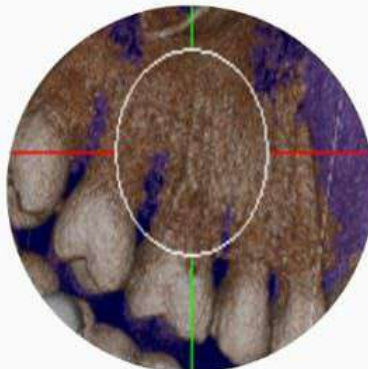




# ULUSLARARASI DİŞ HEKİMLİĞİ BİLİMLERİ DERGİSİ

## JOURNAL OF INTERNATIONAL DENTAL SCIENCES

2025 Nisan / Cilt: 11/ Sayı: 1  
2025 April/ Volume: 11/ Number: 1



## İÇİNDEKİLER/ CONTENTS

### Derleme / Review

#### Dentin Bağlayıcı Ajanlarda Güncel Gelişmeler

**1** Current Advances Dentin Bonding Agents

Nezahat Nurefşan EVLİ, Simin KOCAAYDIN

#### Kompozit Materyallerdeki Gelişmeler

**11** Advancements In Composite Materials In Dentistry

Berna YILMAZ, Sibel EMİROĞLU

### Araştırma/ Research

#### Evaluation of Artificial Intelligence Chatbots in the Management of Primary Tooth Traumas: A Comparative Analysis

**22** Süt Dişi Travmalarının Yönetiminde Yapay Zekâ Sohbet Botlarının Değerlendirilmesi: Karşılaştırmalı Bir Analiz

Mihriban GÖKCEK TARAÇ

#### Assessment Of The Readability Of Informed Consent Forms Used In An Oral And Maxillofacial Surgery Clinic

**32** Ağız, Diş Ve Çene Cerrahisi Kliniğinde Kullanılan Bilgilendirilmiş Onam Formlarının Okunabilirliğinin Değerlendirilmesi

Ömer EKİCİ, Farbod MAHFOZİ

#### Effect of Remaining Dentin Thickness on Thermal Changes at the Root Surface During Obturation with Thermoplasticized Gutta-Percha in Internal Resorption Cavities

**41** İnternal Rezorpsiyon Kavitetlerinde Termoplastik Gutta-Perka ile Doldurulması Sırasında Kök Yüzeyinde Oluşan Termal Değişiklikler Üzerinde Kalan Dentin Kalınlığının Etkisi

Öznur SARIYILMAZ, Evren SARIYILMAZ, Serkan ÖZKAN, Alper İLKER

### Olgu Sunumu/ Case Report

#### Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi İle Doğrulanmış Olağandışı Üst Birinci Büyük Azı Dişin Endodontik Tedavisi: Olgu Sunumu

**46** Endodontic Treatment of An Unusual Upper First Molar Confirmed by Cone Beam Computed Tomography: Case Report

Didem Seda GÜLTEKİN, Funda Kont ÇOBANKARA

## Dentin Bağlayıcı Ajanlarda Güncel Gelişmeler

### Current Advances Dentin Bonding Agents

#### ÖZ

**Giriş:** Adezyon, restoratif diş hekimliğinde kritik bir süreç olup, mineralize diş dokuları ile restoratif materyaller arasında sağlam bir bağlantı oluşturmaktadır. Dentin bonding ajanları ise bu bağlanmayı artıran ince rezin tabakalar olarak tanımlanmaktadır. Klinik uygulamalarda, tedavi süresini azaltmak, uygulama kolaylığı sağlamak ve restorasyon dayanıklılığını artırmak amacıyla farklı jenerasyon bonding ajanları geliştirilmiştir. Bu adeziv sistemler, restoratif tedavilerde daha etkili sonuçlar sağlamakta ve diş dokusunu koruma hedefiyle geliştirilmeye devam etmektedir.

**Sonuç:** Bu derlemede, adezyonun tanımı ve önemi ile dentin bonding sistemlerin tarihçesi, sınıflandırmaları, karşılaştırmaları, güncel bonding sistemlerin gelişimi ve çalışma mekanizmaları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ayrıca klinik vakalarda kullanılan güncel bonding ajanlarının farklı parametrelerle karşılaştırmalarının değerlendirildiği çalışmalara yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Adezyon, Dentin Bağlayıcı Ajanlar, Restoratif Materyaller.

#### ABSTRACT

**Objective:** Adhesion is a critical process in restorative dentistry, establishing a strong bond between mineralized tooth tissues and restorative materials. Dentin bonding agents are defined as thin resin layers that enhance this bonding. In clinical practice, various generations of bonding agents have been developed to reduce treatment time, facilitate application, and improve restoration durability. These adhesive systems yield more effective outcomes in restorative treatments and continue to be refined with the goal of preserving tooth tissue.

**Conclusion:** This review examines the definition and importance of adhesion, along with the history, classifications, and comparisons of dentin bonding systems, the evolution and working mechanisms of current bonding systems, and studies evaluating different parameters of contemporary bonding agents used in clinical cases.

**Key Words:** Adhesion, Dental Bonding Agents, Restorative Materials.

Nezahat Nurefşan EVLİ<sup>1</sup>

ORCID: 0009-0004-1260-6162

Simin KOCAAYDIN<sup>1</sup>

ORCID: 0000-0003-2577-7513

<sup>1</sup>İstanbul Kent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,  
Pedodonti A.D.  
İstanbul, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 11.11.2024

Kabul tarihi / Accepted: 13.01.2025

#### İletişim Adresi /Corresponding Address:

Nezahat Nurefşan EVLİ

İstanbul Kent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,  
Pedodonti A.D.

İstanbul, Türkiye

E-posta/e-mail:nurefsan.evli@hotmail.com

Adezyon, farklı yüzeylerin fiziksel veya kimyasal metotlar kullanılarak bir araya getirilme sürecini ifade etmektedir. Adezyon restoratif tedavilerde, mineralize diş dokuları ile restoratif materyaller arasında kritik bir rol oynamaktadır (1). “Adeziv” adı verilen özel bir tabaka kullanılarak iki materyal arasındaki bağlanma ve etkileşim artırılmaktadır. Bu tabaka aracılığıyla mine veya dentin ile restoratif materyal arasında bir tıkaç oluşturulmaktadır. Tıkaç oluşumu, mikrosızıntıya karşı direncin artmasına, postoperatif hassasiyetin azalmasına, marjinal renklemenin ve sekonder çürük gelişim risklerinin azaltılmasında önemli ölçüde katkı sağlamaktadır (2,3).

Dentin bonding ajanı, “dentin ile kompozit rezin matrisi arasına uygulanan ince rezin bir tabaka” olarak tanımlanmaktadır (3). Adeziv diş hekimliği, 1955'te Buonocore'un asitle pürüzlendirme prosedürünü bulmasıyla başlamıştır (4). Her nesil, süreçte yer alan şişe sayısını azaltmayı, işlem adımlarının sayısını en aza indirmeyi, daha hızlı uygulama teknikleri sağlamayı ve daha güçlü bağlanmayı kolaylaştıracak sistemleri hedeflemiştir (5).

## Dentin Bonding Ajanların Sınıflandırılması Ve Güncel Gelişmeler

Dentin bonding ajanlarının günümüze kadar sayısız sınıflandırması olmuştur. Bunlardan bazıları nesil, klinik adımların sayısı ve modern adeziv stratejilerine dayanmaktadır (3). Nesil sınıflandırması dental bondinglerin ne zaman ve hangi sırayla geliştirildiğini ifade etmektedir.(5) Dördüncü nesil bondingler, smear tabakasını tamamen ortadan kaldırmayı ilk başaran ajanlar olarak kabul edilmiştir (6). Bu nesilde, üç ana bileşen (asit, primer, bonding) genellikle ayrı şişelerde bulunmakta ve sırasıyla uygulanmaktadır (7). Beşinci nesil adeziv sistemlerin gelişimiyle klinik süreçlerdeki adımlar azaltılmış ve işlem süresi kısaltılmıştır. Bu sistemler, "tek adımlı" veya "tek şişe" olarak adlandırılan uygulama metodlarına dayanmaktadır (5,8). Altıncı nesil adeziv sistemler aynı zamanda “self-etch adezivler” olarak da bilinmektedir. Bu adeziv sistemler tek çözelti kullanarak asitleme adımını ortadan kaldırmayı ve diğer adımlardan birine dahil etmeyi amaçlamaktadır (9). Yedinci nesil adeziv sistemler, 1999'un sonlarında geliştirilmiş, “All-in-one” adeziv sistemler ise 2002 yıllarında ortaya çıkmıştır (10). Bu sistemler, adezyon için gerekli tüm bileşenleri tek bir şişe içerisinde barındırarak adezyon protokollerini önemli ölçüde basitleştirmiştir (11,12). 2010 yılında, Voco America, nano boyutlu dolgu maddeleri içeren ve sekizinci nesil bir adeziv ajanı olan Voco Futurabond DC'yi tanıtmıştır (13). Bu yeni ajanın içerisinde dahil edilen

nano-dolgu maddeleri, rezin monomerlerin miktarını artırarak hibrit tabakanın kalınlığını iyileştirmiştir. Bu gelişme, adeziv sistemin mekanik gücünü arttırmıştır (14,15). Nano dolgu maddeleri, mine ve dentin arasındaki bağlanma kuvvetini iyileştirirken, stresi absorbe etme kapasitesini artırarak ürünün raf ömrünü uzatmaktadır (5). Self-etch özelliğine sahip olan bu sekizinci nesil ajanlar, asidik hidrofilik monomerler içermekte olup, tükürük veya nem ile kontamine olmuş mine üzerinde kolaylıkla kullanılabilir (3).

## Modern Adeziv Sistemlerin Mekanizmaları

### Etch-and-Rinse Adeziv Sistemler

Üç aşamalı ve iki aşamalı olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Üç aşamalı sistem, fosforik asitle diş dokusunun pürüzlendirilmesi, hidrofilik bir primerin uygulanması ve ardından adeziv rezinin uygulanması basamaklarını içermektedir. İki aşamalı sistem ise fosforik asitle pürüzlendirme ve yıkama sonrası, primer ve adeziv rezin bir arada uygulanmaktadır (16). İki aşamalı total-etch sistemlerin, üç aşamalı sistemlere göre klinik olarak daha az başarılı olduğu ve yüksek teknik hassasiyet gerektirdiği belirtilmektedir (17). Bu sistemlerde, demineralize kollajenin infiltre edilmesi ve solventin uzaklaştırılmasında zorluklar yaşandığı ifade edilmektedir (17).

Etch-and-rinse sistemin bağlantı mekanizması mikromekaniktir ve hibrit tabakanın oluşumuna dayanmaktadır (18). Aynı zamanda bu teknik hassasiyet gerektiren işlemler içermektedir. Aşırı kurutma sonucu demineralize kolajen lifler çöker ve monomer difüzyonunda azalma meydana gelmektedir. Bu da uygun bir hibrit tabaka oluşumunu engellemektedir (3). Aşırı ıslak veya kuru koşullar adezivin uygulanmasını zorlaştırmakta ve rezin-dentin ara yüzünde sorunlara neden olabilmektedir. Bu sorunlar hibrit tabakanın erken bozulmasına yol açabilmektedir (19). Bu olumsuzluklara rağmen, etch-and-rinse adeziv sistemleri, mine ve dentine sağladıkları güçlü bağlanma yetenekleri sayesinde restorasyonlarda hala önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle mine yüzeyinde asitle pürüzlendirme işlemi, mikro ve makro gözenekler oluşturarak rezinlerin kolayca nüfuz etmesini ve polimerizasyon sonrası güçlü bir mikromekanik tutunma sağlamasını mümkün kılmaktadır (20). Dentine bağlanma daha zorlu bir süreç olsa da üç aşamalı sistemler, primer ve adeziv rezinin ayrı ayrı uygulanmasıyla dentin yüzeyini daha etkili bir şekilde hazırlamakta ve derin monomer infiltrasyonuna olanak tanımaktadır. Bu özellikler, restorasyonların uzun vadeli dayanıklılığı

ve klinik başarısı açısından kritik öneme sahiptir. Günümüzde, kullanımı daha basit olan self-etch materyallerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir (3).

### **Self-Etch Sistemler**

Self-etch sistemler, etch-and-rinse tekniğinin nem hassasiyetini kontrol altına almak amacıyla ortaya çıkmıştır. Ayrıca, adeziv uygulamanın klinik işlemlerini basitleştirerek klinik süreyi azaltmak için geliştirilmiştir (21). Self-etch sistemler, asidik monomerler içerdikleri için ayrıca bir asitle aşındırma adımı gerektirmemektedir (22). Bu monomerler diş yüzeyini aynı anda hem asitle aşındırmakta hem de primer aşamasını uygulamaktadır. Bu sistemler 'smear tabakasını' değiştirebilmekte ve ince bir hibrit tabaka oluşturmaktadır (23). Self-etch adeziv sistemlerinin smear tabakası üzerindeki etkisi daha az olmaktadır. Bu dentin tübüllerinin daha az açığa çıkarılmasına ve etch-and-rinse sistemlerine kıyasla daha az dentin sıvı akışına yol açmaktadır. Böylece post-operatif hassasiyetin azalmasına katkıda bulunmaktadır. Ancak, self-etch adezivlerin daha az asidik olması, etch-and-rinse adeziv sistemlerine göre daha düşük mine aşındırma kapasitesi gibi bir dezavantajı da beraberinde getirmektedir (24). Self-etch sistemler klinik uygulama adımlarının sayısına göre sınıflandırılmaktadır. İki adımlı self-etch sistemlerin ilk adımı asidik monomerden oluşmuş hidrofilik bir primer solüsyon içerirken, ikinci adım hidrofobik bağlayıcı bir ajan içermektedir (25). Tek aşamalı self-etch adezivlerin aşırı hidrofilik yapısı nedeniyle su, substrattan adeziv tabakaya doğru hareket etmektedir. Bu durum adezivin yarı geçirgen bir membran gibi davranmasına neden olmaktadır. Bu süreç, adeziv tabaka ile kompozit arasında küçük su damlacıklarının oluşmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda, bağ kuvvetinde azalmaya, rezinin hidrolizi ile diş-rezin bağının zamanla bozulmasına yol açmaktadır (26). Dentin ve mineye self-etch adezivlerin uygulanmasının dezavantajlarından biri fosforik asit kadar mineyi aşındıramamalarıdır. Düşük asit seviyeleri nedeniyle, bu durum servikal restorasyonların mine kenarlarında görülen marjinal renk değişikliklerinin artmasına yol açmaktadır. Bu nedenle self-etch adezivlerin bozulması, asidik bileşenlerinin adeziv tabakasının su çekme eğilimini ve esnekliğini artırmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, adezivin daha fazla su emmesine ve daha yumuşak hale gelmesine yol açmaktadır (27). Dentine yeterli adezyon etch-and-rinse veya self-etch adezivler ile tamamen sağlanabilmektedir. Ancak, minede fosforik asit kullanılan etch-and-rinse yaklaşımı daha çok tercih edilmektedir (28,29).

