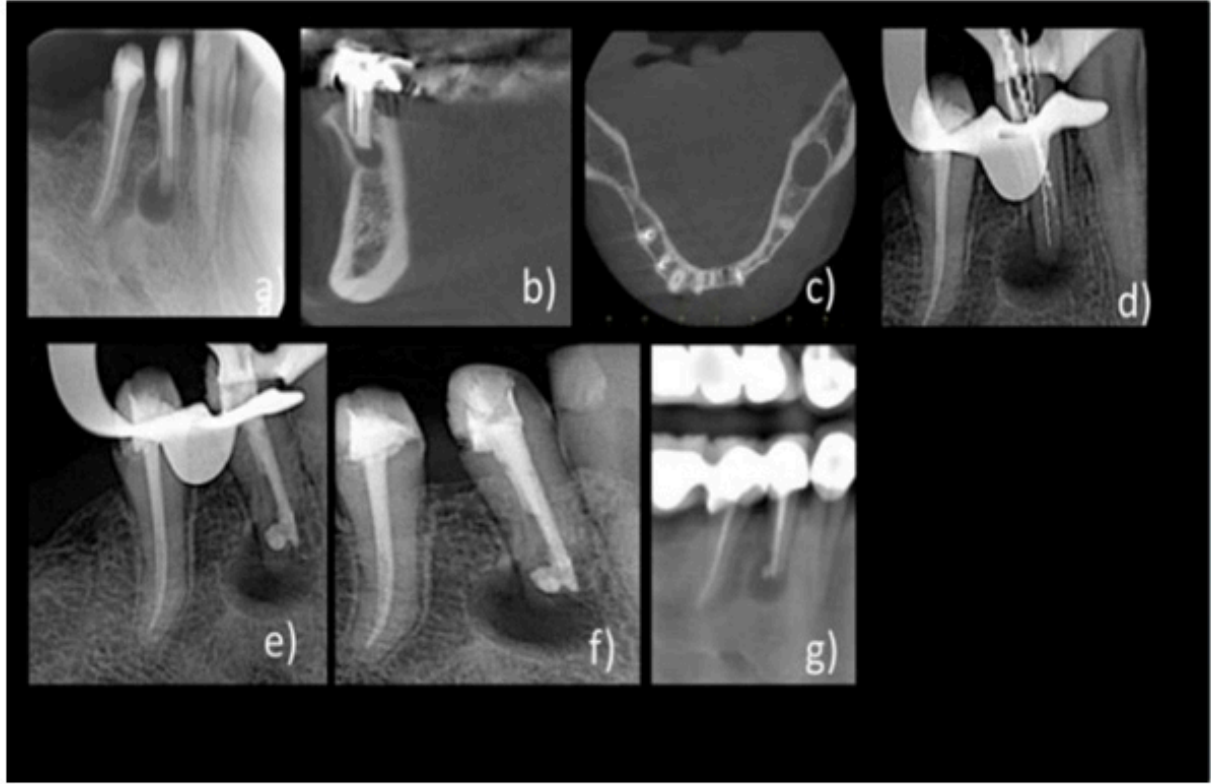


a) Başlangıç radyografisi b) Master konlu radyografisi c) Operasyon mikroskopu ile perforasyon tamir görüntüsü d) Bitim radyografisi e) 9 aylık takip radyografisi

**Vaka 3:** 44 yaşında kadın hastadan alınan anamnezde sistemik hastalığı bulunmamaktadır. Altı yıl önce bukkal köke rezeksiyon uygulanan dişte perküsyonda ağrı ve apikalde lezyon varlığı tespit edildi. Mobilite gözlenmedi. Rezeksiyon sonucu iyileşme olamaması sonucu üç boyutlu olarak incelemek için KIBT alındı, ikinci bir kanal varlığı tespit edildi. Mevcut kök kanal dolgusu sökülüp lingualde ikinci kanal bulundu. Her ege değişimi sırasında NaOCl ve distile su ile kanallar yıkandı. Son yıkama NaOCl (%2,5) (Werax, İzmir, Türkiye), EDTA (%5) (Werax,

İzmir, Türkiye), distile su ile yapıldı. Lingualdeki kanal lateral kondensasyon ile biyoseramik içerikli kanal patı BioRoot RCS (Septodont, Saint Maur des Fosse's, France) ve güta perka kon (Dentsply Maillefer, İsviçre) ile bukkaldeki kanalın MTA ile dolumu gerçekleştirildi. Üst yapı için Protetik Diş Tedavisi bölümüne yönlendirildi. 6 aylık takipte, klinik muayene sırasında herhangi bir objektif veya subjektif semptom tespit edilmedi. Ayrıca, radyografik kontrolde iyileşmenin devam ettiği görüldü. (Resim 3).



**Resim 3:** Vaka 3'e ait görseller

a) Başlangıç radyografisi b,c) Tomografi görüntüleri d) Çalışma boyutu tespit radyografisi e) Bukkal kanalın MTA ile dolumu ve lingual kanalın master konlu radyografisi f) Bitim radyografisi g) 6 aylık kontrol radyografisi

### Tartışma

Kalsiyum silikat esaslı materyaller perforasyon onarımı, pulpotomi, apeksifikasyon, apeksogenezis, rejeneratif uygulamalar, internal ve eksternal rezorpsiyonların tedavisinde kullanılmaktadır. Kalsiyum silikat esaslı ajanlar arasında olan MTA; biyoyumlu, yüksek basınç dayanımına sahip olma, iyi sızdırmazlık kabiliyeti ve sert doku bariyeri oluşumunu indüklemeye potansiyeli nedeniyle kök kanal tedavisinde tercih edilmektedir ve perforasyon onarımı için gerekli bir materyal olmaktadır.<sup>6,12</sup>

Bu vaka serisinde kök rezorpsiyonu, perforasyon ve apikal tıkaç olarak kalsiyum silikat kullanımı gösterilmektedir. Vaka 1 örneğinde olduğu gibi etiyojisi tam olarak bilinmeyen kök rezorpsiyonu, kök kanalının iç (internal rezorpsiyonu) veya dış tarafında (eksternal rezorpsiyonu) meydana gelebilmektedir.<sup>13</sup> İnternal rezorpsiyon tedavisinde seans aralarında intrakanal medikamenti olarak güçlü antibakteriyel özelliği, yüksek pH'a sahip olması, çözünürlük özelliğinin düşük olması ve bu sayede kanal içinde  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  uzun süreli bir etki oluşturması ve kullanılması tavsiye edilmektedir.<sup>4</sup> İnternal kök rezorpsiyon vakalarında, güta-perka ile

lateral kondensasyon veya tek güta-perka kon tekniği metoduyla üç boyutlu obturasyon sağlanamamaktadır. Bu nedenle, bu tür dişlerin tedavisinde, sıcak dolum veya sert doku oluşumunu uyarması ve osteoklastik hücreler tarafından oluşturulan kemik yıkımına engel olması nedeniyle MTA ile rezorpsiyon alanın doldurulması tercih edilmektedir.<sup>14,15</sup> Bu vakada 6 aylık kısa bir sürede elde edilen takip neticesine göre kök yıkımının durması, kök çevresi dokularda iyileşme görülmesi ve kemik benzeri sert doku gelişiminin izlenmesi bu durumu kanıtlar şeklinde desteklemektedir.

Vaka 2 ve 3 örneklerinde olduğu gibi açık apeksli dişlerde apikal stop bölgesinin olmaması ve furkasyon ve lateral perforasyonların varlığı kök kanal tedavisinin başarısını zorlaştırmaktadır. Sementoblastların tutunmasına ve gelişmesine, osteokalsin salınımına ve mineralize matriks geni üretilmesine izin veren kalsiyum silikat esaslı biyoyumlu materyallerin kullanılması dişlerin kök ucu kalsifik bariyer oluşması ve apikal dokuların iyileşmesinde güvenilir bir materyal olduğunu bildirilmiştir.<sup>8,16-18</sup> Main ve ark. yaptığı bir çalışmada<sup>19</sup> perforasyon alanlarının tedavisinde,

perfore alana yakın doku yüzeyinde 9 ay sonundaki araştırma sonuçlarına göre herhangi bir hastalık semptomlarıyla karşılaşmadığını, ayrıca tedavinin ilk aşamasında lezyon bulunan dişlerde önemli bir iyileşme olduğunu rapor etmiştir. Holland ve ark.<sup>20</sup> ise köpek dişlerinde MTA ile restore edilen iatrojenik perforasyonların 180 gün sonra inflamasyon belirtilerinin olmadığını bildirmişlerdir. Kök kanallarında apikal tıkaçta dolgu maddesi olarak amalgam, Super EBA ve IRM gibi materyallere kıyasla MTA'nın biyoyumlu, toksik özelliğinin az olması ve çok düşük oranda sızıntıya sebep olduğu, bununla birlikte yüksek oranda marjinal adaptasyon ve sert doku oluşumunu uyardığı birçok çalışmada gösterilmiştir.<sup>21-23</sup>

Kök kanal tedavilerinin iyileşme takipleri 6 aylık süreçte kolaylıkla izlenmesinin yanısıra, 5 yıl sonunda tam iyileşme görülmektedir. Vakalarımızda yapılan kısa dönem takiplerde alınan radyografilere lezyonda küçülme ve klinik bulgularının normal olduğunun görülmesi, MTA'nın rezorpsiyon, apikal tıkaç ve perforasyon onarımında uygun bir materyal olduğunu kanıtlar nitelik taşımaktadır.<sup>24-26</sup> Tam iyileşmenin görülebilmesi için vakaların 5 yıl takip edilmesi tedavinin başarısının ispatlanmasında büyük önem taşımaya karşın, vakalarımızın takip ettiğimiz süre boyunca elde ettiğimiz bulgular sonucunda, kısa dönem takip zamanlarında yapılan klinik ve radyografik incelemelerde, radyolojik olarak apikal lezyonların iyileştiği ve ilgili dişlerin kök ucu bölgelerinde sert doku oluşması gibi radyolojik ve klinik iyileşme durumları gözlenmiştir.<sup>27,28</sup>

## Sonuç

Bu vaka serisinde, tam iyileşmenin gözlem süreleri kadar bir takip süresi olmasa da, rezorpsiyon, perforasyon ve açık apeksli dişlerin bulunduğu vakaların tedavisinde MTA kullanımının başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

## Hasta Onam Onayı

Vakalardan onam formu alınmıştır.

## Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

## Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur ve yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Yazar Katkısı:** Fikir: E.B. Tasarım: E.B Denetleme: E.B Kaynaklar: E.B., E.Y Malzemeler: E.Y. Veri Toplama: E.Y. Analiz: E.B., E.Y Literatür: E.Y. Yazı: E.B., E.Y. Eleştirel İnceleme: E.Y., E.B

**Kaynakça**

- Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walker WA. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *J Am Dent Assoc.* 1999;130(7), 967-75.
- Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PM. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview—part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J.* 2018; 51(3): 284-317.
- Gupta G, Agarwal A, Ansari AA, Singh RK. Non-surgical management of a large periapical lesion with internal resorption using PRF, hydroxyapatite and MTA. *BMJ Case Rep.* 2022; 16;15(9):e248907.
- Heboyan A, Avetisyan A, Karobari M, et al. Tooth root resorption: A review. *Science Progress.* 2022; 105(3):368504221109217
- De Souza GHM, Pandolfo MT, Bortoluzzi EA, et al. Effect of root perforation repair with mineral aggregate-based cements on the retention of customized fiberglass posts. *Odontology.* 2022;110(3): 368504221109217.
- Dong, X, Xu, X. Bioceramics in Endodontics: Updates and Future Perspectives. *Bioengineering* 2023; 10: 354.
- Yildirim G, Dalci K. Treatment of lateral root perforation with mineral trioxide aggregate: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006; 102: e55-8.
- Clauder T. Present status and future directions—Managing perforations. *Int Endod J.* 2022;55, 872-91.
- Akpınar KE, Albayrak F, Talu B. Endodontik Tedavilerde Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografinin Önemi. *Türkiye Klinikleri Endod Special Topics.* 2022; 8(3), 54-60.
- Kadali N, Alla RK, Guduri V, Raju RV. Mineral Trioxide Aggregate: An overview of composition, properties and clinical applications. *Int J Dent Mater.* 2020; 2(1), 11-8.
- Del Fabbro M, Corbella S, Sequeira-Byron P et al. Endodontic procedures for retreatment of periapical lesions. *Cochrane Database of Systematic Reviews;* 2016 (10): CD005511.
- Cervino G, Laino LD, Amico C, Russo D, Nucci L, Amoroso G, Fiorillo L. Mineral trioxide aggregate applications in endodontics: A review. *Eur J Dent.* 2020;14(04), 683-91.
- Patel S, Saberi N, Pimental T, Teng, PH. Present status and future directions: Root resorption. *Int Endod J.* 2022; 55: 892-921.
- Sharki AM, Ali AH. Three-Dimensional Measurement of Obturation Quality of Bioceramic Materials in Filling Artificial Internal Root Resorption Cavities Using Different Obturation Techniques:(An In Vitro Comparative Study). *J Endod.* 2024;1:1-7
- Da Fonseca TS, Silva GF, Guerreiro J, et al. Biodentine and MTA modulate immunoinflammatory response favoring bone formation in sealing of furcation perforations in rat molars. *Clin Oral Investig.* 2019;23:1237-52.
- Rodríguez FJ, Collado-González M, Tomás CJ, et al. GuttaFlow Bioseal promotes spontaneous differentiation of human periodontal ligament stem cells into cementoblast-like cells. *Dental Mater.* 2019; 35(1): 114-124.
- Estrela C, Cintra LTA, Duarte MAH, Rossi-Fedele G, et al. Mechanism of action of bioactive endodontic materials. *Braz Dental J.* 2023; 34: 1-11.
- Cechella B, de Almeida, J, Felipe W. Analysis of sealing ability of endodontic cements apical plugs. *J Clin Exp Dent.* 2018; 10(2): e146.
- Main C, Mirzayan N, Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *J Endod.* 2004; 30(2): 80-3.
- Holland R, Filho JA, de Souza V, et al. Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. *J Endod.* 2001; 27: 281-4.
- Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, et al. Tissue reaction to implanted Super EBA and Mineral Trioxide Aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary. *J Endod.* 1995; 21: 569–71.
- Ayup, H, Duane B. Limited evidence on best material for retrograde root fillings. *Evidence-based dentistry.* 2018; 19(1): 8-9.
- Schutte H, Van Hooft E. The unresolved contest between MTA and IRM as apical barrier material in apicoectomies. A retrospective cohort study. *Ned Tijdschr Tandheelkd.* 2022;129(1): 33-40.
- Estrela C, Decurcio DDA, Rossi-Fedele GÁ, et al. Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Brazil Oral Res.* 2018; 32: e73.
- Wang X, Xiao X, Song W, et al. Clinical application of calcium silicate-based bioceramics in endodontics. *J Translational Med.* 2023; 21(1): 853.
- Gorni FG, Ionescu AC, Ambrogi F, Brambilla E, Gagliani MM. Prognostic factors and primary healing on root perforation repaired with MTA: a 14-year longitudinal study. *J Endod.* 2022; 48(9): 1092-99.
- Pace R, Giuliani V, Nieri M, Di Nasso L, Pagavino G. Mineral trioxide aggregate as apical plug in teeth with necrotic pulp and immature apices: a 10-year case series. *J Endod.* 2014; 40(8): 1250-54.
- Er O, Yaman SD, Bodrumlu E, Koçak M, Cinar S. The Use of MTA in Non-Vital Immature Teeth: Three Case Report. *Int J Clin Dent.* 2010; 3(1) 45-52





# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v01i2007



## Minimally Invasive Approach to Gingival Recession

## Diş eti Çekilmesinde Minimal İnvaziv Yaklaşım

Burak Arda Önder<sup>1</sup>, Resül Çolak<sup>2\*</sup>

### ABSTRACT

Gingival recession is defined as the gingival margin migrating apically and exposing the root surface. Many techniques have been recommended for the treatment of gingival recession. The m-VISTA is an up-to-date technique that complies with the principles of minimally invasive surgery to provide satisfactory results in root coverage procedures, but its surgical stages are very sensitive. A 23-year-old female patient applied to our clinic with complaints of gingival recession in her lower left lateral, canine and premolar teeth. After the area was evaluated, the m-VISTA technique was decided for treatment. After the operation and during the 18-month follow-up period, complete root coverage was achieved in all 3 teeth.

**Keywords:** *Gingival recession, Minimally invasive surgical procedure, Tooth*

### ÖZET

Diş eti çekilmesi, diş eti kenarının apikal yönde göç etmesi ve kök yüzeyinin açığa çıkması olarak tanımlanır. Diş eti çekilmesinin tedavisi için birçok teknik tavsiye edilmiştir. M-VISTA, kök yüzeyi kapatma işlemlerinde tatmin edici sonuçlar elde etmek için minimal invaziv cerrahi prensiplerine uygun, güncel bir tekniktir, ancak cerrahi aşamaları oldukça hassastır. Kliniğimize 23 yaşında kadın hasta sol alt lateral, kanin ve premolar dişlerindeki diş eti çekilmesi şikayeti ile başvurdu. Bölge değerlendirildikten sonra tedavisi için m-VISTA tekniğine karar verildi. Operasyon sonrası ve 18 aylık takip döneminde 3 dişte de tam kök kapatma elde edildi.

**Anahtar kelimeler:** *Diş, Diş eti çekilmesi, Minimal invaziv cerrahi işlemler*

<sup>1</sup>Research Assistant, Department of Periodontology, Zonguldak Bülent Ecevit University Faculty of Dentistry, Zonguldak, Turkey

<sup>2</sup>Assoc. Prof., Department of Periodontology, Zonguldak Bülent Ecevit University Faculty of Dentistry, Zonguldak, Turkey

\*Corresponding Author: Resül Çolak, e-mail: [r.colak@beun.edu.tr](mailto:r.colak@beun.edu.tr), ORCID: 0000-0001-5210-1119, Department of Periodontology, Zonguldak Bülent Ecevit University Faculty of Dentistry, Zonguldak, Turkey

## Introduction

Gingival recession is defined as the gingival margin migrating apically and exposing the root surface.<sup>1</sup> Dentin sensitivity, root surface caries, aesthetic concerns, and difficulties in plaque control due to gingival recession create a need for covering the exposed root surfaces.<sup>2</sup> Since 1960, numerous surgical techniques have been suggested for treating gingival recession. Subepithelial connective tissue graft is highly predictable for root coverage and is considered the gold standard due to its dual blood supply, aesthetic superiority, and increase in keratinized gingival width.<sup>3</sup> Allen then created a split-thickness suprapariosteal envelope flap to treat multiple consecutive gingival recessions.<sup>4</sup> Later, Zabalegui et al.<sup>5</sup> developed the "tunnel" approach. However, in this approach, the envelope flap could not be advanced coronally; only the exposed root surface was covered with a subepithelial connective tissue graft. Further modifications to the tunnelling approach have been proposed for this technique.<sup>6</sup> Later, Zuhri et al.<sup>7</sup> introduced the coronally advanced modified tunnel technique as a microsurgical approach. Increasing aesthetic expectations of patients have brought about the need for surgeons to improve their surgical skills and develop more current and original techniques to satisfy patient demands. This makes things difficult because the methods applied in mucogingival surgery are sensitive and involve different procedures and their combinations. While traditional methods yield satisfactory and acceptable outcomes in the treatment of gingival recession, there is a necessity for more advanced and refined techniques that result in less post-operative surgical morbidity and deliver superior results compared to traditional approaches methods.<sup>8</sup> For this purpose, minimally invasive surgical techniques have been

used in mucogingival surgical procedures and have been widely preferred for multiple indications, including root surface coverage. The m-VISTA is an up-to-date technique that complies with the principles of minimally invasive surgery to provide satisfactory results in root capping procedures, but its surgical stages are very sensitive.<sup>9</sup> This case report aims to evaluate the effectiveness of the m-VISTA technique combined with CTG in the treatment of multiple gingival recessions in the lower jaw during an 18-month follow-up period.

## Case Report

A 23-year-old, healthy male reported on October 7th, 2022, to the Department of Periodontics, Bulent Ecevit University, Zonguldak, Turkey, with a chief complaint of receding gums, poor esthetics and sensitivity about the left lower lateral incisor, canine and premolar teeth. The patient, a non-smoker with no history of periodontal disease, expressed a strong desire for an effective and aesthetically pleasing solution. After phase 1 periodontal treatment, the patient was re-evaluated, and the decision for surgery was made. The m-VISTA technique was preferred due to its ability to provide satisfactory results in root coverage procedures, its compliance with the principles of minimally invasive surgery, and the suitability of the operation area, which had sufficient keratinized tissue width, vestibule depth, and gingival thickness. Written consent was obtained from the patient before the operation. Before the operation, clinical attachment level (CAL), probing depth (PD), gingival recession depth (GRD), gingival recession width (GRW), and keratinized tissue width (KTW) were measured with a Williams Probe (Hu-Friedy Manufacturing, Chicago, IL, USA) on the relevant teeth (Table 1). As a result of clinical examination, the relevant teeth were recession type 1 (RT 1).<sup>10</sup>

**Table 1.** Clinical parameters at baseline and at the end of the follow-up period

|     |                    | 32   | 33   | 34   |
|-----|--------------------|------|------|------|
| PD  | Pre. Op.           | 1 mm | 1 mm | 1 mm |
|     | Post. Op. 18 month | 1 mm | 1 mm | 1 mm |
| CAL | Pre. Op.           | 4 mm | 3 mm | 3 mm |
|     | Post. Op. 18 month | -    | -    | -    |
| GRD | Pre. Op.           | 3 mm | 2 mm | 2 mm |
|     | Post. Op. 18 month | 0 mm | 0 mm | 0 mm |
| GRW | Pre. Op.           | 2 mm | 3 mm | 3 mm |
|     | Post. Op. 18 month | 0 mm | 0 mm | 0 mm |
| KTW | Pre. Op.           | 2 mm | 2 mm | 2 mm |
|     | Post. Op. 18 month | 3 mm | 5 mm | 6 mm |

PD: Probing depth, CAL: Clinical Attachment Loss, GRD: Gingival Recession Depth, GRW: Gingival recession Width, KTW: Keratinized Tissue Width



#### Preparation of the Recipient Site with the m-VISTA Technique:

After applying local anesthesia (Maxicaine Fort-80 mg articaine hydrochloride and 0.020 mg epinephrine), root planing procedures were performed on the exposed root surfaces. A lingual splint was applied between teeth 32, 33 and 34 to ensure the sutures were fixed in the coronal position. This technique, known for its precision, included the following stages: First, a single vertical incision allowed split-thickness flap elevation extending to the periosteum.<sup>11</sup>

The vertical incision was at the level of the alveolar mucosa, mesial to the lateral tooth. Afterwards, the intracrevicular incisions, starting from the left central tooth and extending to the 2nd premolar tooth, were made with a microsurgical blade. (SM69®, Swann-Morton Ltd, United Kingdom) A split-thickness flap elevation extending beyond the mucogingival line was performed using specific tunnel instruments. (Stoma®, Ancladen S.L., Barcelona, Spain) Split-thickness elevation was first made from a vertical incision and the gingival margin. Finally, papillary elevation was performed for passive coronal positioning.

#### Preparation of the Donor Site:

After local anesthesia was applied to the palatal region, the palatal region on the same side was selected as the donor site for the necessary connective tissue of sufficient length and thickness (1.5 mm) to cover the gingival recession observed in the three adjacent teeth. After the epithelial surface of the obtained tissue was removed, the graft was transformed into de-epithelialized FGG form. In order to control the bleeding in the area, it was sutured circumferentially with 4/0 silk suture (Silk® Dogsan Inc, Trabzon, Turkey) from the absorbable gelatin (Spongostan®) that was compatible with the graft we placed in the donor area.

#### Placing the Graft in the Recipient Area:

Connective tissue was placed through a vertical incision using a 5/0 polypropylene suture (Propilen®

Dogsan Inc, Trabzon, Turkey). In order to guide the ideal positioning of the graft, the suture needle was passively removed from the vertical incision, starting from the distal part of the prepared tunnel. After passing through the graft, the needle tip followed the same route, returning through the tunnel to the gingival margin where it started. The graft was placed precisely in the recipient area by gently pulling the distal suture and using tunnel tools. The graft and the created tunnel were positioned in a coronal position, exceeding the CEJ, with the help of a splint in the interproximal with a 5/0 non-resorbable polypropylene suture using the double-sling suture technique. To position the marginal area of teeth 32 and 33 more coronally, a 5/0 non-resorbable polypropylene suture was passed through the keratinized tissue at the apical of the gingival margins of these teeth without containing de-epithelialized FGG and fixed to the buccal side of the adjacent teeth with the help of composite filling material. This suture technique, which includes only the flap, provides a higher level of adaptation of the tissues, reduces dead space, and tightens the wound (Fig 2).<sup>12</sup> Finally, the vertical incision was closed with simple, non-continuous sutures. The patient was instructed not to remove or disturb the pack or the surgical site until the sutures were removed and we suggested to refrain from brushing for 2 weeks.<sup>13,14</sup> All sutures were removed from the palate in the first week after the surgery and from the recipient area at the end of the second week (Fig 3).

In the third week after the operation, the Stillman brushing technique was explained to the patient, and she was instructed to restart oral hygiene control with the help of an ultra-soft brush. Six weeks after the operation, the patient returned to routine oral hygiene habits, including interface cleaning. Finally, the patient was included in the postoperative supportive periodontal treatment and follow-up program, including 1, 3, 6 and 18 months after the operation.



**Figure 1:** Preoperative view of recipient site.



**Figure 2:** Postoperative view, the connective tissue graft placed with the m-VISTA technique is fixed to the region with double sling and composite sling suture techniques.



**Figure 3:** Postoperative view of 14th day; all sutures and composite filling materials were removed.



**Figure 4:** Postoperative view of 1 month



**Figure 5:** Postoperative view of 6-month



**Figure 6:** Postoperative view of 18-month

## Discussion

In these periods, when patients' aesthetic expectations are increasing, restoring the ideal pink aesthetic has become the primary necessity of the operation techniques used in gingival recession treatments. Several tunnelling techniques have been proposed to maintain existing aesthetics, avoid recurrence, ensure the continuity of papillary integrity, and prevent scar formation resulting from vertical release incisions. Tunnelling techniques cause trauma to the sulcular epithelium but are a widely accepted blunt and sensitive technique.<sup>15</sup>

During the tunnel operation, half-thickness flap preparation may cause perforations in the flap. In addition, the sulcular approach in this technique is associated with its relatively blunt preparation. The mentioned complications and difficulties may be seen more frequently, especially in the thin gingival phenotype. The M-VISTA technique differs from the original VISTA due to its access through sulcular and vertical incisions and split-thickness flap design. In this respect, the M-VISTA technique positively affects the preparation of the tunnel by providing ease of Access.<sup>16</sup>

The M-VISTA technique has been recommended to prevent possible complications that may arise with other tunnel techniques. The mini vertical incisions extending into the alveolar mucosa improved visual access, while surgery time was reduced and patient comfort increased. Unlike the original VISTA technique, the tunnel we prepared in the supra-periosteal layer preserved the vascularity of the flap by leaving the periosteum continuous on the bone surface and allowed us to prevent further bone loss. Retention of the periosteum in the region allows early revascularisation of the CTG. Positioning the CTG between two vascular-rich layers helps immediate reperfusion and preserves the vitality of the graft while providing better colour harmony between tissues.<sup>17</sup> Sulcular access in tunnel operations increases the risk of traumatising and perforation of sulcular tissues. This situation negatively affects the region's recovery potential. The M-VISTA technique provides better access to the area than other tunnel operation techniques and is minimally invasive compared to different types of operations. The key to the success of M-VISTA operations is supra-periosteal dissection, which prevents tension on the coronally positioned gingival margin and contributes to the maintenance of papillary integrity. In this case report, using autogenous CTG instead of other graft types may have improved clinical result.<sup>18</sup> The

fundamental commonality expected from successful root coverage operations is the stable positioning of the graft in the recipient site. In this study, the graft was tightly fixed to the recipient site without tension on the flap by anchoring it from the splint extensions in the interproximal with the double-sling suture technique. At the 18-month follow-up, complete root coverage was achieved without recurrence in all three teeth with recession, and a significant change in the gingival phenotype towards a thicker phenotype was achieved.

## Conclusion

When the studies on tunnel technique applications are examined, it is mainly preferred in the upper jaw and areas with thick gingival phenotype. Our study includes the results of the m-VISTA method, which is a modification of this technique, in the region with a thinner phenotype in the lower jaw, and 18-month follow-up data. Although the thin phenotype of the lower jaw increases the risks of perforation and laceration in the prepared tunnel, the ease of access and vision provided by the m-VISTA technique prevents possible complications. The double-sling suture technique ensures the ideal adaptation of the CTG placed inside the tunnel to the papilla base and positions the connective tissue with the flap more coronally. Instead of applying composites in the contact areas required for the double-sling suture technique in teeth with diastema, the necessary anchorage for this suture technique can be provided with the help of a splint applied from the lingual region before the operation.

There is a need for clinical studies on minimally invasive surgical techniques, especially in the thin gingival phenotype, where tissue management is complex.

## Acknowledgements

None.

## Ethical Approval

Ethical approval is not necessary. An informed consent form is available.

## Conflict of Interest

None of the authors of this article has any relationship, connection or financial interest in the subject matter or material discussed in the article.

## Sources of Funding

During this study, no material and/or moral support was received from any pharmaceutical company directly related to the research topic, any company

that supplies and/or manufactures medical devices, equipment and materials, or any commercial company that could negatively affect the decision to be made regarding the study during the study evaluation process.

#### **Authorship Contributions**

Idea/Concept: R.Ç, B.A.Ö Design: R.Ç, B.A.Ö  
Control/Supervision: R.Ç, B.A.Ö Literature Review:  
R.Ç, B.A.Ö Data Collection and/or Processing: R.Ç,  
B.A.Ö Analysis and/or Interpretation: R.Ç, B.A.Ö  
Writing the Article: R.Ç, B.A.Ö Critical Review:  
R.Ç, B.A.Ö



## References

1. Kassab MM, Cohen RE. The etiology and prevalence of gingival recession. *J Am Dent Assoc.* 2003;134(2):220-5.
2. Ribeiro FS, Zandim DL, Pontes AEF, Mantovani RV, Sampaio JEC, Marcantonio Jr E. Tunnel technique with a surgical maneuver to increase the graft extension: case report with a 3-year follow-up. *J Periodontol.* 2008;79(4):753-8.
3. Yadav AP, Kulloli A, Shetty S, Ligade SS, Martande SS, Gholkar MJ, et al. Sub-epithelial connective tissue graft for the management of Miller's class I and class II isolated gingival recession defect: A systematic review of the factors influencing the outcome. *J Investig Clin Dent.* 2018;9(3): e12325.
4. Allen AL. Use of the supraperiosteal envelope in soft tissue grafting for root coverage. I. Rationale and technique. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1994;14(3):216-27.
5. Zabalegui I, Sicilia A, Cambra J, Gil J, Sanz M. Treatment of multiple adjacent gingival recessions with the tunnel subepithelial connective tissue graft: a clinical report. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1999;19(2):199-206.
6. Sculean A, Cosgarea R, Stähli A, Katsaros C, Arweiler NB, Miron RJ, et al. Treatment of multiple adjacent maxillary Miller Class I, II, and III gingival recessions with the modified coronally advanced tunnel, enamel matrix derivative, and subepithelial connective tissue graft: a report of 12 cases. *J Clin Periodontol.* 2016;47(8):653-9.
7. Aroca S, Keglevich T, Nikolidakis D, Gera I, Nagy K, Azzi R, et al. Treatment of class III multiple gingival recessions: a randomized-clinical trial. *J Clin Periodontol.* 2010;37(1):88-97.
8. Barootchi S, Tavelli L. Tunneled coronally advanced flap for the treatment of isolated gingival recessions with deficient papilla. *Int J Esthet Dent.* 2022;17(1):14-26.
9. Lee C-T, Hamalian T, Schulze-Späte U. Minimally invasive treatment of soft tissue deficiency around an implant-supported restoration in the esthetic zone: modified VISTA technique case report. *J Oral Implantol.* 2015;41(1):71-6.
10. Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH, et al. Periodontitis: consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol.* 2018;45(Suppl 20):173-S82.
11. Zadeh HH. Minimally invasive treatment of maxillary anterior gingival recession defects by vestibular incision subperiosteal tunnel access and platelet-derived growth factor BB. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2011;31(6):653.
12. Abdelhaleem M, Saleh W, Elmeadawy S. Treatment of gingival recession with vestibular incision subperiosteal tunnel access and advanced platelet-rich fibrin. *BMC Oral Health.* 2025;25(1):63.
13. Pilloni A, Dell'Olmo F. The mucosal released-coronally advanced flap: a novel surgical approach—A case report. *Clin Adv Periodontics.* 2025;15(2):105-10.
14. Cheriyan SR, Ravindran S, Devi S, Rajeevan S. Management of Miller's Class I gingival recession using Zucchelli's modified coronally advanced flap technique: a case report. *Cell Free DNA.* 2024;16(2):73-6.
15. Vincent-Bugnas S, Borie G, Charbit Y. Treatment of multiple maxillary adjacent class I and II gingival recessions with modified coronally advanced tunnel and a new xenogeneic acellular dermal matrix. *J Esthet Restor Dent.* 2018;30(2):89-95.
16. Najafi B, Kheirieh P, Torabi A, Cappetta EG. Periodontal regenerative treatment of intrabony defects in the esthetic zone using modified vestibular incision subperiosteal tunnel access (M-VISTA). *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2018;38(Suppl):e9–e16.
17. Caffesse RG, Burgett FG, Nasjleti CE, Castelli WA. Healing of free gingival grafts with and without periosteum: Part I. Histologic evaluation. *J Periodontol.* 1979;50(6):347-56.
18. Ko H-Y, Lu H-K. Systematic review of the clinical performance of connective tissue graft and guided tissue regeneration in the treatment of gingival recessions of Miller's classification grades I and II. *J Evid Med Clin.* 2010;2(2):63-71.







# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
 DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v01i2008



## İmmatür Daimi Dişlerde Uygulanan Rejeneratif Endodontik Tedaviler

## Regenerative Endodontic Treatments Performed on Immature Permanent Teeth

Ayşe Süeda Genç<sup>1\*</sup>, Simin Kocaaydın<sup>2</sup>

### ÖZET

İmmatür daimi dişler, gelişimleri esnasında travma, çürük veya gelişimsel anomaliler sebebiyle vitalitelerini kaybedebilmektedir. Pulpa vitalitesini kaybetmiş dişlerin kök gelişiminin durması ile, apikal gelişim sekteye uğramakta ve kök dentin duvarları yeterli kalınlığa ulaşamamaktadır. Çocuk diş hekimleri için zorlu bir prosedür olan immatür ve devital dişlerin endodontik tedavisi, teknik açıdan hassasiyet gerektirmektedir. Ayrıca ilerleyen zamanlarda zayıf diş dokusu sebebi ile kök kırığı riski artmaktadır. Apeksifikasyon, vital olmayan immatür dişlerde kök ucunda kalsifik bir bariyer oluşturarak endodontik tedavinin yapılmasını sağlayan ve cerrahi olmayan bir yöntemdir. Ancak hem Ca(OH)<sub>2</sub> hem de MTA ile yapılan apeksifikasyon tedavileri, ince dentin duvarlarının kalınlaşmasını ve kök uzunluğunda artışı sağlayamamaktadır. Bununla birlikte, apeksifikasyon apikal kapanmayı indükleyebilirken, pulpa canlılığını koruyamamaktadır. Günümüzde, hasarlı pulpa dokusunun sağlıklı pulpa benzeri doku ile değiştirilmesini amaçlayan rejeneratif endodontik tedavi prosedürü önerilmektedir. Rejeneratif prosedürler, dişin dentin, kök ve dentin-pulpa kompleksinin tedavisi için yapılan biyolojik temelli tedavilerdir. Bu tedavilerin amacı, devital immatür daimi dişlerde klinik semptomların giderilmesi, apikal lezyonun iyileşmesi, kök duvarlarının kalınlığının artması ve kök gelişiminin devam etmesini sağlamaktır. Böylelikle dişler daha dayanıklı bir yapıya sahip olabilmektedir. Bu nedenle, rejeneratif prosedürler açık apeksli immatür dişlerde alternatif ve güncel bir tedavi yaklaşımı olarak önem kazanmaktadır. Bu derlemenin amacı, devital immatür daimi dişlerde uygulanan rejeneratif endodontik tedavilerin ve doku mühendisliği temelinde farklı biyolojik unsurlardan yararlanılarak bu alanda yapılan çalışmaların güncel bilgiler ışığında incelenmesidir.

**Anahtar Kelimeler:** Doku mühendisliği, Kök hücreler, Rejeneratif Endodonti.

### ABSTRACT

Immature permanent teeth may lose their vitality during their development due to trauma, caries or developmental anomalies. When pulp vitality is lost, root development stops, resulting in open apexed teeth with thin root dentin walls, making the treatment difficult. The endodontic treatment of immature and non-vital teeth is a challenging procedure for pediatric dentists and requires technical sensitivity. Additionally, the risk of root fracture increases due to weak tooth structure. Apexification is a non-surgical method that allows endodontic treatment to be performed by creating a calcific barrier in non-vital immature teeth. However, apexification treatments with both Ca(OH)<sub>2</sub> and MTA fail to thicken thin dentin walls and increase root length. Additionally, while apexification can induce apical closure, it cannot maintain pulp vitality. Nowadays, regenerative endodontic treatment procedure has been suggested to replace the damaged pulp tissue with pulp-like viable tissue. Regenerative procedures are biologically based treatments for the treatment of the dentin, root and dentin-pulp complex of the tooth. The aim of these treatments is to alleviate clinical symptoms in non-vital immature permanent teeth, heal apical lesions, increase the thickness of root walls, and promote continued root development. Thus, these teeth can have a more durable structure. Therefore, regenerative procedures have gained importance as an alternative treatment approach for teeth with open apices. The aim of this review is to examine the current information on regenerative endodontic treatments applied in non-vital immature permanent teeth as well as studies conducted in this field utilizing different biological factors based on tissue engineering principles.

**Keywords:** Regenerative Endodontics, Stem Cell, Tissue Engineering.

<sup>1</sup>Doktora öğrencisi, İstanbul Kent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Kent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: Ayşe Süeda GENÇ, e-mail: [a.suedaal@gmail.com](mailto:a.suedaal@gmail.com), ORCID: 0000-0002-8467-5093, İstanbul Kent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti Anabilim Dalı

## Giriş

Bir dişin kök gelişimi, dişin sürmesinin ardından yaklaşık üç sene sonra tamamlanmaktadır. Apeks, bu süreç tamamlanana kadar açık ve diverjan bir şekilde sonlanmaktadır.<sup>1</sup> İmmatür dişler, kök gelişimleri esnasında travma, çürük ve gelişimsel anomaliler gibi sebeplerle vitalitesini kaybedebilmektedir ve bu durum açık apeksli dişlerin tedavisini zorlaştırmaktadır.<sup>2</sup> Dens invaginatus ve dens evaginatus gibi anomaliler, genellikle dişlerin temizlenmesini zorlaştırarak çürük oluşumuna yol açabilmektedir.<sup>3</sup> Ayrıca çiğneme esnasında iletilen kuvvetler, tüberküle travmaya bağlı kırıklara yol açarak diş pulpasında vitalite kaybına sebep olabilmektedir.<sup>4</sup>

Farklı nedenlerle pulpa vitalitesini kaybetmiş dişlerin kök gelişimi durmaktadır. Bundan dolayı kök dentini kalınlaşmamakta ve ince kök dentin duvarları ile diverjan, açık bir apekse sahip immatür dişler ortaya çıkmaktadır. Bu tür dişlerde, apeksin açık bir şekilde sonlanması nedeniyle endodontik tedavi esnasında hermetik bir dolumun sağlanması zorlaşmaktadır. Bunun yanı sıra ilerleyen zamanlarda zayıf diş dokusu sebebiyle kök kırığı riski dişin ağız içindeki devamlılığını risk altında bırakmaktadır.<sup>5</sup>

Kök gelişimi tamamlanmış bir dişin apikal foramen açıklığı genellikle 0,3-0,6 mm aralığındadır. İmmatür bir dişte ise bu açıklık daha fazladır.<sup>6</sup> Vitalitesini kaybeden immatür daimi dişlerde uygun bir tedavi yapılabilmesi için kökün gelişim evresi ve apikal açıklık değerlendirilmelidir. Kök gelişim evresinin belirlenmesinde en sık kullanılan Cvek sınıflamasına göre kök uzunluğunun yarısından azı oluşmuş aşama evre 1, kök uzunluğunun yarısı oluşmuş aşama evre 2, kök uzunluğunun 2/3' ünün oluştuğu aşama evre 3, kök gelişimi neredeyse tamamlanmış ancak apeksin tam kapanmadığı aşama evre 4, kök gelişiminin tamamlandığı ve apikal açıklığın kapandığı aşama evre 5 olarak tanımlanmaktadır.<sup>7</sup> Yapılan bu sınıflamaya göre, kök gelişiminin neredeyse tamamlanmış olduğu ancak apeksin tam olarak kapanmadığı durumlarda Mineral Trioksit Agregat (MTA) ile apeksifikasyon tedavisi yapılabilmektedir. Ancak apikal açıklığın diverjan bir şekilde sonlandığı ve henüz kök gelişimi tamamlanmamış nekrotik daimi dişlerde, kök gelişiminin devam etmesini sağlayabilen rejeneratif endodontik tedaviler önerilmektedir.<sup>8,9</sup>

Gelişimini tamamlamamış daimi dişlerde travmatik yaralanmalar çok sık karşılaşılan ve çocukların %30'unda görülen pulpa nekrozuna sebep olabilen bir diğer durumdur.<sup>10</sup> Mittman ve ark.'nın<sup>11</sup> yaptığı

retrospektif bir çalışmada, travmaya uğramış daimi kesici dişlerde revaskularizasyon tedavisinin klinik ve radyolojik sonuçları değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarında dişlerin % 81,3'ünde tedaviye olumlu yanıt alındığı ve hassasiyetlerini geri kazandığı, % 85,7'sinde kemik seviyesinin korunduğu ve mobilite sonuçlarında önemli bir azalma olduğunu ancak vakaların % 18,7'sinin ciddi kök rezorpsiyon nedeniyle çekilmek zorunda kaldığı, % 31,3'ünde ankiloz belirtileri görüldüğü ve takip sırasında dişlerin % 92,9'unda renk değişimi olduğu görülmüştür. Cheng ve ark.'nın<sup>12</sup> yaptığı retrospektif bir çalışmada, travmaya uğramış immatür nekroz dişlerin rejeneratif endodonti ile tedavisinin başarısı değerlendirilmiştir ve avülse dişlerde tedavi başarısının diğer travmatik yaralanmalara göre daha düşük olduğu görülmüştür. Swaiat ve ark.'nın<sup>13</sup> yaptığı bir meta analizin sonuçlarına göre, şiddetli travma sonucu nekrotik hale gelen immatür dişlerde rejeneratif endodontik tedavi uygulanması sonrası başarı şansının düşebileceği, ancak bu hipotezi desteklemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu söylenmiştir. Metin girmek için buraya tıklayın veya dokun.