### **Universal Adeziv Sistemler**

Tek adımlı self-etch adezivlerin eksikliklerini gidermek amacıyla universal adezivler geliştirilmiştir. Universal adezivler, self-etch ve etch-and-rinse protokollerini destekleyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sistemler, asidik fonksiyonel monomer (örneğin, 10-metakriloksidekil dihidrojen fosfat (10-MDP), gliserol fosfat dimetakrilat (GPDM)), hidrofilik (2-hidroksietil metakrilat (HEMA)) ve hidrofobik monomer (bisfenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA)) ile çözücü (su, etanol, aseton) içermektedir.(30) Bu fonksiyonel gruplar, hidroksiapatitteki kalsiyum iyonlarıyla bağlanarak dentine etkili bir kimyasal bağ sağlamakta ve bu sayede stabil bir bağlanma bölgesi oluşmaktadır (31,32). 10-MDP, universal adezivlerde kullanılan ilk fonksiyonel monomer olup, demineralizasyon ve bağlanma süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Uzun karbon zinciri sayesinde hidrolitik degradasyona karşı direnç gösterebilmekte ve hidroksiapatit kalsiyumu ile iyonik bağlar kurarak stabil MDP-Ca tuzlarını oluşturabilmektedir. Bu tuzlar, adeziv ara yüzde birikerek dentine uzun süreli bağlanmayı sağlayan bir nanotabaka meydana getirmektedir. Hidrofobik metakrilat ve hidrofilik fosfat grupları, MDP'nin hem restoratif materyallere hem de diş dokularına bağlanmasını mümkün kılmaktadır. Diğer monomerler, 10-MDP'ye kıyasla daha düşük bağlanma dayanımı ve hidrolitik direnç sergilemektedir (32). Universal adezivler, hem self-etch adezivler olarak dentin yüzeylerine hem de etch-and-rinse adezivler olarak mine yüzeylerine uygulanabilmektedir. Bu çift fonksiyonellik, genellikle "seçici mine pürüzlendirmesi (selective etch)" adı verilen teknikle sağlanmaktadır. Bu özellikleri sayesinde universal adezivler "multi-mode" veya "çok amaçlı" adezivler olarak da anılmaktadır (33,34). Universal adezivler klinik uygulamada yaygın olarak kullanılmasına rağmen, dentin üzerinde en iyi adeziv performansı elde etmek için hangi uygulama tekniğinin seçileceği konusunda zorluk yaşanmaktadır. Zorlu erişim, sınırlı zaman veya çocuk hastalarda düşük hasta uyumu gibi durumlarla karşılaşıldığında self-etch tercih edilebilmektedir (3).

### **Güncel Dentin Bonding Ajanların Karşılaştırma Kriterleri**

Adeziv diş hekimliğinde birçok ilerleme kaydedilmesine rağmen, restorasyonların uygulanması sırasında adezyon ara yüzü önemli bir zorluk meydana getirmektedir. Dikkate alınması gereken faktörler arasında, oral ortamdaki nem, çiğneme stresleri, sıcaklık ve pH değişiklikleri ile

diyet ve çiğneme alışkanlıkları gibi kimyasal ve mekanik zorluklar bulunmaktadır (35). Adeziv uygulamalar sırasında yapılan bazı hatalar olumsuz durumlara neden olabilmektedir. Dentine uygulanan asit sonrası yıkanan dentinin aşırı kurutulması kollajenlerin çökme riskini artırmaktadır (36). Ayrıca dentinin aşırı asitlenmesi zayıf bağlantıya neden olabilmektedir. Hibrid tabakanın tabanında zayıf infiltrasyon gösteren alanlar, mikrosızıntıya, kollajen hidrolizine ve zamanla arayüzün bozulmasına sebep olduğu bildirilmektedir (3).

## Bağlanma Dayanım Kuvveti

Bağlanma kuvveti, bonding ajanın restoratif materyal ve diş dokusuna olan mekanik ve kimyasal adezyon yeteneğini değerlendirmek için kullanılan temel bir kriterdir (37).

Ganesh ve ark. (2020), yaptığı bir in-vitro çalışmada, 64 adet çürüksüz premolar dişlere class V kaviterler hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler randomize dört deney grubuna ayrılmış ve her bir gruba farklı nesillerdeki bonding ajanları uygulanmıştır. Sekinci nesil G-Premio Bond, beşinci nesil Adper Single Bond 2, altıncı nesil Clearfil SE ve yedinci nesil Single Bond Universal makaslama bağlantı kuvveti açısından karşılaştırılmıştır. Sekizinci nesil G-Premio Bond, diğer nesillere göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha üstün makaslama bağlantı kuvveti sergilemiştir. Bu üstün performansın, G-Premio Bond'un yapısında bulunan ve dentin tübüllerine daha iyi penetrasyon sağlayan hidrofilitik ve hidrofil olmayan monomerlerin dengeli kombinasyonundan kaynaklandığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, G-Premio Bond'un primer kullanımı gerektirmeden self-etch uygulaması ile uyumlu olduğunu, uzun süreli estetik ve aşınma direnci sunduğunu ve hipersensitif dişler için ideal bir seçenek olduğu bildirilmiştir (35).

Hardan ve ark. (39) yaptığı sistematik inceleme ve meta-analizde, universal adezivlerin bağlanma dayanımını artırmak için mevcut alternatif teknikler uygulanmış ve ek bir strateji olup olmadığı araştırılmıştır. Bu çalışmada dentine bağlanma dayanımını artırmak için adezivin aktif şekilde uygulanması ve adezivdeki solventin 10 saniyeden daha uzun süre hava spreyi ile uzaklaştırılması önerilmiştir. Ayrıca, 40 saniyeye kadar uzatılmış polimerizasyon süresi, üç saniye seçici dentin pürüzlendirmesi, adeziv uygulama süresini 2 kat artırma, ekstra rezin katmanı, MMP inhibitörlerinin (klorheksidin, 1-etil-3(3-dimetilaminopropil) karbodiimid, yeşil çay özü, galardin, tetrasiklin, etilendiamintetraasetik asit (EDTA) ve kuaterner amonyum tuzları) adezivi uygulamadan önce kullanılması, etanol ile ıslak bağlama yöntemi (etanol-wet bonding) ve birden fazla katman uygulanması (iki katman ve daha fazlası) önerilmiştir. Nemli bağlanma tekniğinin (wet-bonding), dentin yüzeyi tamamen kurutulmadan, nemli durumda bırakılan bir uygulama olduğu

bildirilmiştir (38). Diğer yandan, uygulama süresinin kısaltılması ve dentin hassasiyet gidericilerin universal adezivlerin dentin bağlanma gücünü olumsuz etkilediği bildirilmiştir (39). Akram ve ark. (40) çalışmada, klorheksidin yüklü mezoporlu silika nanopartiküllerinin (CHX-loaded/MSN) pH duyarlı bir sistem olarak geliştirilip dentin adezivlerine uygulanmasının antimikrobiyal etkinlik ve bağ dayanımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, CHX'nin yavaş salınımını sağlayan ve dentin-kollajen arayüzünün bozulmasını önleyen nanopartikül sistemleri tasarlanmıştır. Sonuçlar, bu sistemlerin biyofilm oluşumunu ve dentin proteazlarının aktivitesini (örneğin, MMP'ler) baskılayarak hibrit tabakanın dayanıklılığını artırdığını göstermiştir. pH'ya duyarlı bu nanopartiküllerin restoratif diş hekimliğinde bağ dayanımını artırarak daha uzun ömürlü restorasyonlar için etkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, bu sistemlerin sitotoksitesinin düşük olduğu ve uzun süreli antibakteriyel etkinlik sağladığı vurgulanmıştır (40). Akram ve ark. (40) yaptığı çalışmada, nano-gümüş (nAg) ile modifiye edilmiş indirgenmiş grafen oksit (RGO) ve grafen nanoplateletler (GNP) dentin bağlayıcı ajanlarda kullanılarak rezin-dentin arasındaki mekanik ve biyolojik özellikler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. GNP/nAg modifiye ajanlar, Streptococcus mutans biyofilm oluşumunu belirgin şekilde inhibe ederken düşük sitotoksitesite profili sergilemiştir. GNP/nAg grupları, düzenli ve homojen hibrit katmanlar oluşturarak daha güçlü rezin-dentin bağlantısı sağlamış ve en düşük nanoleakage ile en yüksek mikro-gerilme bağ dayanımı ve elastikiyet modülü değerlerini göstermiştir. Grafen bazlı nanopartiküllerin antimikrobiyal ve mekanik özellikleri desteklenmiş olup, daha fazla klinik araştırma gerekliliği vurgulanmıştır (41).

Brkanovic ve ark. (42) yaptığı bir laboratuvar çalışmada farklı universal adeziv ajanların dentin bağlanma gücü üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. G2-Bond Universal, Clearfil Self-etch Bond ve Scotchbond Universal Plus olmak üzere üç farklı adeziv ajanın dentin bağlanma gücü değerlendirilmiştir. Üç adeziv arasında, Scotchbond Universal Plus en düşük bağlanma gücü değerine sahipken, G2-Bond Universal'ın diğer adezivlere kıyasla dentine kesme bağlanma gücü açısından belirgin bir farkının olduğu bildirilmiştir. G2-Bond Universal'ın üstün performansının, HEMA içermemesi nedeniyle hibrit tabakanın stabilitesini artırmasına bağlanmıştır. HEMA'nın varlığı, adeziv tabakasının uzun vadede hidrolize uğrama riskini artırabilirken, HEMA içermeyen G2-Bond Universal, daha dayanıklı bir bağlanma ve daha düşük

mikrosızıntı sağladığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, özellikle self-etch uygulandığında, HEMA içermeyen universal adeziv G2-Bond Universal'ın klinik uygulamalar için en etkili universal adeziv olduğu bildirilmiştir (43).

## Mikrosızıntı

Mikrosızıntı, restorasyon materyali ile diş dokusu arasındaki aralıktan bakteriler, ağız sıvıları, moleküller ve iyonların geçişine yol açan istenmeyen bir durum olarak tanımlanmaktadır (43). Dentin bonding ajanlarının en önemli karşılaştırma kriterlerinden biri, restoratif materyal ve diş dokusu arasındaki bağın mikrosızıntıya karşı direnci olmaktadır. Mikrosızıntı testleri, bonding ajanlarının sızdırmazlık kabiliyetini değerlendirmek için kullanılmaktadır (44). Fathpour ve ark. (45) yaptıkları randomize kontrollü bir çalışmada servikal restorasyonlarda universal adezivler ile sekizinci nesil iki adımlı self-etch adezivler mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır. Bu in-vitro deneysel çalışmada çürüksüz 70 adet premolar diş randomize beş gruba ayrılmıştır (G-Premio Bond/self-etch tekniği, G-Premio Bond/total etch tekniği, G-Premio Bond/seçici pürüzlendirme tekniği, Clearfil SE Bond/self-etch tekniği, Clearfil SE Bond/seçici pürüzlendirme tekniği.).(45) Clearfil SE Bond/self-etch tekniği grubu, mine kenarlarında en yüksek mikrosızıntıya sahipken; G-Premio Bond'un her iki grubu da en düşük mine mikrosızıntı oranına sahip olduğu bildirilmiştir. Clearfil SE Bond/self-etch grubu, dentin kenarlarında en yüksek mikrosızıntıyı gösterirken; G-Premio Bond/seçici pürüzlendirme tekniği grubunun en az mikrosızıntı gösterdiği bildirilmiştir (45). Akram ve ark. (46), pH duyarlı klorheksidin yüklü mezoporoz silika nanopartikülleriyle modifiye edilmiş bir deneysel dentin adezivini değerlendirmiştir. Çalışma, nanopartikül modifikasyonunun dentin bağlanma gücünü artırdığını, hibrit tabaka stabilitesini iyileştirdiğini ve mikrosızıntıyı azalttığını göstermiştir. Bu başarı, nanopartiküllerin homojen dağılım sağlaması, geniş yüzey alanlarıyla bağlanmayı güçlendirmesi ve klorheksidinin antimikrobiyal etkisiyle ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak, modifiye adezivin hem bağlanma gücü hem de uzun süreli klinik başarı açısından etkili olduğu belirtilmiştir (46). Sengar ve ark. (47) yaptığı randomize kontrollü bir in-vitro çalışmada, 27 adet çürüksüz dişe class V kaviterler açılarak mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır. Kaviterler, etch-and-rinse adeziv sistemi (Adper Single Bond 2/ Beşinci Nesil Ajan), self-etch adeziv sistemi (G-Bond/ yedinci nesil ajan) ve self-etch akışkan kompozit rezin (Constic) kullanılarak restorasyon yapılmıştır (47). Constic, içerisinde bonding ajanını da barındıran akışkan kompozit bir materyaldir.

Self-etch adeziv sistemi (G-Bond) ile etch-and-rinse adeziv sistemi (Adper Single Bond 2) arasında mikrosızıntı farkı istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Self-etch akışkan kompozitin (Constic), diğer adeziv sistemlere kıyasla en yüksek mikrosızıntı miktarına sahip olduğu bildirilmiştir.(47) Bu çalışmanın sonucunda,tüm adeziv sistemler mikrosızıntı riski taşıdığı; ancak total-etch adeziv sistemin (Adper Single Bond 2) en az mikrosızıntı değerini gösterdiği bildirilmiştir. Adper Single Bond 2'nin daha düşük mikrosızıntı göstermesinin nedeni, mine ve dentin üzerinde güçlü mekanik ve kimyasal bağlanma sağlayarak hibrit tabaka oluşumunu optimize etmesi olduğu bildirilmiştir. Buna karşın, Constic'in yetersiz pürüzlendirme ve bonding ajanının homojen bir şekilde dağılamaması nedeniyle daha yüksek mikrosızıntıya neden olduğu belirtilmiştir (47). Singh ve ark. (48) yaptığı deneysel bir in-vitro çalışmada, 45 adet premolar dişte açılan sınıf V kaviterler, total-etch, universal ve sekizinci nesil sistemler ile restore edilerek mikrosızıntı açısından karşılaştırılmıştır. Örnekler üç gruba ayrılmış ve sırasıyla total-etch beşinci nesil (Tetric N-Bond), universal self-etch yedinci nesil (Prime & Bond Universal) ve sekizinci nesil (Futura Bond DC) adeziv sistemleri kullanılmıştır.(48) Sekizinci nesil adezivlerin mikrosızıntı açısından total-etch ve universal adeziv sistemlerine kıyasla daha iyi sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir (48). Bu adeziv ajanların, mikrosızıntıyı azaltmada daha etkili olduğu ve restorasyonların marjinal bütünlüğünü sağladığı bildirilmiştir (48).