Bu derlemenin amacı, devital immatür daimi dişlerde uygulanan rejeneratif endodontik tedavilerin ve doku mühendisliği temelinde farklı biyolojik unsurlardan yararlanılarak bu alanda yapılan çalışmaların güncel bilgiler ışığında incelenmesidir.

## İmmatür Daimi Dişlerde Tedavi Seçenekleri Apeksifikasyon

Apeksifikasyon, vital olmayan açık apeksli immatür dişlerde kök ucunda kalsifik bir bariyer oluşturarak endodontik tedavinin yapılmasını sağlayan ve cerrahi olmayan bir yöntemdir.<sup>14</sup> Oluşturulan bu bariyer sayesinde, bakterilerin ve toksinlerinin apikalden periradiküler dokuya geçmesi önlenir ve kök kanalının sızdırmaz bir şekilde kanal dolgu malzemesi ile doldurulmasını kolaylaştırılır.<sup>15</sup> Kalsiyum hidroksit ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) yüksek pH değerine sahip ve sert doku oluşumunu indükleyebilen bir materyaldir. Bu sayede açık apeksli daimi dişlerde kök kanal tedavisi yapılırken guta-perka ve kanal patının periapikal dokulara geçişi önlenmektedir. Ancak  $\text{Ca(OH)}_2$  ile yapılan apeksifikasyon tedavisinde ihtiyaç duyulan süre ve çoklu seans gerekliliği hasta uyumunu bozmaktadır. Ayrıca kanalların seans aralarında tekrar enfekte olması riski bulunmaktadır.<sup>16</sup> Bir diğer dezavantaj ise, yüksek alkali pH'a sahip  $\text{Ca(OH)}_2$  uygulanmasının zaman içerisinde diş yapısını zayıflatacağı ve kırıklara yol açacağı düşüncesidir.<sup>17</sup> Bununla ilgili Andreason ve

ark.'nın yaptığı bir çalışmada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  uygulanıp bekletilen dişlerin kırılma dayanımında azalma olduğu görülmüştür.<sup>18</sup>

Son zamanlarda, MTA apeksifikasyon işleminde yaygın olarak kullanılan bir materyal haline gelmiştir. MTA materyalinin kullanımının,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  kullanımına göre bazı avantajları bulunmaktadır. MTA tek seansta uygulanabilir bir materyal olduğundan tedavi süresi kısaltmakta ve dişin üst yapısının ertelemeyen yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda seans aralarında kök kanallarının tekrar enfekte olmasının önlenmesi, kök fraktür riskinin azalması ve tekrarlayan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  uygulanmasından dolayı dentinde meydana gelen olumsuz etkilerin önlenmesi gibi avantajları bulunmaktadır.<sup>19</sup> Ancak geleneksel olarak hem  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  apeksifikasyonu hem MTA ile apikal tıkaç oluşturulması, ince dentin duvarlarının kalınlaşmasını ve kök uzunluğunda artışı sağlayamamaktadır.<sup>20,21</sup>

### Rejeneratif Endodontik Tedavi ile Apeksogenezis

Rejeneratif endodontik tedavi, dişin dentin, kök ve dentin-pulpa kompleksindeki hasarın tedavisi için yapılan biyolojik temelli tedavilerdir.<sup>22</sup> Bu prosedürlerin uygulanmasındaki hedef, nekrotik hale gelmiş pulpa ve açık apekse sahip gelişmekte olan dişlerde klinik semptomların ortadan kaldırılması ve apikal lezyonun iyileşmesini sağlarken aynı zamanda kök duvarlarının kalınlığının artması ve kök gelişiminin devam etmesini sağlamaktır.<sup>23</sup> Bu şekilde diş kökleri, daha dayanıklı bir yapıya sahip olabilmektedir. Ancak apeksogenezis tedavisinde kullanılan bazı materyallerden dolayı renk değişikliği, antibiyotikli patların kullanımına bağlı bakteri direncinin gelişmesi, alerjik reaksiyonlar gibi klinik ve biyolojik komplikasyonlar gözlenebilmektedir.<sup>24</sup> Apeks çapı ve hasta yaşı rejeneratif endodontik tedavinin başarısını etkileyen faktörlerdir. Açık apeksli bir diş, mezenkimal kök hücrelerin kanal içine doğru göç etmesine izin vererek konak hücrenin kök kanal boşluğunda yeni doku oluşturmaya olanak sağlamaktadır. Apikal açıklık miktarı arttıkça bu göç kolaylaşmaktadır. Hastanın yaşı ise, kök oluşumu aşaması ve apikal çap ile doğrudan ilişkilidir.<sup>25</sup> Estefan ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada rejeneratif endodontik tedavi uygulanmış 9-18 yaş arası hastalarda 12 ay sonunda yapılan değerlendirmede 9-13 yaş arasında rejeneratif endodontik tedavi uygulamalarının daha başarılı sonuç verdiği bildirilmiştir.<sup>26</sup> Bu durum genç hastaların daha fazla iyileşme kapasitesine sahip olması ve kök hücre rejeneratif potansiyelinin daha yüksek olması ile ilişkilendirilmiştir.<sup>26-28</sup> Ayrıca,

rejeneratif endodontik tedavi uygulamalarının süt dişlerinde gerçekleştirilmesinin, daimi dişlerin sürme düzeninde bozulmaya yol açabileceği bildirilmiştir. Bu nedenler rejeneratif endodontik tedaviler süt dişlerinde önerilmemektedir.<sup>29</sup> Kök morfolojisi vaka seçiminde dikkate alınması gereken bir diğer husustur. Yapılan çalışmalar, preoperatif olarak daha geniş apikal çaplara ( $\geq 1$  mm) sahip dişlerde kök kalınlığı, uzunluğu ve apikal daralma konusunda daha büyük artışlar olduğunu göstermiştir.<sup>26</sup> Kontrolsüz diyabet, uzun süreli hormon ilacı kullanımı veya immün sistem bozukluğuna sahip hastalarda kökteki enfeksiyonu kontrol altına almak zordur ve kontrol edilmeyen hipertansiyon hastalarında, serebrovasküler hastalarda ve koroner arter hastalıklarında rejeneratif endodontik tedavi önerilmemektedir.<sup>30</sup>

Iwaya ve ark.'nın 2001 yılında apikal kanama oluşturarak yaptığı çalışma, rejeneratif endodonti alanında yapılan çalışmaların temelini oluşturmuştur. Yapılan bu çalışmada 13 yaşındaki bir hastada nekrotik ve immatür mandibular ikinci premolar dişte standart kanal tedavi protokolü ve apeksifikasyon yerine rejeneratif tedavi denendiği ve yapılan bu çalışmanın sonucunda yapılan radyografik incelemede, antimikrobiyal protokolün tamamlanmasından 5 ay sonra apikal kapanmanın başladığı görülmüştür. Kanal duvarının kalınlaşması ve tam apikal kapanmanın 30 ay sonra doğrulanması, genç bir daimi diş pulpasının bakteri içermeyen bir kanal boşluğuna yeniden oluşması potansiyelini göstermiştir.<sup>31</sup>

Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda, vitalitesini kaybetmiş matür dişler üzerinde rejeneratif endodontik prosedür uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, klinik semptomların düzeldiği ve vitalite testine pozitif yanıt alınabildiği bildirilmiştir. Ancak daha uzun süreli takip süresine ve kanıta dayalı daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.<sup>32,33</sup>

### Rejeneratif Endodontik Uygulamalar

Rejeneratif endodontik tedavilerin amacı biyolojik temelli prosedürler ile dentin-pulpa kompleksi hücrelerinin fonksiyonlarının ve canlılığının tekrar kazanılmasıdır.<sup>34</sup> Doku mühendisliği, insan hücrelerini veya doku ve organlarını yenileyerek kaybedilmiş fonksiyonları onarmak amacıyla kullanılan multidisipliner bir alandır.<sup>35</sup> Bu amaçla rejeneratif endodontide doku mühendisliği kök hücreler, büyüme faktörleri ve doku iskeletleri olmak üzere 3 ana unsuru içermektedir.<sup>36</sup>

### Kök Hücreler

Bütün dokuların kökeni olan kök hücreler sürekli bölünebilirler ve değişik hücre türlerine dönüşerek farklı dokuları oluşturabilirler.<sup>37</sup> Oral dokularda birçok kök hücre mevcut olup, rejeneratif tedavilerde çoğunlukla daimi diş pulpası kök hücreleri (DPSCs), apikal papilla kök hücreleri (SCAPs), süt dişi pulpası kök hücreleri (SHEDs), periodontal ligament kök hücreleri (PDLSCs) ve dental folikül kök hücreleri (DFSCs) rol almaktadır.<sup>38</sup>

SHED özellikle nörorejeneratif açıdan aktif multipotent kök hücrelerdir.<sup>39</sup> Pulpal rejenerasyonda çevredeki ağrı, basınç, sıcaklık gibi değişikliklere tepki verilmesini sağlayan nosiseptörlerin ve kan damarlarının oluşumuna yardımcı olur. SHED'lerin en büyük dezavantajı ise bu hücrelerin saklanması zor olmasıdır.<sup>40</sup>

DPSC, odontoblast benzeri hücrelere dönüşebilme ve dentin-pulpa kompleksine benzeyen bir yapı oluşturabilme potansiyeli ile odontoblastların yedek bir kaynağı olarak görülmektedir.<sup>41</sup>

SCAP, gelişmekte olan dişlerin apikal papillasından elde edilmektedir ve farklı analizler sonucunda DPSC'lerden farklı olduğu görülmüş ve proliferasyon ve mineralizasyon özellikleri yönüyle DPSC'lerden daha gelişmiş bir potansiyele sahip olduğu keşfedilmiştir.<sup>42</sup> Ayrıca kök dentini için primer odontoblast kaynağı olduğu ve aynı zamanda kök gelişiminde önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir.<sup>43</sup>

Dental folikül kök hücreleri diş germini çevreleyen mezenkimal dokuyu oluşturur. Dental kök gelişimi boyunca alveoler kemik, periodontal ligament, osteoblast, sementoblast ve fibroblastların oluşumundan sorumludur.<sup>44</sup>

Kemik ve sement oluşumunda rol alan PDLSC diş kökünün çevresindeki kemik ve sement arasında bulunmaktadır.<sup>45</sup> Bazı mobilizasyon faktörlerinin PDLSC'lere uygulanması apikal kapanmanın sağlanmasına katkıda bulunabilir.<sup>46</sup>

Kemik iliği stromal kök hücreleri (BMMSC) osteoblastlara, adipositlere ve kondrositlere farklılaşma yeteneğine sahiptir.<sup>47</sup> Bu özellikleri sayesinde BMMSC'ler pulpa revaskülarizasyon tedavisi için iyi hücre kaynakları sağlayabilir.<sup>48</sup>

### Doku İskeleleri

Doku iskeleleri, kök hücrelerin hücre dışı matrikse ve birbirine bağlandığı ve kök hücrelerin farklılaşmasında anahtar rol oynayan büyüme

faktörlerinin bulunduğu yapıdır.<sup>49</sup> Doku iskelesine, konsantre büyüme faktörü (CGF), trombositten zengin plazma (PRP), trombositten zengin fibrin (PRF) ve kan pıhtısı örnek verilebilir. Bu örnekler rejeneratif endodontik tedavide denenmiş ve kullanılması için önerilen doku iskeleleridir.<sup>50</sup>

Kan pıhtısı, kök hücrelerin çoğalmasını ve hedef dokuya farklılaşmasını sağlayan büyüme faktörlerini içeren iskelelerdir.<sup>51</sup> Amerikan Endodontistler Derneği (AAE)'nin mevcut rejeneratif endodonti prosedürlerine göre kan pıhtısının içerdiği büyüme faktörlerinin indükleyici özelliğini ortaya çıkarmak ve bu sayede pulpa dokusunun fonksiyonlarının geri kazanılması için kök apeksinden 2 mm taşkın olacak şekilde enstrümantasyon ile kanama oluşturulmalıdır ve kanın kanal boşluğuna yerleşmesi sağlanmalıdır. Bu sayede iskele görevi görececek bir kan pıhtısı oluşturularak trombosit kaynaklı büyüme faktörünün (PDGF) ve mezenkimal kök hücrelerin bölgeye yerleşmesi sağlanmaktadır.<sup>8</sup> Ancak apikal kanamanın kanal içindeki boşluğa erişiminin sağlanması periapikal dokulardaki tahribat sebebiyle bazen mümkün olmayabilmektedir.<sup>52</sup> Ayrıca uygulanan anestezi solüsyondaki vazokonstriktörler de kan pıhtısı oluşumuna olumsuz etki edebilmektedir. Böyle bir olumsuz etki ile karşılaşmamak için vazokonstriktör içermeyen lokal anestezi uygulanmalıdır.<sup>53</sup>

PRP, bir kişinin kendi kanından elde edilen özel konsantre trombositler olarak hazırlanır ve büyüme faktörleri açısından zengin bir iskele görevi görebilmektedir.<sup>54,55</sup> PRP'deki trombositler, büyüme faktörlerinin salınmasını sağlayarak hasarlı pulpa dokusunun tedavisinde önemli bir rol oynamaktadır.<sup>56</sup> PRP'nin önemli bir avantajı kişinin kendi kanından yapıldığı için bulaşıcı hastalık riski olmamasıdır. PRP birçok avantaja sahip olmakla birlikte, lif polimerizasyonunu arttırmak için eklenen trombin ve kalsiyum klorürün çapraz enfeksiyon ve bağışıklık reddi gibi olumsuzlukları mevcuttur.<sup>57</sup> PRP, pıhtı oluşumundan sonraki ilk 15-60 dakika boyunca PRF'ye kıyasla önemli ölçüde daha fazla büyüme faktörü salmaktadır. PRP tarafından kısa sürede yüksek konsantrasyonlardaki biyoaktif moleküllerin salınmasının faydalı etkilerden sorumlu olabileceği söylenmiştir.<sup>58</sup> Sabetti ve ark.'nın yaptığı bir meta-analizin sonuçlarına göre kan pıhtı iskelesi protokolüyle karşılaştırıldığında hem PRP hem de PRF'nin birincil ve ikincil sonuçları değerlendirmede en büyük başarıyı gösterdiği ve PRP'nin 6-12 ayda kök uzamasındaki artış açısından daha başarılı olduğu görülmüştür.<sup>59</sup>



PRF, kök hücre proliferasyonu ve farklılaşmasına elverişli üç boyutlu bir mimariye sahip olması ve biyoaktif moleküller içermesi nedeniyle PRP'ye bir alternatiftir.<sup>60</sup> Bu otolog doku iskeleleri, rejeneratif vakalarda başarıyla kullanılabilen iskelelerdir.<sup>61</sup> PRF'deki bağışıklık hücreleri ve hücreler arası iletişim sağlayan sitokinler de enfeksiyona karşı savaşabilir.<sup>62</sup> PRF'nin PRP'ye kıyasla büyüme faktörlerinin daha uzun süreli salınmasına olanak tanıyan yoğun ve stabil bir fibrin ağından oluşması ise PRF'nin bir diğer avantajıdır.<sup>58</sup>

CGF, yüksek miktarda büyüme faktörü salgılamakta ve üstün rejeneratif kapasite sergilemektedirler.<sup>63</sup> CGF'den üretilen iskele, doğala benzer bir yapıdadır ve bol miktarda büyüme faktörü ve protein içermektedir.<sup>64</sup> CGF'nin iskele olarak kullanımında SCAP'leri kanal boşluğu içerisine doğru yerleşmesini sağlayarak pulpanın rejenerasyonunu teşvik etmede uygun biyolojik özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir.<sup>65</sup>

Gelişimini tamamlamamış nekrotik dişlerin rejenerasyonunda trombosit konsantrasyonlarına ilişkin klinik çalışmaların üzerine yapılan bir sistematik incelemede, PRP veya PRF'nin iskele olarak kullanımının dentin duvarlarının kalınlığının artması ve kök gelişiminin sağlanmasında kan pıhtısının iskele olarak kullanımından önemli ölçüde üstün olmadığını göstermiştir.<sup>66</sup>

İmmatür nekrotik dişlerde apeksifikasyon ve rejeneratif endodontik tedavi uygulanmasının klinik sonuçlarının karşılaştırıldığı bir sistematik incelemede, otolog trombositlerin apikal kapanmayı ve pulpa vitalite testlerin yanıtı önemli ölçüde iyileştirdiği sonucuna varılmıştır. Buna karşın, rejeneratif endodontik prosedür ile tedavi edilen olgunlaşmamış nekrotik dişlerde kök uzaması, dentin duvarı kalınlığı veya başarı oranı açısından kan pıhtısı oluşturulması veya otolog trombositler arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.<sup>67</sup> Bu bulgu Panda ve ark. tarafından yapılan diğer çalışmaların sonuçlarıyla da desteklenmiştir.<sup>68</sup> Bunun olası sebeplerinden birisi olarak periapikal bölgeden kanamanın indüklenmesi ve immatür nekrotik dişlerin revaskularizasyon prosedüründe kök kanalına kan pıhtısı gönderilmesinin anjiyogenezi destekleyen bir iskele görevi görmesi, periapikal bölgeden kök hücrelerin göçü için bir yol sağlaması ve pulpa rejenerasyonunu ve kökün olgunlaşmasını indüklemesi gösterilmektedir.<sup>69</sup>

Shivashankar ve ark.<sup>61</sup> 9 yaşındaki erkek bir hastanın vitalitesini kaybetmiş maksiller santral kesici dişine

rejeneratif endodontik tedavi yapılmış ve iskele olarak PRF kullanılmıştır. İlgili dişin 1 yıl sonraki radyografik incelemesinde dentin duvarlarında kalınlaşmanın devam ettiği, kök uzaması, periapikal lezyonun gerilediği ve apikal kapanmanın devam ettiği görülmüştür ve iskele olarak PRF'nin kullanılabilecek uygun bir biyomateryal olduğu sonucuna varmışlardır.<sup>61</sup> İmmatür nekrotik dişlerde apeksifikasyon ve rejeneratif endodontik tedavi uygulanmasının klinik sonuçlarının karşılaştırıldığı bir sistematik incelemenin sonuçlarına göre PRF'nin PRP'den daha iyi sonuçlara sahip olduğu görülmüştür.<sup>67</sup> Bunun nedenleri arasında PRF'nin PRP'ye kıyasla büyüme faktörlerinin daha yavaş salınmasına olanak tanıyan yoğun ve stabil bir fibrin ağından oluşması olarak düşünülmektedir.<sup>58</sup> Faizuddin ve ark.'nın yaptığı çalışmada da benzer olarak immatür daimi dişlerde PRF'nin uygun bir iskele olduğunu söylemişlerdir.<sup>70</sup>

### Büyüme Faktörleri

Günümüzde rejenerasyon tedavilerinde kullanılan büyüme faktörleri, hücre davranışlarını yönlendirmeleri ve doku tamirini destekleme gibi özelliklerinden dolayı önemli araştırma konularından birisidir.<sup>71</sup> Bu faktörler, hücreler arası iletişimde önemli bir rol oynamaktadır ve organizmanın gelişimini, büyümesini, doku onarımını ve denge süreçlerini düzenlemektedir. Büyüme faktörleri dokudaki rejenerasyonun sağlanması amacıyla genellikle iskele içerisinde yerleştirilmektedirler ve aynı zamanda dentin matriksinden salınabilmektedirler.<sup>72,73</sup> Dentin matriksine gömülü olan ve odontoblastlar tarafından salgılanan büyüme faktörlerinin çürük gibi sebeplerle demineralizasyon gerçekleştiğinde ve kök kanalının dezenfeksiyonu için kullanılan etilen diamin tetra asetik asit (EDTA), sodyum hipoklorit (NaOCl), klorheksidin diglukonat (CHX) gibi irrigasyon solüsyonları ile kanal içi medikamanların uygulanmasıyla salınabileceği gösterilmiştir.<sup>74,75</sup>

### Rejeneratif Endodontik Tedavi için Klinik Hususlar

AAE, bu konuda "Rejeneratif Prosedür için Klinik Hususlar" klavuzunu geliştirmiştir.<sup>23</sup> AAE'nin rejeneratif endodonti için geçerli klinik protokollerine göre, kök kanalının dezenfektanlarla mekanik preparasyon olmadan temizlenmesi ve kanal boyundan 2 mm taşkın olacak şekilde enstrümantasyon ile kanamanın oluşturulması ve kanal boşluğuna yerleşmesi gerekmektedir. Oluşturulan kan pıhtısı, pulpa boşluğunda yeni doku oluşumunda bir iskele olarak görev görecek

ve kök hücrelerin bölgeye gelmesini sağlayacaktır ve bu sayede kök oluşumu devam edecektir.<sup>76</sup> AAE prosedürlerine göre tedavinin başarısı belirli hedefler ile ölçülmektedir. İlk hedef hastanın mevcut semptomlarının giderilmesi ve kemik dokunun iyileşmesidir. İkincil hedef, ilgili dişte kök uzunluğunda ve kök genişliğinde artış görülmesidir. Fakat bu durum istenilir ancak gerekli değildir olarak belirtilmiştir. Üçüncül hedef ise dişe yapılan canlılık testlerine pozitif yanıt alınmasıdır. Ayrıca Avrupa Endodonti Derneği (ESE), revitalizasyon prosedürlerini klinik kılavuzla birlikte yayınlamıştır.<sup>77</sup> AAE tedavi prosedürü ile ESE tarafından yayınlanan prosedür arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Anestezik solüsyonda bulunan ve vazokonstriksiyon sağlayan epinefrin nedeniyle kan pıhtısının oluşturulamaması, kök hücrelerin göçünü engellemektedir.<sup>53</sup> Bu sebeple AAE, vazokonstriktör içermeyen %3'lük mepivacaine kullanımını önermiştir. Ayrıca pulpa dokusunun endodontik alet ile temizlenmesiyle ilgili bir bilgi verilmemiştir. NaOCl kullanımında ise uygun konsantrasyon %1.5 olarak belirtilmiştir. AAE prosedürüne göre 2.seans randevusu 1-4 hafta sonra verilmektedir. Ayrıca 6, 12, 24. aylarda ve ilk 2 yıldan sonra yıllık olarak takip önerilmektedir. Klinik ve radyografik muayenede ağrı, yumuşak dokuda şişlik veya sinüs yolu, apikal radyolusensi, kök duvarlarının genişliğinin artması, kök uzunluğunda artış ve pulpa canlılık testlerine yanıt değerlendirilmelidir. Kök duvar genişliğinde artış genellikle kök uzunluğundaki artıştan önce görülür ve tedaviden 12-24 ay sonra ortaya çıkmaktadır.<sup>23</sup>

ESE görüş bildirisinde ise, mevcut öneriler vazokonstriktör içermeyen anestezik solüsyonların kullanımı olmasına rağmen, oluşabilecek ağrı hissinin kan pıhtısı oluşumunu engelleyebileceği belirtilmiştir.<sup>77,78</sup> Ayrıca, uygun endodontik aletler kullanılarak herhangi bir mekanik enstrümantasyon yapılmaksızın nekrotik pulpa dokusu temizlenmektedir. İrrigasyon solüsyonu olan NaOCl'in uygun konsantrasyonu % 1,5 ile % 3 arası olarak belirtilmiştir. NaOCl'nin canlı dokulara sitotoksik etkisini azaltmak için 5 ml steril serum fizyolojik ile yıkama önerilmiştir. Ayrıca üçlü antibiyotik patının dezavantajlarına bağlı olarak Ca(OH)<sub>2</sub> kullanımının önerildiği bildirilmiştir. Bu prosedüre göre, ikinci seans randevusu 2-4 hafta sonra verilmelidir. Takip randevuları ise 6, 12, 18, 24. aylarda olmalıdır ve takip programı 5 yıl boyunca devam etmelidir. Ancak uzun süredir devam eden enfeksiyon vakalarında, enflamasyon belirtilerinin ortadan kaldırılmasının zor olduğu durumlarda (örneğin

kanal içi medikamentin ikinci kez uygulanması), enflamatuvar kök rezorpsiyonu varlığında ve alternatif tedavinin değerlendirilebileceği durumlarda (örneğin ototransplantasyon) 3 aylık takipler önerilmektedir. Ayrıca ortodontik tedavi planlanan vakalarda, dişlerin revitalizasyonundan sonra iltihaplanma ve apikal kök rezorpsiyonunun daha belirgin olabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle kemik iyileşmesi beklenmeli, revitalizasyon sonrası dişler ortodontik tedavi kapsamı dışında tutulmalı veya ortodontik tedavi sırasında takip aralıkları kısaltılmalıdır.<sup>77,79</sup>

### Rejeneratif Endodontik Tedavide Kullanılan İntrakanal İrrigasyon Solüsyonları

Bakteriyel eliminasyon, rejeneratif endodontik tedavide sağlanması gereken ön koşuldur.<sup>80,81</sup> Rejeneratif endodontik prosedürde yaygın olarak kullanılan kök kanal irrigasyon solüsyonları CHX, EDTA ve NaOCl'dir.<sup>82</sup> AAE prosedürlerine göre önerilen ideal NaOCl oranı %1,5 olarak belirlenmiştir. Zizka ve ark.'nın 2021 yılında yaptıkları bir çalışmada %1'lik NaOCl kullanılan olguların klinik başarısının düşük olduğu belirtilmiştir.<sup>83</sup> Yüksek konsantrasyonlarda NaOCl kullanımının ise kök hücreler için zararlı etkileri olduğu bildirilmiştir.<sup>84,85</sup> NaOCl'nin yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığı durumlarda, kök kanal mikroçevresini olumsuz yönde değiştirdiği ve kök hücre sağ kalımını ve tutunmasını azalttığı belirtilmektedir.<sup>86</sup>

Dentin yüzeyine EDTA uygulanması hücrelerin göçünü, yapışmasını ve farklılaşmasını sağlarken aynı zamanda etkili bir şekilde TGF- $\beta$  salgıladığı bilinmektedir.<sup>87</sup> EDTA ile irrigasyon dentin dokusunda demineralizasyona neden olarak dentin matrisinden büyüme faktörlerinin salınmasını, DPSC'lerin migrasyonunu ve farklılaşmasını sağlamaktadır.<sup>88,89</sup> ESE ve AAE'nin klinik kılavuzları, hücre canlılığını, farklılaşmasını optimize etmek ve büyüme faktörlerinin dentin matrisinden salınımını arttırmak için rejeneratif endodontik prosedürde NaOCl kullanımından sonra %17'lik EDTA kullanılmasını tavsiye etmektedir. Farhad Mollashahi ve ark.'nın yaptığı bir çalışma %2'lik CHX, %5,25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA kullanımının SCAP üzerine etkileri karşılaştırılmıştır ve bu çalışmanın sonuçları CHX'in daha az sitotoksikiteye sahip olduğunu göstermiştir.<sup>90</sup>

### Rejeneratif Endodontik Tedavide Kullanılan İntrakanal Medikamanlar

Farklı enstrümantasyon sistemleri, kök kanal duvarlarının %2,6 ile %80 arasında öngörülemez bir alanını etkileyememektedir.<sup>91</sup> Bu alanlarda mikroorganizma varlığının devam etmesi tedavinin



başarısını da etkilemektedir. Rejeneratif endodontinin başarıyla sonuçlanabilmesi için mikroorganizmaları kanallardan tam olarak uzaklaştırmaya çalışılmalıdır. AAE protokülüne göre, immatür daimi dişlerin rejeneratif endodontik tedavisinde enfekte hale gelen kök kanallarındaki bakteri türlerini ortadan kaldırmak için antimikrobiyal etkisi sebebiyle üçlü ve ikili antibiyotik patı önerilen intrakanal medikamanlar arasındadır. Üçlü antibiyotik patı siprofloksasin, metronidazol ve minosiklinin 1-5 mg/ml'lik konsantrasyonda ve 1:1:1 oranında karıştırılması ile hazırlanmaktadır. Daha yüksek konsantrasyonlarda kullanılarak çalışmalar yapılmıştır ancak bu çalışmalar sınırlı sayıda olduğu için daha yüksek konsantrasyonlar şu anda önerilmemektedir. Diş renklenmeleri üçlü antibiyotik patında bulunan minosiklin ile ilişkilendirilmiştir. Bu sebeple minosiklin içermeyen ikili antibiyotik patı veya minosiklin yerine başka bir antibiyotik eklenmesi (örneğin klindamisin, amoksisilin, sefaklor) diğer bir alternatiftir. Minosiklin kullanımı durumunda renkleşmenin azaltılması için medikaman mine sement sınırı altında bırakılmalıdır ve pulpa odası bir dentin adeziv ile örtülmelidir.<sup>23</sup>

Antibiyotiklerin kombine kullanımında karşılaşılabilecek bazı riskler bulunmaktadır. Bakteri direnci gelişimi ve alerjik reaksiyon gelişmesi gibi durumlar söz konusu olabilmektedir.<sup>24,92</sup> Ancak yapılan bu antibiyotik kombinasyonunun polimikrobiyal enfeksiyonda etkili olacağı ve sinerjistik etkide bulunacağı varsayılmaktadır.<sup>93</sup>

Hoshino ve ark.<sup>94</sup> ile Sato ve ark.<sup>95</sup> kök kanallarında in vitro olarak üçlü antibiyotik patı kullanmıştır. Antibiyotik kombinasyonunun bakterisidal etkinliği sayesinde kök kanallarındaki bakterileri yok etmek için etkili olduğunu söylemişlerdir.

Rejeneratif endodontinin temellerini atan Iwaya ve ark.<sup>31</sup> tarafından yapılan çalışmada kanal dezenfeksiyonunu sağlamak için ikili antibiyotik patı kullanılmıştır ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Metronidazol ve siprofloksasin içeren ikili antibiyotik patı minosiklin içermediği için üçlü antibiyotik patı gibi istenmeyen diş renklenmelerine sebep olmamaktadır.<sup>96</sup> Sato ve ark., minosiklinin dişte renk değişimine neden olduğundan dolayı üçlü antibiyotik uygulanmasında minosikline alternatif bir antibiyotik kullanılmasını önermişlerdir.<sup>95</sup> Benzer şekilde Montero-Miralles ve ark., ikili antibiyotik patının minosiklin içermediğinden üçlü antibiyotik patına karşı iyi bir alternatif olduğunu vurgulamışlardır.<sup>97</sup> Ruparel ve ark.'nın yaptığı çalışmada ise ikili ve üçlü antibiyotik patı uygulanmasında SCAP'ların

sağ kalım oranlarına etkisi incelenmiş ve istatistiksel olarak bir farklılık bulunamamıştır.<sup>85</sup> Ancak, her iki antibiyotik patı da rejeneratif endodontide önerilse de uygun oranlarda hazırlanan üçlü antibiyotik patının kanallarda daha etkili bir antimikrobiyal olduğu da söylenmektedir.<sup>98</sup>

Gharechahi ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada siprofloksasin, metronidazol ve minoksiklin içeren üçlü antibiyotik patı, renklenmeye sebep olduğundan dolayı minoksiklin yerine sefaklor içeren antibiyotik patı ve ikili antibiyotik patının etkinliği incelenmiştir. Üçlü antibiyotik patında bulunan minosiklin yerine sefaklor kullanımının, bakterisidal etkinliği sağlarken aynı zamanda minosiklin ile ilişkili renk değişikliği komplikasyonlarını potansiyel olarak azaltılabilir olduğu sonucuna varmışlardır.<sup>99</sup>

Rejeneratif endodontik tedavi prosedürlerinde tercihler arasında bulunan üçlü antibiyotik patı başarılı sonuçlar vermesine rağmen minosikline bağlı renklenme, antibiyotikli pat kullanımına bağlı gelişen bakteriyel direnç ve alerjik reaksiyonlar gibi dezavantajlarından dolayı Ca(OH)<sub>2</sub> patı önerilen patlar arasındadır.<sup>77,100</sup> Antimikrobiyal etkinliğinin yüksek olması, büyüme faktörlerinin dentinden salınmasını uyarması, dişte renklenmeye sebep olmaması, rejeneratif endodontik tedavilerde tercih edilen seçenekler arasında olmasını sağlamaktadır.<sup>101</sup> Tagelsir ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada 3 hafta boyunca bekletilen bir E.faecalis biyofilmi üzerine Ca(OH)<sub>2</sub> ve ikili antibiyotik uygulanmış, sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre Ca(OH)<sub>2</sub> ve ikili antibiyotik patının biyofilm üzerine benzer etkisi olduğunu görülmüştür.<sup>102</sup> Berkhoff ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada üçlü antibiyotik patı ve Ca(OH)<sub>2</sub>'in kanaldan uzaklaştırılabilme başarısı incelenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre üçlü antibiyotik patının kanaldan temizlenmesinin daha zor olduğu ve Ca(OH)<sub>2</sub>'in kanaldan daha başarılı bir şekilde uzaklaştırılabildiğinden Ca(OH)<sub>2</sub> kullanımını önermişlerdir.<sup>103</sup>

### Rejeneratif Endodontik Tedavide Kullanılan Kalsiyum Silikat Esaslı Simanlar

MTA biyouyumlu, kan varlığında sertleşebilen, sert doku oluşumunu indükleyebilen ve yüksek pH özelliğiyle antibakteriyel etkiye sahip bir materyaldir.<sup>104</sup> Biodentin, uygulanabilirliği kolay, biyoaktif ve biyouyumlu bir materyal olduğu bilinmektedir.<sup>105</sup>

Arslan ve ark.'nın periapikal lezyona sahip dişler de rejeneratif endodontik prosedürlerini uyguladığı ve MTA kullanarak yaptıkları çalışmada MTA kullanımı

başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.<sup>106</sup>

Luo Z ve ark.'nın biodentin kullanımının SCAP üzerindeki etkilerini inceledikleri bir çalışmada biodentinin materyalinin pulpa ile temas ederek yerleştirildiğinde kök hücrelerin çoğalmasını, migrasyonunu ve adezyonunu önemli ölçüde artırdığını bulmuştur. Bu durumun biodentinin biyoaktivite ve biyouyumluluk gibi özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.<sup>107</sup>

Subramanyam ve ark.<sup>108</sup> yaptığı bir çalışmada, kan ve tükürüğün MTA ve biodentinin basınç direncine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre MTA ve biodentinin basınç direncinin kan ve tükürük kontaminasyondan önemli ölçüde etkilenmediği ve rejeneratif endodonti prosedürlerinde kullanımı uygun materyaller olduğu sonucuna varmışlardır. Metin girmek için buraya tıklayın veya dokununuz.

Elnaghy ve ark.<sup>109</sup> 60 adet çekilmiş insan maksiller kesici dişte AAE protokolüne göre rejeneratif endodontik prosedürü uygulamış ve siman olarak MTA ile biodentine karşılaştırılmıştır. 12 ay sonra yapılan kontrolde Biodentin ve MTA ile doldurulan dişlerin kırılma dirençleri arasında fark bulunmamıştır. Metin girmek için buraya tıklayın veya dokununuz.

### Sonuç

Farklı sebeplerle nekroz hale gelmiş immatür daimi dişlerde, kök gelişiminin devam etmesi ve dentin-pulpa kompleksinin onarımını sağlaması yönüyle rejeneratif endodontik prosedür başarıyla uygulanabilen ve apeksifikasyona alternatif bir tedavi seçeneğidir.

### Etik Kurul Onayı

Makalemiz derleme türünde olduğu için etik kurul onayı gerekmemektedir.

### Çıkar Çatışması

Bu makalede yazarlarının hiçbirinin makalede bahsi geçen konu veya malzemeyle ilgili herhangi bir ilişkisi, bağlantısı veya parasal çıkar durumu söz konusu değildir.

### Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

### Yazar Katkısı

Fikir: A.S.G., S.K. Tasarım: A.S.G., S.K. Denetleme: A.S.G., S.K. Kaynaklar: A.S.G., S.K. Malzemeler: A.S.G., S.K. Veri toplama: A.S.G., S.K. Analiz: A.S.G., S.K.; Literatür: A.S.G.; Yazı: A.S.G., S.K.; Eleştirel İnceleme: A.S.G., S.K.