Rocha ve ark. (49) yaptığı çalışmada, Brezilya kırmızı propolisinin dentin adezivlerinin geçirgenliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Adezivlere propolis eklenmesinin hibrit tabaka üzerinden su geçişini önemli ölçüde azalttığı ve dentin sızdırmazlığını iyileştirdiği bildirilmiştir. Propolis içeren adezivler, konsantrasyona bağlı olarak etkili sonuçlar vermiş ve 500 µg/mL en yüksek etkinliği sağlamıştır. Bu etkiler, propolisin içeriğindeki polifenoller ve flavonoidlerin antimikrobiyal özellikleri ile hibrit tabaka stabilitesini artırıcı etkisine bağlanmıştır. Özellikle, propolisin hibrit tabaka içindeki kollajen fibrillerini stabilize ederek demineralizasyonu azalttığı ve mikrosızıntıyı önlediği vurgulanmıştır. Deneysel adezivler (iki aşamalı "etch-and-rinse" metakrilat bazlı adeziv) propolisten olumlu etkilenirken, Single Bond daha üstün performans göstermiştir. Bu durum, Single Bond'un daha gelişmiş bileşimine bağlanmıştır. Bu bulgular, propolisin dental uygulamalarda adeziv performansını artıran bir biyoaktif bileşen olduğunu göstermiştir (49).

## Nem Toleransı

Klinik uygulamalarda, tükürük ve kanın çalışma alanını kontamine etmesi durumunda etkili bir nem kontrolü sağlamak büyük bir zorluk oluşturmaktadır. Tükürük proteinleri ve nemin varlığı, restorasyonların bağlanma dayanımını ciddi oranda azaltarak uzun dönem başarıyı olumsuz etkileyebilmektedir (50). Sugimura ve ark. (51) yaptığı randomize klinik bir çalışmada universal adezivlerin etch-and-rinse yöntemine göre nemli yüzeyde bağlanma dayanımı değerlendirilmiştir. All-Bond Universal, G-Premio Bond, Prime&Bond Active ve Scotchbond Universal Adhesive değerlendirilmiştir. Etch-and-rinse yöntemiyle uygulanan universal adezivlerin dentine olan bağlanma dayanıklılığı, mineye olan bağlanma dayanıklılığından farklı olarak yüzey neminden etkilenmiştir. Özellikle, All-Bond Universal ve G-Premio Bond'un dentine bağlanma dayanıklılığı, yüzey nemine duyarlı bulunurken, Prime&Bond Active ve Scotchbond Universal Adhesive'in bu duruma daha az duyarlı olduğu belirtilmiştir. Bu farklılık, bazı universal adezivlerdeki katkı maddelerinin bağlanma stabilitesini artırma ve su miktarını düzenleme özelliklerine bağlanmıştır. Etch-and-rinse yöntemi kullanıldığında, dentin yüzeyindeki nemin universal adezivlerin bağlanma performansını doğrudan etkilediği ve uygun nem seviyesinin restorasyon başarısı için kritik bir öneme sahip olduğu vurgulanmıştır (51).

Jitumori ve ark. (52) yaptığı bir in-vitro çalışmada, farklı adeziv stratejiler kullanılarak, kök dentininde fiber postların bağlanmasına nemin etkisi değerlendirilmiştir. Toplam 72 adet endodontik tedavi görmüş diş altı gruba ayrılmıştır. Bunlar, dentin yüzeyinin nemine ve adeziv sistemlere göre şu şekildedir: a) etch-and-rinse/nemli, b) etch-and-rinse/kuru, c) self-etch/nemli, d) self-etch/kuru, e) self-adhesive/nemli ve f) self-adhesive/kuru. Rezin materyalinin Push-out testi ile bağlanma dayanımı, SEM ile nanosızıntı ve Vickers testi ile mikrosertliği değerlendirilmiştir. Push-out testi sonuçlarına göre, etch-and-rinse grubunda bağlanma dayanımının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, kuru dentin, arayüzde daha düşük mikrosızıntı göstermiştir. Mikrosertlik değerlendirmesinde ise, self-adhesive stratejisi kuru dentin üzerinde istatistiksel olarak en yüksek değerleri göstermiştir. Etch-and-rinse stratejisinin bağlanma dayanımı açısından üstün olduğu, ancak nem kontrolü sağlanamadığında self-adhesive stratejilerin kuru dentin üzerinde daha uygun bir alternatif olabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca, nemin bağlanma dayanımına olan etkisinin, farklı adeziv sistemler arasında belirgin farklılıklar gösterdiği vurgulanmıştır (52).

Mohan ve ark.'nın 2023 yılında yaptığı bir in-vitro çalışma yedinci ve sekizinci nesil adeziv sistemlerin tükürük kontaminasyonunun kesme bağlanma dayanıklılığına etkisini karşılaştırmayı amaçlamıştır. Toplam 66 adet premolar diş, yedinci ve sekizinci nesil adeziv sistemler kullanılarak iki ana gruba ayrılmış ve her

bir grup üç alt gruba (kontrol, tükürükle kontamine ve tükürük kontaminasyonundan sonra adezivin yeniden uygulanması) bölünmüştür. Sekizinci nesil adeziv sistemlerin, tükürük kontaminasyonuna karşı daha dirençli olduğunu ve kontaminasyondan sonra adezivin yeniden uygulanmasının kesme bağlanma dayanıklılığının kontrol gruplarına yakın seviyelere getirebildiği bildirilmiştir. Sekizinci nesil adezivlerin, kimyasal yapılarındaki hidrofilik ve hidrofobik monomer dengesi sayesinde tükürük varlığında daha stabil bağlar oluşturduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak, sekizinci nesil adezivler, yedinci nesil adezivlere kıyasla tükürük kontaminasyonu varlığında ve yokluğunda daha yüksek kesme bağlanma dayanıklılığı değerleri gösterdiği belirtilmiştir (50).

## Dentin Bağlayıcı Ajanlarda Yenilikçi Yaklaşımlar: Antimikrobiyal, Anti-Enzimatik ve Biyoaktif Sistemlerin Klinik Potansiyelleri

Dentin bağlayıcı ajanlar, bağ stabilitesini artırmak, çürük oluşumunu engellemek ve biyolojik uyumluluğu sağlamak için sürekli yeniliklerle geliştirilmektedir. Son yıllarda antimikrobiyal, anti-enzimatik ve biyoaktif özelliklere sahip yeni nesil sistemler, bağlayıcı ajanlarda önemli ilerlemeler sağlamıştır (53). Yousaf ve ark. (54) çalışmasında, self-etch (AdheSE One) ve etch-and-rinse (Eco-Etch) adeziv sistemler, postoperatif hassasiyet açısından karşılaştırılmıştır. Self-etch sistem, 24 saat sonrasında soğuk uyarana karşı daha düşük hassasiyet sağlarken, bir hafta sonunda gruplar arasında fark gözlenmemiştir. Self-etch sistemin daha iyi sonuç vermesi, dentin tübüllerini kısmen kapatarak sıvı hareketini sınırlaması ve hidrofilik-hidrofobik monomer dengesiyle daha stabil hibrit tabaka oluşturmaya bağlanmıştır. Buna karşın, etch-and-rinse sistemlerde nem kontrolünün zorluğu ve dentin tübüllerinin tamamen açığa çıkması, hassasiyetin artmasına ve mikrosızıntı riskinin yükselmesine neden olmuştur. Sonuç olarak, self-etch sistemlerin erken dönemde hassasiyeti azaltmada daha avantajlı olduğu, ancak etch-and-rinse sistemlerin mine bağlanmasında daha güçlü performans gösterebileceği belirtilmiştir. Adeziv sistem seçiminde yüzey hazırlığı ve nem kontrolünün önemi vurgulanmıştır (54). Koohpeima ve ark. (55), nano-gümüş (NAg) partiküllerinin farklı adeziv protokolleriyle dentin üzerine uygulandığında kompozit makaslama bağ kuvveti üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, NAg partikülleri hem etch-and-rinse hem de self-etch adeziv sistemlerle kullanılmıştır. Sonuçlar, NAg ön işleminin her iki sistemde de bağ kuvvetini artırdığını ve en iyi sonucun Adper Single Bond ile asitle aşındırma

öncesinde elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca, NAg'nin antibakteriyel etkilerinin bağ dayanımına olumsuz bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Nano-gümüş içeren adeziv sistemlerin restoratif diş hekimliğinde antibakteriyel koruma ve artırılmış bağ stabilitesi için etkili bir yaklaşım olduğu tespit edilmiştir (55). Dutra-Correa ve ark. (53), düşük konsantrasyonlarda (50-250 ppm) nano-gümüş (NAg) içeren bir dental adezivin antibakteriyel etkilerini, sitotoksitesini ve mikro-gerilme bağ dayanımını ( $\mu$ TBS) değerlendirmiştir. Çalışmada, NAg içeren adezivlerin Streptococcus mutans biyofilm oluşumunu anlamlı şekilde azalttığı ve özellikle 250 ppm konsantrasyonunda en yüksek antibakteriyel etkinliği sergilediği belirtilmiştir. Ayrıca, NAg içeren adezivlerin kontrol grubu olan Scotchbond Multi-Purpose ile benzer  $\mu$ TBS değerleri sağladığı ve sitotoksitede artışa neden olmadığı tespit edilmiştir. NAg'nin diş-adeziv arayüzünü bakterilere karşı koruyarak dental restorasyonların uzun ömürlülüğünü artıracakları belirtilmiştir (53). Younus ve ark.'nın (56) yaptığı randomize kontrollü bir çalışmada orta ve şiddetli dentin hipersensitivite ağrısı olan hastalarda, dentin hassasiyet gidericiler ile self-etch adezivin etkinliği karşılaştırılmıştır. Dentin hassasiyeti olan toplam 254 hasta, Grup A (Single Bond Universal Agent) ve Grup B (Seal & Protect Agent) olarak randomize iki gruba ayrılmıştır. Grup A'daki hastaların % 86,6'sı dentin hassasiyetinde iyileşme gözlemlenirken, Grup B'deki hastaların sadece % 67,7'si hassasiyette azalma bildirmiştir. Self-etch adezivin üstün performansı, dentin tübüllerini etkin şekilde kapatarak sıvı hareketini azaltması ve güçlü hibrit tabaka oluşturmaya bağlanmıştır. Sonuç olarak, self-etch adeziv uygulamasının ardından bir dakika sonra dentin hassasiyeti önemli ölçüde azalmakta ve bir ay süreyle hassasiyet giderici ajanlara kıyasla daha etkili olduğu bildirilmiştir (56). Park ve ark. (58) yaptığı çalışmada, postoperatif hassasiyeti azaltmak için CPNE7-DP'yi All-Bond Universal (ABU) adezivine entegre ederek ABU/CPNE7-DP adlı materyali geliştirmiştir. CPNE7-DP, dentin hassasiyetlerinin tedavisinde kullanılan bioaktif bir terapötik ajan olarak tanıtılmıştır (57). Bu materyal, pulpa tarafında tübüler dentin üretimini teşvik etmekte ve dentin tübüllerini tıkayarak dentin hassasiyetini tedavi ettiği gözlenmiştir (57). ABU/CPNE7-DP, dentin tübüllerine nüfuz edebilmekte, in-vitro odontoblast farklılaşmasını teşvik etmekte ve bağlanma performansını etkilemeden in-vivo tübüler yapıda üçüncül dentin üretebilmektedir. Bu çalışmada, ABU/CPNE7-DP'nin post-operatif hassasiyeti azaltmada yenilikçi bir biyoaktif adeziv olduğu sonucu bildirilmiştir (58).

Alghauli ve ark. (59) tarafından yapılan sistematik inceleme ve meta-analizde, self-adeziv rezin simanların (SA) total-etch (TE), selektif asitleme (Sle) ve self-etch

(SE) protokolleriyle karşılaştırıldığında, postoperatif hassasiyet açısından anlamlı bir fark olmadığı, ancak debonding ve sağkalım oranları bakımından Sle ve SE'nin daha üstün olduğu belirtilmiştir. SA'nın daha düşük performansı, mine yüzeyinde yetersiz pürüzlendirme ve hibrit tabaka oluşumunun sınırlı olmasıyla açıklanmıştır. TE protokolü, mine üzerinde güçlü bir mikromekanik bağ oluştururken, Sle protokolü dengeli bağlanma sağladığı için daha yüksek sağkalım oranları gösterdiği bildirilmiştir. SE protokolü, dentin tübüllerine yeterince nüfuz ederek sıvı hareketini sınırladığı ve postoperatif hassasiyeti azalttığı; ancak mine bağlanmasında daha sınırlı kaldığı belirtilmiştir. Çalışmada, yüzey hazırlığının ve bağlanma mekanizmasının restorasyon başarısında belirleyici olduğu vurgulanmıştır. SA'nın uygulama kolaylığına rağmen özellikle mine bağlanmasında daha düşük performans gösterdiği tespit edilmiştir (59).

## SONUÇ

Estetik beklentilerin artması ve tedavi sürelerinin kısalması, restoratif materyallerin geliştirilmesini öncelikli hale getirmiştir. Asit uygulamasının ortaya çıkmasıyla restorasyonların kalitesini artırmak için çeşitli dentin bonding materyalleri geliştirilmiştir. Güncel dentin bonding ajanlarının geliştirilmesinde süreci basitleştirmeyi amaçlayan ilerlemeler kaydedilmiştir. Stabiliteleri ve bağlanma dayanımı performansları ile ilişkili klinik sonuçlar iyileştirilmeye çalışılmıştır. Postoperatif hassasiyeti azaltma, marjinal sızdırmazlığı iyileştirme ve mikrosızıntıyı azaltmaya yönelik çalışmalar devam etmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Eligüzeloğlu E. Son dönem geliştirilen adeziv sistemler. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi 2009;10(1):22-29.
2. Arhun N. Adezyon ve adeziv sistemler. Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Dergisi – Restoratif Diş Hekimliği Özel Konuları 2017;3(3):113-127.
3. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: From the IV generation to the universal type. Ann Stomatol. 2017;8:1-9.
4. Buonocore M. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res. 1955;34:849-853.

5. Joseph P, Yadav C, Satheesh K, Rahna R. Comparative evaluation of the bonding efficacy of sixth, seventh and eighth generation bonding agents: An in vitro study. *Int Res J Pharm.* 2013;4(9):143-147.
6. Kugel G, Ferrari M. The science of bonding: From first to sixth generation. *J Am Dent Assoc.* 2000;131:20-25.
7. Kanca J. A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin-enamel conditioner. *Quintessence Int.* 1991;22:285-290.
8. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. *J Dent Res.* 2005;84(2):118-132.
9. Pashly EL, Agee K, Pashly DH, Tay F. Effect of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent.* 2002;30:83-90.
10. Abraham S, Ghonmode WN, Saujanya KP, Jaju N, Tambe VH, Yawalikar PP. Effect of grape seed extracts on bond strength of bleached enamel using fifth and seventh generation bonding agents. *J Int Oral Health.* 2013;5:101-107.
11. Alex G. Adhesive considerations in the placement of direct composite restorations. *Compend Contin Educ Dent.* 2008;29(1):20-25.
12. Mozner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: A systematic review. *Dent Mater.* 2005;21:895-910.
13. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: Etching effects on unground enamel. *Dent Mater.* 2001;17(5):430-444.
14. Başaran G, Ozer T, Devecioğlu Kama J. Comparison of a recently developed nanofiller self-etching primer adhesive with other self-etching primers and conventional acid etching. *Eur J Orthod.* 2009;31(3):271-275.
15. Kasraei SH, Atai M, Khamverdi Z, Khalegh Nejad S. Effect of nanofiller addition to an experimental dentin adhesive on microtensile bond strength to human dentin. *J Dent (Tehran).* 2009;6(2):91-96.
16. Gordan VV, Vargas MA, Cobb DS, Denehey GE. Evaluation of adhesive systems using acidic primers. *Am J Dent.* 1997;10:219-223.
17. Oğuzcan MŞ. Comparison of total etch systems and self etch systems. *J Agent.* 2016;8:16-22.
18. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano D, et al. Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater.* 2008;24:90-101.
19. Hashimoto M, Tay FR, Svizero NR, Gee AJ, Feilzer AJ, Sano H, et al. The effects of common errors on sealing ability of total-etch adhesives. *Dent Mater.* 2006;22:560-568.
20. Van Meerbeek B, De Munck J, Mattar D, Van Landuyt K, Lambrechts P. Microtensile bond strengths of an etch-and-rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. *Oper Dent.* 2003;28(5):647-660.
21. Sundfeld RH, Valentino TA, Alexandre RS, Briso ALF, Sundfeld M. Hybrid layer thickness and resin tag length of a self-etching adhesive bonded to sound dentin. *J Dent.* 2005;33:675-681.
22. Peumans M, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Eight-year clinical evaluation of a two-step self-etch adhesive with and without selective enamel etching. *Dent Mater.* 2010;26:1176-1184.
23. Reis A, Grandi V, Carlotto L, Bortoli G, Patzlaff R, Accorinte MLR, et al. Effect of smear layer thickness and acidity of self-etching solutions on early and long-term bond strength to dentin. *J Dent.* 2005;33:549-559.
24. Hashimoto M, Ito S, Tay FR, et al. Fluid movement across the resin-dentin interface during and after bonding. *J Dent Res.* 2004;83:843-848.
25. Giannini M, Makishi P, Ayres AP, Vermelho PM, Fronza BM, Nikaido T, et al. Self-etch adhesive systems: A literature review. *Braz Dent J.* 2015;26:3-10
26. Van Landuyt KL, Snauwaert J, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. The role of HEMA in one-step self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2008;24:1412-1419.
27. Van Landuyt KL, De Munck J, Mine A, Cardoso MV, Peumans M, Van Meerbeek B. Filler debonding and subhybrid layer failures in self-etch adhesives. *J Dent Res.* 2010;89(10):1045-1050.
28. Erickson RL, Barkmeier WW, Kimmes NS. Bond strength of self-etch adhesives to pre-etched enamel. *Dent Mater.* 2009;25:1187-1194.

29. Rotta M, Bresciani P, Moura SK, Grande RH, Hilgert LA, Baratieri LN, et al. Effects of phosphoric acid pretreatment and substitution of bonding resin on bonding effectiveness of self-etching systems to enamel. *J Adhes Dent*. 2007;9:537-545.
30. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*. 2007;28(26):3757-3775.
31. Cardoso MV, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J, et al. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Aust Dent J*. 2011;56(Suppl 1):31-44.
32. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, et al. Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *J Dent Res*. 2012;91(4):376-381.
33. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, et al. Bonding effectiveness of a new multi-mode adhesive to enamel and dentin. *J Dent*. 2012;40(6):475-484.
34. Perdigao J, Sezinando A, Monteiro PC. Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent*. 2012;25(3):153-158.
35. Sri Ganesh A. Comparative evaluation of shear bond strength between fifth, sixth, seventh, and eighth generation bonding agents: An in vitro study. *Indian J Dent Res*. 2020;31(5):752-757.
36. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility, and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*. 2003;24:655-665.
37. Breschi L, Maravic T, Cunha SR, Comba A, Cadenaro M, Tjäderhane L, et al. Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications. *Dent Mater*. 2018;34(1):90-101.
38. Tay FR, Gwinnett JA, Wei SH. Micro-morphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free acetone-based, single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater*. 1996;12(4):236-244.
39. Hardan L, Bourgi R, Kharouf N, Mancino D, Zarow M, Jakubowicz N, et al. Bond strength of universal adhesives to dentin: A systematic review and meta-analysis. *Polymers*. 2021;13(3):1-35.
40. Akram Z, Daood U, Aati S, Ngo H, Fawzy AS. Formulation of pH-sensitive chlorhexidine-loaded mesoporous silica nanoparticles modified experimental dentin adhesive. *Mater Sci Eng C*. 2021;122:111894.
41. Akram Z, Aati S, Clode P, Saunders M, Ngo H, Fawzy AS. Formulation of nano-graphene doped with nano silver modified dentin bonding agents with enhanced interfacial stability and antibiofilm properties. *Dent Mater*. 2022;38(2):347-362.
42. Brkanović S, Sever EK, Vukelja J, Ivica A, Miletić I, Krmek SJ. Comparison of different universal adhesive systems on dentin bond strength. *Materials*. 2023;16(4):1-15.
43. Taylor MJ, Lynch E. Microleakage. *J Dent*. 1992;20(1):3-10.
44. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture: Adhesion to enamel and dentin—current status and future challenges. *Oper Dent*. 2003;28(3):215-235.
45. Fathpour K, Bazazzade A, Mirmohammadi H. A comparative study of cervical composite restorations microleakage using dental universal bonding and two-step self-etch adhesive. *J Contemp Dent Pract*. 2021;22(9):1035-1040.
46. Akram Z, Daood U, Aati S, Ngo H, Fawzy AS. Formulation of pH-sensitive chlorhexidine-loaded mesoporous silica nanoparticles modified experimental dentin adhesive. *Mater Sci Eng C*. 2021;122:111894.
47. Sengar EV, Mulay S, Beri L, Gupta A, Almohareb T, Binalrimal S, et al. Comparative evaluation of microleakage of flowable composite resin using etch-and-rinse, self-etch adhesive systems, and self-adhesive flowable composite resin in class V cavities: Confocal laser microscopic study. *Materials*. 2022;15(14):1-13.
48. Singh S, Bhadauria US, Sharma A, Verma Mathur R. Comparative evaluation of microleakage with total-etch, universal (self-etch mode), and nano adhesive systems in class V composite restorations: An in-vitro study. *Cureus*. 2023;15(10):1-12.
49. da Rocha LS, de Oliveira DF, de Lima CLV, do Nascimento TG, de Freitas JD, de Freitas JMD, et al. Effect of propolis added to single-bottle adhesives on water permeation through the hybrid layer. *Eur J Oral Sci*. 2024;132(6):1-10.

50. Mohan MC, Geetha P, Soman D, Kunjusankaran RN, Kurup NB, Venugopal K. The effect of salivary contamination on the shear bond strength of seventh- and eighth-generation adhesive systems. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2023;16(Suppl 1):S63-S66.
51. Sugimura R, Tsujimoto A, Hosoya Y, Fischer NG, Barkmeier WW, Takamizawa T, et al. Surface moisture influence on etch-and-rinse universal adhesive bonding. *Am J Dent.* 2019;32(1):33-38.
52. Jitumori RT, Rodrigues RC, Reis A, Gomes JC, Gomes GM. Effect of dentin moisture on the adhesive properties of luting fiber posts using adhesive strategies. *Braz Oral Res.* 2023;37:1-11.
53. Dutra-Correa M, Leite AABV, de Cara SPHM, Diniz IMA, Marques MM, Suffredini IB, et al. Antibacterial effects and cytotoxicity of an adhesive containing low concentration of silver nanoparticles. *J Dent.* 2018;77:66-71.
54. Yousaf A, Aman N, Manzoor MA, Shah JA, Dilrasheed. Postoperative sensitivity of self-etch versus total-etch adhesive. *J Coll Physicians Surg Pak.* 2014;24(6):383-386.
55. Koohpeima F, Mokhtari MJ, Khalafi S. The effect of silver nanoparticles on composite shear bond strength to dentin with different adhesion protocols. *J Appl Oral Sci.* 2017;25(4):367-373.
56. Younus MZ. Comparison between effectiveness of dentine desensitizer and one-bottle self-etch adhesive on dentine hypersensitivity. *Technol Health Care.* 2021;29(6):1153-1159.
57. Gug HR, Park YH, Park SJ, Jang JY, Lee JH, Lee DS, et al. Novel strategy for dental caries by physiologic dentin regeneration with CPNE7 peptide. *Arch Oral Biol.* 2022;143:105531.
58. Park EH, Na YK, Gug H, Lee DS, Park JC, Park SH, et al. Development of a new universal adhesive containing CPNE7-derived peptide and its potential role in reducing postoperative sensitivity. *Dent Mater J.* 2023;42(4):501-508.
59. Alghauli MA, Alqutaibi AY, Wille S, Kern M. Clinical reliability of self-adhesive luting resins compared to other adhesive procedures: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2023;129:104394.

## Kompozit Materyallerdeki Gelişmeler

### Advancements In Composite Materials In Dentistry

#### ÖZ

**Giriş:** Kompozit rezinler, modern diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan restoratif malzemelerden biri olarak geniş bir uygulama alanına sahiptir. İlk olarak 1960'larda klinik kullanıma giren kompozitler, zaman içinde çeşitli sınıflandırmalara ayrılarak estetik, dayanıklılık ve biyouyumluluk gibi farklı ihtiyaçlara göre geliştirilmiştir. Günümüzde partikül boyutu, viskozite ve polimerizasyon yöntemine göre farklı türleri bulunan bu malzemeler, çeşitli klinik ihtiyaçları karşılayacak şekilde özelleştirilmiştir. Kompozit rezinlerin gelişim süreci, yeni antibakteriyel özelliklerin, kendini onarma kapasitesinin ve çürük önleyici etkilerin eklenmesiyle sürekli olarak devam etmektedir. Bu derlemede, kompozit rezinlerin gelişimi, çeşitleri ve sınıflandırmaları detaylı şekilde ele alınmıştır. Kompozitler; partikül boyutları, viskozite özellikleri ve polimerizasyon yöntemlerine göre kategorize edilerek tepilebilir, akışkan ve bulk-fill gibi farklı türlerinin klinik avantajları incelenmiştir. Ayrıca, giomer ve ormocer gibi fonksiyonel özelliklere sahip kompozit türlerinin antibakteriyel etkileri, kendini onarma kabiliyeti ve çürük önleme özellikleri üzerinde durulmuştur. Antimikrobiyal ajanların eklenmesi, remineralizasyon ve düşük polimerizasyon büzülmesi gibi yenilikçi özelliklerin kompozitlerin performansını nasıl artırdığı vurgulanmıştır.

**Sonuç:** Son olarak, teknolojik ilerlemelerle kompozitlerin biyoaktif hale getirilerek ağız sağlığını desteklemesi ve restorasyonların ömrünü uzatması gibi gelişmelerin gelecekteki potansiyel katkılarına da yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyouyumlu Materyaller, Dental Materyaller, Kompozit Rezinler

#### ABSTRACT

**Objective:** Composite resins are widely used restorative materials in modern dentistry, offering a broad range of applications. First introduced for clinical use in the 1960s, composites have been developed over time to meet varying needs such as aesthetics, durability, and biocompatibility through various classifications. Today, these materials come in different types according to particle size, viscosity, and polymerization method, tailored to meet various clinical requirements. The development of composite resins is ongoing, with the addition of new antibacterial properties, self-healing capacity, and caries-preventive effects. This review examines the development, types, and classification of composite resins in detail. Composites are categorized based on particle sizes, viscosity characteristics, and polymerization methods, exploring the clinical advantages of different types, including conventional, flowable, and bulk-fill composites. Furthermore, functional composite types with antibacterial effects, such as giomers and ormocers, are discussed regarding their self-healing capacity and caries-preventive properties. Innovative features, such as the addition of antimicrobial agents, remineralization, and low polymerization shrinkage, are highlighted for their enhancement of composite performance.

**Conclusion:** Finally, the potential contributions of technological advancements are explored, focusing on the bioactive transformation of composites to support oral health and extend the longevity of restorations in the future.

**Key Words:** Biocompatible Materials, Dental Materials, Composite Resins.

Berna YILMAZ<sup>1</sup>

ORCID: 0009-0002-8738-0706

Sibel EMİROĞLU<sup>1</sup>

ORCID: 0009-0001-6061-1060

<sup>1</sup>İstanbul Kent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti A.D.  
İstanbul, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 14.11.2024

Kabul tarihi / Accepted: 07.01.2025

**İletişim Adresi /Corresponding Address:**

Berna YILMAZ

İstanbul Kent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,  
Pedodonti A.D.