**Kaynakça**

1. Rafter M. Apexification: a review. *Dent Traumatol.* 2005;21(1):1-8. doi: 10.1111/j.1600-9657.2004.00284.x.
2. Koç S, Del Fabbro M. Does the Etiology of Pulp Necrosis Affect Regenerative Endodontic Treatment Outcomes? A Systematic Review and Meta-analyses. *J Evid Based Dent Pract.* 2020;20(1):101400. doi :10.1016/j.jebdp.2020.101400.
3. Yang J, Zhao Y, Qin M, Ge L. Pulp revascularization of immature dens invaginatus with periapical periodontitis. *J Endod.* 2013;39(2):288-92. doi: 10.1016/j.joen.2012.10.017.
4. Mukhopadhyay S, Ghosh C, Roy P, Paul T. Dens evaginatus in association with supernumerary teeth: Report of a case. *Nigerian J Exp Clin Biosci.* 2014;2(1):64-6. doi:10.4103/2348-0149.135733.
5. Feigin K, Shope B. Regenerative Endodontics. *J Vet Dent.* 2017;34(3):161-78. doi:10.1177/0898756417722022.
6. Alaşam A. “Kök ucu Kapanmamış Genç Sürekli Dişlerde Kök Gelişimi Teşviki ve Tedavi Yöntemleri,” In Endodonti, Ankara: Özyurt Matbaacılık, 2012, pp.1303-1332.
7. Cvek M. Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endod Dent Traumatol.* 1992;8(2):45-55. doi: 10.1111/j.1600-9657.1992.tb00228.x.
8. Kim SG, Malek M, Sigurdsson A, Lin LM, Kahler B. Regenerative endodontics: a comprehensive review. *Int Endod J.* 2018;51(12):1367-88. doi: 10.1111/iej.12954.
9. Silujjai J, Linsuwanont P. Treatment Outcomes of Apexification or Revascularization in Nonvital Immature Permanent Teeth: A Retrospective Study. *J Endod.* 2017;43(2):238-45. doi: 10.1016/j.joen.2016.10.030.
10. Andreasen JO, Pitt Ford TR. A radiographic study of the effect of various retrograde fillings on periapical healing after replantation. *Endod Dent Traumatol.* 1994;10(6):276-81. doi:10.1111/j.1600-9657.1994.tb00084.x.
11. Mittmann CW, Kostka E, Ballout H, Preus M, Preissner R, Karaman M, Preissner S. Outcome of revascularization therapy in traumatized immature incisors. *BMC Oral Health.* 2020;20:207. doi:10.1186/s12903-020-01193-5.
12. J, Yang F, Li J, Hua F, He M, Song G. Treatment Outcomes of Regenerative Endodontic Procedures in Traumatized Immature Permanent Necrotic Teeth: A Retrospective Study. *J Endod.* 2022;48(9):1129-36. doi: 10.1016/j.joen.2022.03.015.
13. Swaikat M, Faus-Matoses I, Zubizarreta-Macho Á, Ashkar I, Faus-Matoses V, Bellot-Arcis C, Iranzo-Cortés JE, Montiel-Company JM. Is Revascularization the Treatment of Choice for Traumatized Necrotic Immature Teeth? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2023;12(7):2656. doi: 10.3390/jcm12072656.
14. Sheehy EC, Roberts GJ. Use of calcium hydroxide for apical barrier formation and healing in non-vital immature permanent teeth: a review. *Br Dent J.* 1997;183(7):241-6. doi: 10.1038/sj.bdj.4809477.
15. Lin JC, Lu JX, Zeng Q, Zhao W, Li WQ, Ling JQ. Comparison of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide for apexification of immature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Formos Med Assoc.* 2016;115(7):523-30. doi: 10.1016/j.jfma.2016.01.010.
16. Flanagan TA. What can cause the pulps of immature, permanent teeth with open apices to become necrotic and what treatment options are available for these teeth. *Aust Endod J.* 2014;40(3):95-100. doi: 10.1111/aej.12087.
17. Mohammadi Z, Dummer PMH. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J.* 2011;44(8):697-730. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01886.x.
18. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol.* 2002;18(3):134-7. doi:10.1034/j.1600-9657.2002.00097.x.
19. Kumar A, Yadav A, Shetty N. One-step apexification using platelet rich fibrin matrix and mineral trioxide aggregate apical barrier. *Indian J Dent Res.* 2014;25(6):809-12. doi: 10.4103/0970-9290.152210.
20. Moreno-Hidalgo MC, Caleza-Jimenez C, Mendoza-Mendoza A, Iglesias-Linares A. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 2014;47(4):321-31. doi:10.1111/iej.12154.
21. Felipe WT, Felipe MCS, Rocha MJ. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J.* 2006;39(1):2-9. doi:10.1111/j.1365-2591.2005.01037.x.
22. American Association of Endodontists Special Committee on the Scope of Endodontics. AAE Position Statement: Scope of Endodontics: Regenerative Endodontics. 2013.
23. AAE Clinical Considerations for a Regenerative Procedure Revised 5/18/2021.
24. Perron GG, Kryazhimskiy S, Rice DP, Buckling A. Multidrug therapy and evolution of antibiotic resistance: when order matters. *Appl Environ*

- Microbiol.* 2012;78(17):6137-42. doi:10.1128/AEM.01078-12.
25. Hargreaves KM, Diogenes A, Teixeira FB. Treatment options: biological basis of regenerative endodontic procedures. *J Endod.* 2013;39(3 Suppl):S30-43. doi: 10.1016/j.joen.2012.
26. Estefan BS, El Batouty KM, Nagy MM, Diogenes A. Influence of Age and Apical Diameter on the Success of Endodontic Regeneration Procedures. *J Endod.* 2016;42(11):1620-5. doi: 10.1016/j.joen.2016.06.020.
27. Nakashima M, Iohara K. Mobilized dental pulp stem cells for pulp regeneration: initiation of clinical trial. *J Endod.* 2014;40(4 Suppl):S26-32. doi: 10.1016/j.joen.2014.01.020.
28. Kellner M, Steindorff MM, Stempel JF, Winkel A, Kühnel MP, Stiesch M. Differences of isolated dental stem cells dependent on donor age and consequences for autologous tooth replacement. *Arch Oral Biol.* 2014;59(6):559-67. doi:10.4103/2348-0149.135733
29. Fang Y, Wang X, Zhu J, Su C, Yang Y, Meng L. Influence of Apical Diameter on the Outcome of Regenerative Endodontic Treatment in Teeth with Pulp Necrosis: A Review. *J Endod.* 2018;44(3):414-31. doi: 10.1016/j.joen.2017.10.007.
30. Wei X, Yang M, Yue L, Huang D, Zhou X, Wang X, et al. Expert consensus on regenerative endodontic procedures. *Int J Oral Sci.* 2022;14(1):55. doi: 10.1038/s41368-022-00206-z.
31. Iwaya SI, Ikawa M, Kubota M. Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. *Dent Traumatol.* 2001;17(4):185-7. doi: 10.1034/j.1600-9657.2001.017004185.x.
32. Mittal N, Baranwal HC, Kumar P, Gupta S. Assessment of pulp sensibility in the mature necrotic teeth using regenerative endodontic therapy with various scaffolds-Randomised clinical trial. *Indian J Dent Res.* 2021;32(2):216-20. doi: 10.4103/ijdr.ijdr\_253\_21.
33. Youssef A, Ali M, ElBokel A, Hassan R. Regenerative endodontic procedures for the treatment of necrotic mature teeth: A preliminary randomized clinical trial. *Int Endod J.* 2022;55(4):334-6. doi: 10.1111/iej.13681.
34. Chandki R, Kala M, Banthia P, Banthia R. From stem to roots: Tissue engineering in endodontics. *J Clin Exp Dent.* 2012;4(1):e66-71. doi: 10.4317/jced.50678.
35. Sedgley CM, Botero TM. Dental stem cells and their sources. *Dent Clin North Am.* 2012;56(3):549-61. doi: 10.1016/j.cden.2012.05.004.
36. Orti V, Collart-Dutilleul PY, Piglionico S, Pall O, Cuisinier F, Panayotov I. Pulp Regeneration Concepts for Nonvital Teeth: From Tissue Engineering to Clinical Approaches. *Tissue Eng Part B Rev.* 2018;24(6):419-42. doi: 10.1089/ten.TEB.2018.0073.
37. Zakrzewski W, Dobrzyński M, Szymonowicz M, Rybak Z. Stem cells: past, present, and future. *Stem Cell Res Ther.* 2019;10(1):68. doi: 10.1186/s13287-019-1165-5.
38. Campanella V. Dental Stem Cells: Current research and future applications. *Eur J Paediatr Dent.* 2018;19(4):257. doi: 10.23804/ejpd.2018.19.04.1.
39. Sakai K, Yamamoto A, Matsubara K, Nakamura S, Naruse M, Yamagata M, Sakamoto K, Tauchi R, Wakao N, Imagama S, Hibi H, Kadomatsu K, Ishiguro N, Ueda M. Human dental pulp-derived stem cells promote locomotor recovery after complete transection of the rat spinal cord by multiple neuro-regenerative mechanisms. *J Clin Invest.* 2012;122(1):80-90. doi: 10.1172/JCI59251.
40. Kobayashi Y, Shimizu E. Current and Future Views on Cell-Homing-Based Strategies for Regenerative Endodontics. *Clinical Approaches in Endodontic Regeneration.* 2018:139-59. doi:10.1007/978-3-319-96848-3\_8.
41. Dissanayaka WL, Hargreaves KM, Jin L, Samaranyake LP, Zhang C. The interplay of dental pulp stem cells and endothelial cells in an injectable peptide hydrogel on angiogenesis and pulp regeneration in vivo. *Tissue Eng Part A.* 2015;21(3-4):550-63. doi: 10.1089/ten.TEA.2014.0154.
42. Sonoyama W, Liu Y, Yamaza T, Tuan RS, Wang S, Shi S, Huang GT. Characterization of the apical papilla and its residing stem cells from human immature permanent teeth: a pilot study. *J Endod.* 2008;34(2):166-71. doi: 10.1016/j.joen.2007.11.021.
43. Bakopoulou A, Leyhausen G, Volk J, Tsiftoglou A, Garefis P, Koidis P, Geurtsen W. Comparative analysis of in vitro osteo/odontogenic differentiation potential of human dental pulp stem cells (DPSCs) and stem cells from the apical papilla (SCAP). *Arch Oral Biol.* 2011;56(7):709-21. doi: 10.1016/j.archoralbio.2010.12.008.
44. Handa K, Saito M, Yamauchi M, Kiyono T, Sato S, Teranaka T, Sampath Narayanan A. Cementum matrix formation in vivo by cultured dental follicle cells. *Bone.* 2002;31(5):606-11. doi: 10.1016/s8756-3282(02)00868-2.
45. Isaka J, Ohazama A, Kobayashi M, Nagashima C, Takiguchi T, Kawasaki H, Tachikawa T, Hasegawa K. Participation of periodontal ligament cells with regeneration of alveolar bone. *J Periodontol.* 2001;72(3):314-23. doi: 10.1902/jop.2001.72.3.314.
46. Wu Z, Dai W, Wang P, Zhang X, Tang Y, Liu L, Wang Q, Li M, Tang C. Periostin promotes migration, proliferation, and differentiation of



- human periodontal ligament mesenchymal stem cells. *Connect Tissue Res.* 2018;59(2):108-19. doi: 10.1080/03008207.2017.1306060.
47. Abdallah BM, Kassem M. New factors controlling the balance between osteoblastogenesis and adipogenesis. *Bone.* 2012;50(2):540-5. doi: 10.1016/j.bone.2011.06.030.
  48. Ruangsawasdi N, Zehnder M, Patcas R, Ghayor C, Siegenthaler B, Gjoksi B, Weber FE. Effects of Stem Cell Factor on Cell Homing During Functional Pulp Regeneration in Human Immature Teeth. *Tissue Eng Part A.* 2017;23(3-4):115-23. doi: 10.1089/ten.TEA.2016.0227.
  49. Kim JK, Shukla R, Casagrande L, Sedgley C, Nör JE, Baker JR Jr, Hill EE. Differentiating dental pulp cells via RGD-dendrimer conjugates. *J Dent Res.* 2010;89(12):1433-8. doi: 10.1177/0022034510384870.
  50. Glynis A, Foschi F, Kefalou I, Koletsi D, Tzanetakis GN. Regenerative Endodontic Procedures for the Treatment of Necrotic Mature Teeth with Apical Periodontitis: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J Endod.* 2021;47(6):873-82. doi: 10.1016/j.joen.2021.03.015.
  51. Dianat O, Mashhadi Abas F, Paymanpour P, Eghbal MJ, Haddadpour S, Bahrololumi N. Endodontic repair in immature dogs' teeth with apical periodontitis: blood clot vs plasma rich in growth factors scaffold. *Dent Traumatol.* 2017;33(2):84-90. doi: 10.1111/edt.12306.
  52. Nosrat A, Homayounfar N, Oloomi K. Drawbacks and unfavorable outcomes of regenerative endodontic treatments of necrotic immature teeth: a literature review and report of a case. *J Endod.* 2012;38(10):1428-34. doi: 10.1016/j.joen.2012.06.025.
  53. Dabbagh B, Alvaro E, Vu DD, Rizkallah J, Schwartz S. Clinical complications in the revascularization of immature necrotic permanent teeth. *Pediatr Dent.* 2012;34(5):414-7.
  54. Ogino Y, Ayukawa Y, Kukita T, Koyano K. The contribution of platelet-derived growth factor, transforming growth factor-beta1, and insulin-like growth factor-I in platelet-rich plasma to the proliferation of osteoblast-like cells. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(6):724-9. doi: 10.1016/j.tripleo.2005.08.016.
  55. Ding RY, Cheung GS, Chen J, Yin XZ, Wang QQ, Zhang CF. Pulp revascularization of immature teeth with apical periodontitis: a clinical study. *J Endod.* 2009;35(5):745-9. doi: 10.1016/j.joen.2009.02.009.
  56. Slavkin HC, Bartold PM. Challenges and potential in tissue engineering. *Periodontol 2000.* 2006;41:9-15. doi: 10.1111/j.1600-0757.2006.00172.x.
  57. Franco D, Franco T, Schettino AM, Filho JM, Vendramin FS. Protocol for obtaining platelet-rich plasma (PRP), platelet-poor plasma (PPP), and thrombin for autologous use. *Aesthetic Plast Surg.* 2012;36(5):1254-9. doi: 10.1007/s00266-012-9957-3.
  58. Kobayashi E, Flückiger L, Fujioka-Kobayashi M, Sawada K, Sculean A, Schaller B, Miron RJ. Comparative release of growth factors from PRP, PRF, and advanced-PRF. *Clin Oral Investig.* 2016;20(9):2353-60. doi: 10.1007/s00784-016-1719-1.
  59. Sabeti M, Ghobrial D, Zanjir M, da Costa BR, Young Y, Azarpazhooh A. Treatment outcomes of regenerative endodontic therapy in immature permanent teeth with pulpal necrosis: A systematic review and network meta-analysis. *Int Endod J.* 2024;57(3):238-55. doi: 10.1111/iej.13999.
  60. Murray PE. Platelet-Rich Plasma and Platelet-Rich Fibrin Can Induce Apical Closure More Frequently Than Blood-Clot Revascularization for the Regeneration of Immature Permanent Teeth: A Meta-Analysis of Clinical Efficacy. *Front Bioeng Biotechnol.* 2018;6:139. doi: 10.3389/fbioe.2018.00139
  61. Shivashankar VY, Johns DA, Vidyanath S, Kumar MR. Platelet Rich Fibrin in the revitalization of tooth with necrotic pulp and open apex. *J Conserv Dent.* 2012;15(4):395-8. doi: 10.4103/0972-0707.101926.
  62. Zhou R, Wang Y, Chen Y, Chen S, Lyu H, Cai Z, Huang X. Radiographic, Histologic, and Biomechanical Evaluation of Combined Application of Platelet-rich Fibrin with Blood Clot in Regenerative Endodontics. *J Endod.* 2017;43(12):2034-40. doi: 10.1016/j.joen.2017.07.021.
  63. Li Z, Liu L, Wang L, Song D. The effects and potential applications of concentrated growth factor in dentin-pulp complex regeneration. *Stem Cell Res Ther.* 2021;12(1):357. doi: 10.1186/s13287-021-02446-y.
  64. Honda H, Tamai N, Naka N, Yoshikawa H, Myoui A. Bone tissue engineering with bone marrow-derived stromal cells integrated with concentrated growth factor in Rattus norvegicus calvaria defect model. *J Artif Organs.* 2013;16(3):305-15. doi: 10.1007/s10047-013-0711-7.
  65. Hong S, Li L, Cai W, Jiang B. The potential application of concentrated growth factor in regenerative endodontics. *Int Endod J.* 2019;52(5):646-55. doi: 10.1111/iej.13045.
  66. Lolato A, Bucchi C, Taschieri S, Kabbaney AE, Fabbro MD. Platelet concentrates for revitalization of immature necrotic teeth: a systematic review of the clinical studies. *Platelets.* 2016;27(5):383-92. doi: 10.3109/09537104.2015.1131255.



67. Panda P, Mishra L, Govind S, Panda S, Lapinska B. Clinical Outcome and Comparison of Regenerative and Apexification Intervention in Young Immature Necrotic Teeth-A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2022;11(13):3909. doi: 10.3390/jcm11133909.
68. Panda S, Mishra L, Arbildo-Vega HI, Lapinska B, Lukomska-Szymanska M, Khijmatgar S, Parolia A, Bucchi C, Fabbro MD. Effectiveness of Autologous Platelet Concentrates in Management of Young Immature Necrotic Permanent Teeth-A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cells.* 2020;9(10):2241. doi: 10.3390/cells9102241.
69. Management of Non-Vital Permanent Teeth with Incomplete Root Formation. Available online: <https://ukdiss.com/examples/non-vital-permanent-teeth-incomplete-root.php> (accessed on 26 July 2021).
70. Faizuddin U, Solomon RV, Mattapathi J, Guniganti SS. Revitalization of traumatized immature tooth with platelet-rich fibrin. *Contemp Clin Dent.* 2015;6(4):574-6. doi: 10.4103/0976-237X.169858.
71. Nyberg E, Holmes C, Witham T, Grayson WL. Growth factor-eluting technologies for bone tissue engineering. *Drug Deliv Transl Res.* 2016;6(2):184-94. doi: 10.1007/s13346-015-0233-3.
72. Barrientos S, Stojadinovic O, Golinko MS, Brem H, Tomic-Canic M. Growth factors and cytokines in wound healing. *Wound Repair Regen.* 2008;16(5):585-601. doi: 10.1111/j.1524-475X.2008.00410.x.
73. Kim SG. Biological Molecules for the Regeneration of the Pulp-Dentin Complex. *Dent Clin North Am.* 2017;61(1):127-41. doi: 10.1016/j.cden.2016.08.005.
74. Smith AJ, Scheven BA, Takahashi Y, Ferracane JL, Shelton RM, Cooper PR. Dentine as a bioactive extracellular matrix. *Arch Oral Biol.* 2012;57(2):109-21. doi: 10.1016/j.archoralbio.2011.07.008.
75. Galler KM, Buchalla W, Hiller KA, Federlin M, Eidt A, Schiefersteiner M, Schmalz G. Influence of root canal disinfectants on growth factor release from dentin. *J Endod.* 2015;41(3):363-8. doi: 10.1016/j.joen.2014.11.021.
76. Lovelace TW, Henry MA, Hargreaves KM, Diogenes A. Evaluation of the delivery of mesenchymal stem cells into the root canal space of necrotic immature teeth after clinical regenerative endodontic procedure. *J Endod.* 2011;37(2):133-8. doi: 10.1016/j.joen.2010.10.009.
77. Galler KM, Krastl G, Simon S, Van Gorp G, Meschi N, Vahedi B, Lambrechts P. European Society of Endodontology position statement: Revitalization procedures. *Int Endod J.* 2016;49(8):717-23. doi: 10.1111/iej.12629.
78. Petrino JA, Boda KK, Shambarger S, Bowles WR, McClanahan SB. Challenges in regenerative endodontics: a case series. *J Endod.* 2010;36(3):536-41. doi: 10.1016/j.joen.2009.10.006.
79. Kindelan SA, Day PF, Kindelan JD, Spencer JR, Duggal MS. Dental trauma: an overview of its influence on the management of orthodontic treatment. Part 1. *J Orthod.* 2008;35(2):68-78. doi: 10.1179/146531207225022482.
80. Torabinejad M, Nosrat A, Verma P, Udochukwu O. Regenerative Endodontic Treatment or Mineral Trioxide Aggregate Apical Plug in Teeth with Necrotic Pulp and Open Apices: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod.* 2017;43(11):1806-20. doi: 10.1016/j.joen.2017.06.029.
81. Chrepa V, Joon R, Austah O, Diogenes A, Hargreaves KM, Ezeldeen M, Ruparel NB. Clinical Outcomes of Immature Teeth Treated with Regenerative Endodontic Procedures-A San Antonio Study. *J Endod.* 2020;46(8):1074-84. doi: 10.1016/j.joen.2020.04.008.
82. Kontakiotis EG, Filippatos CG, Tzanetakis GN, Agrafioti A. Regenerative endodontic therapy: a data analysis of clinical protocols. *J Endod.* 2015;41(2):146-54. doi: 10.1016/j.joen.2014.08.003.
83. Žižka R, Belák Š, Šedý J, Fačevićová K, Voborná I, Marínčák D. Clinical and Radiographic Outcomes of Immature Teeth Treated with Different Treatment Protocols of Regenerative Endodontic Procedures: A Retrospective Cohort Study. *J Clin Med.* 2021;10(8):1600. doi: 10.3390/jcm10081600.
84. Martin DE, De Almeida JF, Henry MA, Khaing ZZ, Schmidt CE, Teixeira FB, Diogenes A. Concentration-dependent effect of sodium hypochlorite on stem cells of apical papilla survival and differentiation. *J Endod.* 2014;40(1):51-5. doi: 10.1016/j.joen.2013.07.026.
85. Ruparel NB, Teixeira FB, Ferraz CC, Diogenes A. Direct effect of intracanal medicaments on survival of stem cells of the apical papilla. *J Endod.* 2012;38(10):1372-5. doi: 10.1016/j.joen.2012.06.018.
86. Trevino EG, Patwardhan AN, Henry MA, Perry G, Dybdal-Hargreaves N, Hargreaves KM, Diogenes A. Effect of irrigants on the survival of human stem cells of the apical papilla in a platelet-rich plasma scaffold in human root tips. *J Endod.* 2011;37(8):1109-15. doi: 10.1016/j.joen.2011.05.013.
87. Dos Reis-Prado AH, Abreu LG, Fagundes RR, Oliveira SC, Bottino MC, Ribeiro-Sobrinho AP, Benetti F. Influence of ethylenediaminetetraacetic acid on regenerative endodontics: A systematic review. *Int Endod J.* 2022;55(6):579-612. doi: 10.1111/iej.13728.
88. Galler KM, Widbiller M, Buchalla W, Eidt A, Hiller KA, Hoffer PC, Schmalz G. EDTA conditioning

- of dentine promotes adhesion, migration and differentiation of dental pulp stem cells. *Int Endod J*. 2016;49(6):581-90. doi: 10.1111/iej.12492.
89. Galler KM, D'Souza RN, Federlin M, Cavender AC, Hartgerink JD, Hecker S, Schmalz G. Dentin conditioning codetermines cell fate in regenerative endodontics. *J Endod*. 2011;37(11):1536-41. doi: 10.1016/j.joen.2011.08.027.
  90. Farhad Mollashahi N, Saberi E, Karkehabadi H. Evaluation of Cytotoxic Effects of Various Endodontic Irrigation Solutions on the Survival of Stem Cell of Human Apical Papilla. *Iran Endod J*. 2016;11(4):293-7. doi: 10.22037/iej.2016.7.
  91. Lopes RMV, Marins FC, Belladonna FG, Souza EM, De-Deus G, Lopes RT, Silva EJNL. Untouched canal areas and debris accumulation after root canal preparation with rotary and adaptive systems. *Aust Endod J*. 2018;44(3):260-6. doi: 10.1111/aej.12237.
  92. Barnes GW, Langeland K. Antibody formation in primates following introduction of antigens into the root canal. *J Dent Res*. 1966;45(4):1111-4. doi: 10.1177/00220345660450041501.
  93. Malu K, Khubchandani M. Triple Antibiotic Paste: A Suitable Medicament for Intracanal Disinfection. *Cureus*. 2022;14(9):e29186. doi: 10.7759/cureus.29186.
  94. Hoshino E, Kurihara-Ando N, Sato I, Uematsu H, Sato M, Kota K, Iwaku M. In-vitro antibacterial susceptibility of bacteria taken from infected root dentine to a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline. *Int Endod J*. 1996;29(2):125-30. doi: 10.1111/j.1365-2591.1996.tb01173.x.
  95. Sato I, Ando-Kurihara N, Kota K, Iwaku M, Hoshino E. Sterilization of infected root-canal dentine by topical application of a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline in situ. *Int Endod J*. 1996;29(2):118-24. doi: 10.1111/j.1365-2591.1996.tb01172.x.
  96. Akcay M, Arslan H, Yasa B, Kavruk F, Yasa E. Spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by various antibiotic pastes used in revascularization. *J Endod*. 2014;40(6):845-8. doi: 10.1016/j.joen.2013.09.019.
  97. Montero-Miralles P, Martín-González J, Alonso-Ezpeleta O, Jiménez-Sánchez MC, Velasco-Ortega E, Segura-Egea JJ. Effectiveness and clinical implications of the use of topical antibiotics in regenerative endodontic procedures: a review. *Int Endod J*. 2018;51(9):981-8. doi: 10.1111/iej.12913.
  98. Makandar SD, Noorani TY. Triple antibiotic paste—Challenging intracanal medicament: A systematic review. *Journal of International Oral Health*. 2020;12(3):189-96. doi: 10.4103/jioh.jioh\_213\_19.
  99. Gharechahi M, Kafi MH, Javidi M, Jafari N, Joibary Moghaddam M. The Efficacy of Different Antibiotic Compounds in Regenerative Treatment of Immature Necrotic Teeth. *Front Dent*. 2024;21:1. doi: 10.18502/fid.v21i1.14638.
  100. Kim JH, Kim Y, Shin SJ, Park JW, Jung IY. Tooth discoloration of immature permanent incisor associated with triple antibiotic therapy: a case report. *J Endod*. 2010;36(6):1086-91. doi: 10.1016/j.joen.2010.03.031.
  101. Mohammadi Z, Shalavi S. Is chlorhexidine an ideal vehicle for calcium hydroxide? A microbiologic review. *Iran Endod J*. 2012;7(3):115-22.
  102. Tagelsir A, Yassen GH, Gomez GF, Gregory RL. Effect of Antimicrobials Used in Regenerative Endodontic Procedures on 3-week-old *Enterococcus faecalis* Biofilm. *J Endod*. 2016;42(2):258-62. doi: 10.1016/j.joen.2015.09.023.
  103. Berkhoff JA, Chen PB, Teixeira FB, Diogenes A. Evaluation of triple antibiotic paste removal by different irrigation procedures. *J Endod*. 2014;40(8):1172-7. doi: 10.1016/j.joen.2013.12.027.
  104. Economides N, Pantelidou O, Kokkas A, Tziafas D. Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide aggregate (MTA) as root-end filling material. *Int Endod J*. 2003;36(1):44-8. doi: 10.1046/j.0143-2885.2003.00611.x.
  105. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod*. 1993;19(12):591-5. doi: 10.1016/S0099-2399(06)80271-2.
  106. Arslan H, Ahmed HMA, Şahin Y, Doğanay Yıldız E, Gündoğdu EC, Güven Y, Khalilov R. Regenerative Endodontic Procedures in Necrotic Mature Teeth with Periapical Radiolucencies: A Preliminary Randomized Clinical Study. *J Endod*. 2019;45(7):863-72. doi: 10.1016/j.joen.2019.04.005.
  107. Luo Z, Li D, Kohli MR, Yu Q, Kim S, He WX. Effect of Biodentine™ on the proliferation, migration and adhesion of human dental pulp stem cells. *J Dent*. 2014;42(4):490-7. doi: 10.1016/j.jdent.2013.12.011.
  108. Subramanyam D, Vasantharajan M. Effect of Oral Tissue Fluids on Compressive Strength of MTA and Biodentine: An In vitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(4):ZC94-6. doi: 10.7860/JCDR/2017/24510.9722.
  109. Elnaghy AM, Elsaka SE. Fracture resistance of simulated immature teeth filled with Biodentine and white mineral trioxide aggregate—an in vitro study. *Dent Traumatol*. 2016;32(2):116-20. doi: 10.1111/edt.12224.





# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v01i2009



**İmplant Destekli Sabit Protetik Restorasyonlarda Konvansiyonel Ölçü Teknikleri ile Dijital Ölçü Sistemlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi ve İmplant Tarama Gövdelerinin İncelenmesi**

**Comparative Evaluation of Conventional Impression Techniques and Digital Impression Systems in Implant-Supported Fixed Prosthesis and Investigation of Implant Scanbodies**

**Bige Koç<sup>1\*</sup>, Deniz Şen<sup>2</sup>**

## ÖZET

Günümüzde implant destekli sabit protetik restorasyonlarda dijital ölçü sistemlerinin kullanılmasıyla hasta konforunun ve hızlı bir iş akışının sağlandığı belirtilmektedir. Dijital ölçü sistemlerinin kullanıldığı durumlarda tek üyeli ve 3-4 implanta kadar olan kısmi dişsiz alanlarda konvansiyonel ölçü teknikleri ile benzer doğruluk elde edilebileceği ancak uzun dişsiz boşluklarda ve tam ark rehabilitasyonlarda ise tam istenilen sonuçlara ulaşamadığı bildirilmektedir. Dijital ölçünün doğruluğu ve netliği üzerine etkisi olduğu bilinen farklı materyal, boyut, şekil ve özelliklerde geliştirilmiş implant tarama gövdeleri ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Dijital ölçü, İmplant tarama gövdesi, Konvansiyonel ölçü

## ABSTRACT

It is stated that the use of digital impression systems in implant-supported fixed prosthesis provides patient comfort and an easier workflow. In cases where digital impression systems are used, similar accuracy can be obtained with conventional impression techniques in single-unit and partially edentulous areas up to 3-4 implants, but in long edentulous areas and full arch rehabilitations, the desired results cannot be achieved. There are studies on implant scanbodies developed in different materials, sizes, shapes and properties known to have an effect on the accuracy and precision of digital impressions.

**Keywords:** Conventional impression, Digital impression, Implant scanbody

<sup>1</sup>Doktora Öğrencisi., İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar: Bige Koç e-posta: [bige.koc@ogr.iu.edu.tr](mailto:bige.koc@ogr.iu.edu.tr), ORCID: 0009-0001-4004-6949, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

## Giriş

Protez terimleri sözlüğünde “bir nesnenin yüzeyinin negatif benzerliği veya ters kopyası; diş hekimliğinde kullanılmak üzere dişlerin ve komşu dokuların kaydının alınması” olarak tanımlanan ölçü aşaması protetik diş tedavisinin en önemli basamaklarından biridir.<sup>1</sup> Alınan ölçünün doğruluğu ve netliği üretilecek protetik restorasyonun uyumunu dolayısıyla da sağ kalımını etkilemektedir.<sup>2-4</sup>

İmplant destekli protetik restorasyonları diş destekli protetik restorasyonlardan ayıran en önemli özelliklerden biri, dental implantların dişlerde olduğu gibi periodontal ligamanlar ile kemiğe bağlanmaması ve dişlerin çevresinde bulunan periodontal ligamanların oluşturduğu periodontal aralıktan yoksun olmalarıdır.<sup>5</sup> Dental implantların dişler gibi fizyolojik hareket göstermemesi alınan ölçüde oluşan hataların telafisini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple implant destekli protetik restorasyonların pasif uyum göstererek implantlar üzerinde, protetik restorasyonda veya çevre dokularda statik bir yük oluşturmaması ileriye dönük oluşabilecek biyolojik ve mekanik komplikasyonların engellenmesinde son derece önemlidir.<sup>2-4</sup> Hastaya uygun kaşık seçimi veya kişiye özel ölçü kaşığı kullanılması, ölçü postlarının doğru kuvvet ile vidalanması ve ölçü alımı sırasında hareket etmemesi, ölçü maddesinin homojen bir şekilde karıştırılıp doğru zamanda ağıza adapte edilmesi, veya alınan ölçünün alçı modele aktarımı sırasında alçının doğru kıvamda hazırlanması ve dökülmesi aşamalarında da oluşabilecek hatalar pasif uyum bozulabilir.<sup>2-4,6,7</sup> Günümüzde konvansiyonel ölçü teknikleri ile protetik olarak rehabilite edilecek alanın ölçüsünün alınmasından modelin hazırlanmasına kadar yaşanabilecek aksaklıklar ağız içi tarayıcıların kullanılmasıyla önlenebilir hale gelmiştir.<sup>5,6</sup> Bu sistemler ile hasta ağzının 3 boyutlu modeli alınarak kullanacak olan yazılım programlarına uygun veri formatının iletilebilmesi sağlanmaktadır.<sup>3,5,8</sup>

## İmplant Destekli Sabit Protetik Restorasyonlarda Konvansiyonel Ölçü Teknikleri

İmplant destekli sabit protetik restorasyonların alınan konvansiyonel ölçülerinde kaşık cinsine göre açık kaşık methodu (direkt teknik/pick up yöntemi), kapalı kaşık methodu (indirekt teknik/transfer yöntemi) ve snap-on (snap-fit) methodu kullanılabilirken ölçünün seviyesine göre ise abutment seviyesinde veya implant seviyesinde ölçü alınabilmektedir.<sup>9,10</sup> Konvansiyonel ölçü teknikleri Tablo 1’de <sup>5,6,9,11-13</sup>, anterior bölgede konvansiyonel ölçü alınırken periimplanter çıkış profilinin ölçü postlarına aktarımında kullanılan direk ve indirekt teknik Tablo 2’de açıklanmıştır.<sup>6,14</sup>

İmplant destekli protetik restorasyonlarda konvansiyonel ölçü tekniklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada doğruluk seviyesi en yüksek ölçü tekniğinin polieter ölçü materyalinin kare şekilli ölçü postları ile birlikte kullanıldığı açık kaşık methodu (direkt teknik) olduğu gösterilmiştir.<sup>15</sup> Bir başka çalışmada, çok sayıda implantın olduğu ve bu implantların açılarının birbirleri ile paralel olmadığı durumlarda açık kaşık tekniği ile polieter ölçü materyalinin kullanımı sonucu başarılı sonuçlar elde edilmiştir. İmplant destekli protetik restorasyonlarda polieter ölçü materyalleri; boyutsal stabilitelerinin iyi olması, yüksek yırtılma direncine sahip olmaları ve ayrıntılı ölçü elde edilebilme özellikleri nedeniyle tercih edilmektedirler.<sup>5,16,17</sup>

İmplant destekli sabit protetik restorasyonlarda konvansiyonel ölçü tekniklerinin kullanılmasının başlıca avantajı olarak ekonomik olması gösterilebilirken dezavantajları olarak da ölçü malzemelerinin belirli bir raf ömrü olması, homojen ve firmanın önerilerine uygun karıştırılmadıklarında distorsiyona uğrayabilmeleri, alınan ölçünün alçı modele aktarılmasının gereksinimi ve çok aşamalı bir sistem olması sebebi ile hasta olasılığının da yüksek olması gösterilebilir.<sup>6,18,19</sup>



**Tablo 1:** İmplant destekli sabit protetik restorasyonlarda konvansiyonel (geleneksel) ölçü teknikleri <sup>5,6,9,11-13</sup>

| <b>İmplant Destekli Sabit Protetik Restorasyonlarda Konvansiyonel (Geleneksel) Ölçü Teknikleri</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kaşık Cinsine Göre</b>                                                                          | <p><b>1) Açık kaşık methodu (direkt teknik / pick up yöntemi):</b><br/>Hasta için üretilmiş bireysel ölçü kaşığına ölçü postlarına karşılık gelen bölgelere delikler açılır. Açık kaşık methoduna uygun ölçü postları hasta ağızında reçine ile bağlanarak splintlenir. Ölçü postlarının vidası çözülerek hem ölçü postları hem de kaşık aynı anda ağızdan çıkartılır. İmplant sayısının yada implantlar arası açısal farkın fazla olduğu durumlarda tercih edilmektedir. En sık rastlanan komplikasyonu ölçü postunun ölçü çıkartılırken ya da implant analoguna bağlanırken hareket ederek distorsiyona sebep olmasıdır. Splintleme işlemi sırasında oluşan boyutsal değişim sebebiyle otopolimerizan materyalin sertleştikten sonra kesilerek tekrar bağlanması önerilmektedir.</p> |
|                                                                                                    | <p><b>2) Kapalı kaşık methodu (indirekt teknik / transfer yöntemi):</b><br/>Standart ölçü kaşığı ve kapalı kaşık methoduna uygun ölçü postları ile ölçü alınır. Ölçü postları ve uygun analog birleştirilerek ölçü içerisine yerleştirilir. 3 veya daha az implantın aynı anda ölçüsünün alınacağı durumlarda, bulantı refleksi olan veya interark mesafenin az olduğu hastalarda tercih edilmektedir.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                    | <p><b>3) Snap on-snap fit methodu:</b><br/>Metal bir ölçü postu ve bu ölçü postu ile uyumlu bir plastik post parçası ile ölçü alınır. Plastik post parçası ölçünün içerisinde kalarak metal ölçü postunun doğru konumda yerleştirilmesine rehberlik eder.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Ölçünün Seviyesine Göre</b>                                                                     | <p><b>1) Abutment seviyesinde ölçü:</b><br/>İyileşme başlığı çıkarıldıktan sonra abutment implanta önerilen torkta sabitlenir. Abutment prepare edilir ve konvansiyonel ölçü alınır. Laboratuvar aşamalarında teknik hassasiyetin sağlanabilmesi açısından önerilmemektedir.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                                                    | <p><b>2) İmplant seviyesinde ölçü:</b><br/>Kare şekilli ölçü postları kapalı kaşık methodunda, konik şekilli ölçü postları açık kaşık methodunda kullanılmaktadır. Geçici restorasyon yapımı için model elde edilmesine ve farklı abutment seçeneklerinin tercih edilebilmesine olanak sağlar.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**Tablo 2:** Anterior bölgede çıkış profilinin konvansiyonel ölçüye aktarılması sırasında kullanılan direk ve indirek tekniklerin açıklanması <sup>6,14</sup>

| <b>Anterior Estetik Alanda Çıkış Profilinin Konvansiyonel Ölçüye Aktarılması</b>                                                                                                                                               |                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Direkt Teknik</b>                                                                                                                                                                                                           | <b>İndirekt Teknik</b>                                                                                                     |
| Geçici restorasyonun çıkartılması                                                                                                                                                                                              | Geçici restorasyonun çıkartılması                                                                                          |
| Ölçü postunun implanta sabitlenmesi                                                                                                                                                                                            | Silikon rehber içerisine yerleştirilmiş implant analogu ile geçici restorasyonun birbirine sabitlenmesi                    |
|                                                                                                                                                                                                                                | Geçici restorasyonun etrafına light body silikon ölçü maddesi adapte edilerek çıkış profilinin negatifinin kayıt edilmesi  |
|                                                                                                                                                                                                                                | Geçici restorasyonun çıkartılması ve ölçü postunun implant analoguna bağlanması                                            |
| Geçici restorasyonun oluşturduğu çıkış profiline akışkan kompozit reçine enjeksiyonu yapılarak polimerizasyonun sağlanması<br>(Bu aşamada periimplanter yumuşak dokuda daralma görülmeden reçinenin enjeksiyonu yapılmalıdır.) | Geçici restorasyonun oluşturduğu çıkış profiline akışkan kompozit reçine enjeksiyonu yapılarak polimerizasyonun sağlanması |
| Hasta ağızında hazırlanmış kişiselleştirilmiş ölçü postu ile ölçü alınması                                                                                                                                                     | Silikon rehber içerisinde hazırlanmış kişiselleştirilmiş ölçü postu ile ölçü alınması                                      |

### İmplant Destekli Sabit Protetik Restorasyonlarda Dijital Ölçü Sistemleri

CAD/CAM sistemleri; ağız içi tarayıcı, restorasyonun dizaynının yapıldığı bilgisayar destekli tasarım bölümü (computer aided design) ve restorasyonun üretiminin yapıldığı üretim bölümü (computer aided manufacturing) olmak üzere 3 üniteden oluşur.<sup>8,20</sup> İlk üniteyi oluşturan ve konvansiyonel ölçülere alternatif olarak dijital ölçü tekniğinin kullanıldığı durumlarda yararlanılan ağız içi tarayıcılar, taraması yapılacak bölgeye yansıttıkları ışık ile dişlere, çevre dokulara ve implant tarama gövdelerine ait yüzey özelliklerini 3 boyutlu olarak kayıt eder ve sistemin hafızasında depolarlar.<sup>21</sup> Dijital ölçü sistemlerinde firmaların önerileri doğrultusunda farklı tarama patternlerinin kullanılması gerekmektedir.<sup>22</sup> Kullanılan tarama teknolojileri karşılaştırıldığında araştırmalarda anlamlı farklılıklar saptanmıştır.<sup>22-27</sup> 2021 yılında

yayınlanmış bir çalışmada ağız içi taramaların doğruluğunun taramayı yapan kişinin deneyimine, tarama genişliğine ve ağız içi tarayıcının teknolojisine bağlı olduğu bildirilmiştir.<sup>23</sup> 2023 yılında yayınlanan bir diğer çalışmada ise tarama teknolojisinin yanında ölçünün alınma süresinin de doğruluğu etkilediği görülmüştür.<sup>24</sup>

İmplant destekli sabit protetik restorasyonların üretim sürecinde direk, indirekt ve geleneksel dijital olmak üzere 3 farklı dijital iş akışı tercih edilebilir (Tablo 3).<sup>3,28-33</sup> Direkt iş akışında dijital ölçü sistemleri kullanılırken indirekt iş akışında konvansiyonel ölçü teknikleri kullanılmaktadır. Geleneksel dijital iş akışında ise ölçü dijital olarak alınırken tasarım ve üretim aşamaları dijital veya konvansiyonel yöntemler ile yapılabilir.<sup>28-30</sup>

**Tablo 3:** İmplant destekli sabit protetik restorasyonların üretiminde kullanılan üç farklı iş akışı<sup>3,28-33</sup>

| Direk Yöntem/ Hızlı Dijital İş Akışı                                                       | İndirek Yöntem/ Konvansiyonel Dijital İş Akışı                                                                              | Geleneksel Dijital İş Akışı                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| ↓                                                                                          | Konvansiyonel ölçü teknikleri ile ölçü alınması ve alçı modele aktarılması                                                  | ↓                                                                                        |
| İmplant tarama gövdeleri üzerinden alınan dijital ölçü ile 3 boyutlu model elde edilmesi   | Alçı modelin laboratuvar tarayıcısı ve laboratuvar tarama gövdeleri kullanılarak taranması ve 3 boyutlu model elde edilmesi | İmplant tarama gövdeleri üzerinden alınan dijital ölçü ile 3 boyutlu model elde edilmesi |
| Elde edilen modelin uygun dosya formatı ile tasarım ünitesine aktarılması                  | Elde edilen modelin uygun dosya formatı ile tasarım ünitesine aktarılması                                                   | Elde edilen modelin uygun dosya formatı ile laboratuvara gönderilmesi                    |
| Restorasyonun tasarımının yapılması                                                        | Restorasyonun tasarımının yapılması                                                                                         | Restorasyonun tasarımının konvansiyonel veya dijital olarak yapılması                    |
| Üretim ünitesinde restorasyonun eklemeli veya eksiltmeli sistemler kullanılarak üretilmesi | Üretim ünitesinde restorasyonun eklemeli veya eksiltmeli sistemler kullanılarak üretilmesi                                  | Restorasyonun üretiminin konvansiyonel veya dijital olarak yapılması                     |
| Restorasyonun hastaya teslim edilmesi                                                      | Restorasyonun hastaya teslim edilmesi                                                                                       | Restorasyonun hastaya teslim edilmesi                                                    |

İmplant destekli sabit protezlerin ölçülerinde dijital ölçü sistemleri ile ölçü alma sürecinin kısalması hastalar tarafından daha çok tercih edilmesine neden olmaktadır.<sup>28,36-38</sup> Hasta konforunu arttırmasının yanında tedavi planlaması esnasında hasta ile birlikte değerlendirme yapılmasına olanak sağlaması, implantın pozisyonu ve açısı ile birlikte çevresindeki mevcut protetik boşluğun, abutmentin tasarımının ve dişeti çıkış profilinin tedavi süresince değerlendirilebilmesi, restorasyon üretim sürecinin kısaltılması, arşiv oluşturulması, potansiyel çapraz

enfeksiyon riskinin ortadan kaldırılması ve ölçü materyalinin raf ömrü ya da saklama koşullarına bağlı hataların önlenmesi de avantajları arasındadır. Dezavantajları arasında ise sistemlerin yüksek maliyetli olması, tasarım yazılımı ile uyumlu implant tarama gövdeleri gerekebilmesi, kapalı sisteme sahip ağız içi tarayıcıların bilgi alışverişini kısıtlaması, subgingival alanların ölçüye aktarımının zor olması, tarama sırasında toz kullanımına ihtiyaç duyulabilmesi yer almaktadır.<sup>3,8,12,22,25,28,37-40</sup>

Stabil dokuların ölçüleri konvansiyonel veya dijital ölçü sistemleri ile elde edilebilirken hareketli dokuların ölçüleri yalnızca konvansiyonel ölçü teknikleri ile güvenilir bir şekilde alınabilmektedir. Bu durum implant destekli sabit protetik restorasyonların ölçülerinde avantaj sağlamaktadır.<sup>41-43</sup>

Ağız içi taraması yapılan dokuların özellikleri kadar tarama bölgesi genişliğinin dijital ölçünün doğruluğu üzerine etkisi olduğu bilinmektedir.<sup>8,20,22,30,44-46</sup> Özellikle tek üyeli ve 3-4 implanta kadar olan kısmi dişsiz boşlukların rehabilitasyonunu sağlayan implant destekli sabit protezlerin üretiminde; ağız içi tarayıcılar ile elde edilen dijital ölçülerin konvansiyonel teknikler ile elde edilen ölçüler ile karşılaştırıldığında benzer doğruluk gösterdiği fakat tam ark implant destekli protezlerin ölçülerinde konvansiyonel tekniklerin daha üstün doğruluk sağladığı bildirilmiştir. Uzun dişsiz boşluklarda veya tam ark taramalarda arkın boyu ile doğru orantılı olarak deviasyon görülmüştür.<sup>6,47-50</sup>

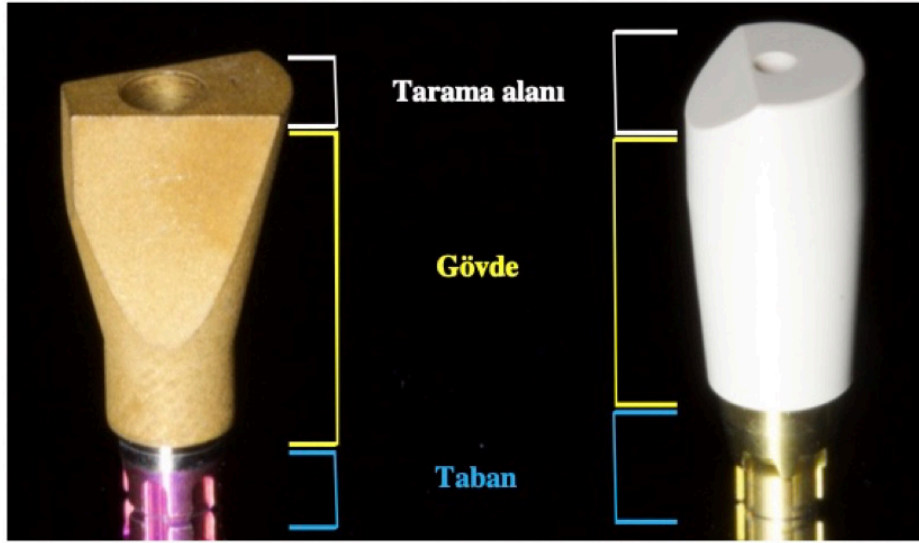
Yüzey nemliliğinin ve izolasyonun konvansiyonel ve dijital ölçülerin netliğini azaltacağı bilinmektedir. Nemin olmadığı kuru yüzeylerde çalışmanın klinik açıdan önemi vurgulanmaktadır. Dijital ölçü sistemleri kullanıldığında ağız içi sıvıların varlığının yansımaları sebep olarak ağız içi tarayıcıların doğruluğunu azaltacağı için, ağız içi sıvıların implant tarama gövdeleri ve taranacak bölgedeki yumuşak dokuların üzerinden uzaklaştırılarak izolasyonun sağlanması gerektiğini belirtmiştir.<sup>51-53</sup>

Anterior bölgede implant destekli sabit protetik restorasyonlarda doğal bir görünüm sağlamak için implantın konumunu ve aksını ölçüye doğru aktarmanın yanında periimplanter dokudaki çıkış profilinin de kayıt edilmesi gerekmektedir. Bu çıkış profili aynı zamanda implantı çevreleyen kemiğin ve yumuşak dokunun uzun dönem sağlığı açısından önemlidir.<sup>54</sup> Konvansiyonel ölçü tekniklerinde yumuşak dokuyu şekillendiren geçici restorasyon çıkartılıp ölçü postu implanta sabitleninceye kadar geçen sürede dokuda daralma görülebilir, bu sebeple geçici restorasyonun çıkış profilinin kopyası ölçü postlarına indirekt teknik ile aktararak kişisel çıkış profilinin muhafaza edildiği ölçüler alınmaktadır (Tablo 2’ de açıklanmıştır).<sup>14,54-56</sup> Dijital ölçü sistemlerinin kullanılmaya başlanması ile birlikte periimplanter çıkış profili 3 boyutlu olarak kayıt edilebilmektedir. Konvansiyonel ölçü tekniklerinde tek bir ölçü ile implantın konumu ve aksı, perimplanter çıkış profili ve yumuşak doku konturları kayıt edilebilirken dijital ölçü sistemlerinde aynı

verinin sağlanabilmesi için alınan dijital ölçülerin süperpozisyonu gerekmektedir.<sup>14,55,57</sup> G. Zucchelli ve ark. 2019’ da yayınladığı makalede, dijital bir yaklaşım ile direkt ve indirekt ölçü protokolü tanımlanmıştır. Direkt protokole göre 3 ayrı dijital ölçü alınması gerekmektedir bunlar; implant destekli geçici restorasyonların çevre dokuları ile birlikte alınan ölçüsü, geçici restorasyonun çıkarılmasını takiben çıkış profilinin ölçüsü ve implantın 3 boyutlu konum ve açısını kayıt etmek için tarama gövdesi ile alınan ölçüsüdür. Elde edilen üç dijital ölçü üst üste süperpoze edilir.<sup>14,55</sup> İndirekt protokolde ise periimplanter yumuşak dokunun ölçü alımı sırasında daralmasına bağlı hataları önlemek amacıyla geçici restorasyonun hasta ağzının dışında taraması yapılarak çıkış profilinin ölçüsü alınmaktadır.<sup>14,57</sup> Her iki protokolde de alınan dijital ölçülerin süperpozisyonu sonucu implantın 3 boyutlu konumu, yumuşak doku konturları, oklüzal ilişkiler, oklüzal dikey boyut ve estetik parametreler aynı model üzerinde kayıt edilmiş olur.<sup>57</sup> 2020 yılında direkt ve indirekt protokolü birleştiren Flinton ve ark.<sup>56</sup>, geçici restorasyonun çıkarılmasını takiben çıkış profilinin ve hasta ağzının dışında geçici restorasyonun doku yüzeyinin ölçülerini kullanarak tüm dijital ölçü verilerini süperpoze ederek elde ettiği ortak modeli daimi restorasyonun üretiminde kullanmıştır. Daha sonra 2023 yılında Gallardo ve ark.<sup>54</sup>, Flinton ve ark.nın yayınladığı protokole ek olarak geçici restorasyonun hasta ağzında yumuşak doku konturları ile birlikte alınan kaydı sırasında geçici restorasyonun vestibül yüzeyine kompozit reçine ile uygulama yaparak dijital ölçülerin süperpozisyonu sırasında belirgin bir referans noktası oluşmasını sağlamıştır. Yılmaz ve ark.<sup>58</sup> 2020 yılında yayınladığı makalede iyileşme başlığı ve implant tarama gövdesini birleştirerek geliştirdikleri dijital ölçü sistemi ile uygun çıkış profilinin sağlanabileceğini göstermişlerdir.

### İmplant Tarama Gövdelerinin İncelenmesi

İmplant tarama gövdeleri, implant destekli protetik restorasyonların dijital ölçülerinde implantın yönünü ve açısını kaydetmek için kullanılmaktadır.<sup>3,59,60</sup> İlk olarak Straumann tarafından scanbody olarak piyasaya sunulmuştur.<sup>3,59</sup> İmplant tarama gövdeleri; tarama bölgesi, gövde ve taban olmak üzere 3 kısımdan oluşur. Tarama bölgesinde taramayı optimize etmek için tasarlanmış bir veya daha fazla tarama alanı bulunabilmektedir. Bu tarama alanları yazılım tarafından daha kolay tespit edilebilmeleri için bir tarafı asimetrik diğer tarafı düz olarak tasarlanmıştır (Şekil 1).<sup>3,61-63</sup>



Şekil 1: İmplant tarama gövdelerinin bölgeleri

Günümüzde farklı materyal, şekil, boyut ve özellikleri barındıran birçok firmaya ait implant tarama gövdeleri bulunmaktadır (Şekil 2).<sup>3</sup> Polietereterketon, titanyum, alüminyum alaşımları ve reçine esaslı materyaller olmak üzere farklı materyallerden implant tarama gövdeleri üretilebilmektedir.<sup>3,60</sup> Polietereterketon; fiziksel özellikleri, biyouyumluluğu, kimyasal stabilitesi ve tarama sırasında yansımaları engelleyen

yüzey özelliği ile implant tarama gövdelerinde sıklıkla tercih edilen bir materyaldir.<sup>60</sup> Işığı yansıtan metal objelerin ölçünün doğruluğu üzerinde negatif etkisinin olduğu bilinmektedir bu sebeple bazı titanyum implant tarama gövdelerinde üretici firmaların önerileri doğrultusunda titanyum dioksit esaslı tarama tozları kullanılabilir.<sup>64</sup>



Şekil 2: Farklı dizayndaki implant tarama gövdeleri <sup>3</sup>

İmplant tarama gövdesi materyalinin yanında implantın açısı, konumu ve taramayı yapan kişinin etkisinin değerlendirildiği pek çok çalışma bulunmaktadır.<sup>61,65-70</sup> 2022 yılında Althubaitiy ve ark.<sup>65</sup> implant tarama gövdesi materyalinin ve çapının dijital ölçünün doğruluğu üzerindeki etkisini ağız içi ve ağız dışı tarayıcılar ile değerlendirmiştir. Ağız içi tarayıcılar ile yapılan taramalarda en yüksek doğruluk dar çaplı peek materyalinin kullanıldığı tarama gövdelerinde gözlenirken, en düşük doğruluk standart çaplı titanyum tarama gövdelerinde, ağız dışı tarayıcıların kullanıldığı durumlarda ise bu sonuçların aksine en yüksek doğruluk standart çaplı titanyum tarama gövdelerinde elde edilmiştir. Bunun sebebinin ağız içi ve ağız

dışı tarayıcıların farklı ışık kaynakları kullanmaları olabileceği düşünülmüştür. Ağız içi taramalarda implant tarama gövdelerinin materyalinin ve taramayı yapan kişinin ölçünün doğruluğu üzerine etkisinin incelendiği bir başka çalışmada peek ve titanyum tarama gövdeleri karşılaştırıldığında daha önceki çalışmayla benzer olarak peek tarama gövdelerinin titanyuma göre daha doğru sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada taramayı yapan kişinin ölçünün doğruluğu üzerinde etkisinin olmadığı da bildirilmiştir.<sup>66</sup> Lee ve ark.<sup>61</sup> implant tarama gövdesi materyalinin ve implantın açısının ağız içi tarayıcılar ile alınan ölçünün doğruluğu üzerine etkisini incelendiği araştırmalarında bir önceki çalışmadan farklı olarak titanyum materyalinin peek



materyaline göre daha başarılı olduğunu açıklamışlardır. Bunun sebebinin çalışmada kullanılan titanyum ve peek implant tarama gövdelerinin geometrilerindeki farklılık olabileceği belirtilmiştir. Yine bu çalışmada meziyale açılı implantların linguale açılı implantlara göre daha yüksek doğruluk gösterdiği bildirilmiştir. Dijital ölçülerde implantların meziyale açılı yerleştirilmesi ark boyunu kısaltacağı için oluşabilecek deviasyonun önlenebileceği ifade edilmiştir.

Farklı implant tarama gövdesi geometrilerinin dijital modelin tasarım ünitesine aktarımı ve hizalama sırasında ölçünün doğruluğunu etkileyebileceği belirtilmiştir.<sup>71</sup> Tarama güçlüğü yaratacak dik, keskin, derin, açılı veya karmaşık yüzeylerde ölçünün doğruluğu ve hassasiyeti azalırken<sup>72,73</sup> düz ve daha az girintili geometrilerin kullanıldığı ölçülerde daha başarılı sonuçlar elde edilebileceği gösterilmiştir.<sup>74</sup>

İmplant tarama gövdeleri vidalı veya tutuculu (snap-on) olarak iki şekilde sabitlenebilir. İmplantta sabitleme torkunun ise implantın pozisyonunun modele aktarımını etkileyen bir diğer unsur olduğu bilinmektedir. Yüksek tork değerleri uygulandığında deviasyon meydana gelebileceği belirtilmiştir.<sup>75,76</sup> Vida ile sabitlenen implant tarama gövdelerinin deviasyonunun incelendiği bir çalışma sonucunda manuel sabitleme yerine 5 Ncm'lik bir tork uygulanması tavsiye edilmiştir. Bu durumun sebebi olarak manuel sabitleme yapıldığında uygulayıcının kuvvetine bağlı farklılıklar oluşabileceği gösterilmiştir. Bu çalışma sonucunda uygulanan tork değerine bağlı deviasyonun, aynı zamanda implant tarama gövdesinin tabanında kullanılan materyale de bağlı olduğu belirtilmiştir. Tarama gövdesinin tabanı peek materyali olduğunda titanyum olanlara göre daha fazla deviasyon görüldüğü bildirilmiştir. Dikey yöndeki deviasyonun 100 µm'den fazla olduğu durumlarda ise implantın pozisyonunun yanlış aktarılabilceği ifade edilmiştir.<sup>75</sup>

İmplant tarama gövdesi materyalinin, sabitleme tork değerinin ve sterilizasyonun deviasyon üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada ise Diker ve ark. titanyum tarama gövdelerinin, peek tarama gövdelerine göre sterilizasyondan daha az etkilendiğini ve aradaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmişlerdir. Peek tarama gövdeleri kullanıldığında kalibrasyonlu sabitleme aygıtlarının 10 Ncm veya daha düşük kuvvetlerde kullanılması gerektiği, 15 Ncm tork değeri uygulandığında ise malzemeden bağımsız olarak daha yüksek deviasyon görüldüğü vurgulanmıştır.<sup>76</sup> İmplant tarama gövdelerinde üretici firma tarafında önerilen kullanım sayısına ve sterilizasyon sürecine dikkat edilmelidir.<sup>15</sup> Kato ve ark. otoklav sterilizasyonunun ve çoklu kullanımın implant

tarama gövdelerinin deformasyonu üzerine etkilerini araştırmışlardır. Önceki çalışmadan farklı olarak 15 Ncm tork ile implant tarama gövdelerinin implanta tekrarlanan sabitleme ve çıkarılma işlemlerinin deformasyona etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, sterilizasyonun ise deformasyon üzerine anlamlı etkisinin olduğu belirtmişlerdir. Sonuç olarak peek tarama gövdelerinin firma tarafından önerilen sterilizasyon yöntemlerine bağlı kalındığında birden fazla kullanıma uygun olabileceği ifade edilmiştir.<sup>69</sup>

İmplant tarama gövdeleri farklı yüksekliklerde üretilmektedir. 2024 yılında Gomez-polo ve ark. tarama gövdesi yüksekliğinin artırılmasının dijital ölçünün doğruluğunu arttıracak olduğunu bildirmiştir.<sup>77</sup> İmplantın dişeti seviyesinde yerleştirildiği durumlarda implant tarama gövdesinin toplam yüksekliği dişeti seviyesinin üzerinde kalacağı için tarama hassasiyetinin artacağı bildirilmiştir.<sup>77,78</sup>

## Sonuç

1) İmplant destekli sabit protetik restorasyonların ölçülerinde konvansiyonel ölçü tekniklerinin kullanımına bağlı yaşanabilecek biyolojik ve mekanik komplikasyonlar dijital ölçü sistemlerinin kullanımı ile önlenmektedir. Bu sistemlerin kullanılması ile hasta konforu artmakla birlikte hızlı bir iş akışı da sağlanabilmektedir.

2) Tek üyeli ve 3-4 implanta kadar olan kısmi dişsiz alanların rehabilitasyonlarında dijital ölçü sistemleri ile başarılı sonuçlar elde edilirken daha fazla implantın kullanıldığı uzun dişsiz alanlarda veya tam ark restorasyonlarında dijital ölçülerde oluşan deviasyon sebebiyle konvansiyonel tekniklerin daha üstün doğruluk sağladığı bildirilmiştir. Dijital ölçü sistemleri ile aynı başarılı sonuçların sağlanabilmesi için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

3) Konvansiyonel ve dijital teknikler ile stabil dokuların ölçüleri güvenilir bir şekilde alınabilmektedir. Her iki ölçü tekniğinde de ölçünün netliği için izolasyon sağlanarak yüzey nemliliği engellenmelidir.

4) Dijital ölçü sistemleri ile implantın konum ve açısının, çevre yumuşak doku konturlarının ve periimplanter çıkış profilinin modele aktarılabilmesi için alınan dijital ölçülerin süperpoze edilmesi önerilmektedir.

5) Dijital ölçülerde implantın yönünü ve açısını kaydetmek için kullanılan implant tarama gövdeleri farklı materyal, boyut, şekil ve özelliklerde geliştirilmiştir. Farklı implant tarama gövdeleri kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilebileceği gösterilmiştir.



**Etik Kurul Onayı**

Bu çalışma için etik kurul onayına gerek duyulmamaktadır.

**Finansal Kaynak**

Yazarlar bu çalışmanın herhangi bir finansal destek almadığını beyan etmektedir.

**Çıkar Çatışması**

Bu makale yazarlarından hiçbirinin makalede bahsi geçen konu veya malzemeyle ilgili herhangi bir ilişkisi, bağlantısı veya parasal çıkar durumu söz konusu değildir.

**Yazar Katkısı:** Fikir: B.K., D.Ş. Tasarım: B.K., D.Ş. Denetleme D.Ş. Kaynaklar: -----Malzemeler: ---- Veri Toplama: ----- Analiz: B.K., D.Ş. Literatür: B.K. Yazı: B.K Eleştirel İnceleme: D.Ş.

**Kaynakça**

1. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *J Prosthet Dent.* 2017 May;117(5S):e1-e105.
2. Richi MW, Kurtulmus-Yilmaz S, Ozan O. Comparison of the accuracy of different impression procedures in case of multiple and angulated implants. *Head Face Med.* 2020;16(1):1-12.
3. Mizumoto RM, Yilmaz B. Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 2018;120(3):343-52.
4. Sahin S, Cehreli MC. The Significance of Passive Framework Fit in Implant Prosthodontics: Current Status. *Implant Dent.* 2001;10(2) 85-92.
5. Keskin Özyer E, Kahramanoğlu E, Aslan YU, Özkan Y. İmplant Destekli Protetik Restorasyonlarda Kullanılan Ölçü Yöntemleri ve Materyalleri: Derleme. *European Journal of Research in Dentistry.* 2019; 3(2), 124-132.
6. Kiraz MS, Çevik P. İmplant Üstü Protezlerde Konvansiyonel ve Dijital Ölçü Teknikleri. *Selcuk Dent J.* 2022;9(1):268-77.
7. Burgess JO, Lawson NC, Robles A. Comparing digital and conventional impressions: assessing the accuracy, efficiency, and value of today's systems. *J inside Dentistry.* 2013;9(11).
8. Sang J. Lee, Jason D. Lee. Digital Impressions for Implant-Supported Fixed Dental Prostheses. *Curr Oral Health Rep.* 2017;4:136-141
9. Demirdag ED. İmplant üstü sabit protezlerde kullanılan ölçü komponentleri, iyileşme başlıkları ve güncel tasarım yöntemleri.Güncel Protetik Diş Tedavisi Çalışmaları. II-bölüm 8.
10. Jivraj S. Impression techniques for implant dentistry. *British Dental Journal: BDJ online.* November 2006
11. Anusavice K, Shen CH, Rawls R. Phillips' Sci Dent Mater. 2013.Chapter 8. Impression Materials.151-81.
12. Aktöre H, Kurtulmuş-Yilmaz S. The evaluation of factors that affect the accuracy of implant impressions. *Cumhur Dent J.* 2015;18(2):214-27.
13. Lee H, So JS, Hochstedler JL, Ercoli C. The accuracy of implant impressions: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 2008;100(4):285-91.
14. Monaco C, Scheda L, Baldissara P, Zucchelli G. Implant Digital Impression in the Esthetic Area. *J Prosthodont.* 2019 Jun;28(5):536-40.
15. Moreira AH, Rodrigues NF, Pinho AC, Fonseca JC, Vilaça JL. Accuracy Comparison of Implant Impression Techniques: A Systematic Review. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015 Oct;17 Suppl 2:e751-64.
16. Aslan YU. Farklı ölçü maddelerinin boyutsal stabilite ve doğruluk, yüzey detayı, değme açısı ve ıslanabilirlik açısından değerlendirilmesi. İstanbul. MÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 2012.
17. Mirebani A, Najafova L, Sarı T, Kurtulmuş H. İmplant üstü geleneksel ölçü yöntem, teknik ve malzemelerinin karşılaştırılması olarak gözden geçirilmesi:sistematik bir güncelleme. *Aydin Dental Journal.* 2019;5(1):27-50.
18. Christensen GJ. Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *The journal of the american dental association.* 2009 Oct;140(10): 1301-4.
19. Bilmenoğlu, Ç. İmplantüstü sabit protezlerin yapımında dijital ölçü sistemlerinin karşılaştırılması. Doktora Tezi. 2015.
20. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *J Prosthodont.* 2018 Jan;27(1):35-41.
21. Dikmen M. Ağız içi Dijital Tarayıcılara Güncel Bir Bakış. Türkiye Klin. *J Prosthodont-Special Topics.* 2018;4(1):37-41.
22. Aswani K, Wankhade S, Khalikar A, Deogade S. Accuracy of an intraoral digital impression: A review. *J Indian Prosthodont Soc.* 2020 Jan-Mar;20(1):27-37.
23. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J, Oriso K, Kondo H. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *J Prosthodont Res.* 2020 Apr;64(2):109-13.
24. Resende CCD, Barbosa TAQ, Moura GF, Tavares LDN, Rizzante FAP, George FM, Neves FDD, Mendonça G. Influence of operator experience, scanner type, and scan size on 3D scans. *J Prosthet Dent.* 2021 Feb;125(2):294-299.
25. Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *The Journal of the American Dental Association.* 2006;137,9,1289-96.
26. Osman RB, Alharbi NM. Influence of scan technology on the accuracy and speed of intraoral scanning systems for the edentulous maxilla: An in vitro study. *J Prosthodont.* 2023 Dec;32(9):821-828.
27. Li Z, Huang R, Wu X, Chen Z, Huang B, Chen Z. Effect of Scan Pattern on the Accuracy of Complete-Arch Digital Implant Impressions with Two Intraoral Scanners. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2022 Jul-Aug;37(4):731-739.
28. Siqueira R, Galli M, Chen Z, Mendonça G, Meirelles L, Wang HL, Chan HL. Intraoral scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. *Clin Oral Investig.* 2021 Dec;25(12):6517-31.
29. Erozan Ç. Dijital diş hekimliğinde farklı intraoral tarayıcı-cad yazılım kombinasyonlarının hassasiyetlerinin değerlendirilmesi.Yakın Doğu Üniversitesi Sağlık

- Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. 2019.
30. Güth JF, Keul C, Stimmelmayer M, Beuer F, Edelhoff D. Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clin Oral Investig*. 2013 May;17(4):1201-8.
  31. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. 2010. CAD/CAM in dentistry: New Materials and Technologies. *Dentistry*, 2(4).
  32. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. *The Journal of the American Dental Association*. 2006;137, 7S-13S.
  33. Şadı B.. Sabit restorasyonların yapımında dijital ölçünün güncel yeri. İstanbul Üniversitesi. 2017
  34. Gallardo YR, Bohner L, Tortamano P, Pigozzo MN, Laganá DC, Sesma N. Patient outcomes and procedure working time for digital versus conventional impressions: A systematic review. *J Prosthet Dent*. 2018 Feb;119(2):214-9.
  35. Manicone PF, De Angelis P, Rella E, Damis G, D'addona A. Patient preference and clinical working time between digital scanning and conventional impression making for implant-supported prostheses: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2022 Oct;128(4):589-96.
  36. Bishti S, Tuna T, Rittich A, Wolfart S. Patient-reported outcome measures (PROMs) of implant-supported reconstructions using digital workflows: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2021 Oct;32 Suppl 21:318-35.
  37. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S. Intraoral scanning systems - a current overview. *Int J Comput Dent*. 2015; 18(2):101-29.
  38. Patel N. Integrating three-dimensional digital technologies for comprehensive implant dentistry. *The Journal of the American Dental Association*. 2010;141, 20S-4S.
  39. Joda T, Ferrari M, Gallucci GO, Wittneben JG, Brägger U. Digital technology in fixed implant prosthodontics. *Periodontol 2000*. 2017 Feb;73(1):178-92.
  40. Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J. Dental Impression Materials and Techniques. *Dent Clin North Am*. 2017;61(4):779-96.
  41. Wilk, BL. Intraoral Digital Impressioning for Dental Implant Restorations Versus Traditional Implant Impression Techniques. *Compendium of continuing education in dentistry*. 2015;36(7), 529-33.
  42. Rasaie V, Abduo J, Hashemi S. Accuracy of Intraoral Scanners for Recording the Denture Bearing Areas: A Systematic Review. *J Prosthodont*. 2021 Jul;30(6):520-39.
  43. Srivastava G, Padhiary SK, Mohanty N, Molinero-Mourelle P, Chebib N. Accuracy of Intraoral Scanner for Recording Completely Edentulous Arches-A Systematic Review. *Dent J (Basel)*. 2023 Oct;18;11(10):241.
  44. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J, Oriso K, Kondo H. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *J Prosthodont Res*. 2020 Apr;64(2):109-13.
  45. Albánchez-González MI, Brinkmann JC, Peláez-Rico J, López-Suárez C, Rodríguez-Alonso V, Suárez-García MJ. Accuracy of Digital Dental Implants Impression Taking with Intraoral Scanners Compared with Conventional Impression Techniques: A Systematic Review of In Vitro Studies. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Feb;11;19(4):2026.
  46. García-Gil I, Cortés-Bretón-Brinkmann J, Jiménez-García J, Peláez-Rico J, Suárez-García MJ. Precision and practical usefulness of intraoral scanners in implant dentistry: A systematic literature review. *J Clin Exp Dent*. 2020;12(8):e784-93.
  47. Park SW, Choi YD, Lee DH. The effect of the improperly scanned scan body images on the accuracy of virtual implant positioning in computer-aided design software. *J Adv Prosthodont*. 2020;12(3): 107-13.
  48. Zhang YJ, Shi JY, Qian SJ, Qiao SC, Lai HC. Accuracy of full-arch digital implant impressions taken using intraoral scanners and related variables: A systematic review. *Int J Oral Implantol (Berl)*. 2021 May;12;14(2):157-179.
  49. Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2018 Aug;30;26(3):101-21.
  50. Carneiro Pereira AL, Souza Curinga MR, Melo Segundo HV, da Fonte Porto Carreiro A. Factors that influence the accuracy of intraoral scanning of total edentulous arches rehabilitated with multiple implants: A systematic review. *J Prosthet Dent*. 2023 Jun;129(6):855-62.
  51. Christensen GJ. Will digital impressions eliminate the current problems with conventional impressions? *Journal of the American Dental Association*. 2008;139(6),761-763.
  52. Chen Y, Zhai Z, Li H, Yamada S, Matsuoka T, Ono S, et al. Influence of Liquid on the Tooth Surface on the Accuracy of Intraoral Scanners: An In Vitro Study. *J Prosthodont*. 2022 Jan;31(1):59-64.
  53. Gómez-Polo M, Ortega R, Sallorenzo A, Agustín-Panadero R, Barmak AB, Kois JC, et al. Influence of the surface humidity, implant angulation, and interimplant distance on the accuracy and scanning time of complete-arch implant scans. *J Dent*. 2022 Dec;127:104307.
  54. Gallardo YNR, Noriega J, Rodrigues-Olivio I, Sesma N. A digital technique for cloning the emergence profile of the interim to the definitive implant-supported restoration. *J Prosthet Dent*. 2023

Dec;7:S0022-3913(23)00765-5.

55. Monaco C, Evangelisti E, Scotti R, Mignani G, Zucchelli G. A fully digital approach to replicate peri-implant soft tissue contours and emergence profile in the esthetic zone. *Clin Oral Implants Res*. 2016 Dec;27(12):1511-4.
56. Dhingra A, Taylor T, Flinton R. Digital Custom Impression Technique to Record Emergence Profile and Fabrication of an Esthetic Implant Supported Restoration. *J Prosthodont*. 2020 Aug;29(7):636-9.
57. Monaco C, Ragazzini N, Scheda L, Evangelisti E. A fully digital approach to replicate functional and aesthetic parameters in implant-supported full-arch rehabilitation. *J Prosthodont Res*. 2018 Jul;62(3):383-5.
58. Yilmaz B, Abou-Ayash S. A digital intraoral implant scan technique using a combined healing abutment and scan body system. *J Prosthet Dent*. 2020 Feb;123(2):206-9.
59. Jahn D, inventor. NT-Trading GmbH, assignee. Scanbody for determination of positioning and orientation of a dental implant. US patent 14 011 936. December 25, 2014.
60. Pachiou A, Zervou E, Tsirogiannis P, Sykaras N, Tortopidis D, Kourtis S. Characteristics of intraoral scan bodies and their influence on impression accuracy: A systematic review. *J Esthet Restor Dent*. 2023;1-13.
61. Lee JH, Bae JH, Lee SY. Trueness of digital implant impressions based on implant angulation and scan body materials. *Sci Rep*. 2021;11(1): 21892.
62. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkyne A. Recent advances in dental optics - Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng*. 2014;54:203–21.
63. Logozzo S, Kilpelä A, Mäkyne A, Zanetti EM, Franceschini G. Recent advances in dental optics - Part II: Experimental tests for a new intraoral scanner. *Opt Lasers Eng*. 2014;54:187–96.
64. Lim JH, Mangal U, Nam NE, Choi SH, Shim JS, Kim JE. A Comparison of Accuracy of Different Dental Restorative Materials between Intraoral Scanning and Conventional Impression-Taking: An In Vitro Study. *Materials (Basel)*. 2021 Apr;19;14(8):2060.
65. Althubaitiy R, Sambrook R, Weisbloom M, Petridis H. The Accuracy of Digital Implant Impressions when Using and Varying the Material and Diameter of the Dental Implant Scan Bodies. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2022 Nov;30;30(4):305-313.
66. Arcuri L, Pozzi A, Lio F, Rompen E, Zechner W, Nardi A. Influence of implant scanbody material, position and operator on the accuracy of digital impression for complete-arch: a randomized in vitro trial. *J Prosthodont Res*. 2020;64(2):128-36.
67. Schmidt A, Billig JW, Schlensz MA, Rehmann P, Wöstmann B. Influence of the accuracy of intraoral Scanbodies on implant position: differences in manufacturing tolerances. *Int J Prosthodont*. 2019;32(5): 430-2.
68. Arcuri L, Lio F, Papa A, Nardi A, Barlattani A Jr. Influence of implant scanbody material and operator on scanning fluency and polygonal mesh numbers of digital impression: an in vitro study. *J Biol Regul Homeost Agents*. 2019;33(6 Suppl. 2):179-88.
69. Kato T, Yasunami N, Furuhashi A, Sanda K, Ayukawa Y. Effects of autoclave sterilization and multiple use on implant Scanbody deformation In vitro. *Materials (Basel)*. 2022 Nov;2;15(21):7717.
70. Elena Sicilia et al. Effect of supramucosal height of a scan body and implant angulation on the accuracy of intraoral scanning: An in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2023 Feb;22:S0022-3913(23)00060-4.
71. Pan Y, Tsoi JKH, Lam WYH, Chen Z, Pow EHN. Does the geometry of scan bodies affect the alignment accuracy of computer-aided design in implant digital workflow: An in vitro study? *Clin Oral Implants Res*. 2022 Mar;33(3):313-21.
72. Gimenez-Gonzalez B, Hassan B, Özcan M, Pradies G. An in vitro study of factors influencing the performance of digital intraoral impressions operating on active Wavefront sampling technology with multiple implants in the edentulous maxilla. *J Prosthodont*. 2017;26(8): 650-5.
73. Chan DC, Chung AK, Haines J, Yau EH, Kuo CC. The accuracy of optical scanning: influence of convergence and die preparation. *Oper Dent*. 2011;36:486-91.
74. Motel C, Kirchner E, Adler W, Wichmann M, Matta RE. Impact of Different Scan Bodies and Scan Strategies on the Accuracy of Digital Implant Impressions Assessed with an Intraoral Scanner: An In Vitro Study. *J Prosthodont*. 2020 Apr;29(4):309-14.
75. Kim J, Son K, Lee KB. Displacement of scan body during screw tightening: A comparative in vitro study. *J Adv Prosthodont*. 2020 Oct;12(5):307-315.
76. Diker E, Terzioglu H, Gouveia DNM, Donmez MB, Seidt J, Yilmaz B. Effect of material type, torque value, and sterilization on linear displacements of a scan body: An in vitro study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2023 Apr;25(2):419-25.
77. Gómez-Polo M, Sallorenzo A, Ortega R, Gómez-Polo C, Barmak AB, Att W, Revilla-León M. Influence of implant angulation and clinical implant scan body height on the accuracy of complete arch intraoral digital scans. *J Prosthet Dent*. 2024 Jan;131(1):119-27.
78. Sequeira V, Harper MT, Lilly CL, Bryington MS. Accuracy of digital impressions at varying implant depths: an In vitro study. *J Prosthodont*. 2023;32(1):54-61.







# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i20010



## Perasetik Asitin Endodontide İrrigasyon Solüsyonu Olarak Kullanımı: Genel Bakış

## Use of Peracetic Acid As Irrigation Solution in Endodontics: Overview

Özge Bekar\*

### ÖZET

Endodontik tedavide başarı, kök kanal sisteminden mikroorganizmaların uzaklaştırılması ve enfeksiyonun tekrar oluşmasının önlenmesi ile ilişkilidir. Kök kanallarının irrigasyonu, endodontik tedavinin başarısında oldukça etkilidir. Sodyum hipoklorit (NaOCl), antimikrobiyal özelliği ve organik doku çözme kapasitesi nedeniyle endodontide en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonudur. Ancak tek başına kullanıldığında inorganik dokunun kanallardan uzaklaştırılmasında yeterli olmamaktadır. Antisepsiyi güçlendirmek ve yaygın kullanılan solüsyonların kısıtlamalarının önüne geçmek amacıyla ideal bir irrigasyon protokolü olarak NaOCl'nin şelasyon ajanlarıyla birlikte kullanılması önerilir. Ancak bu protokol uzun bir klinik zaman gerektirir. Üstelik NaOCl ile bazı şelasyon ajanlarının birlikte kullanılmasının dentinin mineral ve organik içeriğinde değişikliklere, erozyona ve dentin mikrosertliğinde azalmaya neden olabildiği de bilinmektedir. Hem şelasyon ajanı görevi gören hem de antimikrobiyal etkiye sahip bir irrigasyon solüsyonunun kullanılması endodontide iyi bir alternatif olabilir ve tedavi sırasında zaman kazandırabilir. Perasetik asit (PAA), antimikrobiyal etkinliği ve smear tabakasını uzaklaştırma özelliği sayesinde alternatif bir irrigasyon solüsyonu olmaya adaydır. Bu derleme PAA'nın endodonti pratiğindeki etkinliğini ve uygulanabilirliğini araştıran çalışmaları inceleyerek, bu irrigasyon solüsyonunun özelliklerini sunmayı amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kök kanal tedavisi, Perasetik asit, Şelatör ajanlar

### ABSTRACT

Success in endodontic treatment is associated with removing microorganisms from the root canal system and preventing reoccurrence of infection. Irrigation of root canals is very effective in the success of endodontic treatment. Sodium hypochlorite (NaOCl) is the most commonly used irrigant during endodontic treatment due to its antimicrobial properties and organic tissue dissolving capacity. However, when used alone, it is not sufficient to remove the inorganic tissue formed. It is recommended to use NaOCl together with chelating agents as an ideal irrigation protocol to enhance antisepsis and avoid the limitations of commonly used solutions. However, this protocol requires a long clinical time. Moreover, it is known that the combined use of NaOCl and some chelation agents can cause changes in the mineral and organic content of dentin, erosion and a decrease in the microhardness of dentin. Using an irrigation agent that acts as both a chelating and antimicrobial actions can be a good alternative and save time during treatment. Peracetic acid (PAA) is a candidate to be an alternative irrigation solution thanks to its antimicrobial activity and ability to remove the smear layer. This review aims to present the properties of this irrigation solution by examining the studies investigating the effectiveness and applicability of PAA in endodontic practice.

**Keywords:** Chelating agents, Peracetic acid, Root canal therapy

\*Doktora Öğrencisi, Endodonti Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: Özge Bekar, e-mail: bkrozge94@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1980-8133, Endodonti Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

## Giriş

Endodontik tedavinin başarısı, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonuna ve enfeksiyonun tekrar oluşumunun önlenmesine bağlıdır. Vital ve/veya nekrotik pulpa dokusunu, biyofilmleri ve diğer doku kalıntıları uzaklaştırmak için kök kanal sistemi, sürekli irrigasyon altında el aletleri ile ve/veya döner aletler ile şekillendirilir. Enstrümantasyonun temel amacı kök kanal sisteminin irrigasyon, dezenfeksiyon ve dolum işlemlerini kolaylaştırmaktır.<sup>1</sup> Fakat, bilgisayarlı mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-bT) taraması gibi ileri tekniklerin kullanıldığı bir çalışmada, kök kanallarında bazı alanlara kanal aletleri ile temas edilmediği bildirilmiştir.<sup>2</sup> Bu nedenle, kök kanal sisteminin irrigasyonu mekanik, kimyasal ve biyolojik çeşitli fonksiyonları yerine getirip aynı zamanda kök kanalında ulaşamayan bölgelere etki etmenin tek yolu olduğu için endodontik tedavisinin başarısında önemli bir rol oynar.<sup>3</sup>

İdeal bir irrigasyon solüsyonu geniş antimikrobiyal özelliğe sahip olmalı, kök kanal sisteminden organik/inorganik artıkları ve smear tabakasını uzaklaştırabilmeyi hedeflemeli, vital dokularla temas ettiğinde toksik etki oluşturmamalıdır.<sup>4</sup> Bu fonksiyonları tek başına yerine getirebilen bir irrigasyon solüsyonu yoktur. İdeal irrigasyon protokolü güvenli ve etkili hedeflere ulaşabilmek için iki veya daha fazla solüsyonun belirli bir sırayla kombine kullanımına dayanır.<sup>1</sup>

Endodontide sıklıkla kullanılan iki irrigasyon solüsyonu, sodyum hipoklorit (NaOCl) ve etilendiamintetraasetik asit (EDTA) sulu çözeltileridir.<sup>5</sup> NaOCl ideal bir irrigasyon solüsyonunun özelliklerinin büyük çoğunluğunu karşılaması, özellikle patojenik mikroorganizmalara karşı etkinliği ve pulpa dokusunu çözebilmesi sebebiyle kök kanal tedavisinin vazgeçilmezidir.<sup>6,7</sup> Ancak NaOCl inorganik dentin artıklarını çözemez. Dolayısıyla enstrümantasyon sırasında oluşan smear tabakasını kök kanallarından tamamen uzaklaştıramaz.<sup>8,9</sup> Enstrümantasyondan sonra kullanılan EDTA ise, inorganik doku üzerinde etki göstererek dentin kalıntıları ve smear tabakasının inorganik kısmını uzaklaştırabilir ancak organik doku çözme kabiliyetine sahip değildir.<sup>10,11</sup> Irrigasyon solüsyonlarının bu sınırlamalarının önüne geçmek ve tedavide dezenfeksiyonu artırmak için ideal bir irrigasyon protokolü olarak, biyomekanik hazırlık sırasında NaOCl, ardından smear tabakasını uzaklaştırmak için EDTA gibi bir şelasyon ajanı ve bir sonraki tedavi adımına bağlı olarak irrigasyonun NaOCl veya başka bir antimikrobiyal ajan kullanımı ile sonlandırılması önerilmektedir.<sup>4</sup> Böylece NaOCl'nin

dentine daha iyi nüfuz etmesi sağlanarak kök kanallarının dezenfeksiyonu daha etkili kılınabilir.<sup>12</sup> Kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu için NaOCl-EDTA irrigasyon protokolünü uygulamak, tek başına NaOCl kullanımından daha etkilidir.<sup>13</sup> Fakat EDTA ve NaOCl'nin kombine kullanımının, NaOCl'nin serbest klor oranını düşürerek organik doku çözme etkinliğini ve antimikrobiyal etkinliğini zayıflatığı,<sup>5</sup> dentinin mineral ve organik içeriğinde değişikliklere, dentin erozyonuna ve dentin mikrosertliğinde azalmaya neden olabildiği bildirilmiştir.<sup>4,14,15</sup> Ayrıca EDTA'nın, kök kanalının apikal bölümünde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin sınırlı olduğu da bildirilmiştir.<sup>16</sup>

Aynı zamanda EDTA ve NaOCl'nin kombine kullanımı, klinik çalışma süresini büyük ölçüde uzatabilir. Teorik olarak bu protokolü basitleştirmenin iki yolu vardır: i) NaOCl ile etkileşime girmeyen bir şelasyon ajanı kullanmak veya ii) son irrigasyon solüsyonu olarak, dezenfeksiyon kapasitesi güçlü bir şelasyon ajanı kullanmak. Bu nedenle irrigasyon aşamasında kök kanallarından smear tabakasını uzaklaştırmak ve kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunu sağlamak için bu "klasik" şelasyon ajanlarına alternatif olarak, NaOCl'dan sonra, smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğine sahip olduğu bildirilen perasetik asit (PAA) kullanımı önerilmiştir.<sup>10</sup>

Peroksitde Doğu Avrupa'da, PAA solüsyonları kök kanal sistemlerini dezenfekte etmek için kullanılmıştır.<sup>17</sup> %0,5'ten düşük konsantrasyonlarda bile sporisidal, bakterisidal, fungisidal ve virüsidal etki gösteren güçlü dezenfektanlar arasındadır.<sup>18</sup> PAA sulu çözeltilerde saf formda olmayıp hidrojen peroksit, asetik asit ve asetilhidroperoksit'in dengeli bir karışımıdır ve asetik asit, oksijen gibi yan ürünlere ayrışır. Asetik asit, kalsiyum ile suda çözünür kompleksler oluşturan bir şelatördür.<sup>19</sup> Asetik asit, solüsyonun smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği ile ilişkilendirilerek, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu için enstrümantasyondan sonra PAA kullanımını, kök kanal hazırlığını kolaylaştıracak ve hızlandıracak bir alternatif haline getirmiştir.<sup>10,20</sup>

PAA'nın tek başına irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmasının, organik doku çözme etkinliği, kök kanal dolgularının dentine bağlanması üzerindeki ve dentin üzerindeki etkileri üzerine literatürde sınırlı bilgi mevcuttur. Bu nedenle PAA'nın son irrigasyon solüsyonu olarak EDTA yerine kullanılması, kök kanal sisteminin antisepsisini güçlendirmesi ve dentin artıklarını kök kanalından uzaklaştırabilmesi sebebiyle daha fazla umut verici olabilir.