İstanbul, Türkiye

E-posta/e-mail: bernayilmaz121@gmail.com

Kompozitler, yaklaşık 50 yıldır klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan en popüler dolgu malzemelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu malzemelerin gelişimi ve evrimi, temel olarak akrilat kökenlidir ve kompozitler ilk olarak 1962'de Dr. Rafael Bowen'in bisfenol-A diglisidil metakrilat (Bis-GMA, Bowen rezini) monomerini bulmasıyla diş hekimliği alanına girmiştir. Bu gelişme, kompozit rezinlere doldurucu partiküllerin eklenmesi ve adeziv sistemlerle mine ve dentine daha iyi bağlanma sağlanmasıyla birlikte, kompozitlerin kullanımının yaygınlaşmasını sağlamıştır (1–5). Resin kompozitler, organik matriks içinde çeşitli tipte ve boyutta inorganik dolduruculardan (dağılan faz) ve ara fazdan (bağlayıcı faz) oluşmaktadır (6,7). Organik matriks, kompozitin aktif olan bileşenidir ve başlatıcı-aktivatör sistemi, polimerizasyon inhibitörleri, ultraviyole stabilizatörleri, kıvam azaltıcılar, katalizörler ve renk pigmentleri bileşenlerini içermektedir (7,8).

Kompozit malzemeler, formülasyonlarında, özelliklerinde ve estetiklerinde sürekli olarak iyileştirmeler yapılarak diş hekimliği alanında giderek daha popüler hale gelmektedir (9,10). Bununla birlikte, kompozitlerin uzun vadeli performansını artırmak için antibakteriyel ve kendini onaran malzemelerin geliştirilmesi gerektiği bildirilmiştir. Bu nedenle, kompozitlerin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için ileri stratejilere ihtiyaç bulunmaktadır (11–15).

## Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması

### Kompozit Resinlerin İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklükleri ve Şekillerine Göre Sınıflandırılması

En yaygın sınıflandırma sistemlerinden biri inorganik doldurucu partikül boyutu, şekli ve dağılımını dikkate almaktadır (16). Lutz ve Phillips 1983 yılında makrofil, mikrofil, hibrit ve modern hibrit kompoziti tanıtmışlar (1) ve Bayne ve ark. 1994 yılında nanofil kompozitleri alt bölümler olarak eklemişlerdir (17). Teknoloji ilerledikçe partikül boyutu önemli ölçüde azaltılmış malzemeler tanıtılmış ve hibrit kompozitler olarak adlandırılmıştır (9). Hibrit kompozitler başlangıçta posterior restorasyonlar için en iyi malzemeler olarak kabul edilmiştir ancak günümüzde anterior estetik restorasyonlar için de çok kullanışlı olarak tanımlanmaktadır (18). Son olarak, nanoteknolojinin yardımıyla, ~10 ila 100 nm arasında partikül boyutlarına sahip nanoboyutlu doldurucuları içeren kompozitler tanıtılmıştır (14,19).

## Kompozit Resinlerin Viskozitelerine Göre Sınıflandırılması

### Kondanse Olabilen (Packable) Kompozitler

1990'ların sonlarında tanıtılan bu malzemeler, yoğunluğu ve manipülasyonu ile amalgama benzer özelliklere sahiptir (20). Hibrit kompozitlere kıyasla daha fazla inorganik partikül içerirler ve bu partikül dağılımları daha yoğundur, dolayısıyla viskoziteleri daha yüksektir. Bu nedenle, bu tür kompozit resinlerin özellikle posterior bölgelerde kullanımı önerilmektedir (4).

### Akışkan (Flowable) Kompozitler

Günümüzde, akışkan ve geleneksel kompozitlerin avantajlarını birleştirmek amacıyla,  $\geq$  % 70 hacimle dolu akışkan kompozitler geleneksel tepilebilir kompozitler için bir alternatif olarak hem anterior hem de posterior restorasyonlar için tanıtılmıştır (16). Korkut ve ark. (2020), yüksek viskoziteli iki akışkan kompozit (G-aenial Injectable, Estelite Super Low Flow), yüksek viskoziteli bir bulk-fill kompozit (Filtek Bulk-Fill), düşük viskoziteli akışkan kompozit (Filtek Ultimate Flowable) ve tepilebilir bir kompozit (Filtek Ultimate) kullanarak, farklı viskozitelerdeki resin esaslı kompozit malzemelerin çeşitli renklendirici çözeltilere batırıldığında renk stabilitesini değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Kırmızı şarapta bekletilen örneklerin en yüksek düzeyde renk değişimine uğradığını ve bunu kahve, çay ve kolanın takip ettiğini belirtmişlerdir. Yüksek viskoziteli akışkan kompozit malzemelerin renk stabilitesinin tepilebilir kompozitle benzer olduğunu bildirmişlerdir (21). Türk ve ark. (2023), bir nanohibrit tepilebilir (G-aenial Posterior) ve akışkan kompozit (G-aenial Universal Injectable), bir nanofil tepilebilir (Filtek One Bulk-Fill Restorative) ve akışkan kompozit (Filtek Ultimate Flow), bir submikron dolduruculu tepilebilir (Estelite Posterior Quick) ve akışkan kompozit (Estelite Bulk-Fill Flow) kullanarak aşınma hacim kaybı ve derinliğini karşılaştırmalı olarak değerlendiren bir çalışma yapmışlardır. Aşınma hacim kaybı ve derinliğinin, minede diğer tüm kompozit gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük olduğunu, nanofil kompozitlerin aşınma hacim kaybı ve derinliğinin, diğer kompozit tiplerine göre anlamlı derecede daha yüksek olduğunu, nanohibrit ve submikron dolduruculu kompozit grupları arasında her iki parametre açısından anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Görünür viskozite açısından, geleneksel kompozitlerin aşınma hacim kaybı ve derinliğinin, akışkan kompozitlerden anlamlı derecede daha düşük olduğunu da bildirmişlerdir (22).

## Kompozit Rezinlerin Polimerizasyon Şekillerine Göre Sınıflandırılması

### Kimyasal Yolla (Self-Cured) Polimerize Olan Kompozit Rezinler

Bu kompozitlere “otopolimerizan kompozitler” de denir (9). Sınırlı çalışma süresine sahip olup içerdikleri üçüncül aminler nedeniyle uzun vadeli kullanımdan sonra sarıya veya turuncuya dönme eğilimindedirler. Bu renk değişiklikleri, malzemenin renk stabilitesindeki zayıflıkla ilişkilidir (8). Bu nedenlerden dolayı, birçok otopolimerizan kompozit artık doğrudan restorasyonlar yerine, rezin bazlı yapıştırma simanları veya kor materyalleri olarak tercih edilmektedir (8,9).

### Işık ile Polimerize Olan (Light-Cured) Kompozit Rezinler

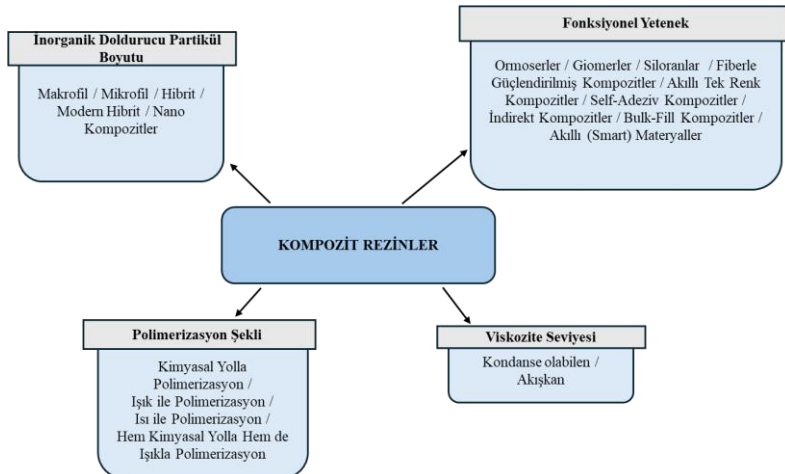
Işıkla polimerize olan kompozit rezinler için çeşitli ışık kaynakları bulunmaktadır. Bunlar arasında halojen ışık kaynakları, lazer ışık kaynakları, plazma ark ışık kaynakları ve (LED) ışık kaynakları yer almaktadır. En yaygın olarak kullanılanları ise halojen ve LED ışık kaynaklarıdır (2,23).

### Isı ile Polimerize Olan Kompozit Rezinler

Polimerizasyonu ısı ile gerçekleşen kompozit rezinler, artık monomer miktarının azaltılmasına katkıda bulunabilen ısı içeren ağız dışı kürleme yöntemiyle polimerize edilmektedirler. Bu monomer miktarındaki azaltma, kompozit rezinin mekanik özelliklerinde gelişmelere yol açmaktadır (9).

### Hem Kimyasal Yolla Hem de Işıkla Polimerize Olan (Dual-Cured) Kompozit Rezinler

Bu kompozitlerde polimerizasyon reaksiyonu görünür ışığa maruz bırakılarak başlatılmakta ancak ışığın yokluğunda zamanla yavaş yavaş devam eden bir reaksiyon meydana gelmektedir. Bu kompozit rezinler endodontik postların simantasyonunda ve kor materyali olarak yaygın kullanılmaktadır (Şekil 1) (8,9).



Şekil 1. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması.

## Fonksiyonel Yeteneklerine Göre Kompozitler Ormoserler

1998 yılında piyasaya sürülen ormoserler, organik modifiye seramiklerin isimlendirilmesinde ilk hecelerinin birleşimiyle oluşmuşlardır (4). Ormoserlerin düşük polimerizasyon büzülmesi, yüksek aşınma direnci, biyoyumlu özellikler taşıması, çürüklerle mücadelede koruyucu olması ve doğal diş yapısına benzer bir termal genleşme katsayısına sahip olması avantajlarındandır (24,25). Abreu ve ark. (2022), daimi posterior dişlerde, bulk-fill ve ormoser kompozitlerin klinik sağkalımlarını, geleneksel nanofil ve nanohibrit rezinlerle karşılaştırdıkları bir meta analiz çalışması yapmışlardır. Ortalama takip süresinin 40 ay olduğu bu çalışmada, 11 randomize klinik çalışma incelenmiştir. Toplam 812 restorasyon değerlendirilmiş ve 58 başarısız restorasyon analiz edilmiştir. 253 bulk-fill restorasyondan 18'i (% 7.11), 173 ormoser restorasyondan 21'i (% 12.3) ve 386 kontrol grubundan 20'si (% 5.18) (nanofil veya nanohibrit kompozitler) başarısız olmuştur. Meta-analizde, bulk-fill ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını, ormoser ve kontrol grubu karşılaştırıldığında kontrol grubunun daha iyi klinik sağkalım gösterdiğini bildirmişlerdir (26). Rensburg ve ark. (2023), bir ormoseri (Admira Fusion), birinci nesil ormoser bazlı kompozit (Admira) ve nanokompozit (Filtek Z350 XT) ile yüzey pürüzlülüğü, yüzey sertliği ve mikrosızıntı açısından karşılaştıran bir çalışma yapmışlardır. Yüzey pürüzlülüğü ve mikrosızıntı açısından anlamlı bir farklılık kaydedilmediğini ve nanokompozitin ormoser malzemelerden anlamlı derecede daha sert olduğunu bildirmişlerdir (27).

### Giomerler

Giomerler, kompozit malzemelerin estetik, cilalanabilirlik ve biyoyumluluk özelliklerini cam iyonomerlerin flor salınımı ve yeniden yüklenebilme yetenekleri ile birleştiren yeni bir hibrid malzemedir (28). Bu materyaller, asitlere dayanıklı bir film oluşturarak bakteri adezyonunu engelleyerek dental plak oluşumuna karşı direnç göstermektedirler (29). Bu özellikler, giomerleri kök çürükleri, çürüksüz servikal lezyonlar, sınıf V restorasyonlar ve süt dişi restorasyonları gibi klinik kullanımlar için tercih edilen bir seçenek haline gelmektedir (30,31). Neto ve ark. (2022), yaptığı bir meta analiz çalışmasında giomer restoratif kompozitleri, rezin modifiye cam iyonomer siman ile kıyaslandığında marjinal adaptasyon ve daha iyi yüzey pürüzlülüğü açısından benzer özellikler göstermiştir. Beautifil II, Beautifil Flowable Plus ile karşılaştırıldığında, marjinal adaptasyon ve anatomik form açısından Beautifil

Flowable Plus F00 ile benzer bir özellikler göstermiş, ancak marjinal renklenme ve yüzey pürüzlülüğü açısından dahakötü bir sonuç elde edilmiştir (32).

## Siloranlar

Siloran, oksiran ve silan moleküllerinin reaksiyonundan elde edilmiştir ve adı da bu iki bileşenden gelmektedir (24). Bu kompozitler, geleneksel kompozitlere alternatif olarak, biyouyumlu olmaları, mekanik özelliklerinin iyi olması, polimerizasyon derinlikleri ve polimerizasyon büzülmelerinin düşük olması nedeniyle piyasaya sunulmuştur (33,34). Schmidt ve ark. (2015), düşük büzülme özellikli bir siloran bazlı kompozitin (Filtek Silorane) klinik performansını, metakrilat bazlı bir kompozit (Ceram•X) ile karşılaştırarak inceledikleri bir çalışma yapmışlar ve her iki malzemenin restorasyonlarının da 5 yıl sonra klinik olarak kabul edilebilir olduğunu rapor etmişlerdir. Metakrilat bazlı kompozite kıyasla siloran bazlı kompozitin herhangi bir avantajının bulunmadığını ve buna bağlı olarak Filtek Silorane'nin düşük büzülmesinin sınıf II kavitelerde klinik başarı için belirleyici bir faktör olmayabileceğini bildirmişlerdir (35). Yantcheva ve ark. (2021), yaptıkları bir çalışmada marjinal uyum ve mikrosızıntı incelenmiş ve F.Ultimate, F.Silorane ve Sonicfill kompozitleri karşılaştırılmıştır. F.Ultimate ve F.Silorane salin içinde 10 ay beklettikten sonra, sınıf II kavitelerde tamamen dentinde yer alan diş eti kenarına marjinal uyum ve daha az mikrosızıntı ile SonicFill'den istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterdiklerini bildirmişlerdir (36). Bu materyaller, kendi adeziv sistemleriyle uygulanmalarının gerekmesi, sınırlı renk seçeneklerine sahip olmaları, ve klinik kullanım alanlarının genellikle Sınıf I ve II kaviteleri, yani arka grup dişlerle sınırlı olması gibi nedenlerle yaygın olarak kullanılmamaktadır (37,38).