Bu derleme PAA' nın endodonti pratiğindeki etkinliğini ve uygulanabilirliğini araştıran çalışmaları inceleyerek, bu irrigasyon solüsyonunun özelliklerini ve etkinliğini, yaygın olarak kullanılan diğer irrigasyon solüsyonları ile karşılaştırarak sunmayı amaçlamaktadır.

### Antimikrobiyal Etkinliği

PAA' nın gram-pozitif ve gram-negatif bakterileri, mantarları ve mayaları 5 dakika veya daha kısa bir sürede etkisiz hale getiren hızlı ve geniş spektrumlu antimikrobiyal etkiye sahip bir ajan olduğu, enzimlerdeki sülfidril ve kükürt bağlarını oksitleyerek, proteinleri denatüre ederek ve hücre duvarı geçirgenliğini bozarak hidrojen peroksit benzer işlev gördüğü düşünülmektedir.<sup>21</sup> PAA, tıbbi ekipman dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılmakta, organik doku varlığında bile bakteri, mantar, spor ve virüslere karşı hızlı etki göstermektedir.<sup>22,23</sup> Kök kanalı enfeksiyonlarında en sık rastlanan bakteri türlerinden biri, konağın savunma sistemlerine direnç gösterebilen ve dentin tübüllerine nüfuz edebilen fakültatif anaerobik gram-pozitif bir bakteri olan *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*)'tir.<sup>24</sup> Literatürde PAA'nın farklı konsantrasyonlarının *E. faecalis*'e karşı etkinliğini araştıran çalışmalar yer almaktadır.

Guerreiro-Tanomaru ve ark.<sup>25</sup> yaptığı bir çalışmada %1' lik PAA' nın *E. faecalis*' e karşı etkinliği değerlendirilmiş ve bakteri sayısını 3 dakika içerisinde %86 oranında azalttığı, 10 dakika içerisinde ise *E. faecalis*' i tamamen yok ettiği bildirilmiştir. Bu çalışmada PAA' nın, %2,5'lik NaOCl ve %2' lik klorheksidin (CHX)'e kıyasla daha yavaş etki etmesine rağmen *E. faecalis*' e karşı etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar, %1' lik PAA'nın %2,5' lik NaOCl ve %2' lik CHX ile benzer antibakteriyel etki gösterdiği başka bir çalışma ile desteklenmiştir.<sup>26</sup> Başka bir çalışmada da %1' lik PAA' nın *E. faecalis*' e karşı %17 EDTA+%2,5 NaOCl kombinasyonu ile benzer etki gösterdiği bildirilmiştir.<sup>27</sup>

Kök kanal sisteminin doldurulması aşamasında mikroorganizma kontaminasyonunun engellenmesi önemlidir. PAA, yüksek antimikrobiyal etkinliği nedeniyle gütaperka konların dezenfeksiyonunda da test edilmiştir. Salvia ve ark.<sup>28</sup> yaptığı bir çalışmada PAA, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Candida albicans* (*C. albicans*) ve *Bacillus subtilis* ile kontamine olmuş gütaperka konların dezenfeksiyonunda, %2' lik PAA'nın tüm biyofilmlere karşı etkili olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada gütaperka konların dezenfeksiyonu için

PAA kullanımının etkili bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar, *Bacillus subtilis* ve *E. faecalis* ile kontamine gütaperka ve resilon konların dezenfeksiyonunda %1' lik PAA'nın %3' lük NaOCl'den daha iyi ve %2' lik CHX' e benzer işlev gördüğü başka bir çalışma ile desteklenmiştir.<sup>29</sup> *E. faecalis* biyofilm modelinde 2 ml %17' lik EDTA ve 2 ml %0,5' lik PAA' nın antimikrobiyal etkinliğini, manuel ajitasyon (MA) veya pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) kullanarak karşılaştıran bir çalışmada %0,5' lik PAA çözeltisi %17' lik EDTA' dan daha etkili bulunmuştur. PUI, her iki solüsyonun antimikrobiyal etkinliğini artırmıştır.<sup>30</sup>

Arias-Moliz ve ark.' nın<sup>31</sup> yaptığı bir çalışmada ise çeşitli solüsyonların dentin bloklarındaki *E. faecalis* biyofilmlerine karşı etkinliği değerlendirilmiştir. %2' lik PAA solüsyonu CHX ile benzer, NaOCl ve NaOCl+etidronik asit (HEBP) kombinasyonuna kıyasla daha az etkili bulunmuştur. PAA' nın biyofilmlere karşı NaOCl' dan daha düşük antimikrobiyal etkinlik göstermesi, *E. faecalis*' in sahip olduğu peroksidazlar ve katalazlar gibi detoksifiye edici enzimlerin PAA' nın oksidatif stresine karşı direnç göstermesi ile açıklanabilir.<sup>32,33</sup> Ek olarak çalışmalar PAA' nın antimikrobiyal etkinliğinin zamana ve konsantrasyona bağlı olduğunu, dolayısıyla daha uzun temas sürelerinin ve daha yüksek konsantrasyonların NaOCl' ye benzer şekilde, daha yüksek antimikrobiyal etkinlik gösterebileceğini bildirmiştir.<sup>25,34</sup>

Ordinola-Zapata ve ark.' nın<sup>34</sup> yaptığı bir çalışmada %4' lük PAA, %2,5 ve %5' lik NaOCl solüsyonları dışında, kullanılan diğer solüsyonlar (Qmix, Smear Clear, Maleik asit, İyodin Potasyum İyodid) enfekte olmuş dentin üzerindeki biyofilmleri önemli ölçüde ortadan kaldıramamıştır. Ayrıca yazarlar, PAA kullanımına ilişkin toksisite, antimikrobiyal etkinlik ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği arasındaki dengenin ileriki çalışmalarda açıklığa kavuşturulması gerektiğini bildirmiştir.

PAA' nın antimikrobiyal etkinliğini, farklı kullanım süresi ve farklı konsantrasyonlarda, organik doku çözme etkinliği ve toksisitesi ile birlikte değerlendiren daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu sonucuna varılabilir.

### Organik Doku Çözme Etkinliği

Naenni ve ark.' nın<sup>35</sup> yaptığı bir çalışmada PAA' nın, NaOCl' nın aksine pulpa dokusu gibi yumuşak dokuları çözme etkinliği göstermediği bildirilmiştir. Genç sığır pulpa dokuları üzerinde yapılan bir çalışmada ise %1' lik ve %2' lik PAA

solüsyonlarının %2,5' lik NaOCl solüsyonundan daha düşük miktarda da olsa pulpa dokusunu çözdüğü, aynı çalışmada ajitasyonlu/ajitasyonsuz PAA solüsyonları karşılaştırıldığında ise ultrasonik ajitasyon kullanımının %0,5' lik PAA'nın doku çözme etkinliğini artırdığı da bildirilmiştir.<sup>36</sup>

### Smear Tabakasını Uzaklaştırma Etkinliği

Kök kanal duvarlarının enstrümantasyonu sırasında ortaya çıkan smear tabakasının uzaklaştırılması, irrigasyon solüsyonunun dentin tübüllerinde en iyi antimikrobiyal etkinliği göstermesi için gereklidir.<sup>37</sup> Smear tabakası içermeyen dentin duvarlarına kök kanal dolgu materyallerinin daha iyi bağlandığı kabul edilmektedir.<sup>38</sup> EDTA, kök kanal enstrümantasyonu sırasında oluşan smear tabakasını uzaklaştırmada en yaygın kullanılan şelasyon ajanıdır.<sup>39</sup>

Ancak EDTA' nın NaOCl ile kombine kullanımı dentin erozyonuna ve dentin mikrosertliğinde azalmaya sebep olur.<sup>40</sup> PAA, kök kanalında bulunan mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkinliği<sup>26,27</sup> ve NaOCl' dan sonra kullanıldığında smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğine<sup>10</sup> sahip olması sebebiyle irrigasyon solüsyonu olarak önerilen oksitleyici bir ajandır.

Ulusoy ve ark.'nın<sup>41</sup> yaptığı bir çalışmada, farklı solüsyon konsantrasyonlarının (%9 ve 18' lik HEBP, %0,5, %1 ve %2' lik PAA, %17' lik EDTA) smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği karşılaştırılmış, tüm solüsyonlar 1'er dakika süreyle kanala uygulanmıştır. %9 ve %18' lik HEBP diğerlerine göre apikal üçte birlik kısımda etkili olurken, koronal ve orta üçte birlik kısımda %0,5 ve %1' lik PAA grupları smear tabakasını daha etkili bir şekilde uzaklaştırmıştır. PAA' nın konsantrasyonu arttıkça smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin arttığı bildirilmiştir. Bu bulguların aksine De-Deus ve ark.'nın<sup>42</sup> yaptığı bir çalışmada %0,5 ve %2,25' lik PAA solüsyonlarının benzer şekilde smear tabakası uzaklaştırdığı bildirilmiştir. Bu çelişkinin deneysel yöntemler arasındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir.<sup>41</sup>

%1' lik PAA tek başına irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında NaOCl-EDTA-NaOCl kombinasyonu ile benzer etkinlikte smear tabakasını uzaklaştırdığı bildirilmiş,<sup>43</sup> son irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında ise dentin mikrosertliğini değiştirmemiş ve EDTA' nın aksine, dentinin inorganik yapısında herhangi bir değişiklik yaratmadan smear tabakasını uzaklaştırmıştır.<sup>44</sup> %0,5 ile %2,25 arasında değişen konsantrasyonlarda PAA kullanımının EDTA' ya göre avantajlı olabileceği vurgulanmış,

ayrıca smear tabakasının uzaklaştırılmasında EDTA ile karşılaştırılabilir ve etkili olduğu bildirilmiştir.<sup>10,42</sup>

### Dentin Dokusu Üzerindeki Etkileri

Dentindeki mineral içeriği ve hidroksiapatit miktarı mikrosertlik üzerinde kritik bir öneme sahiptir.<sup>45</sup> Şelasyon ajanları, smear tabakasını uzaklaştırmakla birlikte dentindeki Ca:P oranını değiştirirler.<sup>46</sup> Ayrıca kolajen liflerini açığa çıkarır ve dentin mikrosertliğini azaltırlar.<sup>47</sup> Yüksek erozyon kanal dentininin yapısını bozabilir ve kırık, çatlak oluşum riskini artırabilir.<sup>44,48</sup> Bununla birlikte kök kanallarında EDTA gibi bir şelasyon ajanından sonra NaOCl uygulamasının açığa çıkan kollajen lifleri üzerinde yıkıcı bir etkiye ve dentin erozyonuna sebep olduğu bildirilmiştir.<sup>48,49</sup> Kullanılan irrigasyon solüsyonuna bağlı olarak dentin dokusunda ortaya çıkan değişikliklerin türü ve yoğunluğu kök kanal patlarının ve simanların bağlanma kalitesini de etkilemektedir.<sup>50,51</sup> Irrigasyon solüsyonlarının neden olduğu dentin erozyonu literatürde şelasyon ajanlarının ardından NaOCl kullanımı ile ilişkilendirilmiştir.<sup>48,52</sup>

%2,25' lik PAA' nın %17' lik EDTA ile benzer şekilde dentin erozyonuna sebep olduğu<sup>10</sup>, dentin yapısındaki fosfor, magnezyum, potasyum, sodyum ve kükürt düzeylerini önemli ölçüde azalttığı<sup>53</sup> ve NaOCl'nın ardından son irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında dentin mikrosertliğinde azalmaya neden olduğu<sup>45</sup> bildirilmiştir.

Ulusoy ve ark.'nın<sup>54</sup> yaptığı bir çalışmada %17' lik EDTA, %9' luk HEBP ve %2' lik PAA'nın tek başına veya NaOCl ile kombine kullanımından sonra dentin mikrosertliğindeki değişimi ve dentin erozyonu değerlendirilmiş, HEBP ve NaOCl + HEBP kombinasyonunun mikrosertliği diğerlerine göre daha fazla azalttığı bildirilmiştir. Tek başına ve NaOCl ile kombine kullanılan şelasyon ajanlarının etkileri karşılaştırıldığında mikrosertlik değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Baldasso ve ark.'nın<sup>44</sup> yaptığı bir çalışmada QMiX (EDTA, CHX ve deterjan içeren irrigasyon solüsyonu), %17 EDTA, %10 sitrik asit (CA), %1 PAA, %2,5 NaOCl kullanılmış ve CA ve PAA' nın EDTA ve QMiX' e kıyasla daha fazla dentin erozyonuna neden olduğu, QMiX ve EDTA' nın mikrosertliği diğerlerine göre daha fazla azalttığı bildirilmiştir.

Keine ve ark.'nın<sup>55</sup> yaptığı bir çalışmada, %1' lik PAA' nın tek başına irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında dentin mikrosertliğini NaOCl-EDTA-NaOCl grubu ile benzer şekilde azalttığı ve daha



az dentin erozyonuna sebep olduğu bildirilmiştir. Bunun sebebi olarak, PAA'nın NaOCl ile etkileşime girmeden tek başına irrigasyon solüsyonu olarak kullanımından kaynaklı olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca %1' lik PAA'nın irrigasyon solüsyonu olarak kullanımına klinik açıdan bakıldığında avantajlı olabileceği ve EDTA' ya alternatif olabileceği bildirilmiştir.

PAA'nın kök kanal dentin erozyonu üzerindeki etkisi hakkında sınırlı bilgi mevcuttur.<sup>44,55</sup> Farklı konsantrasyonları (%2,25<sup>10</sup> ve %10<sup>35</sup>) değerlendirildiğinde ise yüksek konsantrasyonlarda dentin erozyonunun meydana geldiği bildirilmiştir. Bu sonuçların birlikte analizi, dentin dokusunda aşırı erozyon meydana gelmemesi için ve PAA'nın henüz belirlenmiş bir klinik kullanım protokolü olmadığı için, solüsyonun dikkatli kullanılması (kısa süreli ve düşük konsantrasyonda) gerektiğini göstermektedir.

### **Kök Kanal Dolgularının Bağlanması Üzerindeki Etkileri**

Kök kanal tedavisinin ana hedeflerinden biri kök kanal sistemini üç boyutlu olarak hermetik doldurmaktır. Kök kanal patlarının kor materyalleriyle birlikte kullanımı endodontide en yaygın kullanılan kök kanal dolum tekniği olmaya devam etmektedir. Gütaperkanın bağlanma özelliğinin olmaması nedeniyle kök kanal patları, kanal duvarı ile gütaperka konuları arasındaki boşlukları doldurmak için kullanılır.<sup>56</sup> Kök kanal enstrümantasyonu sırasında kanal duvarlarında organik ve inorganik artıkları içeren iyatrojenik bir tabaka "smear tabakası" oluşur.<sup>57</sup> Smear tabakası, kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu engelleyerek mikro sızıntı oluşma riskini artırır ve dolgu materyalinin kök dentinine bağlanma direncini azaltır.<sup>58</sup> Bu nedenle kök kanal tedavisinin başarılı bir şekilde sonuçlanması için smear tabakasının uzaklaştırılması gereklidir.<sup>39</sup> Antimikrobiyal etkinlikleri ve smear tabakasının uzaklaştırmalarına ek olarak, irrigasyon solüsyonları kök kanal patlarının dentine bağlanmasını desteklemeli veya zarar vermemelidir.<sup>59</sup> Kök kanal patlarının dentine yüksek bağlanma dayanımı, pat-dentin ara yüzünün bütünlüğünün korunmasına yardımcı olur ve dolgu materyalinin dentinden ayrılmasını önler.<sup>60</sup>

Carvalho ve ark.<sup>61</sup> yaptığı bir çalışmada %2,25' lik PAA, %17' lik EDTA ve %10' luk sitrik asit solüsyonları karşılaştırılmış ve AH Plus'ın dentine bağlanma dayanımı değerlendirildiğinde solüsyonlar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Agarwal ve ark.<sup>62</sup> üç çeşit endodontik şelasyon ajanının (%17 EDTA, %1 PAA, %0,2 Kitosan) biyoseramik

kök kanal patı (BioRoot RCS; Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Fransa)'nın bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirmiş ve en yüksek bağlanma dayanımının kitosan grubunda olduğunu, PAA grubunun bunu takip ettiğini, en az bağlanma dayanımını EDTA grubunun gösterdiğini bildirmişlerdir.

Son yıkama solüsyonuna göre 5 gruba ayrılan dişler üzerinde %5' lik NaOCl, %7' lik maleik asit (MA), %17' lik EDTA, %10' luk sitrik asit (CA) ve %2,25' lik PAA'nın silikon bazlı kök kanal patının (GuttaFlow 3; Coltene Whaledent, Germany) dentine bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendiren bir çalışmada, MA grubu en yüksek bağlanma dayanımını göstermiş, diğer şelasyon ajanları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.<sup>63</sup>

Dentin üzerindeki yapay perforasyon alanlarında %5.25' lik NaOCl, %17' lik EDTA ve %1' lik PAA'nın etkileri incelenmiş, MTA'nın push-out bağlanma dayanımı solüsyonlardan etkilenmemiştir ve solüsyonlar arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir.<sup>64</sup> %5,25' lik NaOCl'nin ardından son irrigasyon solüsyonu olarak %0.5' lik PAA ve 5 ml smear clear (EDTA, deterjan ve setrimid içeren irrigasyon solüsyonu) kullanımının Kerr, Apexit Plus ve AH Plus kanal patlarının bağlanma dayanımı üzerindeki etkileri karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.<sup>65</sup> Başka bir çalışmada ise %2,25' lik PAA grubunda AH Plus'ın dentine bağlanma dayanımını %17' lik EDTA' dan daha düşük bulunmuştur.<sup>66</sup>

Keine ve ark.<sup>43</sup> yaptığı bir çalışmada, %1' lik PAA'nın AH Plus'ın dentine bağlanma dayanımı üzerindeki etkisi değerlendirilmiş, PAA ve NaOCl (%2,5)- EDTA (%17)- NaOCl (%2,5) grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ayrıca PAA'nın NaOCl-EDTA-NaOCl grubu ile benzer şekilde AH Plus'ın dentine penetrasyonunu ve bağlanma gücünü artırdığı bildirilmiştir. Bu çalışmada değerlendirilen faktörler sonucunda, %1' lik PAA'nın tek başına irrigasyon solüsyonu olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu, fakat organik doku çözme etkinliği ve dentin üzerindeki diğer etkilerini değerlendiren daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu bildirilmiştir. %2,25' lik PAA'nın %17' lik EDTA ile benzer şekilde dentin erozyonuna sebep olduğu,<sup>10</sup> dentin yapısındaki fosfor, magnezyum, potasyum, sodyum ve kükürt düzeylerini önemli ölçüde azalttığı göz önünde bulundurulduğunda PAA'nın konsantrasyon açısından dikkatli kullanılması gerektiği bildirilmiştir.<sup>53</sup>



**Kalsiyum Hidroksit (KH) Uzaklaştırma Etkinliği**  
Kontamine kök kanallarının antiseptisini artırmak için kanal içi medikaman kullanımı önerilmektedir ve kalsiyum hidroksit (KH) belirgin antibakteriyel özellikleri <sup>67,68</sup> ve organik doku çözme etkinliği <sup>69</sup> sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak çalışmalar, kök kanal duvarlarında kalan KH kalıntılarının, kanal patlarının dentine bağlanma dayanımını <sup>70</sup> ve dentin tübüllerine penetrasyonunu <sup>71,72</sup> etkileyebileceğini ortaya koymuştur. KH kalıntıların kanal dolgu patları ile kimyasal olarak reaksiyona girerek, patların özelliklerini olumsuz yönde etkileyebileceği bildirilmiştir.<sup>73</sup> Bu nedenle KH'in kök kanallarından uzaklaştırılması ve kanal dolgusu öncesi yapılan dezenfeksiyon aşaması tedavinin başarısında kritik bir öneme sahiptir.<sup>74</sup>

Sağsen ve ark.'nın<sup>75</sup> yaptığı bir çalışmada, KH' in uzaklaştırılmasında farklı konsantrasyonlardaki PAA solüsyonlarının etkinliği EDTA ve EDTA + NaOCl kombinasyonu ile karşılaştırılmış ve %1' lik PAA'nın, %0,5' lik PAA, %17' lik EDTA ve %2,5' lik NaOCl + %17' lik EDTA gruplarına kıyasla daha başarılı olduğu bildirilmiştir. EDTA, HEBP ve PAA'nın KH' i kanallardan uzaklaştırma etkinliğini değerlendiren bir çalışmada ise pasif ultrasonik aktivasyon ve diyet lazer irrigasyon teknikleriyle kullanılan EDTA ve PAA solüsyonları arasında KH uzaklaştırma etkinliği açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.<sup>76</sup>

### Biyouyumluluk

PAA, büyük bir dezavantaj olarak güçlü ve hoş olmayan bir kokuya sahiptir. Buna rağmen, PAA içeren irrigasyon solüsyonları Doğu Avrupa'da ve eski Alman Demokratik Cumhuriyeti'nde kök kanal sistemlerini dezenfekte etmek için kullanılmışlardır.<sup>17</sup> Ayrıca yapılan araştırmalara göre %0,5'lik PAA'nın oral mukozayı tahriş etmediği,<sup>42</sup> %2,25' lik PAA'nın ise oral mukoza ile temas ettiğinde toksik etki oluşturabileceği bildirilmiştir.<sup>17</sup>

%2'lik PAA'nın insan endotel hücreleri üzerindeki sitotoksik etkisini %5,25'lik NaOCl ve %2'lik CHX ile karşılaştıran bir çalışma, PAA'nın diğer solüsyonlara göre daha az sitotoksik olduğunu fakat yeterli antimikrobiyal etkinlik göstermediğini bildirmiştir.<sup>20</sup> Teixeira ve ark.'nın<sup>77</sup> yaptığı bir çalışmada %1'lik PAA, %2,5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA'nın FG11 ve FG15 insan periodontal doku fibroblastları üzerindeki sitotoksitesi değerlendirilmiş ve %1'lik PAA'nın %2,5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA'dan daha az sitotoksik olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçların aksine %1'lik PAA'nın fare fibroblastları üzerindeki etkisini %2,5'lik NaOCl ile karşılaştıran başka bir çalışmaya göre

PAA'nın sitotoksitesi daha fazla bulunmuştur. Her iki solüsyon da hücre tahribatına yol açmıştır.<sup>78</sup>

Farklı PAA formülasyonlarının (%1 Bacterend OX (Profilática, Curitiba, PR, Brazil), %1 Sigma (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), %0,09-0,15 Anioxyde (Laboratoires Anios, Lille-Hellemmes, France) ve %1 Arposept (ARPO Chimie et Technologie Sàrl, Villaz-St-Pierre, Glâne, Fribourg, Switzerland) karşılaştırıldığı bir çalışmada ise, %1'lik Sigma ve Bacterend OX'in sitotoksitesi %17'lik EDTA ve %2,5'lik NaOCl'den daha yüksek bulunmuştur. Arposept ve Anioxyde daha düşük sitotoksiteye sahip olsa da NaOCl'den daha az bakteriyel aktivite göstermişlerdir. Bu bağlamda, Arposept (7.5-8.5) ve Anioxyde'in (5.5-7) nötre yakın pH'ı ve Sigma ve Bacterend OX'in içerdiği asetik asitten kaynaklı asidik pH'ının (< 3) hücreler için elverişsiz bir ortam yaratarak kritik bir rol oynamış olabileceği bildirilmiştir.<sup>79</sup> Klasik yolla üretilen PAA'ların (Sigma ve Bacterend OX, pH<3) antibakteriyel aktivitesi ve dentin üzerindeki etkileri olumlu iken, sitotoksik etkileri diğer solüsyonlara göre daha yüksek bulunmuştur. Bu nedenle, klinisyenlerin bu tip irrigasyon solüsyonlarını seçerken, özellikle irrigasyon sırasında daha yüksek apikal ekstrüzyon olasılığı bulunan, periradiküler bölge ile etkileşime girilebilme ihtimali yüksek, açık apeksli dişlerde risk/fayda değerlendirmesi yapmaları gerektiği bildirilmiştir.<sup>80</sup>

Pulpa dokusu hücreleri üzerinde yapılan bir araştırmaya göre sitrik asitin sitotoksitesinin asitliğiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir.<sup>81</sup> NaOCl ile karşılaştırıldığında PAA'nın daha yüksek toksiteye sahip olması, PAA'nın asitliği ile açıklanabilir.<sup>78</sup> Asidik pH hücreler için olumsuz etki oluşturur.<sup>79</sup> Kuramsal olarak PAA'nın daha yüksek olan toksitesi, güçlü bir oksidan olması ve oksidasyon potansiyelinin klora kıyasla daha yüksek olmasına bağlanabilir.<sup>23</sup>

### Protokol

PAA'nın endodontik tedavide irrigasyon solüsyonu olarak kullanımına ilişkin henüz tanımlanmış bir uygulama protokolü yoktur. Bu solüsyonun kök kanallarına optimum temas süresini ve çeşitli konsantrasyonlarda dentine etkisi, organik doku çözme etkinliği, periapikal dokularla biyouyumluluğu ve dolgu materyallerinin dentine bağlanması üzerindeki etkilerini birlikte değerlendirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Ancak bu literatür taramasına dayanarak, PAA'nın son irrigasyon solüsyonu olarak kullanımının umut verici olduğu açıktır. Sonuçlar, antimikrobiyal etkinin kaybolmadığı %0,5'lik ve

%1’lik düşük konsantrasyonlarda bile 1 dakikalık PAA kullanımının, dentinin yapısında önemli değişikliklere neden olmadan smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkili olduğunu bildirmiştir.<sup>42,55</sup>

### **Sonuç**

Bu literatür taramasından elde edilen verilere dayanarak PAA’nın antimikrobiyal ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği göz önünde bulundurulduğunda, endodontik tedavide son irrigasyon solüsyonu olarak kullanımının umut verici ve EDTA’ya iyi bir alternatif olabileceği sonucuna varılabilir. Kök kanal enstrümantasyonu sırasında tek başına kullanıldığında bazı sınırlamalar barındırabilir.

Bu derlemede yer alan araştırmaların birlikte analizi, PAA’nın tek başına veya son irrigasyon solüsyonu olarak kullanımının kök kanal dentinine ve kanal patlarının dentine bağlanımına etkilerini, biyouyumluluğunu, organik doku çözme etkinliğini ve antimikrobiyal etkinliklerini birlikte ve çeşitli konsantrasyonlarda değerlendiren, klinik kullanım protokollerine rehberlik edebilecek daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

### **Etik Kurul Onayı**

Makalemiz derleme türünde olduğu için etik kurul onayı gerekmemektedir.

### **Çıkar Çatışması**

Bu çalışma kapsamında, yazarların çıkar çatışması olabilecek durumları kapsayan bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkileri, bilirdiği, danışmanlık, herhangi bir kuruluştaki istihdam durumu, hissedarlık gibi bağlantıları bulunmamaktadır.

### **Finansal Kaynak**

Bu araştırma sürecinde, araştırma konusu ile doğrudan ilgili olan herhangi bir ilaç şirketinden, tıbbi ekipman veya malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya ticari bir kuruluştan, çalışmanın değerlendirme sürecine etki edebilecek maddi veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

### **Yazar katkısı**

Fikir: Ö.B. Tasarım: Ö.B. Denetleme: Ö.B. Kaynaklar: Ö.B. Malzemeler: Ö.B. Veri Toplama: Ö.B. Analiz: Ö.B. Literatür: Ö.B. Yazı: Ö.B. Eleştirel inceleme: Ö.B.

## Kaynakça

- Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010;54(2):291–312.
- Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001;34(3):221–30.
- Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J.* 2014;216(6):299–303.
- Zehnder M. Root Canal Irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389–98.
- Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J.* 2003;36(6):411–5.
- Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endod Topics.* 2012;27(1):74–102.
- Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Waltimo T. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;94(6):756–62.
- Lester KS, Boyde A. Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals. *Br Dent J.* 1977;143(11):359–67.
- Pasqualini D, Cuffini AM, Scotti N et al. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of a 5% sodium hypochlorite subsonic-activated solution. *J Endod.* 2010;36(8):1358–60.
- Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J.* 2009;42(4):335–43.
- Tartari T, Guimarães BM, Amoras LS, Duarte MAH, Silva e Souza PAR, Bramante CM. Etidronate causes minimal changes in the ability of sodium hypochlorite to dissolve organic matter. *Int Endod J.* 2015;48(4):399–404.
- Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. *J Endod.* 1982;8(11):487–92.
- Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J.* 1985;18:35.
- Aslantas EE, Buzoglu HD, Altundasar E, Serper A. Effect of EDTA, sodium hypochlorite, and chlorhexidine gluconate with or without surface modifiers on dentin microhardness. *J Endod.* 2014;40(6):876–9.
- Patil C, Uppin V. Effect of endodontic irrigating solutions on the microhardness and roughness of root canal dentin: An in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2011;22(1):22–7.
- Ballal NV, Kandian S, Mala K, Bhat KS, Acharya S. Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: A scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2009;35(11):1573–6.
- Kuhlfluck I, Klammt J. Suitability of peracetic acid for root canal disinfection. *Stomatol DDR.* 1980;30(8):558–63.
- Lensing HH, Oei HL. Investigations on the sporicidal and fungicidal activity of disinfectants. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg B.* 1985 Dec;181(6):487–95.
- Martell AE, Motekaitis RJ. Determination and use of stability constants. In: New York: John Wiley & Sons. VCH publishers; 1992.
- Brandão-Neto DDO, Mello JVZ, Marceliano-Alves MFV et al. Final endodontic irrigation with 2% peracetic acid: antimicrobial activity and cytotoxicity. *Eur J Dent.* 2021;15(3):533–8.
- Rutala WA, Weber DJ. Disinfection of endoscopes: review of new chemical sterilants used for high-level disinfection. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1999;20(1):69–76.
- Kovaleva J, Degener JE, van der Mei HC. Mimicking disinfection and drying of biofilms in contaminated endoscopes. *J Hosp Infect.* 2010;76(4):345–50.
- Kitis M. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environ Int.* 2004;30(1):47–55.
- Kayaoglu G, Ørstavik D. Virulence factors of *Enterococcus faecalis*: Relationship to endodontic disease. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004;15(5):308–20.
- Guerreiro-Tanomaru JM, Morgental RD, Faria-Junior NB, Berbert FL, Tanomaru-Filho M. Antibacterial Effectiveness of Peracetic Acid and Conventional Endodontic Irrigants. *Braz Dent J.* 2011;22(4):285–7.
- Dornelles-Morgental R, Guerreiro-Tanomaru JM, De Faria-Junior NB, Hungaro-Duarte MA, Kuga MC, Tanomaru-Filho M. Antibacterial efficacy of endodontic irrigating solutions and their combinations in root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol Endod.* 2011;112(3):396–400.
- Cord CB, Velasco RVC, Ribeiro Melo Lima LF, Rocha DGP, Da Silveira Bueno CE, Pinheiro SL. Effective analysis of the use of peracetic acid after instrumentation of root canals contaminated with *enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2014;40(8):1145–8.
- Salvia AC, Teodoro GR, Balducci I, Koga-Ito CY, Oliveira SH. Effectiveness of 2% peracetic acid for the disinfection of gutta-percha cones. *Braz Oral Res.* 2011;25(1):23–7.
- Subha N, Prabhakar V, Koshy M, Abinaya K, Prabu M, Thangavelu L. Efficacy of peracetic acid in rapid disinfection of Resilon and gutta-percha cones compared with sodium hypochlorite, chlorhexidine, and povidone-iodine. *J Endod.* 2013;39(10):1261–4.

30. Hartmann RC, Neuvald L, Barth Jr V et al. Antimicrobial efficacy of 0.5% peracetic acid and EDTA with passive ultrasonic or manual agitation in an *Enterococcus faecalis* biofilm model. *Aust Endod J.* 2019;45(1):57–63.
31. Arias-Moliz MT, Ordinola-Zapata R, Baca P et al. Antimicrobial activity of Chlorhexidine, Peracetic acid and Sodium hypochlorite/etidronate irrigant solutions against *Enterococcus faecalis* biofilms. *Int Endod J.* 2015;48(12):1188–93.
32. La Carbona S, Sauvageot N, Giard JC et al. Comparative study of the physiological roles of three peroxidases (NADH peroxidase, Alkyl hydroperoxide reductase and Thiol peroxidase) in oxidative stress response, survival inside macrophages and virulence of *Enterococcus faecalis*. *Mol Microbiol.* 2007;66(5):1148–63.
33. Baureder M, Reimann R, Hederstedt L. Contribution of catalase to hydrogen peroxide resistance in *Enterococcus faecalis*. *FEMS Microbiol Lett.* 2012;331(2):160–4.
34. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Garcia RB et al. The antimicrobial effect of new and conventional endodontic irrigants on intra-orally infected dentin. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(3-4):424–31.
35. Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod.* 2004;30(11):785–7.
36. Tanomaru-Filho M, Silveira BR, Martelo RB, Guerreiro-Tanomaru JM. Influence of Concentration and Agitation of Sodium Hypochlorite and Peracetic Acid Solutions on Tissue Dissolution. *J Contemp Dent Pract.* 2015;16(11):876–9.
37. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effect of smear layer against disinfection protocols on enterococcus faecalis-infected dentin. *J Endod.* 2013;39(11):1395–400.
38. Araújo AC, Nunes E, Fonseca AA, Cortes MI, Horta MC, Silveira FF. Influence of smear layer removal and application mode of MTA on the marginal adaptation in immature teeth: a SEM analysis. *Dent Traumatol.* 2013;29(3):212–7.
39. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - A review. *Int Endod J.* 2010;43(1):2–15.
40. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Vitorino KR et al. Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. *Microsc Res Tech.* 2013;76(5):533–7.
41. Ulusoy Öİ, Zeyrek S, Çelik B. Evaluation of smear layer removal and marginal adaptation of root canal sealer after final irrigation using ethylenediaminetetraacetic, peracetic, and etidronic acids with different concentrations. *Microsc Res Tech.* 2017;80(7):687–92.
42. De-Deus G, Souza EM, Marins JR, Reis C, Paciornik S, Zehnder M. Smear layer dissolution by peracetic acid of low concentration. *Int Endod J.* 2011;44(6):485–90.
43. Keine KC, Kuga MC, Cunha Tormin FB et al. Effect of peracetic acid used as single irrigant on the smear layer, adhesion, and penetrability of AH Plus. *Braz Oral Res.* 2019;33:e057.
44. Baldasso FER, Roletto L, da Silva VD, Morgental RD, Kopper PMP. Effect of final irrigation protocols on microhardness reduction and erosion of root canal dentin. *Braz Oral Res.* 2017;31:1–8.
45. Taneja S, Kumari M, Anand S. Effect of QMix, peracetic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on calcium loss and microhardness of root dentine. *J Conserv Dent.* 2014;17(2):155–8.
46. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod.* 2005;31(11):817–20.
47. De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MH. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J.* 2006;39(5):401–7.
48. Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *J Endod.* 2011;37(10):1437–41.
49. Ozdemir HO, Buzoglu HD, Çalt S, Çehrelci ZC, Varol E, Temel A. Chemical and ultramorphologic effects of ethylenediaminetetraacetic acid and sodium hypochlorite in young and old root canal dentin. *J Endod.* 2012;38(2):204–8.
50. Panighi M, G'sell C. Influence of calcium concentration on the dentin wettability by an adhesive. *J Biomed Mater Res.* 1992;26(8):1081–9.
51. Perdigão J, Eiriksson S, Rosa BT, Lopes M, Gomes G. Effect of calcium removal on dentin bond strengths. *Quintessence Int.* 2001;32(2):142–6.
52. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Chavéz-Andrade GM et al. Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. *Microsc Res Tech.* 2013;76(10):1079–83.
53. Cobankara FK, Erdogan H, Hamurcu M. Effects of chelating agents on the mineral content of root canal dentin. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol Endod.* 2011;112(6):e149–54.
54. Ulusoy, Manti A, Çelik B. Nanohardness reduction and root dentine erosion after final irrigation with ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acids. *Int Endod J.* 2020;53(11):1549–58.
55. Keine KC, Kuga MC, Coaguila-Llerena H, Palma-Dibb RG, Faria G. Peracetic acid as a single endodontic irrigant: effects on microhardness, roughness and erosion of root canal dentin. *Microsc Res Tech.* 2020;83(4):375–80.
56. Ørstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endod Topics.* 2005;12(1):25–38.



57. Mader CL, Craig Baumgartner J, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 1984;10(10):477–83.
58. Kennedy WA, Walker III WA, Gough RW. Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endod.* 1986;12(1):21–5.
59. Vilanova W V, Carvalho-Junior JR, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YTC. Effect of intracanal irrigants on the bond strength of epoxy resin-based and methacrylate resin-based sealers to root canal walls. *Int Endod J.* 2012;45(1):42–8.
60. Huffman BP, Mai S, Pinna L et al. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J.* 2009;42(1):34–46.
61. Carvalho NK, Prado MC, Senna PM et al. Do smear-layer removal agents affect the push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers? *Int Endod J.* 2017;50(6):612–9.
62. Agarwal S, Raghu R, Shetty A, Gautham P, Souparnika D. An in vitro comparative evaluation of the effect of three endodontic chelating agents (17% ethylenediamine tetraacetic acid, 1% peracetic acid, 0.2% chitosan) on the push out bond strength of gutta percha with a new bioceramic sealer (BioRoot RCS). *J Conserv Dent.* 2019;22(5):475–8.
63. Gokturk H, Ozkocak I, Buyukgebiz F. Effect of different chelating agents on the bond strength of a silicone-based root canal sealer to root dentin. *J Conserv Dent.* 2020;23(2):158–62.
64. Nagas E, Cehreli ZC, Uyanik MO, Durmaz V, Vallittu PK, Lassila L V. Bond strength of mineral trioxide aggregate to root dentin after exposure to different irrigation solutions. *Dent Traumatol.* 2014;30(3):246–9.
65. Gaddala N, Veeramachineni C, Tummala M. Effect of Peracetic Acid as a Final Rinse on Push Out Bond Strength of Root Canal Sealers to Root Dentin. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(5):ZC75–7.
66. Verma D, Taneja S, Kumari M. Efficacy of different irrigation regimes on the push-out bond strength of various resin-based sealers at different root levels: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2018;21(2):125–9.
67. Zehnder M, Grawehr M, Hasselgren G, Waltimo T. Tissue-dissolution capacity and dentin-disinfecting potential of calcium hydroxide mixed with irrigating solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(5):608–13.
68. Bystrom A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Endod Dent Traumatol.* 1985;1(5):170–5.
69. Türkün M, Cengiz T. The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *Int Endod J.* 1997 Sep;30(5):335–42.
70. Erdemir A, Ari H, Güngüneş H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod.* 2004;30(2):113–6.
71. Calt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod.* 1999;25(6):431–3.
72. Margelos J, Eliades G, Verdelis C, Palaghias G. Interaction of calcium hydroxide with zinc oxide-eugenol type sealers: a potential clinical problem. *J Endod.* 1997;23(1):43–8.
73. Hosoya N, Kurayama H, Iino F, Arai T. Effects of calcium hydroxide on physical and sealing properties of canal sealers. *Int Endod J.* 2004;37(3):178–84.
74. Nandini S, Velmurugan N, Kandaswamy D. Removal efficiency of calcium hydroxide intracanal medicament with two calcium chelators: volumetric analysis using spiral CT, an in vitro study. *J Endod.* 2006;32(11):1097–101.
75. Sagsen B, Üstün Y, Aslan T, Çanakçı BC. The effect of peracetic acid on removing calcium hydroxide from the root canals. *J Endod.* 2012;38(9):1197–201.
76. Savur IG, Ulusoy OI. The effectiveness of ethylenediaminetetraacetic, etidronic, and peracetic acids activated with ultrasonics or diode laser on calcium hydroxide removal from root canal walls. *Niger J Clin Pract.* 2021;24(11):1662–8.
77. Teixeira PA, Coelho MS, Kato AS, Fontana CE, Bueno CES, Pedro-Rocha DG. Cytotoxicity assessment of 1% peracetic acid, 2.5% sodium hypochlorite and 17% EDTA on FG11 and FG15 human fibroblasts. *Acta Odontol Latinoam.* 2018;31(1):11–5.
78. Viola KS, Rodrigues EM, Tanomaru-Filho M et al. Cytotoxicity of peracetic acid: evaluation of effects on metabolism, structure and cell death. *Int Endod J.* 2018;51:e264–77.
79. Kobayashi M, Kagawa T, Takano R, Itagaki S, Hirano T, Iseki K. Effect of medium pH on the cytotoxicity of hydrophilic statins. *J Pharm Pharm Sci.* 2007;10(3):332–9.
80. Viola KS, Coaguila-Llerena H, Rodrigues EM et al. Different formulations of peracetic acid: effects on smear layer removal, dentine erosion, cytotoxicity and antibiofilm activity. *J Appl Oral Sci.* 2022;30:e20210575.
81. Chan CP, Jeng JH, Hsieh CC, Lin CL, Lei D, Chang MC. Morphological alterations associated with the cytotoxic and cytostatic effects of citric acid on cultured human dental pulp cells. *J Endod.* 1999;25(5):354–8.





# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i20011



## 3 Dimensional Printing in Prosthetic Dentistry

## Protetik Diş Tedavisinde 3 Boyutlu Yazıcılar

Nilüfer İpek Şahin<sup>1\*</sup>, Emre Tokar<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Three-dimensional (3D) printers are used in dental clinics and laboratories, offering the opportunity to provide prosthetic dental treatment services more cost-effectively and faster compared to traditional methods. This technology addresses challenges encountered in the clinical and laboratory phases by minimizing errors associated with traditional impression taking and model production. Dental restorations such as crowns, bridges, implant-supported prostheses, removable partial denture frameworks, occlusal splints, personalized impression trays, complete dentures, models, and maxillofacial prostheses can be efficiently produced using 3D printers. As the use of 3D printers becomes more widespread, these devices are increasingly integrated into dental practices. Consequently, there is a growing demand for current information regarding this technology. The integration of 3D manufacturing technology contributes to the development of personalized treatment practices and enables customized solutions to meet individual patient needs. As the field of dentistry continues to embrace digital technology, ongoing research and development into three-dimensional printing techniques promise further advancements in treatment possibilities and greater success in results. This article aims to examine the 3D manufacturing techniques and applications used in dentistry, and to evaluate their advantages and disadvantages.

**Keywords:** CAD-CAM, Computer-Aided Design, Dental Prosthesis, 3D Printing.

### ÖZET

Diş kliniklerinde ve laboratuvarlarda üç boyutlu (3B) yazıcıların kullanılması, geleneksel yöntemlere kıyasla protetik diş tedavisinde uygun maliyetle ve daha hızlı bir şekilde hizmet üretme olanağı sağlamaktadır. Bu teknoloji, geleneksel ölçü alma ve model üretimiyle ilişkili hataları en aza indirerek klinik ve laboratuvar aşamalarında karşılaşılan zorlukları büyük ölçüde gidermektedir. Diş restorasyonları, kronlar, köprüler, implant destekli protezler, çıkarılabilir kısmi diş protezi iskeletleri, okluzal splintler, kişiselleştirilmiş ölçü kaşıkları, tam diş protezleri, modeller ve maksillofasial protezler gibi çeşitli diş restorasyonları, 3B yazıcılar kullanılarak etkin bir şekilde üretilebilir. 3B yazıcıların kullanımı yaygınlaştıkça, bu cihazlar diş kliniklerine giderek daha fazla entegre edilmektedir. Bu nedenle de bu teknoloji hakkındaki güncel bilgilere olan talep artmaktadır. 3B üretim teknolojisinin entegrasyonu, kişiye özel tedavi uygulamalarının gelişmesine katkı sağlamakta ve bireysel hasta ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik özelleştirilmiş çözümlere olanak tanımaktadır. Diş hekimliği alanı dijital teknolojiyi benimsemeye devam ettikçe, üç boyutlu baskı teknikleri konusunda devam eden araştırma ve geliştirme faaliyetleri, tedavi olanaklarında daha fazla gelişme ve elde edilen sonuçlarda daha fazla başarı vaat etmektedir. Bu makalede, diş hekimliğinde kullanılan 3B üretim teknikleri ve uygulamaları incelenmekte, sunduğu avantaj ve dezavantajların değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Bilgisayar Destekli Tasarım, CAD-CAM, Diş Protezi, 3D Printing,

<sup>1</sup> PhD student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Gazi University, Ankara, Turkey

<sup>2</sup> DDS, PhD, Associate Professor, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Gazi University, Ankara, Turkey

\*Corresponding Author: Nilüfer İpek ŞAHİN, email: [nipek.sahin@gazi.edu.tr](mailto:nipek.sahin@gazi.edu.tr), ORCID: 0000-0001-6950-1645, Emek Mahallesi, Bişkek Caddesi, 1. Sokak B Blok, No:4, Protetik Diş Tedavisi A.B.D., 06490 Çankaya/Ankara.

## Introduction

The utilization of computer-aided manufacturing (CAM) techniques in dental practices is steadily increasing.<sup>1</sup> Generally, computer-aided manufacturing involves three key stages: digital impression-taking, computer-aided design (CAD), and manufacturing. CAD-CAM, an abbreviation for computer-aided design and computer-assisted manufacturing, can be categorized into two primary subgroups: subtractive and additive processes. The pioneering figures introducing CAD-CAM to dentistry were Swiss dentists Werner Mormann and Marko Bridenstine.<sup>2</sup> Their adoption of the technology in 1988, particularly the subtractive-based CAD-CAM, gained rapid acceptance and widespread usage.<sup>3</sup> Concurrently, during the same period, additive manufacturing-based 3D printing technology, developed by Charles Hull, made its mark in prosthetic dentistry applications and various other production sectors.<sup>4</sup> Continuous advancements in material technology have progressively enhanced the quality of products produced with this technique. In the additive manufacturing technique, layers are added one after the other from the bottom up to produce a product. In the subtractive production technique, during the production of a piece, excess material is separated and discarded, much like the production of a sculpture from a monolithic block.<sup>5</sup> While 3D printers are used in the additive manufacturing technique, milling machines are used for the subtractive manufacturing technique. What both technologies have in common is that the machines used for production (3D printer or milling machine) use CAD software models. In these software applications, the most commonly used digital format is the standard tessellation (STL) format.<sup>6</sup>

Continuous improvements in technology are pushing both manufacturing methods forward, and additive manufacturing is progressing even faster. In particular, the improvement of the quality of the materials (resins) used in additive manufacturing plays the most important role in the development of this innovative technology.<sup>5</sup>

Although the use of additive manufacturing is becoming more widespread in prosthetic dentistry compared to subtractive manufacturing, these two techniques have superior features and disadvantages over each other. Compared to the subtraction technique, the 3D printing technique both shortens the production time and causes less waste of raw materials. Therefore, 3D printers can be a cost-effective option for the production of temporary crowns and fixed dental prostheses.<sup>5</sup>

Additive manufacturing encompasses a series of advantages including unparalleled design flexibility that enables the creation of complex geometries unachievable by traditional manufacturing methods. This innovative process not only promotes the efficient production of complex parts in a single operation due to its production flexibility but also ensures material and resource efficiency by eliminating the need for auxiliary parts and minimizing waste, thus reducing overall costs. However, it faces certain limitations such as the inability to efficiently produce large-scale objects due to material strength constraints, the necessity for post-processing to address surface imperfections on printed parts and the significant initial and ongoing financial investment required for 3D printing technology.<sup>7,8</sup>

## Additive Manufacturing Technologies Used in Dentistry

### *Stereolithography Technique*

The Stereolithography (SLA) method involves the production process wherein UV laser solidifies photosensitive resin in thin layers.<sup>9</sup> In this technique, a movable platform exists within a resin tank filled with resin. The platform is positioned just below the resin to be polymerized. A computer-controlled system lowers the platform by the thickness of one layer after the liquid resin is polymerized by laser to create new layers. This process continues until the model is completed. Once finished, any remaining parts on the model are cleaned, and it is placed in an oven.<sup>10</sup> SLA provides rapid production and allows the creation of complex shapes with high accuracy.<sup>11</sup>

### *Digital Light Processing*

Digital Light Processing (DLP) shares similarities with SLA in its manufacturing methodology, allowing for the production of high-resolution parts. Unlike SLA, which uses laser beams, DLP printers utilize visible light to solidify materials. In DLP, a thinner resin tank is used compared to SLA, resulting in reduced waste generation and a more efficient production process.<sup>12</sup>

### *Fused Deposition Modeling, Fused Filament Fabrication*

Fused Deposition Modeling (FDM) or Fused Filament Fabrication (FFF), is one of the most prevalent and cost-effective 3D printing technologies.<sup>11</sup> Thermoplastic materials such as plastic, granules, or filament wires are used in printers utilizing fused deposition modeling techniques. The working principle of these printers involves directing the flow of plastic or metal material, which creates a

solid object, to an extrusion nozzle that can open and close. The nozzle maintains the thermoplastic material just above its melting point. The nozzle is heated and moved horizontally and vertically by a mechanism controlled digitally via software. As small droplets exit the nozzle, they solidify immediately, forming a layer. Once the first layer is completed, the platform moves downward, and the extrusion nozzle constructs the subsequent layer. This method involves using support material during the model's production.<sup>10</sup>

#### *Material Jetting*

3D printers used in the Material Jetting method follow a technique similar to that of inkjet printers. Therefore, these printers are called 3D inkjet printers.<sup>13,14</sup> The system contains a piezoelectric head spraying liquid photopolymer droplets, which are immediately solidified by the UV lamps.<sup>13</sup> The piezoelectric head is positioned on a movable platform. Once the first layer is completed, the platform descends, and the construction of the subsequent layer takes place. This iterative process continues until the model is fully constructed.<sup>14</sup> In inkjet 3D printers (such as MultiJet, for example), various resins can be used simultaneously to manufacture multi-part objects. The support structure is automatically generated.<sup>13</sup> It is an efficient method that allows for the rapid production of complex structures.<sup>15</sup> However, the main disadvantages of this method include poor resolution and poor coherence between layers.<sup>16</sup>

#### *Powder Bed Fusion Laser Sintering*

Laser-based manufacturing techniques such as Selective Laser Melting (SLM) and Selective Laser Sintering (SLS) rely on directing laser energy through mirrors onto a powdered material substrate to create solid objects.<sup>9</sup> The heat generated by the laser beam striking the surface brings the powder together in the desired form, producing three-dimensional components from CAD data. Beneath the layer of powder in the system, there is a movable platform. After scanning the designated area through the scanning system, the first layer is formed, and the platform descends by the layer thickness to enable the formation of new layers. This process is repeated until the entire solid object is created. Once the sintering process is complete, the station is allowed to cool for a brief period. The produced part is then cleansed of dust using brushes and vacuum cleaners. Since the powder that undergoes sintering in these printers serves as the support material outside the sintered powder, there is no need for additional support material.<sup>10</sup> Laser sintering can create detailed and

precise structures, with the level of detail depending on the precision of the laser and the fineness of the powder. Metal, plastic, and ceramic objects can be produced through laser powder shaping.<sup>17</sup>

In manufacturing, SLS is generally preferred when using polymers or ceramics, while SLM or Direct Metal Laser Sintering (DMLS) is used when working with metals. The produced objects do not require additional curing (hardening).<sup>10</sup>

### **Materials Used in 3D Printers**

#### *Metals and Metal Alloys*

The three-dimensional production of metals involves melting pure metal using laser or electron beams. The molten metal is then added layer by layer and hardened. CoCr, Ni-Cr, and titanium alloys are examples of materials used in additive manufacturing. The additive manufacturing method enables high-precision and rapid production.<sup>18</sup>

Metals and metal alloys are used in strengthening restorations and incorporation into frameworks. These type of materials are used mainly by SLS and SLM technology.<sup>19</sup>

#### *Composites and Polymers*

Polymers exist in the form of thermoplastic filaments, reactive monomers, resins, or powder. The advantages of producing polymer-based materials through three-dimensional printing include the ability to create the designed geometry with high accuracy and cost-effectiveness compared to other traditional manufacturing methods. Polymers are considered the most commonly used materials in additive manufacturing due to their material diversity and adaptability to various methods.<sup>18,20</sup>

The usage of polymer materials produced through additive methods is currently limited due to their low durability. Ongoing research aims to improve the mechanical properties of polymers through different methods and materials.<sup>18,20</sup>

#### *Ceramic Materials*

Ceramics are widely used in dentistry due to their positive features such as biocompatibility, high mechanical and optical properties, chemical stability, and thermal conductivity.<sup>11,21</sup> However, ceramics are fragile, and there are challenges in the production processes.

In dentistry, ceramics can be produced using traditional methods as well as subtractive and additive CAD/CAM methods. Ceramic components are traditionally produced using manufacturing

methods such as injection molding, press molding, strip casting, and gel casting. Desired morphologies are created from a binder or binder-less powder mixture. Materials like zirconia and alumina are used in the additive manufacturing of ceramics. After production, the ceramic structure needs to be sintered at high temperatures to densify it. However, these production techniques have limitations due to long processing times and high costs.<sup>11,22</sup>

### **Applications of 3D Printers in Prosthetic Dentistry**

#### *Crowns and Bridge Restorations*

For resin-based three-dimensional additive methods in crown and bridge restorations, SLA and DLP methods are applied. In additive methods significantly less material is utilized compared to milling systems, resulting in minimal material loss. Permanent physical models can be generated from virtual three-dimensional models within a virtual environment using either milling machines or three-dimensional printers. Various clinical and experimental studies have demonstrated the satisfactory clinical performance of this technology in producing both fixed and temporary crowns, as well as zirconia crown restorations.<sup>23-25</sup>

The accuracy values of zirconia crown restorations obtained with 3D printers in four regions (outer surface, inner surface, crown edge, and occlusal inner surface) were compared with those obtained through milling (CAD/CAM) and reported no statistically significant difference between them. According to these results, they suggested that 3D printing could be suitable for producing zirconia crowns.<sup>26</sup>

After the adoption of additive manufacturing methods, such as SLS and SLM for metal and metal alloy productions, 3D printers have become a common alternative to traditional casting and grinding methods for producing metal frames.<sup>27</sup>

In a study comparing conventional casting, milling, and SLM methods for three-unit implant-supported Co-Cr restorations, researchers found that restorations produced with the SLM method exhibited lower stress and strain values and demonstrated the best marginal fit. The researchers concluded that these findings suggest restorations produced with the SLM method offer higher dimensional accuracy.<sup>28</sup>

#### *Dental Model Production*

Additive manufacturing finds another important application in the production of anatomical study models, facilitating detailed examination of complex anatomy and enabling preoperative surgical

planning.<sup>29</sup> These models serve multiple purposes, including diagnosis, preoperative planning, and as surgical references. Moreover, Additive manufacturing technology has been instrumental in producing models for surgical planning and simulation in oral and maxillofacial surgery for over twenty years.<sup>30</sup>

Colored models produced by 3D printers offer valuable tools for education and research purposes. However, in a study comparing models produced with the SLA method to conventional gypsum models, it was reported that the SLA-produced models exhibited lower accuracy compared to traditional methods. Despite this finding, the use of 3D printing technology continues to hold promise in anatomical modeling and education.<sup>31</sup>

Subsequent studies have partially supported this finding. Nevertheless, due to the clinically acceptable accuracy of fit, 3D-printed casts may still be utilized as definitive master casts to fabricate implant-supported fixed dental prostheses.<sup>23</sup>

#### *Removable Partial Denture Frameworks Fabrication*

During the preparation of Removable Partial Denture (RPD) frameworks using digital workflow, either impressions or models are scanned using an intraoral or extraoral scanner. The designs created in CAD software are then saved in STL file format. These digital data are subsequently transferred to 3D printers for the fabrication of personalized structures. Digital methods offer several advantages over conventional ones. In conventional methods, distortions in wax modeling and investment can occur during the processes, potentially leading to problems in the fit of castings.<sup>32</sup>

The most common complications encountered in the clinics due to the use of Removable Partial Dentures are mucosal lesions and residual ridge resorption, both of which are pressure-related. RPD frameworks produced with 3D printers provide a more balanced distribution of chewing pressure. Customized optimal denture designs using CAD/CAM manufacturing techniques are expected to reduce pressure-induced mucosa lesions and long-term ridge resorption.<sup>33</sup>

#### *Complete Denture Fabrication*

Owing to the development of digital techniques and systems, it's now possible to complete permanent full prostheses in just 2-3 clinical appointments. The successful integration of intraoral scanners in edentulous jaws has facilitated a fully digital workflow for complete dentures.



Both clinical and laboratory protocols of commercially producing companies now incorporate a combination of manual and digital procedures. These protocols aim to deliver complete dentures to patients in only 2 clinical appointments, utilizing CAD/CAM or rapid prototyping technology

The first photopolymerized resin complete denture using 3D laser lithography was produced in 1994.<sup>34</sup> In the following years, many researchers have contributed to the development of this field with studies focusing on various aspects such as the utilization of intraoral scanners in edentulous jaws, digital teeth arrangement, and the creation of virtual patient models.<sup>35,36</sup> Most of the systems on the market use milling techniques (CAD/CAM) for the production of complete dentures.<sup>37</sup>

Complete dentures printed in one piece using 3D printing are typically used as trial prostheses for transitional prostheses or to record maxillo-mandibular relationships. In recent years, the use of 3D printers in the production of permanent complete dentures has also rapidly increased.<sup>38</sup> Although DLP technology is the most commonly used rapid prototyping method for producing complete dentures, other technologies such as SLA and PolyJet technology (also known as Multijet Modeling Printing or MJP) are also employed for this purpose.<sup>39</sup>

#### *Occlusal Splints*

The conventional workflow for producing occlusal splints typically involves taking alginate impressions, obtaining working models, and fabricating the splint after obtaining interocclusal records with interocclusal wax. However, errors can arise during impression-taking and gypsum model fabrication processes, and milling processes consume a significant amount of material.

By utilizing intraoral scanners and three-dimensional printers, multiple splints can be produced simultaneously, resulting in both time and material savings. However, it's important to note that the mechanical properties of the materials used in 3D printers may not be as robust as those of conventional resin materials used for milling. Therefore, caution should be exercised in their long-term use.<sup>40</sup>

In a study comparing the performance of occlusal splints produced using 3D printers, CAD/CAM, and traditional methods in a chewing simulator, it was found that 3D printed splints showed lower wear and bending resistance. This study suggested that occlusal

splints obtained with 3D printers could be clinically used for up to one month.<sup>41</sup> In a similar study, it was observed that resin and polyamide splint materials used for 3D printers were subject to less wear than traditional resin materials used for milling.<sup>42</sup>

In another study comparing the wear resistance of resin splints produced with 3D printers, CAD/CAM, and conventional cold acrylic, it was reported that there was no statistically significant difference between them.<sup>43</sup>

#### *Preparation of Custom Impression Trays*

Precision in impressions is crucial, especially in implant-supported prosthodontic restorations and fully edentulous cases, to ensure stability, retention, optimal function, and continuous oral tissue health of the restorations.<sup>44</sup>

One of the most important criteria for impression precision is the stability of the impression tray in the mouth. When precise and stable impression trays are used, there will be a more homogeneous thickness and sufficient space for the impression material.

In a study, digital design and a three-dimensional printer were utilized to produce a splinted framework and a custom tray for a full-arch implant impression in a fully edentulous patient with 6 implants in the upper jaw. The authors concluded that this application could reduce laboratory steps, costs, chairside time, and the number of impression copings as laboratory analogs needed.<sup>45</sup>

In another study, custom tray applications in full edentulous cases of the lower jaw were produced using CAD design and FDM compared with conventional custom trays. It was found that the compatibility of the models with the 3D-printed custom trays was much higher than with conventional trays.<sup>46</sup> The ability to produce these special trays quickly and with high precision through 3D printing techniques makes them increasingly popular.

#### *Prosthetic Rehabilitation of Maxillofacial Deformities*

In cases where prosthetic rehabilitation of maxillary deformities presents significant challenges, 3D printers play an effective role in reducing errors arising from conventional impression-taking and model production.

To determine anatomical details in the digital workflow, various computer-aided medical imaging methods such as computed tomography



(CT), cone beam computed tomography (CBCT), magnetic resonance imaging (MRI), laser surface scanners, intraoral optical scanning systems, and spectrophotogrammetry techniques can be utilized. Recent advancements in technology enable the integration of computer-aided medical imaging and digital impression data in CAD/CAM systems. The combined use of these techniques and devices effectively eliminates errors that may occur during the conventional impression-taking process.<sup>47</sup>

The significant advantages of the digital workflow completed with 3D printers include time savings compared to traditional techniques, shortened laboratory stages, and the ability to store prosthetic designs in a digital environment. As a result, the time spent at the chairside for adapting the prosthesis is significantly reduced.<sup>48</sup>

### **Conclusion**

In conclusion, the utilization of three-dimensional printers in prosthetic dental treatment presents a promising and cost-effective avenue compared to traditional manufacturing methods. The application of additive manufacturing technologies to prosthetic dentistry has provided significant advantages in terms of design flexibility, production efficiency and material savings.

As technology advances, further research and development will likely address current limitations and enhance the capabilities of three-dimensional printing in prosthetic dentistry. The ongoing refinement of materials, processes, and digital workflows will contribute to the continued integration of additive manufacturing technologies into routine dental practices, ultimately benefiting clinicians and patients.

### **Ethical Approval**

Ethical approval is not necessary for this study.

### **Conflict of interest**

The authors have no conflict of interest to declare.

### **Sources of Funding**

No funding was received for this study.

### **Authorship Contributions**

Conception: N.İ.Ş. Design: E.T. Supervision: E.T. Materials: N.İ.Ş., E.T. Data Collection and/or Processing: N.İ.Ş. Analysis and/or Interpretation: N.İ.Ş., E.T. Literature Search: N.İ.Ş. Writing Manuscript: N.İ.Ş. Critical Review: N.İ.Ş., E.T.

## References

- Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am*. 2011;55:559-70.
- Karaalioglu OF, Duymuş ZY. Dental Computer Aided Design- Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM) Systems. *J Dent Fac Ataturk Uni*. 2008;12:25-32.
- Liu PR. A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compendium*. 2005;26:507-13.
- Tian Y, Chen CX, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, et al. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*. 2021;99:50131.
- Jain S, Sayed ME, Shetty M, Alqahtani SM, Al Wadei MHD, Gupta SG, et al. Physical and Mechanical Properties of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers*. 2022;14:2691.
- Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *J Healthc Eng*. 2017;8427595.
- Jasiuk I, Abueidda DW, Kozuch C, Pang S, Su FY, McKittrick J. An overview on additive manufacturing of polymers. *Jom*. 2018;70:275-83.
- Huang SH, Liu P, Mokasdar A, Hou L. Additive manufacturing and its societal impact: a literature review. *J Adv Manuf Technol*. 2013;67:1191-203.
- Van Noort, R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater*. 2012;28:3-12.
- Çelik İ, Karakoç F, Çakır MC, Duysak A. Hızlı prototipleme teknolojileri ve uygulama alanları. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*. 2013:53-70.
- Galante R, Figueiredo-Pina CG, Serro AP. Additive manufacturing of ceramics for dental applications: A review. *Dent Mater*. 2019;35:825-46.
- Jasveer S, Jianbin X. Comparison of different types of 3D printing technologies. *Int J Sci Res*. 2018;8:1-9.
- Yap YL, Wang C, Sing SL, Dikshit V, Yeong WY, Wei J. Material Jetting Additive Manufacturing: An Experimental Study Using Designed Metrological Benchmarks. *Precis Eng*. 2017;50:275-85.
- Yalçın B, Ergene B. Endüstride yeni eğilim olan 3-d eklemeli imalat yöntemi ve metalurjisi. *UTBD*. 2017;9:65-88.
- Travitzky N, Bonet A, Dermeik B, Fey T, Filbert-Demut I, Schlier L. Additive manufacturing of ceramic-based materials. *Adv Eng Mater*. 2014;16:729-54.
- Khoshnevis B. Automated construction by contour crafting related robotics and information technologies. *Automat Constr*. 2004;13:5-19.
- Hoy MB. 3D printing: making things at the library. *Med Ref Serv Q*. 2013;32:93-9.
- Ngo TD, Kashani A, Imbalzano G, Nguyen KTQ, Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Compos B Eng*. 2018;143:172-96.
- Adam N. A literature review of current 3D printing materials in dentistry. *International Dentistry (African Ed)*. 2022;12:70-7.
- Wang X, Jian M, Zhou Z, Gou J, Hui D. 3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective. *Compos B Eng*. 2017;110:442-58.
- Chaar MS, Witkowski S, Strub JR, Att W. Effect of veneering technique on the fracture resistance of zirconia fixed dental prostheses. *J Oral Rehabil*. 2013;40:51-9.
- Chen Z, Li Z, Li J, Liu C, Lao C, Fu Y, et al. 3D printing of ceramics: A review. *J Eur Ceram*. 2019;39:661-87.
- Abdeen L, Chen Y, Kostagianni A, Finkelman M, Papathanasiou A, Chochlidakis K, et al. Prosthesis accuracy of fit on 3D-printed casts versus stone casts: A comparative study in the anterior maxilla. *J Esthet Restor Dent*. 2022;34:1238-46.
- Sim JY, Jang Y, Kim WC, Kim HY, Lee DH, Kim JH. Comparing the accuracy (trueness and precision) of models of fixed dental prostheses fabricated by digital and conventional workflows. *J Prosthodont Res*. 2019;63:25-30.
- Tahayeri A, Morgan MC, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater*. 2018;34:192-200.
- Wang W, Yu H, Liu Y, Jiang X, Gao B. Trueness analysis of zirconia crowns fabricated with 3-dimensional printing. *J Prosthet Dent*. 2019;121:285-91.
- Koutsoukis T, Zinelis S, Eliades G, Al-Wazzan K, Rifaiy MA, Al Jabbari YS. Selective Laser Melting Technique of Co-Cr Dental Alloys: A Review of Structure and Properties and Comparative Analysis with Other Available Techniques. *J Prosthodont*. 2015;24:303-12.
- Presotto AGC, Barao VAR, Bhering CLB, Mesquita MF. Dimensional precision of implant-supported frameworks fabricated by 3D printing. *J Prosthet Dent*. 2019;122:38-45.
- Bartikian M, Ferreira A, Gonçalves-Ferreira A, Neto LL. 3D printing anatomical models of head bones. *Surg Radiol Ana*. 2019;41:1205-9.
- Xia J, Ip HH, Samman N, Wang D, Kot CS, Yeung RW, et al. Computer-assisted three-dimensional surgical planning and simulation: 3D virtual osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2000;29:11-7.
- Alshawaf B, Weber HP, Finkelman M, El Rafie K, Kudara Y, Papaspyridakos P. Accuracy of printed casts

- generated from digital implant impressions versus stone casts from conventional implant impressions: A comparative in vitro study. *Clin Oral Implants Res*. 2018;28:835-42.
32. Rokhshad R, Tehrani AM, Zarbakhsh A, Revilla-Leon M. Influence of fabrication method on the manufacturing accuracy and internal discrepancy of removable partial dentures: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2023;133:724-35.
  33. Chen J, Ahmad R, Suenaga H, Li W, Sasaki K, Swain M, et al. Shape Optimization for Additive Manufacturing of Removable Partial Dentures A New Paradigm for Prosthetic CAD/CAM. *PLoS One*. 2015;10:e0132552.
  34. Maeda Y, Minoura M, Tsutsumi S, Okada M, Nokubi T. A CAD/CAM System For Removable Denture. Part I: Fabrication of Complete Dentures. *Int J Prosthodont*. 1994;7:17-21.
  35. Baba NZ, AlRumaih HS, Goodacre BJ, Goodacre CJ. Current techniques in CAD/CAM denture fabrication. *Gen Dent*. 2016;64:23-8.
  36. Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, Steinmassl PA. CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clin Oral Investig*. 2018;22:2829-35.
  37. Kalberer N, Mehl A, Schimmel M, Müller F, Srinivasan M. CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *J Prosthet Dent*. 2019;121:637-43.
  38. Lin WS, Harris BT, Pellerito J, Morton D. Fabrication of an interim complete removable dental prosthesis with an in-office digital light processing three-dimensional printer: A proof-of-concept technique. *J Prosthet Dent*. 2018;120:331-4.
  39. Unkovskiy A, Schmidt F, Beuer F, Li P, Spintzyk S, Kraemer Fernandez P. Stereolithography vs. direct light processing for rapid manufacturing of complete denture bases: an in vitro accuracy analysis. *J Clin Med*. 2021;10:1070.
  40. Salmi M, Paloheimo KS, Tuomi J, Ingman T, Makitie A. A digital process for additive manufacturing of occlusal splints: a clinical pilot study. *J R Soc Interface*. 2013;10:20130203.
  41. Lutz AM, Hampe R, Roos M, Lumkemann N, Eichberger M, Stawarczyk B. Fracture resistance and 2-body wear of 3-dimensional-printed occlusal devices. *J Prosthet Dent*. 2019;121:166-72.
  42. Reyes-Sevilla M, Kuijts RH, Werner A, Kleverlaan CJ, Lobbezoo F. Comparison of wear between occlusal splint materials and resin composite materials. *J Oral Rehabil*. 2018;45:539-44.
  43. Park JM, Ahn JS, Cha HS, Lee JH. Wear Resistance of 3D Printing Resin Material Opposing Zirconia and Metal Antagonists. *Materials (Basel)*. 2018;11:1043.
  44. Revilla-Leon M, Sanchez-Rubio JL, Oteo-Calatayud J, Ozcan M. Impression technique for a complete-arch prosthesis with multiple implants using additive manufacturing technologies. *J Prosthet Dent*. 2017;117:714-20.
  45. Cascon WP, Revilla-Leon M. Digital workflow for the design and additively manufacture of a splinted framework and custom tray for the impression of multiple implants: A dental technique. *J Prosthet Dent*. 2018;120:805-11.
  46. Chen H, Yang X, Chen L, Wang Y, Sun Y. Application of FDM three-dimensional printing technology in the digital manufacture of custom edentulous mandible trays. *Sci Rep*. 2016;6:19207.
  47. AlShaibani R, Akhtar T, Gentle M, Chen P, Liao P. Digital Applications of Maxillofacial Reconstruction—A systematic review. *J Adv Dent*. 2021;1:21-7.
  48. de Caxias FP, Dos Santos DM, Bannwart LC, de Moraes Melo Neto CL, Goiato MC. Classification, History, and Future Prospects of Maxillofacial Prosthesis. *Int J Dent*. 2019;1:8657619.



# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v011i20012



## Kalsiyum Silikat Esaslı Kanal Patları Kök Kanallarından Uzaklaştırılabilir mi?

## Is It Possible to Retreat Calcium Silicate-Based Sealers?

Didem Yüce<sup>1\*</sup>, İpek Öreroğlu<sup>2</sup>

### ÖZET

Son yıllarda geliştirilen ve popüler hale gelen kalsiyum silikat esaslı kanal patları; biyouyumlu olmaları, biyoaktif özelliklerinin olması, uygulama kolaylığı vb. özellikleri sebebi ile gütta-perka ile birlikte kök kanal dolgularında kullanılmaya başlanmıştır. Primer endodontik tedavilerde bu kanal patlarının kullanımının yaygınlaşmasıyla, kök kanal tedavisinin tekrarını gerektiren durumlarda nasıl bir yol haritası çizileceği sorusunu akla getirmektedir. Bu derlemede kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının genel özellikleri dentinle olan bağlantıları ve gütta-perka ile olan bağlantısı incelenmiştir. Ayrıca kalsiyum silikat esaslı patların kök kanallarından uzaklaştırılmaları esnasında farklı yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar incelenerek, kök kanal tedavisi tekrarını gerektiren durumlarda bu yöntemlerin etkinliğinin karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Endodonti, Kalsiyum silikat, Kanal sealantı, Kök kanalı dolgu materyalleri, Yeniden tedavi.

### ABSTRACT

Since the introduction of calcium silicate-based materials in dentistry, calcium silicate-based root canal sealers have become popular in recent years. Calcium silicate-based sealers becomes a choice in primary endodontic treatments, because of their biocompatibility, bioactivity, sealing ability, ease of application, etc. As the use of these root canal sealers become a choice in primary endodontic treatments, it brings to mind the question of how to remove is more suitable from root canals. In this review, the general properties of calcium silicate-based root canal sealer, their reaction with dentin and gutta-percha are examined. In addition, it is aimed to examine the studies in which different methods were used to remove calcium silicate based sealers from root canals and to compare the effectiveness of these methods in cases that require retreatment.

**Keywords:** Calcium Silicate, Canals Sealer, Endodontics, Retreatment, Root Canal Filling Materials.

<sup>1</sup> Doktora Öğrencisi, Endodonti Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> Doktor Öğretim Üyesi, Endodonti Anabilim Dalı, Diş Hekimliği Fakültesi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu Yazar: Didem Yüce, e-mail: [didemyuce@ogr.iu.edu.tr](mailto:didemyuce@ogr.iu.edu.tr), ORCID: 0000-0002-0054-859X, Endodonti Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

## Giriş

Teknolojik gelişmelere paralel olarak, endodonti alanında da pek çok değişim gerçekleşmiş olsa da, kök kanal tedavisinin temel amacı değişmemiştir. Bu amaç; kök kanallarının doğru bir kemomekanik preparasyondan sonra, üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde tıkanması ve bunların sonucunda apikal periodontitisin önlenmesi ve/veya iyileştirilmesidir.<sup>1</sup> Kök kanal dolgusunun başlıca işlevi mikroorganizma ve yan ürünlerinin, periradiküler dokulara ulaşmasını engellemektir.<sup>2</sup> Günümüzde kök kanal dolgularında genellikle, gütaperka ve kanal patları birlikte kullanılmaktadır.<sup>3</sup> Gütaperka konları tek başına dentin ile bağlantı kuramadığından kanal patları ile birlikte kullanılmaları gerekmektedir.<sup>4</sup> Günümüze kadar kök kanal dolgusu materyali amacıyla, pek çok farklı kanal patı kullanılmıştır.<sup>5</sup> Ancak klinikte kullanılan kanal patlarından hiçbirisi ideal kök kanal patının özelliklerini tam olarak karşılamamaktadır.<sup>6</sup> İdeal kök kanal patı özelliklerini sağlamak amacı ile pek çok farklı içeriğe sahip kanal patı geliştirilerek piyasaya sürülmüştür. Klinikte sıklıkla kullanılan kanal patları şu şekilde sınıflandırılabilir:<sup>6</sup>

- Çinko oksit öjenol esaslı patlar
- Kalsiyum hidroksit esaslı patlar
- Cam iyonomer esaslı patlar
- Rezin esaslı patlar
- Silikon esaslı patlar
- Kalsiyum silikat esaslı patlar

Kalsiyum silikat esaslı materyaller 1990'lı yıllarda mineral trioksit agregatın (MTA) tanıtılması ile diş hekimliğine girmiştir ve ilk olarak siman formunda kullanılmaya başlanmıştır.<sup>7</sup> MTA biyouyumlu, biyoaktif, hidrofilik, radyopak olmasının yanı sıra düşük çözünürlük ve yüksek sızdırmazlık göstermesi sebebi ile pek çok açıdan istenilen özelliklere sahip bir materyal olarak karşımıza çıkmaktadır.<sup>7</sup> Biyouyumluluk özelliği sayesinde dokulardaki iyileşmeyi olumlu yönde etkilediği pek çok çalışmada gösterilmiştir.<sup>8,9</sup> Diş hekimliği alanında kullanılan pek çok materyalden farklı olarak MTA, nemli ortamda sertleşme reaksiyonunu tamamlamaktadır.<sup>10</sup> Direkt pulpa kuafajı, vital pulpa tedavileri (pulpotomi, apeksogenezis), apeksifikasyon, rejenerasyon, perforasyon tamiri gibi tedavilerde MTA'nın uygulanması sonucu başarı oranlarının artmasıyla kalsiyum silikat esaslı materyallerin kullanımı yaygınlaşmıştır.<sup>11</sup>

Kalsiyum silikat esaslı materyallerin yüksek biyouyumluğu ve sızdırmazlık özelliklerinin gösterilmesi ile birlikte kalsiyum silikat esaslı kanal patı formları da üretilmeye başlanmıştır. 2007 yılında

piyasaya sürülen iRootSP™ kanal patı bu anlamda geliştirilen ilk kalsiyum silikat esaslı kanal patıdır (KSP).<sup>12</sup> iRootSP™'nin tanıtılması ile endodontide kullanılan kanal patları sınıflamasına kalsiyum silikat esaslı patlar dahil olmuştur. Bu aşamadan sonra markalar farklı içeriklere sahip pek çok farklı kalsiyum silikat esaslı kanal patını piyasaya sürmüşlerdir (Tablo 1).

KSP'ler kök kanal dolgularında kullanıldıklarında, periapikal dokulara bakterilerin veya yan ürünlerin ulaşmasını engellemenin yanında kök kanalları içerisinde antibakteriyel etkinlik göstermektedir.<sup>12</sup>

## Gereç ve Yöntem

Bu derlemede PubMed, Web of Science ve Google Scholar elektronik veri tabanlarında “biyoseramik pat”, “kalsiyum silikat esaslı pat”, “bağlanma dayanımı” ve “retreatment” anahtar kelimelerinin taranmasıyla Türkçe ve İngilizce dillerinde yapılan elektronik arama sonucunda 2024 Ocak ayından itibaren ulaşılan bilimsel verilerle kaynakça oluşturulmuştur. Araştırılan materyallerin in vitro çalışmaları, derlemeler ve bu materyallerle ilgili yayınlanan kitap bölümleri de dahil edilerek 77 kaynak incelenmiştir. Araştırma 25 yıllık bir zaman dilimi içerisindeki yayınlar ile sınırlandırılmıştır.

## Kalsiyum Silikat Esaslı Patlar

### Kalsiyum Silikat Esaslı Patların Özellikleri

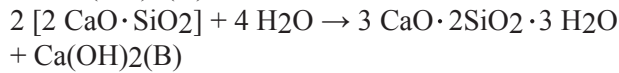
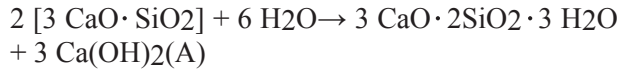
Tıp ve diş hekimliği alanında kullanılan biyoseramik materyaller canlı dokular ile temas ettiklerinde yabancı doku reaksiyonu oluşturmeyen materyallerdir.<sup>13</sup> Dokularla gösterdikleri etkileşimlere göre biyo inert, biyoaktif ve biyoçözünür olarak 3 alt sınıf biyoseramik materyal grubu bulunmaktadır.<sup>13,14</sup>

- **Biyo inert:** Çevre dokularla etkileşime girmeyen materyaller bu grupta incelenmektedir.
- **Biyoaktif:** Çevre dokularla etkileşime girerek az miktarda çözünmelerine rağmen stabiliteyi korumaktadırlar. Sert doku oluşumunu tetikleyerek dokularda osteojenik etki oluşturma potansiyelleri bulunmaktadır.
- **Biyoçözünür:** Bu grupta bulunan materyaller zaman içerisinde çözünerek yerlerini çevre dokulara bırakırlar.<sup>15</sup>

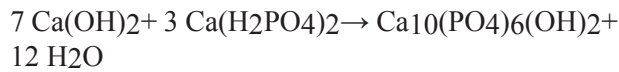
Kalsiyum silikat esaslı patlar sertleşme reaksiyonları sebebi ile oldukça özel malzemelerdir. Sertleşme reaksiyonunun başlaması için neme ihtiyaç duymaktadırlar. Bu sebeple hidrolik kalsiyum silikat esaslı materyaller olarak adlandırılmaktadırlar. Reaksiyon sonrasında yan ürün olarak kalsiyum hidroksit (Ca(OH)<sub>2</sub>) oluşumu görülmektedir.<sup>12,16,17</sup>



Komabayashi ve ark.'nın<sup>18</sup> yaptığı bir derlemede kalsiyum silikat esaslı materyallerin; sertleşme reaksiyonları sırasında yüzeyde hidroksiapatit tabakası oluşturabilmesi sebebiyle biyoaktif özellikler ve osteojenik etkiler oluşturduğunu ve diğer biyoseramik materyallerden bu nedenle ayrıldıklarını belirtmiştir.