## Fiberle Güçlendirilmiş Kompozitler

Fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinler, farklı özelliklere sahip fiberlerin kompozit yapıya eklenmesiyle oluşturulan malzemelere denilmektedir (37).

Fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin kırılma dayanımları, diğer kompozit rezinlere kıyasla daha yüksek değerler sergilemektedir. Ayrıca polimerizasyon büzülme streslerini kontrol altına alarak mikrosızıntıyı azaltmaktadırlar (39,40). Fiberle güçlendirilmiş kompozitler, özellikle posterior bölgede, yüksek çiğneme kuvvetlerine maruz kalan alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır (41). Ayrıca, splint uygulamalarında ve geniş madde kaybı olan kanal tedavili dişlerin restorasyonunda da kullanılmaktadır (38).

Son yıllarda piyasaya sürülen EverX Posterior, % 7.2 hacimce kısa fiberler içeren ve tek tabaka halinde kolayca yerleştirilebilen ve dentin yerine geçen materyal olarak geliştirilmiştir. Ancak geleneksel bir kompozit ile üzeri

örtülmelidir (40,42). Jafarnia ve ark. (2021), kısa fiber takviyeli bir rezin kompozit olan EverX Posterior'un fiziksel ve mekanik özelliklerini değerlendirmek ve büyük posterior restorasyonlar için tasarlanmış Filtek Bulk-fill ve Beautifil-Bulk ile karşılaştırmak için bir çalışma yapmışlardır. EverX-Posterior'un eğilme mukavemeti diğer iki rezin kompozit ile karşılaştırılabilir seviyede olduğunu ve daha yüksek bir eğilme modülü gösterdiğini bildirmişlerdir. EverX-Posterior, cilalama sonrasında en yüksek yüzey pürüzlülüğü gösterirken, bu çalışmada kullanılan tüm kompozitler arasında en düşük hacimsel büzülme oranına sahip olduğunu ve ayrıca EverX-Posterior'un polimerizasyon derinliğinin 4.24 mm olduğunu (üç grup arasında en yüksek derinlik) bildirmişlerdir (43).

Rajaraman ve ark. (2022), fiberle güçlendirilmiş bir kompozit olan EverX Posterior ve alkazit bir materyal olan Cention N olmak üzere iki gelişmiş restoratif materyalin kırılma direncini değerlendirmek ve karşılaştırmak için yaptıkları çalışmada EverX Posterior ile restore edilen dişler, Cention N ile restore edilenlere göre kırılmalara karşı daha yüksek ortalama kırılma direnci göstermiştir. EverX Posterior ile restore edilen dişler, sağlam dişlere göre ortalama kırılma direnci açısından anlamlı bir fark göstermezken, Cention N ile restore edilen dişlerde anlamlı bir fark gözlemlendiğini bildirmişlerdir (44).

## Akıllı Tek Renk Kompozitler

VITA Classical (VITA Kuzey Amerika, Yorba Linda, CA) skalasındaki 16 renk tonunu tek bir renk ile karşılayabilen, ekstra renk pigmenti veya boya içermeyen tek renkli restoratif materyallerdir. Yarı saydam alanlarda maskeleyici formu olan daha opak tek renk kompozit formu tercih edilmektedir (45).

Klinisyenin renk seçimi yapmak zorunda kalmaması, kolay uygulanabilmesi, cilalanabilme kapasitesinin iyi olması ve tatmin edici sonuçlar vermesi tek renk kompozitlerin avantajları arasındadır. Buna karşın, uzun süreli renk stabilitesi konusunda bazı şüpheler bulunmaktadır (46). Aydın ve ark. (2021), yaptıkları çalışmada tek renk ve çoklu renk sistemine sahip kompozitlerin yüzey pürüzlülüğünü ve renk değişimini incelemişlerdir. Yüzey pürüzlülük değerleri arasında başlangıçta istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını ve tek renkli kompozitlerin, renk seçimini basitleştirmesine rağmen 1 ay sonra çoklu renk sistemine sahip olanlardan daha fazla renk değişimi gösterdiğini bildirmişlerdir (47).

## Self-Adeziv (Kendi Bağlanabilen) Kompozit Reziner

Self-adeziv kompozitler, 2009 yılından itibaren kullanılan düşük viskoziteye sahip materyallerdir (37). Bu kompozitler, genellikle küçük sınıf I kavite ve çürüksüz servikal lezyonların restorasyonunda tercih edilmektedirler (48). Çalışmalar, self adeziv kompozitlerin diş dokularına tutunma yeteneklerinin, geleneksel kompozit rezinlerden daha az olduğu konusunda fikir birliği sağlamaktadır (49,50). Çeşitli araştırmalarda, kompozit uygulanmadan önce dentin yüzeyinin hazırlanması ve pürüzlendirilmesi önerilmiş ve bu prosedürün bağlanma değerlerini belirgin şekilde artırdığı gösterilmiştir (48,51). Rezinerle karşılaştırıldığında; yüzey düzgünlüğü ve parlaklığı, genleşme ve su emilimi açısından da başarılı sonuçlar elde edilememiştir (52,53). Bu simanların adeziv etkileri uzun dönem klinik çalışmalarla henüz doğrulanmadığından bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (19).

## İndirekt Kompozit Reziner

İndirekt kompozit rezin restorasyonlar, seramik ve metal destekli indirekt restorasyonlara alternatif olarak değerlendirilmektedir. Direkt restorasyonlara kıyasla, polimerizasyon dereceleri daha yüksek, aşınmaya karşı daha dirençli ve mekanik özellikleri de daha güçlüdür (54). İndirekt kompozit restorasyonlar, ağız dışında polimerize edilmesinden dolayı daha iyi marjinal bütünlük sağlar ve bu da sızdırmazlık elde edilmesine yardımcı olur. Restorasyonlarda şekil, form, oklüzal kapanış ilişkileri, bitirme ve cila işlemleri daha ideal bir şekilde gerçekleştirilmektedir (54). İndirekt kompozit rezin materyaller, genellikle hibrit kompozitler ve yüksek oranda cam doldurucular içerir. Bu kompozit rezinler, doğal diş yapısına benzer bir elastikiyete sahip olduklarından, fonksiyon sırasındaki kırılma riskini azaltmaktadırlar (55). İndirekt kompozit restorasyonlar ile rezin siman arasındaki adezyonun zayıf olması ve zaman alması gibi dezavantajlar bulunmaktadır. Bu teknik, preperasyonu, ölçü alımını ve yapıştırmayı gerçekleştirirken daha fazla teknik hassasiyet gerektirmektedir (8).

## Bulk-Fill Kompozitler

Bulk-fill kompozitlerin gelişmiş translüsent yapısı ve geleneksel kompozitlerden daha yüksek bir polimerizasyon derecesine sahip olmaları kaviteye daha kalın (4-5 mm) kütleler halinde yerleştirilmesine olanak tanır (56). Bulk-fill kompozitlerin kullanılması restorasyon sürecinde zaman tasarrufu sağlamanın yanı sıra, tabakalama tekniğine bağlı olarak oluşabilecek kontaminasyon ve boşluk riskini ortadan kaldırarak daha homojen restorasyonlar elde edilmesine olanak tanır (57).

Yeni geliştirilmiş bulk-fill kompozit rezinlerin, polimerizasyon büzülmesi daha azdır ve bu özellikleri, kavite duvarlarında daha düşük polimerizasyon büzülme stresi oluşturmaktadır (58). Bulk-fill kompozit rezinler, yoğunluklarına ve polimerizasyon yöntemlerine bağlı olarak sınıflandırılmaktadır (59). Yoğunluklarına göre, düşük ve yüksek viskoziteli olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Polimerizasyon yöntemlerine göre ise kimyasal, ışık ve dual-cure polimerize olan bulk-filler olmak üzere üç grupta yer alırlar. Düşük viskoziteli olanlar ayrıca akışkan bulk-fill kompozit rezinler olarak da adlandırılmaktadır (60). Düşük viskoziteli bulk-fill kompozitler, daha az doldurucu içeriğine sahiptirler ve genellikle liner olarak veya minimal restorasyonlarda kullanılmaktadır (61). Azaltılmış doldurucu yükü ve bileşimi nedeniyle mekanik özellikleri sınırlıdır. Bu nedenle, geleneksel bir kompozit veya yüksek viskoziteli bulk-fill kompozit ile karşılaştırıldığında, 2 mm'lik bir kaplama tabakasına ihtiyaç duymaktadır (62). Yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitler, daha yüksek oranda inorganik doldurucuya sahiptirler. Bu yüksek doldurucu oranı, mekanik özelliklerin daha iyi olmasını sağlamakta ve yüzey aşınma direncini arttırmaktadır. Yüksek viskoziteli bulk-fill kompozitlerle, herhangi bir geleneksel rezin kompozitiyle örtülmeden kavite tamamen doldurulabilmekte ve restorasyon tamamlanmaktadır (63,64). Diğer yüksek viskoziteli kompozitlerden farklı olarak, Sonic Fill 2 kompoziti, özel tasarlanmış bir el aleti ve sonik titreşim kullanarak yüksek viskoziteden düşük viskoziteli kompozite dönüşmektedir. Bu özellik sayesinde, kompozit daha akıcı bir kıvama gelmekte ve kaviteye daha kolay uygulanmaktadır (60). Piyasada, Parkell (ABD) tarafından üretilen HyperFil ve Coltene (İsviçre) tarafından üretilen Fill Up olmak üzere iki adet dual-cure polimerize olan bulk-fill kompozit bulunmaktadır (60). Kumar ve ark. (2022), oklüzal ve gingival duvarlardaki mikrosızıntıyı incelemek için x-tra fil, Tetric Power Fill, SDR Flow Plus, Power Flow kullanarak yaptıkları bir çalışmada dört grup arasında hem oklüzal hem de dişeti kenarlarında mikrosızıntıda istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Üç rezin kompozit materyalde de mikrosızıntı olduğunu, dört materyalin de dişeti kenarlarında oklüzal kenara kıyasla daha fazla mikrosızıntı gösterdiğini ve Tetric Power Fill dişeti kenarında en az mikrosızıntıya sebep olduğunu bildirmişlerdir (65). Sengupta ve ark. (2023), yaptığı sistematik bir derlemede; tabakalı teknikler kullanılarak yapılan direkt kompozit rezin restorasyonların, daimi dişlerde bulk tekniği kullanılarak yapılanlarla klinik olarak aynı performansı sergilediği,

yerleştirme teknikleri, retansiyon, tekrarlayan/ikincil çürük, marjinal renklenme/leke, marjinal adaptasyon/bütünlük, kırık, postoperatif hassasiyet, yüzey dokusu/pürüzlülük, renk eşleme ve anatomik form açısından anlamlı farklılıklar göstermediği, bulk tekniğini tabakalı dolgu yöntemine iyi bir alternatif tedavi seçeneği sunduğu, restorasyon süresini azalttığı ve uygulayıcı hatalarını azaltma imkanı sağladığı bildirilmiştir (66).

### **Akıllı (Smart) Materyaller**

Günümüzde, ideal bir materyale ulaşma amacıyla tüm gereksinimleri karşılayacak tek bir malzeme henüz mevcut olmamakla birlikte, çalışmalar bu yönde devam etmektedir. Bu amaçla geliştirilen malzemeler, kalan diş yapısını mümkün olduğunca başarılı bir şekilde desteklemeyi hedefler ve genellikle "akıllı" veya "smart" olarak adlandırılırlar. Bu materyaller, sıcaklık, nem, pH, stres gibi çeşitli etkenlerle etkileşime girerek özelliklerini değiştirebilme yeteneğine sahiptirler (67).

### **Biyoaktif Kompozit Rezinler**

Dental restoratif materyallerin biyoaktif özelliklere sahip olma konsepti, adeziv diş hekimliği kavramlarının ve florürün ikincil veya tekrarlayan çürümeyi önleme yeteneğinin anlaşılmasının birleştirilmesinden doğmuştur (68,69). Bu materyaller, inorganik fosfat çözeltisi varlığında apatite bağlanma yeteneğini geliştiren bir katmanın geliştirilmesine dayanmaktadır (68). Kompozit rezinin içine silanize edilmemiş biyoaktif cam doldurucular eklenerek biyoaktivite sağlanmaktadır (70). Bu biyoaktif materyaller ayrıca azaltılmış polimerizasyon büzülmesi, remineralizasyon yeteneği, hidrofiliklik indüksiyonu ve dentinle sıkı temas gibi birçok avantaj sunmaktadır. Ayrıca, katmanlar arasında minimal boşluk oluşumuna izin vermekte ve kompozit rezinlerden daha az teknik hassasiyet gerektirmektedir (68,70–72). Alrahlah'ın çalışmasında (2018), rezin bazlı 5 farklı restoratif materyalin diametral gerilme dayanımı, bükülme dayanımı ve yüzey mikrosertliği incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, biyoaktif restoratif materyalin cam iyonomer simandan anlamlı derecede daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Bükülme dayanımı ve diametrik gerilme dayanımı ise kompozitlerle benzer düzeyde bulunmuştur (72). Tohidkhah ve ark, (2022), Activa™ Bioactive-Restorative materyalinin mine ve dentin marjinal mikrosızıntısını ve dentin mikrogerilme bağlanma mukavemetini ( $\mu$ TBS), geleneksel restoratif materyallerle karşılaştırmalı olarak değerlendiren bir çalışma yapmıştır. Çalışma sonucunda bağlayıcı ajan içermeyen Activa Bioactive, dentin üzerinde belirgin şekilde daha düşük mikro-tensil bağlanma mukavemeti ( $\mu$ TBS) ve mine ile dentin kenarlarında daha yüksek mikrosızıntı göstermiş ve Activa Bioactive'in adeziv rezin

ile birlikte kullanılması, diğer restoratif materyallerle karşılaştırılabilir bir dentin bağlanma mukavemeti ve kenar bölgesinde sızdırmazlık sağladığı belirtilmiştir (73).

### **Self-Healing (Kendini Onarabilen) Kompozit Reziner**

Kendi kendini tamir edebilen kompozitlerde temel fikir, herhangi bir dış müdahaleye gerek kalmadan mikro çatlakların otomatik olarak onarılması ve dental restorasyonların ömrünün uzatılmasıdır. Henüz rutin klinik uygulama aşamasına geçilmemiş olsa da klinik olarak test edilmiş, biyouyumlu ve kolay uygulanabilir materyallerden üretilen bu tür kompozitler üzerine çalışmalar mevcuttur (37).

Kendi kendini onaran malzemeler üç ana tipe ayrılabilir: mikrokapsül tabanlı yapılar, vasküler yapılar ve içsel yapılar. Mikrokapsül tabanlı yapılar, matriks malzemesinde iyileştirici bir ajan içeren mikrokapsülleri içerir, bu kapsüller aynı zamanda takviye görevi görmektedir. Vasküler yapılar ise içi boş lifler, kılcal tüpler veya kanallar gibi yapılar aracılığıyla matriks malzemesi içinde iyileşme ortamını taşır. İçsel yapılar ise otomatik bir iyileşme sistemine sahip değildir; iyileşme işlemi dışarıdan gelen destekle gerçekleşmektedir (74).

Wu ve ark. (2015), antibakteriyel fonksiyon için dimetilaminoheksadesil metakrilat (DMAHDM) ve remineralizasyon için amorf kalsiyum fosfat (NACP) nanopartikülleri içeren, çatlakları iyileştirmek için kendi kendini onaran bir kompozit geliştirmişlerdir. Kompozit içerisine % 7.5'e kadar mikrokapsül eklenmesinin mekanik özellikleri olumsuz etkilemediğini bildirmişlerdir. Kendi kendini onaran DMAHDM-NACP kompoziti, DMAHDM içermeyen kontrol kompoziti ile karşılaştırıldığında, biyofilm canlılığını ve laktik asit üretimini inhibe ederek ve koloni oluşturan birimleri 3-4 kat azaltarak güçlü bir antibakteriyel etki gösterdiğini de bildirmişlerdir (75). Bu alanda klinik uygulama aşamasına geçilebilmesi için ilave klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (76).

### **Remineralizasyon Yeteneğine Sahip Kompozit Reziner**

Dental kompozit rezinler içinde kalsiyum fosfat (CaP) doldurucu bulunduran materyallerin remineralizasyon yetenekleri vardır. Bu kompozitler, in vitro olarak, süpersatürasyon seviyelerinde kalsiyum (Ca) ve fosfat (P) iyonları salgılayarak diş lezyonlarını remineralize ettikleri gösterilmiştir (77).

Ancak, son zamanlarda, yaklaşık 100 nm büyüklüğündeki CaP nanoparçacıkları farklı tekniklerle rezinlere eklenmiştir. Elde edilen CaP

nanokompozit, daha iyi mekanik özelliklere sahipken, geleneksel CaP içeren kompozitlere benzer şekilde kalsiyum ve fosfat salgılamaktadır (78,79).

Cheng ve ark. (2012) yaptığı çalışmada, Ag nanopartiküllerin antibakteriyel özelliklerinden ve amorf kalsiyum fosfat nanopartiküllerinin (NACP) remineralizasyon etkisinden faydalanmak için bu iki farklı nanopartikülü birleştirmişlerdir. Oluşturulan deneysel kompozit, istenen antibakteriyel ve remineralizasyon özelliklerini sağlamak için, kompozitin mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemeden elde edilmiştir. Ag nanopartikül içeren NACP nanokompozitinin bükülme dayanımı ve elastik modülünün, geleneksel bir dental kompozit ile karşılaştırılabilir seviyede olduğu rapor edilmiştir (80).

### Antimikrobiyal Özelliğe Sahip Kompozit Rezinler

Dental kompozit rezinler, yeterli mekanik özelliklere sahip olmalarına rağmen, bakteri adezyonuna ve plak birikimine izin veren bir yüzeyle sahip olmaları, en önemli dezavantajlarından biridir. Bu nedenle, dental kompozit rezinlerin etkili ve uzun süreli antimikrobiyal özellikler sergilemeleri, klinik uygulamalar için önemli bir gerekliliktir (81,82). Antimikrobiyal özelliklerin kompozit rezinlerde geliştirilmesi için antimikrobiyal ajanların doldurucuya eklenmesi ve rezin matrikse eklenmesi olarak iki temel yaklaşım vardır (82).

Doldurucuya eklenenler esas olarak işlevsel doldurucu yüzeylerine antimikrobiyal ajanların eklenmesini içermektedir. Bu antimikrobiyal bileşenler genellikle hızlı bir şekilde salınım gösterirler, bu nedenle antimikrobiyal etkinlikleri hızla azalmaktadır (82).

Rezin matrikse eklenen tip, kompozit rezinlerin uzun dönem antimikrobiyal özelliklerini koruyarak, kovalent bağlanma yoluyla salınan antimikrobiyal bileşenleri en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Dental kompozit rezinlerin organik matriksine, 12-metakriloloksido-decyl-piridinyum bromid (MDPB), 2-metakriloloksietil fosforilkolin (MPC), kuarterner amonyum metakrilatlar (QAMs) gibi bileşenler eklenerek antimikrobiyal etki sağlanmaya çalışılmaktadır. Ancak, bunlardan bir kısmı henüz klinik uygulama aşamasına geçmemiştir (82).

### Alkazitler

Alkazitler, çapraz bağlı polimer yapısı sayesinde üst düzey bükülme direnci sunan, diş rengiyle uyumlu yeni bir restoratif malzemedir (76). Alkazit örneği olarak, Cention N, toz ve sıvı formdaki bileşenleriyle kendiliğinden sertleşen veya ışıkla sertleşen seçeneklere sahip olan UDMA temelli bir restoratif malzemedir. İçerdiği alkali cam partikülleri, asidik saldırılar sırasında içerisindeki florür, kalsiyum ve hidroksil iyonlarını salarak ortamın pH değerini nötralize edici bir etki

sağlamaktadır. Bu şekilde demineralizasyonu önleyerek, remineralizasyon için temel oluşturmaktadır (76). Kaur ve ark. (2019), Cention N ile yüksek dayanıklı bir posterior cam iyonomeri olan GC IX'un basınç dayanımını değerlendirdikleri bir çalışmada, Cention N'nin basınç dayanımının, GC IX'ten daha yüksek olduğunu ve bu bulgulara dayanarak, Cention N'nin posterior restorasyonlar için önemli bir alternatif olabileceği belirtmişlerdir (83). Kini ve ark. (2019), Cention N materyalini adeziv kullanarak ve kullanmadan, 34 adet çekilmiş üst çene premolar dişte sınıf I kaviterler açarak değerlendirdikleri çalışmada, cam iyonomer ve kompozit restorasyonlarla karşılaştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, adeziv uygulanarak kullanılan Cention N materyalinin diğer materyallere göre daha az mikrosızıntı gösterdiğini belirtmişlerdir (84). Fousiya ve ark. (2022), yaptıkları bir çalışmada ise otopolimerize ve dual-cure olan Cention N'nin basınç dayanımı ve eğilme kuvveti karşılaştırılmıştır. Otopolimerize Cention N ile dual-cure Cention N'nin basınç dayanımı ve bükülme dayanımı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir (85). Cention N ile ilgili çok sayıda deneysel çalışma olmasına rağmen klinik kullanımı oldukça yenidir (76).

## SONUÇ

Teknolojinin ilerlemesiyle kompozit rezinlerde geçmişten günümüze önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Günümüzdeki restoratif materyaller nispeten kaybedilen diş dokularının yerine geçerken, gelecekteki restoratif materyallerin aynı zamanda biyoaktif olması, çürük riskini azaltmaya, restorasyon ömrünü uzatmaya ve insanlığın ağız sağlığı ve yaşam kalitesini arttırmaya katkıda bulunması beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. J Prosthet Dent. 1983;50(4):480–8.
2. Hervás García A, Angel M, Lozano M, Cabanes Vila J, Escribano AB, Galve PF, et al. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2006;11(2):215–20.
3. Stein PS, Sullivan J, Haubenreich JE, Osborne PB. Composite Resin in Medicine and Dentistry. J Long Term Eff Med Implants. 2005;15(6):641-54.

4. Dayangaç B. Kompozit Restorasyonlar. 1st ed. İstanbul: Quintessence Yayıncılık; 2011;s.81-96.
5. Makvandi P, Jamaledin R, Jabbari M, Nikfarjam N, Borzacchiello A. Antibacterial quaternary ammonium compounds in dental materials: A systematic review. *Dent Mater.* 2018;34(6):851–67.
6. Moszner N, Salz U. New developments of polymer dental composites. *Prog Polym Sci.* 2001;26(4):535–76.
7. MH Chen. Update on Dental Nanocomposites. *J Dent Res.* 2010;89(6):549–60.
8. Ritter AV, Boushell LW, Walter R. Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. 7th ed. St. Louis: Elsevier; 2018, p.189-210.
9. Zhou X, Huang X, Li M, Peng X, Wang S, Zhou X, et al. Development and status of resin composite as dental restorative materials. *J Appl Polym Sci.* 2019;136(44):4-9.
10. Samuel SP, Li S, Mukherjee I, Guo Y, Patel AC, Baran G, et al. Mechanical properties of experimental dental composites containing a combination of mesoporous and nonporous spherical silica as fillers. *Dent Mater.* 2009;25(3):296–301.
11. Gladys S, Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Comparative Physico-mechanical Characterization of New Hybrid Restorative Materials with Conventional Glass-ionomer and Resin Composite Restorative Materials. *J Dent Res.* 1997;76(4):883–94.
12. Stansbury JW. Curing Dental Resins and Composites by Photopolymerization. *J Esthet Dent.* 2000;12(6):300–8.
13. Zhang F, Xia Y, Xu L, Gu N. Surface modification and microstructure of single-walled carbon nanotubes for dental resin-based composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2008;86(1):90–7.
14. Randolph LD, Palin WM, Bebelman S, Devaux J, Gallez B, Leloup G, et al. Ultra-fast light-curing resin composite with increased conversion and reduced monomer elution. *Dent Mater.* 2014;30(5):594–604.
15. Sevkusic M, Schuster L, Rothmund L, Dettinger K, Maier M, Hickel R, et al. The elution and breakdown behavior of constituents from various light-cured composites. *Dent Mater.* 2014;30(6):619–31.
16. Korkut B, Tarçın B, Atalı PY, Özcan M. Introduction of a New Classification for Resin Composites with Enhanced Color Adjustment Potential. *Curr Oral Health Rep.* 2023;10(4):223–32.
17. Bayne SC, Heymann HO, Swift EJ. Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc.* 1994;125(6):687–701.
18. Heintze SD, Rousson V, Hickel R. Clinical effectiveness of direct anterior restorations—A meta-analysis. *Dent Mater.* 2015;31(5):481–95.
19. Ferracane JL. Resin composite—State of the art. *Dent Mater.* 2011;27(1):29–38.
20. Cobb DS, Macgregor KM, Vargas MA, Denehy GE. The physical properties of packable and conventional posterior resin-based composites: A comparison. *J Am Dent Assoc.* 2000;131(11):1610–5.
21. Korkut B, Hacıalı C. Color Stability of Flowable Composites in Different Viscosities. *Clin Exp Health Sc.* 2020;10(4):454–61.
22. Turk S, Erden Kayalidere E, Celik EU, Yasa B. In vitro wear resistance of conventional and flowable composites containing various filler types after thermomechanical loading. *J Esthet Restor Dent.* 2024;36(4):643–51.
23. Puckett AD, Fitchie JG, Kirk PC, Gamblin J. Direct Composite Restorative Materials. *Dent Clin North Am.* 2007;51(3):659–75.
24. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. *Aust Dent J.* 2011;56(Suppl. 1):59–66.
25. Ajlouni R, Bishara SE, Soliman MM, Oonsombat C, Laffoon JF, Warren J. The Use ofOrmocer as an Alternative Material for Bonding Orthodontic Brackets. *Angle Orthod.* 2005;75(1):106–8.
26. Abreu NM, Sousa FB, Dantas RV, Leite PK, Batista AU, Montenegro RV. Longevity of bulk fill and ormocer composites in permanent posterior teeth: Systematic review and meta-analysis. *Am J Dent.* 2022;35(2):89–96.
27. Jansen van Rensburg K, Kritzing D, Arnold S, Buchanan GD. In vitro comparison of the physical and mechanical properties of an ormocer with an ormocer-based composite and a nanocomposite restorative material. *Clin Exp Dent Res.* 2023;9(5):820–31.
28. Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials.* 2003;24(14):2451–61.