Salınan bu  $\text{Ca(OH)}_2$  iyonları, ortamın pH değerini yükselterek kalsiyum silikat esaslı sealerların antimikrobiyal etkinliğine katkı sağlamaktadır.<sup>19,20</sup>



Bu hidrasyon reaksiyonunun ardından kalsiyum fosfat apatitin olduğu bir çökelme reaksiyonu meydana gelmektedir.<sup>17</sup> Sertleşme reaksiyonları sonucu kalsiyum silikat patların yüzeyinde oluşan hidroksiapatit kristalleri materyallerin biyoaktif özelliğini ortaya çıkarmaktadır.<sup>19</sup>

Kalsiyum silikat esaslı materyaller dentinin mikro yapısında değişikliğe sebep olmaktadır. Hidrasyon reaksiyonları sonucunda materyalin yüzeyinde oluşan apatit kristalleri dentin yüzeyi ile etkileşime girdiğinde mineral infiltrasyon alanı (MIZ) adı verilen kristal bir tabaka oluşturmaktadır. Bu bölgede dentin tübüllerinin içerisine doğru uzantı benzeri yapılar görülmektedir.<sup>21,22</sup> Ancak bu oluşumların yapılan endodontik tedaviler için pozitif veya negatif bir etkisi kanıtlanmamıştır.<sup>23</sup>

Kalsiyum silikat esaslı patların genel özellikleri; in-vitro çalışmalar arasından yapılan sistematik bir derlemede üç ana başlık altında incelenmiştir.<sup>12</sup>

### 1. Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri:

- ISO standartlarında radyoopasiteye, film kalınlığına, akıcılığa ve çözünürlüğe sahiptirler.
- Hidrasyon reaksiyonları sonucu patların yüzeyinde oluşan kalsiyum hidroksiapatit benzeri yapılar biyoaktif özelliklerini kanıtlamaktadır.
- Tüm kalsiyum silikat esaslı patlar başlangıçta yüksek alkali özellik göstermektedir.

### 2. Dentin ile İlişkileri:

- Reçine esaslı patlara göre daha fazla mikro sızıntı gösterirler.
- Dişlerde renklemeye sebep olacak kimyasal bir içeriğe sahip değildir.

- Reçine esaslı patlarla karşılaştırıldığında kanal dolgusu içerisinde daha fazla boşluk görülmüştür.
- Kök kanal tedavisi tekrarının mümkün olduğu, ancak uzaklaştırmanın güç olduğu bazı çalışmalarda belirtilmiştir.
- iRoot SPTM diğer KSP'lere göre dentin penetrasyon değerinin ve dentin bağlanma dayanımı değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

### 3. Biyolojik Özellikleri:

- Sitotoksik veya genotoksik etkileri bulunmamaktadır. Biyouyumludur.
- Biyoaktif özellikleri sebebi ile sert doku oluşumunu uyarırlar.
- Rezin esaslı patlara göre antibakteriyal etkinlikleri yüksektir.

### Kalsiyum Silikat Esaslı Patların Kök Kanal Tedavisi Tekrarı İle İlgili Olabilecek Özellikleri

#### Kalsiyum Silikat Esaslı Patların Dentine Bağlama Dayanımı

Güta-perka kök kanal dolgu materyali olarak tek başına kullanıldığında kanal duvarlarına tam bir adaptasyon göstermez. Kök kanal tedavisinin son aşaması olan hermetik bir kök kanal dolgusunu kök kanal patlarını kullanmadan yapmak mümkün değildir.<sup>24-26</sup> Kök kanal patlarının dentin duvarlarına adapte olması ve kanal içi düzensizlikleri doldurması; hermetik bir kök kanal dolgusu elde edilmesine katkı sağlayarak kök kanal tedavisinin başarı oranını yükselttiği düşünülmektedir.<sup>6</sup> Kanal patları esasen kök kanal dolgularında dentin ile bağlantıyı sağlayan materyallerdir. Kullanılan kor materyali ve dolgu tekniğine bağlı olmadan dentin ile iyi bir bağlantı kurmaları beklenir. Bu bağlantı ne kadar iyiye kanal patlarını dentinden uzaklaştırmak o derece zor olmaktadır.<sup>6,18</sup> Patların dentin ile kurdukları bağlantıyı incelemek için dentine bağlanma dayanımı değerleri ölçülmektedir ve bu değerler kullanılarak karşılaştırma çalışmaları yapılmaktadır.

Reçine esaslı kök kanal patı olan AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya) dentinle iyi bir bağlantı göstermesi, yüksek radyoopasitesi, akıcılığı ve yeterli derecede gösterdiği üç boyutlu stabilitesi ile altın standart olarak kabul edilmekte ve kalsiyum silikat esaslı patların karşılaştırma çalışmalarında oldukça sık kullanılmaktadır.<sup>27</sup>

Khoury ve ark.'nın<sup>28</sup> AH Plus Biyoseramik Sealer, TotalFill BC Sealer HiFlow ve reçine esaslı AH Plus kanal patlarının dentine bağlanma dayanımını karşılaştırdıkları bir çalışmada her iki kalsiyum silikat esaslı pat, AH Plus'a göre anlamı derecede

daha yüksek bağlanma dayanımı göstermiştir. Donnermeyer ve ark.'nın<sup>29</sup> yaptıkları dentine bağlanma dayanımı çalışmasında ise AH Plus patı Total Fill BC Sealer, ENDO CPM Sealer ve BioRoot RCS patlarına göre anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanımı değeri göstermiştir. Sağsen ve ark.'nın<sup>30</sup> MTA Fillapex, iRoot SP ve AH Plus patlarının yine dentine bağlanma dayanımlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında MTA Fillapex'in istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmişlerdir.

Tek kon ve devamlı ısı ile kompaksiyon yöntemleri kullanılarak, Endosequence BC Sealer, MTA Plus ve AH Plus patları ile yapılan bir bağlanma dayanımı çalışmasında en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini Endosequence BC Sealer'ın tek kon yöntemi ile birlikte kullanıldığı grup göstermiştir. MTA Plus devamlı ısı ile kompaksiyon yöntemiyle birlikte kullanıldığında bağlanma dayanımı değerinin, tek kon yöntemi ile birlikte kullanıldığı gruba göre daha düşük değer gösterdiği belirtilmiştir. Bunun sebebinin ise kompaksiyon esnasında ısı kaynağının patı mekanik olarak kanal duvarlarından uzaklaştırması olduğu düşünülmektedir.<sup>31</sup>

Yapılan bir çalışmada sıcak dolum yöntemi olarak System B kullanılması sırasında AH Plus ve MTA Plus patlarında meydana gelen sıcaklık değişiminin, patlarda kimyasal olarak bir değişime sebep olup olmadığı incelenmiştir. Bu çalışmada Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak sıcaklık değişimi AH Plus patında kimyasal değişikliklere sebep olurken MTA Plus patı kimyasal olarak stabilitesini korumuştur.<sup>32</sup>

Endosequence BC Sealer HiFlow, Bio-C Sealer, BioRoot RCS ve AH Plus patlarının kullanıldığı bir başka FTIR çalışmasında sıcaklık değeri 37°C'den 100°C'ye çıkarıldığında patların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana geldiği belirtilmiştir.<sup>33</sup>

Dentinle olan bağlantısı iyi olan kök kanal patlarının kök kanallarından uzaklaştırmasının daha zor olması beklenmektedir. Ancak literatürde bulunan pek çok farklı çalışmada, kalsiyum silikat esaslı patların dentine bağlanma değerleri açısından oldukça farklı olduğu görülmektedir.<sup>28,30</sup> Dolayısıyla bu çalışmalarda çelişkili sonuçlar incelendiğinde KSP'lerin kök kanallarından daha kolay ya da daha zor uzaklaştırılabileceğine dair bir fikir birliğine varılamamıştır.

## **Kalsiyum Silikat Esaslı Patların Gütä-Perka İle Olan Bağlanması**

Kalsiyum silikat esaslı patların dentin ile olan bağlantısını inceleyen oldukça fazla çalışma olmasına karşın gütä-perka ile olan bağlantısı ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır.<sup>34-36</sup> Zhang ve ark.'nın<sup>34</sup> yaptıkları bir çalışmada iRoot SP™ ve AH Plus kök kanal patlarının dentin ve gütä-perka ile olan bağlantılarını lazer taramalı elektron mikroskobu altında incelendiğinde; iRoot SP™'nin gütä-perkaya daha iyi bağlantı gösterdiği öne sürülmüştür. Eltair ve ark.'nın<sup>35</sup> yaptıkları bir çalışmada AH Plus ve TotalFill BC kök kanal patlarını konvansiyonel gütä-perka ve biyoseramik parçacıklardan oluşan nano katmana sahip TotalFill biyoseramik gütä-perkalar ile birlikte kullanmışlardır. Bu çalışmada kök kanal dolgu yöntemi olarak hem tek kon hem de lateral kompaksiyon yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda dolgu yönteminden bağımsız olarak kullanılan kök kanal patları ve gütä-perkalar arasında bağlantının sağlanamadığı, kanal dolgusu içerisindeki boşluklar karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

De-Deus ve ark.'nın<sup>36</sup> 2022 yılında mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) yöntemi yardımıyla, tek kon yöntemi ile birlikte AH Plus ve Endosequence BC kök kanal patları kullanılarak yapılan kök kanal dolgularında görülen boşlukların miktarını incelemişlerdir. İstatistiksel olarak AH Plus'ın kullanıldığı deney grubunda daha az boşluk olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin ise KSP'lerin hidrofilik yapısı ile gütä-perkanın hidrofobik yapısı arasındaki uyumsuzluk olabileceği öne sürülmüştür. Yapılan bu çalışmalara bakıldığında hala kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının gütä-perka ile bağlantısı hakkında kesin bir yargıya varılamamıştır.<sup>34-36</sup>

## **Kalsiyum Silikat Esaslı Patlar ve Mikro Sızıntı**

Kök kanal dolgularının amaçlarından biri de kök kanallarının yeniden enfeksiyonunun önlenmesi, bakterilerin veya yan ürünlerinin periapikal dokulara ulaşmasının önüne geçilmesidir.<sup>37,38</sup> Kök kanal patları dentin ve gütä perka ile iyi bağlantı kuramadıklarında mikro sızıntı sebebi ile kök kanal tedavisinde başarısızlıklara sebep olabilmektedirler.<sup>39</sup>

Endo CPM ve MTAS patlarının AH Plus ve Sealapex ile karşılaştırıldığı kuronal mikro sızıntı çalışmasında Endo CPM ve MTAS örnekleri diğer patların örneklerine göre daha fazla mikro sızıntı göstermiştir.<sup>40</sup> Zhang ve ark.'nın<sup>34</sup> yaptıkları mikro sızıntı çalışmasında iRoot SP patı AH Plus ile karşılaştırılmıştır. iRoot SP hem tek kon hem de

devamlı ısı ile kompaksiyon yöntemi ile birlikte kullanılmıştır. Ancak gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Endosequence BC patının AH plus ve Epiphany sistemi ile mikro sızıntı açısından karşılaştırıldığı bir çalışmada AH Plus grubunda daha fazla mikro sızıntı görülmüştür.<sup>41</sup>

Endosequence BC, MTA Fillapex ve AH Plus patları ile yapılan bir mikro sızıntı çalışmasında hem konvansiyonel güta perka hem de Cpoint adı verilen kök kanallarında genişleyebilen yeni nesil bir kor materyali kullanılmıştır. En az mikro sızıntı Cpoint ile Endosequence BC patının kullanıldığı grupta görülmüştür.<sup>41</sup>

Çinko oksit öjenol esaslı pat, MTA Plus, EndoRez, Endosequence BC, Sealapex, AH Plus patlarının karşılaştırıldığı bir mikro sızıntı çalışmasında en az sızıntı Endosequence BC grubunda görülmüştür.<sup>42</sup> Markaların farklı KSP'leri arasında mikro sızıntı açısından farklılıklar görülebilmektedir.

### **Kalsiyum Silikat Esaslı Patların Klinik Çalışmaları**

Kim ve ark.<sup>43</sup> tarafından yapılan klinik çalışmada pat bazlı dolum (sealer based obturation(SBO)) yöntemi ile Endoseal TCS, devamlı ısı kompaksiyon yöntemi ile de AH Plus patları kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda belirlenen kriterler göz önüne alındığında her iki yöntem ile de oldukça başarılı sonuçlar ortaya çıkmıştır. SBO grubunda başarı oranı %94,3 olarak ölçülmüştür. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Song ve ark.'nın<sup>44</sup> yaptıkları, 3 ay süre ile takibi yapılan klinik bir çalışmada AH Plus, ADseal, CeraSeal ve EndoSeal TCS patları kullanılmıştır. Post operatif ağrı, kök kanalı dolgusunda kalan boşluklar ve sealer extrüzyonu açısından yapılan incelemelerde gruplar arasında fark bulunamamıştır. KSP'lerin reçine esaslı patlara alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Yapılan klinik çalışmaların sayısı çok fazla olmasa da bu çalışmaların sonucunda; KSP'ler başarı ve post operatif ağrı yönünden değerlendirildiğin reçine esaslı kök kanal patları ile benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır.<sup>43,44</sup>

### **Kalsiyum Silikat Esaslı Patlar Kök Kanallarından Uzaklaştırılabilir Mi?**

Kök kanal tedavilerinin başarısız olduğu durumlarda birkaç farklı tedavi seçeneği olsa da (apikal cerrahi, çekim) tedavinin ortograt yoldan yenilenmesi ilk değerlendirilmesi gereken tedavi seçeneği olarak öne çıkmaktadır.<sup>45</sup>

Ortograt yoldan yapılan kök kanal tedavisi tekrarında kök kanallarına erişim sağlandıktan sonra temel amaç eski kanal dolgusunun tamamen kök kanallarından (güta-perka ve kök kanal patlarını) uzaklaştırılmasıdır.<sup>46</sup> Çünkü tekrarlayan kök kanal tedavilerinde başarıya ulaşmak için endodontik triadın (kök kanallarının şekillendirilmesi, dezenfeksiyonu ve üç boyutlu sızdırmaz şekilde dolgusunun yapılması) eksiksiz bir şekilde yeniden tamamlanması büyük önem taşımaktadır. Kök kanallarında kalan dolgu materyalleri dezenfeksiyon amacı ile kullanılan yıkama solüsyonlarına ve kanal içi medikamentlere fiziksel bir bariyer oluşturabilmekte ve etkinliklerini azaltabilmektedir.<sup>47,48</sup> Ayrıca kalan artık materyaller mikroorganizma barındırabilmekte ve bu durum yapılan tedavilerin sonucunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir.<sup>49</sup>

Kök kanallarında kullanılan dolgu materyallerinin sahip olması gereken özelliklerinden bir tanesi de gerektiğinde kök kanal boşluklarından ve dentin duvarlarından uzaklaştırılabilir olmasıdır.<sup>50</sup> Ancak kök kanal duvarlarında kalan artık materyallerin incelendiği çalışmalarda, kullanılan tekniklerden ve materyallerden bağımsız olarak kök kanal dolgu materyallerinin dentin duvarlarından tamamen uzaklaştırılabilmesinin mümkün olmadığı belirtilmiştir. Özellikle kök kanalları içerisinde bulunan düzensiz alanlar ve isthmuslar,<sup>51</sup> oval kanallar<sup>52,53</sup> ve eğilimli kanallar<sup>54</sup> söz konusu olduğunda artık dolgu materyallerinin uzaklaştırılması daha büyük bir sorun haline dönüşmektedir.

Eski kök kanal dolgusunu, kök kanallarından uzaklaştırmak için genellikle mekanik (el aletleri, nikel titanyum (Ni-Ti) döner aletler) ve kimyasal (irrigasyon solüsyonları, çözücüler) yöntemler birlikte kullanılmaktadır.<sup>55</sup> Bu yöntemler arasında el aletleri, sıcak dolum yöntemlerinde kullanılan pluggerlar, kimyasal çözücüler, ultrasonik aletler, lazerler, Gates Glidden frezler ve Ni-Ti döner alet sistemleri bulunmaktadır.<sup>56-58</sup>

Kanallar içerisinde bulunan dolgu materyalleri uzaklaştırılırken kullanılan yöntemler kadar önceki tedavide kullanılan dolgu materyallerinin özellikleri de tedavinin başarısını etkileyebilmektedir.<sup>59</sup>

Piyasada bulunan kalsiyum silikat esaslı patlara baktığımızda pek çok farklı marka ve içerik karşımıza çıkmaktadır. Bu patlar ya kullanıma hazır olarak ya da iki farklı bileşenin karıştırıldığı preparatlar şeklinde satılmaktadır. Piyasada bulunan patlar Tablo 1 içerisinde gösterilmiştir.

**Tablo 1:** Piyasada bulunan güncel kalsiyum silikat esaslı patlar<sup>12,60-62</sup>

| PAT                           | ÜRETİCİ                                          |  | MUADİLİ                                                                                                                | PREPARAT                      | İÇERİK                                                                                                                                          |
|-------------------------------|--------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AH Plus Bioceramic Sealer     | Dentsply Sirona, York, ABD                       |  |                                                                                                                        | KULLANIMA HAZIR / TEK BİLEŞEN | Kalsiyum silikatlar, kalsiyum aliminatlar, zirkonyum oksit, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit                                                 |
| iROOT                         | Innovative Bioceramix, Vancoucer, Kanada         |  | Endosequence BC Sealer, Brasseler USA, Savannah, ABD<br>Total Fill BC Sealer, FKG Dentaire, La Choux-de-Fonds, İsviçre |                               | Zirkonyum oksit, dikalsiyum silikat, trikalsiyum silikat, kalsiyum fosfat monobazik, kalsiyum hidroksit, doldurucu, kıvamlaştırıcı ajanlar      |
| EndoSeal MTA                  | Maruchi, Wonju, Kore                             |  |                                                                                                                        |                               | Kalsiyum silikatlar, kalsiyum aliminatlar, kalsiyum aluminoferrit, kalsiyum sülfatlar, radyoopaklaştırıcı ve kıvamlaştırıcı ajanlar             |
| WellRoot ST                   | Vericom, Gangwon-Do, Kore                        |  |                                                                                                                        |                               | Kalsiyum aluminosilikatlar, zirkonyum oksit, doldurucu, kıvamlaştırıcı ajanlar                                                                  |
| Nano Ceramic Sealer           | B&L Biotech, Fairfax, ABD                        |  |                                                                                                                        |                               | Kalsiyum silikatlar, zirkonyum oksit, doldurucu, kıvamlaştırıcı ajanlar                                                                         |
| Endosequence BC Sealer HiFlow | Brasseler USA, Savannah, ABD                     |  | Total Fill BC Sealer HiFlow                                                                                            |                               | İçeriği hakkında bugüne kadar bilgi bulunmamaktadır. Üretici Endosequence BC Sealer'ın bir versiyonu olduğunu söylemektedir.                    |
| CeraSeal                      | Meta Biomed Co., Cheongju, Kore                  |  |                                                                                                                        |                               | Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum aluminat, zirkonyum oksit ve kıvamlaştırıcı ajanlar                                           |
| Bio-C Sealer                  | Bio-C Sealer; Angelus, PR, Brezilya              |  |                                                                                                                        |                               | Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum aluminat, kalsiyum oksit, zirkonyum oksit, silikon oksit, polietilen glikol ve demir oksit |
| DiaRoot                       | DiaDent Group International, Burnaby, BC, Kanada |  |                                                                                                                        |                               | Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, tantalum peroksit, kalsiyum fosfat                                                                     |

| PAT                            | ÜRETİCİ                                         |  | MUADİLİ | PREPARAT                   | İÇERİK                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|--|---------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BioRoot RCS</b>             | Septodont,<br>Saint-Maur-des-<br>Fossés, Fransa |  |         | KARIŞTIRILAN / İKİ BİLEŞEN | Toz: trikalsiyum silikat,<br>zirkonyum oksit,<br>povidon<br>Likit: kalsiyum kloritin<br>aköz solusyonu ve<br>polikarboksilat                                                                     |
| <b>Endo CPM</b>                | EGEO SRL,<br>Buenos Aires,<br>Arjantin          |  |         |                            | Toz: mineral trioksit<br>agregat, bizmut oksit,<br>baryum sülfat, silika<br>dioksit<br>Likit: kalsiyum kloritin<br>aköz solusyonu, sodyum<br>sitrat,<br>propilenglikolaljinat,<br>propilenglikol |
| <b>Tech Biosealer<br/>Endo</b> | Isasan SRL,<br>Revello Porro,<br>İtalya         |  |         |                            | Toz: Beyaz Portland<br>simanı, bizmut oksit,<br>anhidrit, sodyum florit<br>Likit: Alfacaine SP<br>solüsyon (4% artikain +<br>1/100.000 epinefrin)                                                |
| <b>ProRoot ES</b>              | Dentsply, York,<br>ABD                          |  |         |                            | Toz: trikalsiyum silikat,<br>dikalsiyum silikat,<br>kalsiyum sülfat, bizmut<br>oksit trikalsiyum<br>aluminat<br>Likit: su, visköz suda<br>çözünebilen polimer                                    |

Primer endodontik tedavilerde kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte bu patların kök kanal tedavisinin yenilenmesi gerektiği durumlarda kök kanal duvarlarından nasıl temizlenebileceği de oldukça önemli bir konu olarak karşımıza çıkmıştır.

KSP'lerin kök kanalı duvarlarından temizlenebilirliğini inceleyen çalışmalar konu ile alakalı çelişkili sonuçları ortaya koysa da çalışmalarda hiçbir örnekte, kök kanalındaki dolgu artıkları tamamen uzaklaştırılamamıştır.<sup>63,64</sup> Bu çalışmaların KSP'ler Tablo 2.1 ve 2.2 de gösterildiği gibi sıklıkla altın standart olarak kabul edilen AH Plus ile karşılaştırılmıştır. Çalışmaların genelinde KSP'ler tek kon dolum yöntemi ile birlikte kullanılmıştır.<sup>55,65,66</sup>

Uzunoğlu ve ark.'nın<sup>59</sup> yaptıkları bir çalışmada iRoot SP ve MTA Fillapex kanal patlarını AH26 kanal patı ile karşılaştırdıklarında, iRoot SP'nin kullanıldığı örneklerde daha fazla kök kanal dolgusu kalıntısı ile karşılaşmalarına rağmen gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. MTA

Fillapex grubunda çalışma uzunluğuna ulaşma süresi istatistiksel olarak daha kısa ölçülmüştür. Bunun sebebin MTA Fillapex patının dentine bağlanma dayanımının kullanılan diğer iki pata göre daha düşük olması nedeniyle olabileceği öne sürülmüştür. Kim ve ark.'nın<sup>49</sup> EndoSequence BC Sealer, Endo-Seal MTA patlarını farklı anatomilerdeki çekilmiş dişleri kullanarak AH Plus ile karşılaştırmışlardır. Kullanılan farklı kök anatomilerine sahip örneklerden bağımsız olarak Endo-Seal MTA grubunda istatistiksel olarak en çok kök kanal dolgusu kalıntısına rastlanmıştır. Özellikle C-tipi kök kanal anatomisine sahip örneklerde Endo-Seal MTA kullanıldığında kök kanal tedavisi tekrarının oldukça zor olduğunu belirtmişlerdir.

Kök kanal tedavisinin tekrarı sırasında en önemli konulardan biri de apikal patensin geri kazanılmasıdır. Apikal patensin tanımı Amerikan Endodontistler Birliği'nin (AAE) Endodontik Terimler Sözlüğünde ince bir ege ile kök kanalı boyunca ilerleyerek apikal foramenin açıklığının kontrol edilmesidir.<sup>67</sup>

Oltra ve ark.'nın<sup>68</sup> yaptıkları bir çalışmada AH



Plus ve EndoSequence BC Sealer patlarının kök kanallarından uzaklaştırılmasını, çözücü olarak kloroform kullanarak karşılaştırmışlardır. Bu çalışma da aynı zamanda örneklerin apikal patenslerinde meydana gelen değişiklikleri de mikro-BT yardımı ile değerlendirmiştir. Kök kanallarında kalan artık dolgu maddeleri ölçüldüğünde BC Sealer grubunda belirgin derecede daha fazla kalıntı olmasına rağmen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı değildir. AH Plus kullanılan gruplarda çalışma uzunluğuna ulaşılması ve apikal patensin yeniden oluşturulması %100 olarak bulunmuştur. Kloroform kullanılan EndoSequence BC Sealer grubunda bu oran %93, kullanılmayan grupta ise %14 olarak ölçülmüştür. Bu oran diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktür. Apikal patensin geri kazanılması periapikal dokularda meydana gelen iyileşme ile yakından ilişkilidir. Bu çalışmada çözücü olarak kloroform kullanılmasının apikal patensin geri kazanılmasını belirgin derecede arttırdığı gösterilmiştir.

Hess ve ark.'nın<sup>58</sup> apikal patensin geri kazanılması ile ilgili olarak EndoSequence BC Sealer ve AH Plus patlarını karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada tüm örneklerin kök kanal dolgusu hem çalışma uzunluğunda hem de çalışma uzunluğundan 2 mm kısa olacak şekilde tamamlanmıştır. Çalışma uzunluğundan 2 mm kısa olacak şekilde kök kanal dolgusu tamamlanan EndoSequence BC Sealer örneklerinde apikal patensin geri kazanılması diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derece düşük bulunmuştur.

Yıkama solüsyonlarının aktivasyonu/ajitasyonu kök kanalına yerleştirilen bir aletin, ileri geri hareket ederek, salınımlar yaparak ve rotasyonel olarak hareket ederek, solüsyonu kanal içerisinde hareket ettirme işlemi ve bunun sonucunda kullanılan solüsyonun etkinliğinin artırılması işlemidir. İrrigasyon solüsyonlarının etkinliğinin artırılması ile kanal tedavisi sonrası başarı arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır.<sup>50</sup>

Bir başka çalışmada BioRoot RCS ve AH Plus patları kök kanalı duvarlarında kalan artık maddelerin miktarı açısından karşılaştırılmış ve bu çalışmada yardımcı teknik olarak pasif ultrasonik aktivasyon (PUI) tekniği kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, daha önce bahsettiğimiz çalışmalardan farklılık göstermektedir. AH Plus patı kullanılan gruplarda BioRoot RCS patına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede artık madde miktarı olduğu gösterilmiştir. Bunun sebebinin KSP'lerin dentin ile girdiği reaksiyon sonucunda oluşan mineral

infiltrasyon alanı oluşumu ya da patların akıcılık özelliğinin farklı olmasından kaynaklanabileceği öne sürülmüştür. BioRoot RCS ve AH Plus patları, kök kanal dolgusunun uzaklaştırılma süresi açısından değerlendirildiğinde AH Plus patının istatistiksel olarak daha kısa sürede uzaklaştırılabildiği belirtilmiştir.<sup>69</sup>

Donnermayer ve ark.'nın<sup>64</sup> yaptıkları bir başka çalışmada kök kanal dolgularını uzaklaştırmak için hem paslanmaz çelik el aletlerini hem de Ni-Ti döner alet sistemlerini kullanmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda AH Plus ile kanal dolgusu tamamlanmış grupta Hedström tipi el eğeleri kullanıldığında kanal duvarlarında diğer gruplara göre anlamlı derecede fazla kök kanal dolgusu kaldığı bulgusuna ulaşmışlardır. Eski kök kanal dolgularının uzaklaştırılmasında Ni-Ti döner alet sistemlerinin paslanmaz çelik el aletlerine göre daha üstün olduğunu belirtmişlerdir.

Kalsiyum silikat esaslı patların kök kanalı duvarlarından uzaklaştırılması sırasında kullanılan yardımcı yöntemlerden pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) yöntemi pek çok çalışmada karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmaların her birinin sonucunda kullanılan yönteme ek olarak PUI yöntemin kullanılmasının kanal içerisinde kalan artık madde miktarını anlamlı derecede azalttığı belirtilmiştir.<sup>55,69,70</sup>

KSP'lerin kök kanallarından uzaklaştırılmasının incelendiği bir çalışmada PUI , EndoActivator ve XP-endo Finisher R yardımcı yöntem olarak kullanılmıştır. Bu yöntemlerin hepsi kalan artık madde miktarını azaltmaya yardımcı olsa da XP-endo Finisher R grubunda anlamlı derecede daha az dolgu kalıntısına rastlanmıştır.<sup>71</sup> Bir başka çalışmada ise XP-endo Finisher R yardımcı tekniğinin kullanılmasının kalsiyum silikat esaslı patların uzaklaştırılmasında anlamlı bir etkisi olmadığı gösterilmiştir.<sup>66</sup>

Endodontide kullanılan lazer aktivasyon yöntemlerinden biri olan SWEEPS ile PUI karşılaştırıldığı bir çalışmada, SWEEPS aktivasyon yönteminin kullanıldığı gruplarda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az kök kanal dolgusu kalıntısı tespit edilmiştir.<sup>55</sup>

Bir diğer lazer aktivasyon yöntemi olan Photon-Induced Photoacoustic Streaming (PIPS)'in yardımcı yöntem olarak kullanılmasının kök kanallarında kalan artık madde miktarının azaltılmasına önemli derecede katkı sağladığı gösterilmiştir.<sup>72</sup>

**Tablo 2:** Kalsiyum silikat esaslı patların kök kanallarından temizlenebilirliği üzerine yapılmış çalışmalar

| Kullanılan KSP                      | Karşılaştırıldığı Pat | Primer Kök Kanal Dolgu Yöntemi | Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılma Yöntemi                                         | Sonuç                                                                                                                                                                                             | Kaynakça |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| MTA Fillapex iRoot SP               | AH 26                 | Tek kon Lateral Kompaksiyon    | ProTaper Universal Retreatment Kit Paslanmaz Çelik El Aletleri                      | Tüm gruplar içerisinde en çok kök kanal dolgusu kalıntısı iRoot Sp grubunda bulunmasına rağmen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.                            | 59       |
| TotalFill BC Sealer BioRoot RCS     | AH 26                 | Tek kon                        | ProTaper Universal Retreatment Kit Paslanmaz Çelik El Aletleri                      | Örnekler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.                                                                                                                                                | 65       |
| EndoSequence BC Sealer              | AH Plus               | Devamlı ısı ile kompaksiyon    | ProFile ISO Rotary Files Vortex Blue Paslanmaz Çelik El Aletleri Kloroform          | AH Plus ile kök kanal dolgusu yapılmış, kloroform yardımı ile kök kanal dolgusu uzaklaştırılmış örneklerde daha az kalıntıya rastlanmasına rağmen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı değildir. | 68       |
| EndoSequence BC Sealer EndoSeal MTA | AH Plus               | Devamlı ısı ile kompaksiyon    | Gates-Glidden Frezleri ProFile                                                      | EndoSeal MTA ile kök kanal dolgusu yapılmış örneklerde istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla kalıntıya rastlanmıştır.                                                                  | 73       |
| EndoSequence BC Sealer              | AH Plus               | Tek kon                        | Reciproc R50 + Ultrasonik uçlar XP-endo Finisher R                                  | Yardımcı yöntemlerin kullanıldığı gruplarda kanal duvarlarında istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az miktarda pat kalıntısına rastlanmıştır.                                              | 66       |
| BioRoot RCS                         |                       | Tek Kon                        | Gates-Glidden Frezleri Resiproc 40 ve 50 + Pasif Ultrasonik İrrigasyon (PUI) SWEEPS | Er: YAG lazer ile aktivasyon yöntemlerinden biri olan SWEEPS yönteminin kullanıldığı örnek grubunda istatistiksel olarak daha az dolgu materyali kalıntısına rastlanmıştır.                       | 55       |
| BioRoot RCS                         | AH Plus               | Soğuk Lateral Kompaksiyon      | ProTaper Universal Retreatment Kit NeoEndo Retreatment Files                        | Örnekler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.                                                                                                                                                | 74       |

|                    |         |         |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|--------------------|---------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>BioRoot RCS</b> | AH Plus | Tek kon | ProTaper Universal<br>Retreatment Kit<br>+<br>Pasif Ultrasonik<br>İrrigasyon (PUI) | BioRoot RCS ile kanal dolgusu tamamlanmış gruplarda istatistiksel olarak daha az dolgu materyali kalıntısına rastlanmıştır. Yardımcı yöntem olarak kullanılan PUI, patların kök kanallarından uzaklaştırılmasında pozitif etki sağlamıştır. | 69 |
|--------------------|---------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**Tablo 2.2:** Kalsiyum silikat esaslı patların kök kanallarından temizlenebilirliği üzerine yapılmış çalışmalar

| Kullanılan KSP                                                          | Karşılaştırıldığı Pat | Primer Kök Kanal Dolgu Yöntemi         | Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılma Yöntemi                                                       | Sonuç                                                                                                                                                                                                                                                                           | Kaynakça |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>BioRoot RCS<br/>MTA Fillapex<br/>Endo C.P.M.</b>                     | AH Plus               | Tek kon                                | Paslanmaz Çelik El Aletleri<br>Reciproc R40<br>Mt two Retreatment<br>File R F6<br>SkyTaper        | Tüm gruplar içerisinde istatistiksel olarak en çok kök kanal dolgusu kalıntısı AH Plus grubunun paslanmaz çelik el aletleri ile sökülme çalışıldığı örneklerde bulunmuştur.                                                                                                     | 64       |
| <b>EndoSeal<br/>MTA<br/>MTA Fillapex<br/>Endosequence<br/>BC Sealer</b> | AH Plus               | Devamlı ısı ile kompaksiyon<br>Tek Kon | Ultrasonik uçlar<br>Gates Glidden<br>frezler<br>Protaper Universal<br>F2,F3 K3XF<br>EndoActivator | Örnekler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.                                                                                                                                                                                                                              | 75       |
| <b>GuttaFlow<br/>Bioseal<br/>BioRoot RCS</b>                            |                       | Tek kon                                | R-Endo<br>Hyflex EDM<br>Tornado Brush<br>Pasif Ultrasonik<br>İrrigasyon                           | Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmasa da en çok kök kanal dolgusu kalıntısına, yardımcı tekniklerden herhangi birinin kullanılmadığı BioRoot RCS ile doldurulan örneklerde rastlanmıştır.                                                            | 76       |
| <b>EndoSequence<br/>BC Sealer</b>                                       | AH Plus               | Devamlı ısı ile kompaksiyon            | Gates Glidden<br>frezleri<br>ProFile                                                              | Örnekler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.                                                                                                                                                                                                                              | 77       |
| <b>EndoSequence<br/>BC Sealer<br/>MTA Fillapex</b>                      | AH Plus               | Soğuk Lateral Kompaksiyon              | ProTaper<br>Universal<br>Retreatment Kit<br>PIPS                                                  | PIPS kullanılan gruplarda anlamlı derecede daha az kök kanal dolgusu kalıntısına rastlanmıştır. Bu gruplar içerisinde kök kanalında bulunan kalıntı miktarları azdan çoğa doğru sıralandığında bu sıralama MTA Fillapex, EndoSequence BC Sealer ve AH Plus şeklinde olmaktadır. | 72       |

|                     |         |                                                       |                                                         |                                                                                                                                   |    |
|---------------------|---------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>EndoSeal MTA</b> | AH Plus | Soğuk Lateral Kompaksiyon Devamlı Isı ile Kompaksiyon | Gates-Glidden Frezleri ProFile PUI                      | Pasif ultrasonik irrigasyon yapılmayan gruplarda istatistiksel olarak daha fazla kök kanal dolgusu kalıntısına rastlanmıştır.     | 70 |
| <b>Bio-C Sealer</b> |         | Tek kon                                               | Reciproc R40 PUI<br>EndoActivator<br>XP-endo Finisher R | Yardımcı teknik olarak XP-endo Finisher R kullanılan gruplarda önemli ölçüde daha az kök kanal dolgusu kalıntısına rastlanmıştır. | 71 |

## Sonuç

Kök kanal dolgularının uzaklaştırılması sırasında klinikte olarak sıklıkla kullanılan Ni-Ti döner alet sistemleri ve farklı irrigasyon aktivasyon teknikleri çalışmalara dahil edilmiştir. Döner alet sistemlerinin kullanılmasının kök kanal tedavilerinin tekrarında süreyi oldukça azalttığı belirtilmiştir. Irrigasyon aktivasyon tekniklerinin ve yardımcı yöntemlerin kullanıldığı çalışmalarda PUI, SWEEPS, PIPS ve XP-endo Finisher R kök kanallarında kalan dolgu artıklarını uzaklaştırmada oldukça etkili bulunmuştur. Ayrıca periapikal dokuların iyileşmesiyle ilişkili olan apikal patensin geri kazanılması primer tedavisi KSP'ler kullanılarak yapılan örneklerde oldukça zorlaşmaktadır. KSP'ler için geliştirilmiş özel bir çözücü olmadığından bu durum daha da zor olmaktadır.

Kök kanal dolgularının uzaklaştırılması için gereken sürenin değerlendirildiği çalışmalarda kullanılan KSP'ye bağlı olarak sonuçlar değişiklik göstermektedir. Farklı markaların patları arasındaki farklılıklar sebebiyle, KSP'lerin kök kanallarından uzaklaştırılma süresi markaya göre farklılık göstermektedir.

KSP'lerin kök kanal duvarlarından uzaklaştırılmasının incelendiği çalışmalara bakıldığında farklı çalışmalarda farklı sonuçlar karşımıza çıkmaktadır. Bu in-vitro çalışmaların bir kısmın da KSP'ler dentin duvarlarından reçine esaslı kanal patlarına göre daha fazla temizlenebilir olduğu, bir kısmında ise durumun tam tersi olduğu belirtilmiştir. Ancak bu çalışmaların her birinde ortak olarak kök kanallarında kullanılan dolgu materyallerinin tamamının dentin duvarlarından uzaklaştırılmasının mümkün olmadığı belirtilmiştir.

Kalsiyum silikat esaslı patların, kök kanallarından uzaklaştırılması gerektiği durumlar söz konusu olduğunda net bir yol haritası çizmek henüz mümkün değildir. Yapılan in-vitro çalışmalardaki çelişkili sonuçlar bunu göstermektedir. Ancak yine de Ni-Ti döner alet sistemlerinin, güta-perka çözücülerinin, irrigasyon ve aktivasyon tekniklerinin kullanılması ile kök kanal tedavisi tekrarında başarıyı arttırmak mümkündür.

## Etik Kurul Onayı

Makalemiz derleme türünde olduğu için etik kurul onayı gerekmemektedir.

## Çıkar Çatışması

Bu çalışma kapsamında, yazarların çıkar çatışması olabilecek durumları kapsayan bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkileri, bilrkişilik, danışmanlık, herhangi bir kuruluştaki istihdam durumu, hissedarlık gibi bağlantıları bulunmamaktadır.

## Finansal Kaynak

Bu araştırma sürecinde, araştırma konusu ile doğrudan ilgili olan herhangi bir ilaç şirketinden, tıbbi ekipman veya malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya ticari bir kuruluştan, çalışmanın değerlendirme sürecine etki edebilecek maddi veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

## Yazar katkısı

Fikir: D.Y. Tasarım: D.Y., İ.Ö. Denetleme: İ.Ö. Kaynaklar: D.Y., İ.Ö. Malzemeler: D.Y., İ.Ö. Veri Toplama: D.Y., İ.Ö. Analiz: D.Y. Literatür: D.Y. Yazı: D.Y.; Eleştirel inceleme: D.Y., İ.Ö.

## Kaynakça

1. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature -- Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J*. 2008;41(1):6-31.
2. Rossi-Fedele G, Ahmed HM. Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review. *J Endod*. 2017;43(4):520-6.
3. Karapinar Kazandag M, Sunay H, Tanalp J, Bayirli G. Fracture resistance of roots using different canal filling systems. *Int Endod J*. 2009;42(8):705-10.
4. Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru J, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Interface of dentine to root canal sealers. *J Dent*. 2014;42(3):336-50.
5. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J*. 2020;39(5):703-20.
6. LH Berman, KM Hargreaves. Cohen's Pathways of the Pulp: Elsevier Inc.; 2020.
7. Tawil PZ, Duggan DJ, Galicia JC. Mineral trioxide aggregate (MTA): its history, composition, and clinical applications. *Compend Contin Educ Dent*. 2015;36(4):247-52.
8. Tawil PZ, Trope M, Curran AE et al. Periapical microsurgery: an in vivo evaluation of endodontic root-end filling materials. *J Endod*. 2009;35(3):357-62.
9. Faraco IM, Jr., Holland R. Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dent Traumatol*. 2001;17(4):163-6.
10. Duarte MA, Demarchi AC, Yamashita JC, Kuga MC, Fraga Sde C. pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;95(3):345-7.
11. Wang X, Xiao Y, Song W et al. Clinical application of calcium silicate-based bioceramics in endodontics. *J Transl Med*. 2023;21(1):853.
12. Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*. 2019;107(4):421-36.
13. de Oliveira NG, de Souza Araújo PR, da Silveira MT, Sobral APV, Carvalho MV. Comparison of the biocompatibility of calcium silicate-based materials to mineral trioxide aggregate: Systematic review. *Eur J Dent*. 2018;12(2):317-26.
14. Raghavendra SS, Jadhav GR, Gathani KM, Kotadia P. Bioceramics in endodontics - a review. *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2017;51(3 Suppl 1):128-37.
15. Drukteinis Seehilgvre, Camilleri Jeehilgvre. Bioceramic Materials in Clinical Endodontics. 1st 2021. ed2021.
16. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2007;40(6):462-70.
17. Koch K, Brave D, Nasseh AA. A review of bioceramic technology in endodontics. *CE artic*. 2012;4:6-12.
18. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J*. 2020;39(5):703-20.
19. Abu Zeid ST, Alnoury A. Characterisation of the Bioactivity and the Solubility of a New Root Canal Sealer. *Int Dent J*. 2023;73(5):760-9.
20. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2009;35(7):1051-5.
21. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *J Dent Res*. 2012;91(5):454-9.
22. Watson TF, Atmeh AR, Sajini S, Cook RJ, Festy F. Present and future of glass-ionomers and calcium-silicate cements as bioactive materials in dentistry: biophotonics-based interfacial analyses in health and disease. *Dent Mater*. 2014;30(1):50-61.
23. Jeong JW, DeGraft-Johnson A, Dorn SO, Di Fiore PM. Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate-based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. *J Endod*. 2017;43(4):633-7.
24. Alaçam T. Endodonti. İstanbul: Özyurt Matbaacılık; 2012. s. 1348.
25. Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. *J Endod*. 2000;26(4):230-5.
26. Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod*. 2002;28(10):684-8.
27. Asawaworarit W, Pinyosopon T, Kijssamanmith K. Comparison of apical sealing ability of bioceramic sealer and epoxy resin-based sealer using the fluid filtration technique and scanning electron microscopy. *J Dent Sci*. 2020;15(2):186-92.
28. Khoury S, Aranda-Verdú S, Casino-Alegre A, Rubio-Climent J, Cruz-Rodriguez JA, Pallarés-Sabater A. Comparison of the push-out bond strength of two hydraulic calcium silicate-based endodontic sealers and an epoxy resin-based sealer. *J Clin Exp Dent*. 2023;15(10):e804-e9.
29. Donnermeyer D, Dornseifer P, Schäfer E, Dammaschke T. The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head Face Med*. 2018;14(1):13.



30. Sagsen B, Ustün Y, Demirbuga S, Pala K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *Int Endod J*. 2011;44(12):1088-91.
31. DeLong C, He J, Woodmansey KF. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. *J Endod*. 2015;41(3):385-8.
32. Viapiana R, Baluci CA, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Investigation of chemical changes in sealers during application of the warm vertical compaction technique. *Int Endod J*. 2015;48(1):16-27.
33. Antunes TBM, Janini ACP, Pelepenko LE et al. Heating stability, physical and chemical analysis of calcium silicate-based endodontic sealers. *Int Endod J*. 2021;54(7):1175-88.
34. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;107(6):e79-82.
35. Eltair M, Pitchika V, Hickel R, Kühnisch J, Diegritz C. Evaluation of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (SEM). *Clin Oral Investig*. 2018;22(4):1631-9.
36. De-Deus G, Santos GO, Monteiro IZ et al. Micro-CT assessment of gap-containing areas along the gutta-percha-sealer interface in oval-shaped canals. *Int Endod J*. 2022;55(7):795-807.
37. Taşdemir T, Er K, Yildirim T et al. Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;108(3):e129-34.
38. Oddoni PG, Mello I, Coil JM, Antoniazzi JH. Coronal and apical leakage analysis of two different root canal obturation systems. *Braz Oral Res*. 2008;22(3):211-5.
39. Nair U, Ghattas S, Saber M, Natera M, Walker C, Pileggi R. A comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: an in vitro leakage study using *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(2):e74-7.
40. Oliveira AC, Tanomaru JM, Faria-Junior N, Tanomaru-Filho M. Bacterial leakage in root canals filled with conventional and MTA-based sealers. *Int Endod J*. 2011;44(4):370-5.
41. Pawar SS, Pujar MA, Makandar SD. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2014;17(6):579-82.
42. Ballullaya SV, Vinay V, Thumu J, Devalla S, Bollu IP, Balla S. Stereomicroscopic Dye Leakage Measurement of Six Different Root Canal Sealers. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(6):Zc65-Zc8.
43. Kim JH, Cho SY, Choi Y, Kim DH, Shin SJ, Jung IY. Clinical Efficacy of Sealer-based Obturation Using Calcium Silicate Sealers: A Randomized Clinical Trial. *J Endod*. 2022;48(2):144-51.
44. Song M, Park MG, Kwak SW, Kim RH, Ha JH, Kim HC. Pilot Evaluation of Sealer-Based Root Canal Obturation Using Epoxy-Resin-Based and Calcium-Silicate-Based Sealers: A Randomized Clinical Trial. *Materials (Basel)*. 2022;15(15).
45. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int Endod J*. 2007;40(12):921-39.
46. Khalilak Z, Vatanpour M, Dadresanfar B, Moshkelgosha P, Nourbakhsh H. In Vitro Comparison of Gutta-Percha Removal with H-File and ProTaper with or without Chloroform. *Iran Endod J*. 2013;8(1):6-9.
47. Oltra E, Cox TC, LaCourse MR, Johnson JD, Paranjpe A. Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison. *Restor Dent Endod*. 2017;42(1):19-26.
48. Schirrmeister JF, Wrbas KT, Meyer KM, Altenburger MJ, Hellwig E. Efficacy of different rotary instruments for gutta-percha removal in root canal retreatment. *J Endod*. 2006;32(5):469-72.
49. Kim K, Kim DV, Kim SY, Yang S. A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealer after retreatment. *Restor Dent Endod*. 2019;44(2):e18.
50. Gopikrishna V. Grossman's Endodontic Practice. 14th ed. 2021.
51. Cavenago BC, Ordinola-Zapata R, Duarte MA et al. Efficacy of xylene and passive ultrasonic irrigation on remaining root filling material during retreatment of anatomically complex teeth. *Int Endod J*. 2014;47(11):1078-83.
52. Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Oval-shaped canal retreatment with self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *Clin Oral Investig*. 2014;18(4):1147-53.
53. De-Deus G, Belladonna FG, Zuolo AS et al. XP-endo Finisher R instrument optimizes the removal of root filling remnants in oval-shaped canals. *Int Endod J*. 2019;52(6):899-907.
54. Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JC, Silveira SB, Provenzano JC, Siqueira JF, Jr. Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Reciprocating Single- or Rotary Multi-instrument Systems and a Supplementary Step with the XP-Endo Finisher. *J Endod*. 2016;42(7):1114-9.

55. Angerame D, De Biasi M, Porrelli D et al. Retreatability of calcium silicate-based root canal sealer using reciprocating instrumentation with different irrigation activation techniques in single-rooted canals. *Aust Endod J.* 2022;48(3):415-22.
56. Reddy S, Neelakantan P, Saghiri MA et al. Removal of gutta-percha/zinc-oxide-eugenol sealer or gutta-percha/epoxy resin sealer from severely curved canals: an in vitro study. *Int J Dent.* 2011;2011:541831.
57. Hülsmann M, Stotz S. Efficacy, cleaning ability and safety of different devices for gutta-percha removal in root canal retreatment. *Int Endod J.* 1997;30(4):227-33.
58. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod.* 2011;37(11):1547-9.
59. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Sungur DD, Altundasar E. Retreatability of Root Canals Obturated Using Gutta-Percha with Bioceramic, MTA and Resin-Based Sealers. *Iran Endod J.* 2015;10(2):93-8.
60. Alves Silva EC, Tanomaru-Filho M, da Silva GF, Delfino MM, Cerri PS, Guerreiro-Tanomaru JM. Biocompatibility and Bioactive Potential of New Calcium Silicate-based Endodontic Sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. *J Endod.* 2020;46(10):1470-7.
61. Bósio CC, Felipe GS, Bortoluzzi EA, Felipe MC, Felipe WT, Rivero ER. Subcutaneous connective tissue reactions to iRoot SP, mineral trioxide aggregate (MTA) Fillapex, DiaRoot BioAggregate and MTA. *Int Endod J.* 2014;47(7):667-74.
62. Zamparini F, Prati C, Taddei P, Spinelli A, Di Foggia M, Gandolfi MG. Chemical-Physical Properties and Bioactivity of New Premixed Calcium Silicate-Bioceramic Root Canal Sealers. *Int J Mol Sci.* 2022;23(22).
63. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Sungur DD, Altundasar E. Retreatability of root canals obturated using gutta-percha with bioceramic, MTA and resin-based sealers. *Iran Endod J.* 2015;10(2):93.
64. Donnermeyer D, Bunne C, Schäfer E, Dammaschke T. Retreatability of three calcium silicate-containing sealers and one epoxy resin-based root canal sealer with four different root canal instruments. *Clin Oral Investig.* 2018;22(2):811-7.
65. Kakoura F, Pantelidou O. Retreatability of root canals filled with Gutta percha and a novel bioceramic sealer: A scanning electron microscopy study. *J Conserv Dent.* 2018;21(6):632-6.
66. Crozeta BM, Lopes FC, Menezes Silva R, Silva-Sousa YTC, Moretti LF, Sousa-Neto MD. Retreatability of BC Sealer and AH Plus root canal sealers using new supplementary instrumentation protocol during non-surgical endodontic retreatment. *Clin Oral Investig.* 2021;25(3):891-9.
67. Glossary of endodontic terms. American Association of Endodontists. 2020.
68. Oltra E, Cox TC, LaCourse MR, Johnson JD, Paranjpe A. Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison. *Restor Dent Endod.* 2017;42(1):19-26.
69. Alsubait S, Alhathloul N, Alqedairi A, Alfawaz H. A micro-computed tomographic evaluation of retreatability of BioRoot RCS in comparison with AH Plus. *Aust Endod J.* 2023;49(2):459.
70. Lee T, Kahm SH, Kim K, Yang S. The Retrievability of Calcium Silicate-Based Sealer during Retreatment and the Effectiveness of Additional Passive Ultrasonic Irrigation: A Microcomputed Tomographic Study. *Scanning.* 2022;2022:3933305.
71. Volponi A, Pelegri RA, Kato AS et al. Micro-computed Tomographic Assessment of Supplementary Cleaning Techniques for Removing Bioceramic Sealer and Gutta-percha in Oval Canals. *J Endod.* 2020;46(12):1901-6.
72. Suk M, Bago I, Katić M, Šnjarić D, Munitić M, Anić I. The efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming in the removal of calcium silicate-based filling remnants from the root canal after rotary retreatment. *Lasers Med Sci.* 2017;32(9):2055-62.
73. Kim K, Da Vin Kim S-YK, Yang S. A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealer after retreatment. *Restor Dent Endod.* 2019;44(2):e18.
74. Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, Rani P. Comparative evaluation of retreatability of bioceramic sealer (BioRoot RCS) and epoxy resin (AH Plus) sealer with two different retreatment files: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2021;24(1):88-93.
75. Kim SR, Kwak SW, Lee JK, Goo HJ, Ha JH, Kim HC. Efficacy and retrievability of root canal filling using calcium silicate-based and epoxy resin-based root canal sealers with matched obturation techniques. *Aust Endod J.* 2019;45(3):337-45.
76. Neelakantan P, Grotra D, Sharma S. Retreatability of 2 mineral trioxide aggregate-based root canal sealers: a cone-beam computed tomography analysis. *J Endod.* 2013;39(7):893-6.
77. Kim H, Kim E, Lee S-J, Shin S-J. Comparisons of the retreatment efficacy of calcium silicate and epoxy resin-based sealers and residual sealer in dentinal tubules. *J Endod.* 2015;41(12):2025-30.



# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>  
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental\_v01i20013



## A Critical Review of Pulp Stone Etiology and Clinical Significance

## Pulpa Taşının Etiyolojisi ve Klinik Önemi Üzerine Eleştirel Bir İnceleme

Sana Mahroos Al-Shammari<sup>a,\*</sup>

### ABSTRACT

Pulp stones are discrete nodular, calcified masses that form in the pulp cavity of teeth, including the apical and coronal portions of the pulp. Pulp stones can form in all kinds of teeth, including healthy teeth, diseased teeth and even in impacted or unerupted teeth. They most often form in several teeth and can even form in all the teeth of an individual. Pulp stones can be found either in permanent or deciduous teeth and even in teeth-like structures found in dermoid cysts.

Pulp stones are classified by location as free, embedded, or adherent: free stones are entirely surrounded by pulp tissue and unattached to the pulp cavity walls, making them the most common type; embedded stones are fully enclosed within tertiary dentin, often in the apical pulp; and adherent stones are partially fused to the dentin wall while remaining partly in soft tissue. Due to the difficulty in distinguishing between embedded and adherent types, some researchers group them as “attached” pulp stones, which may later detach and become free within the pulp tissue. Pulp stones are mainly noticed by radiography and appear as lesions or radiopaque structures that can be round or ovoid. In general, there is no clear imaging appearance or uniformity in shape. It can be associated with age, gender, systemic disease, caries, restorative and orthodontic treatments. In principle, pulp stones do not require treatment; however, they may obstruct endodontic procedures and should be removed if they significantly interfere with treatment.

**Keywords:** Dental pulp, Pulp calcification, Pulp stone, Pulp chamber.

### ÖZET

Pulpa taşları, dişlerin pulpa boşluğunda, pulpanın koronal ve apikal kısımları da dahil olmak üzere oluşan ayrı nodüler, kalsifiye kitlelerdir. Pulpa taşları, sağlıklı dişler, çürük dişler ve hatta gömülü veya sürmemiş dişler dahil olmak üzere her türlü dişte oluşabilir. Çoğunlukla birkaç dişte oluşurlar veya tüm dişlerde oluşabilirler. Pulpa taşları, daimi dişlerde, süt dişlerinde hatta dermoid kistlerde bulunan diş benzeri yapılarda izlenebilirler. Pulpa taşları, konumlarına göre serbest, gömülü veya yapışık olarak sınıflandırılırlar. Serbest pulpa taşları tamamen pulpa dokusu ile çevrilidir ve pulpa odası duvarlarına bağlı değildir, bu da onları en yaygın tür yapar. Gömülü pulpa taşları tamamen tersiyer dentinin içinde, genellikle apikal kısımda bulunur. Yapışık pulpa taşları ise kısmen yumuşak dokuda kalırken kısmen dentin duvarına yapışmıştır. Gömülü ve yapışık tipleri ayırt etmenin zorluğu nedeniyle, bazı araştırmacılar bunları daha sonra pulpa dokusu içinde ayrılıp serbest hale gelebilen “bağlı” pulpa taşları olarak gruplandırır. Pulpa taşları çoğunlukla radyografide fark edilirler ve yuvarlak veya oval şekilli radyopak yapılar olarak görünürler. Genel olarak, net bir görünüm veya şekil bakımından tekdüzelik yoktur. Yaş, cinsiyet, sistemik hastalık, çürük, restoratif ve ortodontik tedavilerle ilişkili olabilirler. Prensipten olarak, pulpa taşları tedavi gerektirmez; ancak, endodontik prosedürleri engelleyebilirler ve tedaviyi önemli ölçüde etkiliyorlarsa çıkarılmaları gerekir.

**Anahtar Kelimeler:** Diş pulpası, Pulpa kalsifikasyonu, Pulpa odası, Pulpa taşı.

Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Aydın Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar: Sana Mahroos Al-Shammari, e-posta: sanamahroosmkhailefa@aydin.edu.tr ORCID: 0000-0003-2251-1162, İstanbul Aydın Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.



## **Introduction**

Pulp stones are discrete nodular, calcified masses that form in the pulp cavity of teeth, including the apical and coronal portions of the pulp. Pulp stones can form in all kinds of teeth, including healthy teeth, diseased teeth and even in impacted or unerupted teeth. They most often form in several teeth and can even form in all the teeth of an individual.<sup>1</sup> Pulp stones can be found either in permanent or deciduous teeth and even in teeth-like structures found in dermoid cysts.<sup>2</sup>

## **Classification of Pulp Stones, Formation Mechanism and Histology**

Pulp stones, as a specified categorization, are different from the term “pulp calcification”, which refers to the phenomenon of the general calcification of pulp tissue not necessarily leading to the formation of full, discrete stones. Pulp stones are also called “denticles” or “endoliths” in the literature.<sup>3</sup> Pulp stones can be classified by their location as free, embedded, or adherent: free stones are completely surrounded by pulp tissue without attachment to the pulp cavity walls and represent the most common type; embedded stones are fully encased within tertiary dentin, typically in the apical pulp region and integrated into the canal walls; while adherent stones are partially fused to the dentin wall yet remain partly in contact with soft tissue. Due to the often subtle distinction between embedded and adherent types, some researchers group them collectively as “attached” pulp stones, which may subsequently detach and transition into the free category within the pulp tissue.<sup>4</sup>

Pulp stones can be structurally classified as either “true” or “false” types. True pulp stones consist of dentine surrounded by odontoblasts-neural crest-derived cells located on the pulp’s outer surface that resemble peripheral dentine and are responsible for dentine matrix synthesis and mineralization. These odontoblasts are most densely concentrated in the coronal pulp chamber (45,000-65,000 cells per mm<sup>2</sup>), with progressively fewer cells in the cervical and in the middle area of the root, explaining why true pulp stones predominantly form in these coronal areas.<sup>5</sup> True pulp stones, composed of dentine and lined by either true odontoblasts or odontoblast-like cells containing tubules, represent a rare minority among all pulp stones. Their formation may involve cellular products secreted by odontoblasts that facilitate adhesion to the dentine core, which often surrounds a small central cavity of distinct cell remnants. Unlike false pulp stones (to be discussed subsequently), these structures are characterized by their dentine composition and odontoblastic lining, though their

development can occur through similar cellular mechanisms despite their relative scarcity.<sup>6</sup>

False pulp stones form through mineralization of degenerating pulp tissue, including not only pulp cells but also blood clots and organic collagen fibers - distinguishing them from true pulp stones which contain only minimal necrotic cell remnants in their central cavity. These false pulp stones demonstrate greater mass of degenerated material, with collagen fibers typically surrounding cores of blood clots and dead cells. Notably, studies have identified epithelial-origin cells resembling Hertwig’s epithelial root sheath (HERS) cells within developing false pulp stones, particularly in root areas.<sup>7</sup> Since HERS cells normally guide root formation before transforming into cementoblasts during tooth development, their presence suggests some false pulp stones may arise as natural byproducts of root formation,<sup>8</sup> while others likely form in response to trauma. This HERS-associated subset appears distinct from more generalized trauma-related false pulp stones.<sup>7</sup>

In summary, false pulp stones can be categorized into two distinct types: the more common form, consisting of mineralized blood clots, dead pulp cells, and collagen fibers coalescing around a central nidus, often linked to trauma, and a second type found in the root region, termed “denticles,” which have a softer, larger core likely derived from remnants of Hertwig’s epithelial root sheath (HERS) cells and may form naturally during root development. However, the distinction between true and false pulp stones is increasingly debated, with scholars like Torabinejad et al.<sup>5</sup> proposing a classification based on calcification degree rather than origin, as many pulp stones exhibit overlapping features—such as a mix of blood clots, dead cells, and dentine tissue—making clear categorization difficult, particularly in older individuals.<sup>9</sup>

A third classification of pulp stones is based on histology, distinguishing between regular and irregular calcifications. Regular calcifications are smooth, round or ovoid with concentric laminations, often found in the coronal pulp and typically false pulp stones, as their layered growth results from collagen fiber deposition around a central nidus. In contrast, irregular calcifications lack laminations, have rough, rod- or leaf-like shapes, and are mostly located in the apical pulp.<sup>10</sup> A subtype of irregular calcifications, diffuse (or amorphous) pulp stones, forms through dystrophic calcification (abnormal mineralization without systemic mineral imbalance) often near blood vessels. Some researchers classify diffuse pulp

stones as a separate category alongside true and false pulp stones (and denticles), even referring to them simply as "dystrophic calcifications" due to their distinct formation process.<sup>11</sup>

Electron probe microanalysis revealed that pulp stones consist primarily of calcium (32.1%) and phosphorus (14.7%), with smaller amounts of fluoride (0.88%), sodium (0.75%), magnesium (0.51%), and trace elements (K, Cl, Mn, Fe, Zn). Immunohistochemical analysis of demineralized free pulp stones showed homogeneous type-I collagen distribution throughout, indicating their role as a dentine matrix component. However, the study found no significant differences in mineral composition between true and false pulp stones.<sup>12</sup>

Pulp stones typically appear on radiographs as round or ovoid radiopacities, varying from single dense masses to multiple tiny opacities, with larger stones sometimes conforming to the pulp chamber's shape.<sup>13,14</sup> While externally invisible, their size ranges from microscopic particles to obstructive masses,<sup>15</sup> though only those >2mm are usually detectable radiographically,<sup>16</sup> with free stones being more visible than embedded ones.<sup>17</sup> They occur most frequently in first molars<sup>18</sup> (particularly maxillary teeth)<sup>19</sup> due to longer exposure to degenerative changes like caries and richer blood supply promoting mineralization,<sup>20</sup> and are predominantly found as free-floating false stones in the coronal pulp region.<sup>21</sup>

#### **Association Between Pulp Stones and Aging: Age-Related Distribution**

While the exact etiology of pulp stones remains unclear, potential contributing factors include aging, trauma, occlusal stress, orthodontic forces, and circulatory disturbances, with theories involving nanobacteria gaining little support.<sup>22</sup> Aging demonstrates the strongest correlation, with prevalence markedly increasing with age. Historical data reported pulp stones in 66% (10-30 years), 80% (30-50 years), and 90% (50-70 years) of individuals,<sup>23</sup> while more recent findings showed 14.9% (10-30 years), 44.4% (31-51 years), and 65.1% (52-72 years), confirming an age-dependent pattern, though neither study distinguished between pulp stone types.<sup>24</sup>

Evidence suggests pulp stones predominantly form after the fourth decade, peaking between ages 40–50.<sup>25</sup> Aging reduces pulp space through secondary/tertiary dentine deposition, creating conditions favouring calcification. While trauma (via blood clot formation) and caries/restorative treatments

accelerate this process, pulp stone development may also occur independently, implicating intrinsic age-related mechanisms. A study of specimens of teeth obtained from individuals aged between 15-75 shows demonstrate a progressive decline in pulp chamber size and increased calcification, highlighting the interplay between physiological aging and external factors like trauma.<sup>26</sup>

Bernick<sup>27</sup> observed age-related patterns in pulpal calcification: younger individuals exhibit discrete calcifications in nerve endoneurium/perineurium, while advancing age leads to circumferential nerve calcification and eventual nerve tissue destruction. With aging, coronal pulp tissue shows increased collagenous bundles, which -along with fat deposits- serve as nucleation sites for false pulp stones.<sup>26</sup> Concurrently, pulp cell density declines by ~50% between ages 20–70, progressively replaced by these calcification-prone fibrous and fatty deposits.<sup>28</sup>

#### **Association with Systemic Illnesses**

Emerging evidence suggests a potential association between pulp stones and cardiovascular disease. While early research found no link with conditions like cholelithiasis or gout, it identified correlations with arteriosclerosis, osteitis deformans, and acromegaly.<sup>29</sup> More recently, Edds et al.<sup>30</sup> demonstrated significantly higher pulp stone prevalence in cardiovascular disease patients compared to healthy individuals, strengthening this connection.

Beyond cardiovascular disease, pulp stones show tentative associations with systemic conditions including late-stage renal failure, Ehlers-Danlos syndrome, calcinosis disorders, Marfan syndrome, and Van der Woude syndrome, though causal relationships remain unproven.<sup>31</sup> A particularly notable connection exists with renal pathology, where individuals with pulp stones in  $\geq 3$  teeth exhibit 5.78 times greater likelihood of renal stones.<sup>32,33</sup> Similarly, Kaswan et al.<sup>34</sup> reported a parallel between multiple pulp stones and salivary gland calculi, suggesting a potential shared mineralization mechanism across different organ systems.

Emerging research suggests additional systemic associations for pulp stones, including diabetes.<sup>35</sup> In Marfan syndrome, connective tissue dysplasia may induce pulp arteriole rupture, leading to hemorrhage and subsequent mineralization of blood clots.<sup>36</sup> Other potential correlations include tumoral calcinosis, dentine dysplasia type II, and rare syndromes like Saethre-Chotzen and otodental syndrome, though



mechanistic evidence remains limited.<sup>12</sup> The overall trend from the scholarship is that whatever the reasons, there is a causative link between the existence of pulp stones and systemic illnesses. Bains et al.<sup>17</sup> suggest that existence of large numbers of pulp stones can in the future be used as an indicator for different types of systemic disease.

### **Association with Caries and Restorative Treatment**

Evidence suggests chronic pulp irritation from caries or restorative procedures may contribute to pulp stone formation, particularly false pulp stones. Studies indicate that first molars with caries or restorations show higher pulp stone prevalence compared to intact teeth, likely due to defensive calcification responses in the pulpo-dentinal complex. Notably, most observed stones in these cases were of the false type.<sup>15</sup>

While Ranjitkar et al.<sup>37</sup> reported significantly higher pulp stone prevalence in restored/carious teeth (41.7%) versus healthy teeth (28.8%), they did not classify stone type. Conversely, Tamse et al.<sup>38</sup> found no association between pulp stones and crown condition (carious/restored/intact). Similarly, Subay et al.<sup>39</sup> observed no pulp stone formation after short-term (10-40 day) orthodontic extrusion, though longer-term effects remain unexplored.

Possibly the most important cause is local irritants. While the most significant irritant is considered dental caries, other irritants include periodontal disease – especially aggressive periodontitis –, general trauma, healed tooth fractures and treatments including transplantation of teeth, pulp-capping procedures and tooth injury restorations.<sup>40</sup>

### **Prevalence of Pulp Stones, Distribution in Population and Distribution by Gender**

The global prevalence of pulp stones averages 8–9%, though reported rates vary widely across populations—ranging up to 50% in select cohorts.<sup>41</sup> Meta-analyses highlight significant ethnic and geographic disparities, exemplified by a 41.8% prevalence in northern India.<sup>42,43</sup> Much of this variability stems from methodological inconsistencies: studies measuring individuals with  $\geq 1$  pulp stone report higher prevalence than those assessing teeth affected.

Gender differences in pulp stone prevalence remain inconsistent across studies. While Stafne and Szabo<sup>29</sup> initially reported higher rates in males, Tamse et al.<sup>38</sup> found contrasting results in adults

(20–40 years), with females exhibiting significantly greater prevalence (24.7% vs. 16.9%) in molars and premolars. However, in younger populations (12–13 years), Baghdady et al.<sup>43</sup> observed nearly equal rates (females: 18.8%; males: 19.8%), suggesting age may modulate gender disparities.

Radiographic detection of pulp stones is limited to those  $>2$  mm in diameter, suggesting the true prevalence in the general population is likely underestimated.<sup>44</sup> Additionally, free pulp stones are more easily identified on radiographs compared to embedded or adherent variants, further contributing to detection bias.<sup>45</sup>

### **Association with Orthodontic Treatment**

Orthodontic treatment influences dental pulp through mechanical forces that may alter pulpal blood flow and trigger complications. While Nixon et al.<sup>46</sup> found no permanent pulpal effects, Hamersky et al.<sup>47</sup> reported potential vitality loss due to orthodontic forces. Studies on extrusive and intrusive movements have documented varied pulpal responses, including hyperemia, secondary dentin deposition, internal root resorption, hemorrhage, and necrosis.<sup>48-52</sup>

Studies show that the orthodontic force application may cause pulpal changes like alteration in the pulp, pulpal obliteration by secondary dentin formation, internal root resorption, cyst formation, pulpal necrosis and also pulpal calcifications.<sup>53-56</sup>

Orthodontic treatment may promote pulp stone formation, with studies demonstrating increased prevalence across all tooth groups, particularly in molars. Ertas et al.<sup>42</sup> reported a minimum rise of 1.3% in adolescents (12–14 years), while Korkmaz et al.<sup>57</sup> and Babanour et al.<sup>58</sup> observed more pronounced increases post-treatment, suggesting orthodontic forces alter pulpal calcification metabolism.

### **Clinical Implications**

Pulp stones do not cause pain unless they impinge on nerves. Such an impingement on nerves can often be the cause behind idiopathic pain. They also do not lead to any other sort of discomfort beyond this possibility of nerve impingement and idiopathic pain and are not a cause of pulpitis. As such, they do not have clear clinical implications and do not require treatment. Although pulp stones do not require treatment in principle, they can interfere with endodontic treatment and thus should be removed in cases where this interference is particularly strong. The degree of interference depends on the stones' size and location. Larger pulp stones present in the pulp

chamber can cause blockage for root canal openings and impede the movement of dental instruments through the canal. Pulp stones also cause greater blockage if they are located at a curve in the root canal.<sup>59</sup> Embedded and adherent pulp stones have a greater risk of interfering with root canal treatment compared to free pulp stones, based on both their location and size. No distinction has been found in scholarship in this regard between true and false pulp stones.<sup>4</sup>

In general, it can be stated that patients with pulp-related idiopathic pain may have a high presence of pulp stones if examined. However, it is not clear that correlation means causation in this case.<sup>42</sup> To effectively manage pulp stones during root canal treatment, magnification aids (such as dental loupes or operating microscopes) and ultrasonic tips are recommended for their removal. These tools enhance visibility and allow for careful dislodgement of calcifications without damaging the surrounding dentin or compromising canal access.<sup>5,60</sup>

### Conclusion

Pulp stones primarily gain clinical relevance during endodontic treatment, particularly when located in curved root canals where they may obstruct instrumentation. Their removal typically involves burs and ultrasonic devices, often supplemented by sodium hypochlorite due to its enhanced efficacy on false pulp stones (the predominant type). Despite their potential to complicate procedures, research on pulp stones remains limited, with most studies focusing on radiographic prevalence rather than formation mechanisms. While PubMed yields over 400 entries for "pulp stone" and "pulp calcification," the majority address generalized calcifications or clinical management rather than etiological factors. A deeper understanding of pulp stone pathogenesis could ultimately improve endodontic outcomes, highlighting the need for further investigation beyond current radiographic and prevalence-based studies.

### Acknowledgements

None.

### Ethical Approval

Ethical approval is not necessary for this study.

### Conflict of Interest

None of the authors of this article has any relationship, connection or financial interest in the subject matter or material discussed in the article.

### Sources of Funding

During this study, no material and/or moral support was received from any pharmaceutical company directly related to the research topic, any company that supplies and/or manufactures medical devices, equipment and materials, or any commercial company that could negatively affect the decision to be made regarding the study during the study evaluation process.

### Authorship Contributions

Idea/Concept: S.M.A Design: S.M.A Control/Supervision: S.M.A Literature Review: S.M.A Data Collection and/or Processing: S.M.A Analysis and/or Interpretation: S.M.A Writing the Article: S.M.A Critical Review: S.M.A

## References

1. Mjor IA, Pindborg JJ. *Histology of the human tooth*. Copenhagen: Munksgaard. 1989, 61-2.
2. Bains SK, Bhatia A, Singh HP, Biswal SS, Kanth S, Nalla S. Prevalence of coronal pulp stones and its relation with systemic disorders in northern Indian central Punjabi population. *ISRN Dentistry* 2014;1-5, p. 1.
3. Mosby. *Mosby's Medical Dictionary (9th ed.)*. St. Louis: Elsevier Health Sciences. 2013, p. 507.
4. Philippas GG. Influence of occlusal wear and age on formation of dentin and size of pulp chamber. *Journal of Dental Research* 1961;40:1186-98.
5. Torabinejad M, Fouad AF, Walton RE. *Endodontics: Principles and practice*. 6th edition. Amsterdam: Elsevier, 2020, p. 7.
6. Pasler FA, Visser H. *Pocket atlas of dental radiology*. Leipzig: Thieme, 2007, p. 12.
7. Stenvik A, Mjor IA. Epithelial remnants and denticle formation in the human dental pulp. *Acta Odontologica Scandinavica* 1970;28(5): 721-8.
8. Luan X, Ito Y, Diekwisch TGH. Evolution and development of Hertwig's epithelial root sheath. *Dev Dyn*. 2006;235(5):1167-80.
9. Moss-Salentijn L, Klyvert M. Epithelially induced denticles in the pulps of recently erupted, noncarious human premolars. *Journal of Endodontics* 1983;9(1):559.
10. Pashley DH, Liewehr FR. Structure and functions of the dentin-pulp complex. *Pathways of the Pulp (9th ed.)* 2006 St. Louis: Elsevier Health Sciences.
11. Appleton J, Williams MJ. Ultrastructural observations on the calcification of the human dental pulp. *Calcif Tissue Res*. 1973;11:227-37.
12. Goga R, Chandler NP, Oginni AO. Pulp stones: A review. *International Endodontic Journal*. 2008;41(6):457-68.
13. Altındağ A, Yüksel IB. Pulpa kalsifikasyonları prevalansının radyolojik olarak değerlendirilmesi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*. 2021;3(3):102-8.
14. Johnson PL, Bevelander G. Histogenesis and histochemistry of pulpal calcification. *Journal of Dental Research* 1956;35:714-22.
15. Kannan S, Kannepady SK, Muthu K, Jeevan MB, Thapasum A. Radiographic assessment of the prevalence of pulp stones in Malaysians. *J Endod*. 2015;41(3):333-7.
16. Gülşahi A, Cebeci AI, Ozden S. A radiographic assessment of the prevalence of pulp stones in a group of Turkish dental patients. *International Endodontic Journal* 2009;42(8): 735-9.
17. Bains SK, Bhatia A, Singh HP, Biswal SS, Kanth S, Nalla S. Prevalence of coronal pulp stones and its relation with systemic disorders in northern Indian central Punjabi population. *ISRN Dent*. 2014; 2014:1-5.
18. Jannati R, Afshari M, Moosazadeh M, Allahgholipour SZ, Eidy M, Hajihoseini M. Prevalence of pulp stones: A systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Med*. 2019;12(2):133-9.
19. Hsieh CY, Wu YC, Su CC, Chung MP, Huang RY, Ting PY, et al. The prevalence and distribution of radiopaque, calcified pulp stones: A cone-beam computed tomography study in a northern Taiwanese population. *J Dent Sci*. 2018;13(2):138-44.
20. Jannati R, Afshari M, Moosazadeh M, Allahgholipour SZ, Eidy M, Hajihoseini M. Prevalence of pulp stones: A systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Med*. 2019;12(2):137-8.
21. Beres F, Isaac J, Mouton L, Rouzière S, Berdal A, Simon S, et al. Comparative physicochemical analysis of pulp stone and dentin. *J Endod*. 2016;42(3):432-8.
22. Zeng J, Yang F, Zhang W, Gong Q, Du Y, Ling J. Association between dental pulp stones and calcifying nanoparticles. *Int J Nanomedicine*. 2011; 6:109-18.
23. Hill TJ. Pathology of the dental pulp. *J Am Dent Assoc*. 1934; 21:820-44.
24. Hillmann G, Geurtsen W. Light-microscopical investigation of the distribution of extracellular matrix molecules and calcifications in human dental pulps of various ages. *Cell Tissue Res*. 1997; 289:145-54.
25. Udoye C, Sede M. Prevalence and analysis of factors related to occurrence of pulp stone in adult restorative patients. *Ann Med Health Sci Res*. 2011;1(1):9-14.
26. Bernick S, Nedelman C. Effect of aging on the human pulp. *J Endod*. 1975;1:88-94.
27. Bernick S. Effect of aging on the nerve supply to human teeth. *J Dent Res*. 1967;46:694-9.
28. Ketterl W. Age-induced changes in the teeth and their attachment apparatus. *Int Dent J*. 1983;33:262-71.
29. Stafne EC, Szabo SE. The significance of pulp nodules. *Dent Cosmos*. 1933;75:160-4.
30. Edds AC, Walden JE, Scheetz JP, Goldsmith LJ, Drisko CL, Eleazer PD. Pilot study of correlation of pulp stones with cardiovascular disease. *J Endod*. 2005;31(7):504-6.
31. Kantaputra PN, Sumitsawan Y, Schutte BC, Tochraeontanaphol C. Van der Woude syndrome with sensorineural hearing loss, large craniofacial sinuses, dental pulp stones, and minor limb anomalies: report of a four-generation Thai family. *Am J Med Genet*. 2002;108:275-80.

32. Galav A, Vyas T, Kaur M, Chauhan M, Satija N. Association of pulp stones and renal stones. *Int J Res Health Allied Sci.* 2018;4(2):82-4.
33. Movahhedian N, Haghnegahdar A, Owji F. How the prevalence of pulp stone in a population predicts the risk for kidney stone. *Iran Endod J.* 2018;13(2):246-50.
34. Kaswan S, Patil S, Maheshwari S, Rahman F, Khandelwal S. The relationship between pulp calcifications and salivary gland calcifications. *J Clin Exp Dent.* 2014;6(5):e474-81.
35. Mathew ST, Al-Mutlaq MA, Al-Eidan RF, Al-Khuraishi DM, Adam H. Prevalence of pulp stones and its relation with cardiovascular diseases and diabetes mellitus using digital radiographs: a retrospective study. *Ann Dent Spec.* 2019;7(4):18-25.
36. Bauss O, Neter D, Rahman A. Prevalence of pulp calcifications in patients with Marfan syndrome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106(6):e56-61.
37. Ranjitkar S, Taylor JA, Townsend GC. A radiographic assessment of the prevalence of pulp stones in Australians. *Aust Dent J.* 2002;47(1):36-40.
38. Tamse A, Kaffe I, Littner MM, Shani R. Statistical evaluation of radiologic survey of pulp stones. *J Endod.* 1982;8(10):455-8.
39. Subay RK, Kaya H, Tarim B, Subay A, Cox CF. Response of human pulpal tissue to orthodontic extrusive applications. *J Endod.* 2001;27(7):508-11.
40. Aydın ZU, Koşumcu S, Ustaoglu G, Bayrak S, Oruçoglu H. Agresif periodontitis teşhisi konulan hastalarda pulpa taşı varlığının radyografik olarak değerlendirilmesi. *Acta Odontol Turc.* 2019;36(1):1-6.
41. Patil SR, Araki K, Abd-Ghani H, Al-Zoubi IA, Sghaireen MG, Gudipani RK, et al. A cone beam computed tomography study of the prevalence of pulp stones in a Saudi Arabian adolescent population. *Pesqui Bras Odontopediatria Clin Integr.* 2018;18(1):e4045.
42. Ertas ET, Veli I, Akin M, Ertas H, Atici MY. Dental pulp stone formation during orthodontic treatment: a retrospective clinical follow-up study. *Niger J Clin Pract.* 2017;20(1):37-42.
43. Baghdady VS, Ghose LJ, Nahoom HY. Prevalence of pulp stones in a teenage Iraqi group. *J Endod.* 1988;14(6):309-11.
44. Gülşahi A, Cebeci AI, Ozden S. A radiographic assessment of the prevalence of pulp stones in a group of Turkish dental patients. *Int Endod J.* 2009;42(8):735-9.
45. Sisman Y, Aktan AM, Tarim-Ertas E, Çiftçi ME, Şekerci AE. The prevalence of pulp stones in a Turkish population: a radiographic survey. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012;17(2):e212-7.
46. Nixon CE, Saviano JA, King GJ, Keeling SD. Histomorphometric study of dental pulp during orthodontic tooth movement. *J Endod.* 1993;19(1):13-6.
47. Hamersky PA, Weimer AD, Taintor JF. The effect of orthodontic force application on the pulpal tissue respiration rate in the human premolar. *Am J Orthod.* 1980;77(4):368-78.
48. Ramazanzadeh BA, Sahhafian AA, Mohtasham N, Hassanzadeh N, Jahanbin A, Shakeri MT. Histological changes in human dental pulp following application of intrusive and extrusive orthodontic forces. *J Oral Sci.* 2009;51(1):109-15.
49. Han G, Hu M, Zhang Y, Jiang H. Pulp vitality and histologic changes in human dental pulp after the application of moderate and severe intrusive orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(4):518-22.
50. Barwick PJ, Ramsay DS. Effect of brief intrusive force on human pulpal blood flow. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;110(3):273-9.
51. Wong VS, Freer TJ, Joseph BK, Daley TJ. Tooth movement and vascularity of the dental pulp: a pilot study. *Aust Orthod J.* 1999;15:246-50.
52. McDonald F, Pitt Ford TR. Blood flow changes in permanent maxillary canines during retraction. *Eur J Orthod.* 1994;16(1):1-9.
53. Woloshyn H, Artun J, Kennedy DB, Joondeph DR. Pulpal and periodontal reactions to orthodontic alignment of palatally impacted canines. *Angle Orthod.* 1994;64(4):257-64.
54. Barwick PJ, Ramsay DS. Effect of brief intrusive force on human pulpal blood flow. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;110(3):273-9.
55. Lazzaretti DN, Bortoluzzi GS, Torres Fernandes LF, Rodriguez R, Grehs RA, Martins Hartmann MS. Histologic evaluation of human pulp tissue after orthodontic intrusion. *J Endod.* 2014;40(10):1537-40.
56. Gholinezhad K, Ghorbani H, Seyedmajidi S, Sheikhzadeh S, Rahmati Kamel M. Pulp stone formation following fixed orthodontic treatment: a panoramic radiographic comparison of extraction and non-extraction approaches. *Clin Exp Dent Res.* 2025;11:e70181.
57. Korkmaz YN, Ugur AZ, Sarioglu B. Orthodontic treatment and pulp stone formation: is there a relationship? *Clin Exp Health Sci.* 2019;9(4):340-4.
58. Babanouri N, Sahmeddini S, Khoshmakani MR. Effects of orthodontic treatment on pulp stone

formation: a retrospective study. *Biomed Res Int.* 2023; 2023:1234567.

59. Sayegh FS, Reed AJ. Calcification in the dental pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1968;25(6):873-82.
60. Gorni FG, Gagliani MM. The outcome of endodontic retreatment: A 2-year follow-up. *J Endod.* 2004;30(1):1-4.