29. Saku S, Kotake H, Scougall-Vilchis RJ, Ohashi S, Hotta M, Horiuchi S, et al. Antibacterial activity of composite resin with glass-ionomer filler particles. *Dent Mater J*. 2010;29(2):193–8.
30. Dhull KS, Nandlal B. Effect of low-concentration daily topical fluoride application on fluoride release of giomer and compomer: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2011;29(1):39–45.
31. Kimyai S, Savadi-Oskoei S, Ajami AA, Sadr A, Asdaghi S. Effect of Three Prophylaxis Methods on Surface Roughness of Giomer. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011;16(1):110–4.
32. Neto CCL, das Neves AM, Arantes DC, Sa TCM, Yamauti M, de Magalhães CS, et al. Evaluation of the clinical performance of GIOMERS and comparison with other conventional restorative materials in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Evid Based Dent*. 2022;1–10.
33. Gökçe YDDK, Özel EMD. Kompozit Restorasyonlarda Son Gelişmeler. *Ata Diş Hek Fak Derg*. 2005;2005(3):52–60.
34. Camilotti V, Mendonça MJ, Dobrovolski M, Detogni AC, Ambrosano GMB, De Goes MF. Impact of dietary acids on the surface roughness and morphology of composite resins. *J Oral Sci*. 2021;63(1):18–21.
35. Schmidt M, Dige I, Kirkevang LL, Vaeth M, Hørsted-Bindslev P. Five-year evaluation of a low-shrinkage Silorane resin composite material: A randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2015;19(2):245–51.
36. Yantcheva SM. Marginal adaptation and micropermeability of class ii cavities restored with three different types of resin composites—a comparative ten-month in vitro study. *Polymers (Basel)*. 2021;13(10):1660–6.
37. Çelik Ç. Güncel Kompozit Rezin Sistemler. *Türkiye Klinikleri J Restor Dent-Special Topics*. 2017;3(3):128–37.
38. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's Restorative Dental Materials*. 13th ed. St. Louis: Elsevier; 2012.
39. Quinn GD. *NIST Recommended Practice Guide: Fractography of Ceramics and Glasses*. 3rd ed. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology; 2020, 1-21.
40. Garoushi SK, Hatem M, Lassila LVJ, Vallittu PK. The effect of short fiber composite base on microleakage and load-bearing capacity of posterior restorations. *Acta Biomater Odontol Scand*. 2015;1(1):6–12.
41. Garoushi S, Vallittu PK, Lassila LVJ. Direct restoration of severely damaged incisors using short fiber-reinforced composite resin. *J Dent*. 2007;35(9):731–6.
42. Lassila L, Garoushi S, Vallittu PK, Sääliynoja E. Mechanical properties of fiber reinforced restorative composite with two distinguished fiber length distribution. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2016;60:331–8.
43. Jafarnia S, Valanezhad A, Shahabi S, Abe S, Watanabe I. Physical and mechanical characteristics of short fiber-reinforced resin composite in comparison with bulk-fill composites. *J Oral Sci*. 2021;63(2):148–51.
44. Rajaraman G, Senthil Eagappan AR, Bhavani S, Vijayaraghavan R, Harishma S, Jeyapreetha P. Comparative evaluation of fracture resistance of fiber-reinforced composite and alcasite restoration in class I cavity. *Contemp Clin Dent*. 2022;13(1):56–60.
45. Eliezer R, Devendra C, Ravi N, Tangutoori T, Yesh S. Omnichroma: One Composite to Rule Them All. *Int J Med Sci*. 2020;7(6):6–8.
46. Ahmed MA, Jouhar R, Khurshid Z. Smart Monochromatic Composite: A Literature Review. *Int J Dent*. 2022;2022:2445394.
47. Aydın N, Karaoğlanoğlu S, Oktat EA, Ersöz B. Investigation of Single Shade Composite Resin Surface Roughness and Color Stability. *Ata Diş Hek Fak Derg*. 2021;31(2):207–14.
48. Altunsoy M, Botsali MS, Sari T, Onat H. Effect of different surface treatments on the microtensile bond strength of two self-adhesive flowable composites. *Lasers Med Sci*. 2015;30(6):1667–73.
49. Poitevin A, De Munck J, Van Ende A, Suyama Y, Mine A, Peumans M, et al. Bonding effectiveness of self-adhesive composites to dentin and enamel. *Dent Mater*. 2013;29(2):221–30.
50. Sachdeva P, Goswami M, Singh D. Comparative evaluation of shear bond strength and nanoleakage of conventional and self-adhering flowable composites to primary teeth dentin. *Contemp Clin Dent*. 2016;7(3):326.
51. Yazici AR, Agarwal I, Campillo-Funollet M, Munoz-Viveros C, Antonson SA, Antonson DE, et al. Effect of laser preparation on bond strength of a self-adhesive flowable resin. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):343–7.

52. Veiga Malavasi C, Maria Macedo E, da Costa Souza K, Ferreira Rego G, Felipe Jochims Schneider L, Maria Cavalcante L, et al. Surface Texture and Optical Properties of Self-Adhering Composite Materials after Toothbrush Abrasion. *J Contemp Dent Pract.* 2015;16(10):775–82.
53. Wei YJ, Silikas N, Zhang ZT, Watts DC. Hygroscopic dimensional changes of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles. *Dent Mater.* 2011;27(3):259–66.
54. el-Mowafy O. Management of Extensive Carious Lesions in Permanent Molars of a Child with Nonmetallic Bonded Restorations. *J Can Dent Assoc.* 2000;66(6):302–7.
55. Devrimci EE. Geniş Madde Kayıplı Vital Dişlerde Direkt, İndirekt ve CAD/CAM Restorasyonların Klinik Başarısının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi [Doktora Tezi]. [İzmir]: Ege Üniversitesi; 2018.
56. Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva GF. Polymerization Shrinkage and Depth of Cure of Bulk Fill Flowable Composite Resins. *Oper Dent.* 2014;39(4):441–8.
57. Par M, Gamulin O, Marovic D, Klaric E, Tarle Z. Raman Spectroscopic Assessment of Degree of Conversion of Bulk-Fill Resin Composites – Changes at 24 Hours Post Cure. *Oper Dent.* 2015;40(3):E92–101.
58. El-Safty S, Silikas N, Watts DC. Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dent Mater.* 2012;28(8):928–35.
59. Aydın N, Karaoğluoğlu S, Oktay EA, Toksoy Topçu F, Demir F. Diş Hekimliğinde Bulk Fill Kompozit Rezinler. *Selcuk Dent J.* 2019;6(2):229–38.
60. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *Br Dent J.* 2017;222(5):337–44.
61. Shimokawa CAK, Giannini M, André CB, Sahadi BO, Faraoni JJ, Palma-Dibb RG, et al. In Vitro Evaluation of Surface Properties and Wear Resistance of Conventional and Bulk-fill Resin-based Composites After Brushing With a Dentifrice. *Oper Dent.* 2019;44(6):637–47.
62. Heck K, Manhart J, Hickel R, Diegritz C. Clinical evaluation of the bulk fill composite QuiXfil in molar class I and II cavities: 10-year results of a RCT. *Dent Mater.* 2018;34(6):e138–47.
63. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. *J Adhes Dent.* 2017;19(2):95–110.
64. Sabbagh J, McConnell RJ, McConnell MC. Posterior composites: Update on cavities and filling techniques. *J Dent.* 2017;57:86–90.
65. Amit Kumar G, Shahina P, Manoj Kumar A, Lalit L, Shahina Professor P. Comparative Evaluation of Microleakage of Bulk Fill Packable Resin Composite Restorations and Bulk Fill Flowable Resin Composite Restoration in Class V Cavity Preparation-An in Vitro Study. *National Research Denticon.* 2022;11(1):1–10.
66. Sengupta A, Naka O, Mehta SB, Banerji S. The clinical performance of bulk-fill versus the incremental layered application of direct resin composite restorations: a systematic review. *Evid Based Dent.* 2023;24(3):143.
67. McCabe JF, Yan Z, Al Naimi OT, Mahmoud G, Rolland SL. Smart materials in dentistry. *Aust Dent J.* 2011;56 (Suppl. 1):3–10.
68. Jefferies SR. Bioactive and Biomimetic Restorative Materials: A Comprehensive Review. Part I. *J Esthet Restor Dent.* 2014;26(1):14–26.
69. Francisconi LF, Scaffa PMC, de Barros VR dos SP, Coutinho M, Francisconi PAS. Glass Ionomer Cements And Their Role In The Restoration of Non-Carious Cervical Lesions. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(5):364.
70. Khvostenko D, Hilton TJ, Ferracane JL, Mitchell JC, Kruzic JJ. Bioactive glass fillers reduce bacterial penetration into marginal gaps for composite restorations. *Dent Mater.* 2016;32(1):73–81.
71. Amaireh AI, Al-Jundi SH, Alshraideh HA. In vitro evaluation of microleakage in primary teeth restored with three adhesive materials: ACTIVA™, composite resin, and resin-modified glass ionomer. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2019;20(4):359–67.
72. Alrahlah A. Diametral Tensile Strength, Flexural Strength, and Surface Microhardness of Bioactive Bulk Fill Restorative. *J Contemp Dent Pract.* 2018;19(1):13–9.
73. Tohidkhah S, Kermanshah H, Ahmadi E, Jalalian B, Ranjbar Omrani L. Marginal microleakage and modified microtensile bond strength of Activa Bioactive, in comparison with conventional restorative materials. *Clin Exp Dent Res.* 2022;8(1):329–35.

74. Je PC, Th Sultan M, Pon Selvan C, Irulappasamy S, Mustapha F, Azriff Basri A, et al. Manufacturing challenges in self-healing technology for polymer composites-a review. *J Mater Res Technol.* 2020;9(9):7370–9.
75. Wu J, Weir MD, Melo MAS, Xu HHK. Development of novel self-healing and antibacterial dental composite containing calcium phosphate nanoparticles. *J Dent.* 2015;43(3):317–26.
76. Özmen B. Yeni bir restoratif materyal Cention N. *Neu Dent J.* 2021;3(2):84–90.
77. Skrtic D, Antonucci JM, Eanes ED. Effect of the monomer and filler systems on the remineralizing potential of bioactive dental composites based on amorphous calcium phosphate. *Polym Adv Technol.* 2001;12(6):369–79.
78. Xu H, Moreau, JL. Dental glass-reinforced composite for caries inhibition: Calcium phosphate ion release and mechanical properties. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2010;92(2):332.
79. Chiari MDS, Rodrigues MC, Xavier TA, De Souza EMN, Arana-Chavez Ve, Braga RR. Mechanical properties and ion release from bioactive restorative composites containing glass fillers and calcium phosphate nano-structured particles. *Dent Mater.* 2015;31(6):726–33.
80. Cheng L, Weir MD, Xu HHK, Antonucci JM, Kraigsley AM, Lin NJ, et al. Antibacterial amorphous calcium phosphate nanocomposites with a quaternary ammonium dimethacrylate and silver nanoparticles. *Dent Mater.* 2012;28(5):561–72.
81. Boaro LCC, Campos LM, Varca GHC, dos Santos TMR, Marques PA, Sugii MM, et al. Antibacterial resin-based composite containing chlorhexidine for dental applications. *Dent Mater.* 2019;35(6):909–18.
82. Xue J, Wang J, Feng D, Huang H, Wang M. Application of Antimicrobial Polymers in the Development of Dental Resin Composite. *Molecules.* 2020;25(20):4738.
83. Kaur M, Singh Mann N, Jhamb A, Batra D. A comparative evaluation of compressive strength of Cention N with glass Ionomer cement: An in-vitro study. *Int J Appl Dent Sci.* 2019;5(1):05–9.
84. Kini A, Shetty S, Bhat R, Shetty P. Microleakage Evaluation of an Alkasite Restorative Material: An In Vitro Dye Penetration Study. *J Contemp Dent Pract.* 2019;20(11):1315–8.
85. Fousiya K, Balagopal VR, Suresh KJ, Kumaran P, Xavier AM, Menon MM. Comparative Evaluation of Compressive Strength and Flexural Strength of Self-cured Cention N with Dual-cured Cention N: An In Vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2022;15(2):210–4.

# Evaluation of Artificial Intelligence Chatbots In The Management of Primary Tooth Traumas: A Comparative Analysis

## Süt Dişi Travmalarının Yönetiminde Yapay Zekâ Sohbet Botlarının Değerlendirilmesi: Karşılaştırmalı Bir Analiz

### ABSTRACT

**Objective:** This study aimed to evaluate the reliability and consistency of four artificial intelligence (AI) chatbots—ChatGPT 3.5, Google Gemini, Bing, and Claude AI—as public sources of information on the management of primary tooth trauma.

**Materials and Method:** A total of 31 dichotomous questions were developed based on common issues and concerns related to dental trauma, particularly those frequently raised by parents. Each question, sequentially presented to the four AI chatbots, was repeated three times daily, with a one-hour interval between repetitions, over a five-day period, to assess the reliability and reproducibility of responses. Accuracy was determined by calculating the proportion of correct responses, with 95% confidence intervals estimated using the Wald binomial method. Reliability was assessed using Fleiss' kappa coefficient.

**Results:** All AI chatbots demonstrated high accuracy. Bing emerged as the most accurate model, achieving an accuracy rate of 96.34%, while Claude had the lowest accuracy at 88.17%. Consistency was classified as “almost perfect” for ChatGPT, Bing, and Gemini, whereas Claude exhibited a “substantial” level of agreement. These findings underscore the relative performance of AI models in tasks requiring high accuracy and reliability.

**Conclusion:** Among the four AI chatbots evaluated, Bing delivered the most accurate and consistent responses. ChatGPT 3.5 and Gemini followed closely in terms of performance, whereas Claude lagged behind, exhibiting lower accuracy and consistency. These results emphasize the importance of critically evaluating AI-based systems for their potential use in clinical applications. Continuous improvements and updates are essential to enhance their reliability and ensure their effectiveness as public information tools.

**Key Words:** Artificial Intelligence, ChatGPT, Dental Trauma.

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışma, dört yapay zeka sohbet botunun (ChatGPT 3.5, Google Gemini, Bing ve Claude AI) süt dişi travmasının yönetimiyle ilgili kamuya açık bilgi kaynakları olarak güvenilirliğini ve tutarlılığını değerlendirmeyi amaçlamıştır.

**Gereç ve Yöntemler:** Ebeveynlerin dental travmalar hakkında en sık sorduğu sorular temel alınarak, "Evet" veya "Hayır" şeklinde yanıtlanabilen 31 soru hazırlanmıştır. Her soru, dört Yapay Zeka sohbet botuna sırasıyla yöneltilmiş ve yanıtların güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini değerlendirmek amacıyla beş gün boyunca, günde üç kez, birer saat arayla tekrarlanmıştır. Doğruluk, doğru yanıtların oranı hesaplanarak belirlenmiş ve %95 güven aralıkları Wald binom yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Güvenilirlik, Fleiss'in kappa katsayısı ile değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Tüm Yapay Zeka sohbet botları yüksek doğruluk sergilemiştir. Bing, %96,34 doğruluk oranı ile en doğru model olarak öne çıkarken, Claude %88,17 doğruluk oranı ile en düşük performansı göstermiştir. Tutarlılık açısından ChatGPT, Bing ve Gemini “neredeyse mükemmel” düzeyde uyum gösterirken, Claude “önemli” düzeyde bir uyum sergilemiştir. Bu bulgular, yüksek doğruluk ve güvenilirlik gerektiren görevlerde Yapay Zeka modellerinin göreceli performansını vurgulamaktadır.

**Sonuç:** Değerlendirilen dört Yapay Zeka sohbet botu arasında Bing, en doğru ve tutarlı yanıtları sağlamıştır. ChatGPT 3.5 ve Gemini, performans açısından Bing'i yakından takip ederken, Claude daha düşük doğruluk ve tutarlılık göstererek geride kalmıştır. Bu sonuçlar, klinik uygulamalarda potansiyel kullanımları açısından Yapay Zeka tabanlı sistemlerin eleştirel bir şekilde değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Güvenilirliklerini artırmak ve kamuya açık bilgi araçları olarak etkinliklerini sağlamak için sürekli iyileştirmeler ve güncellemeler gereklidir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Zeka, ChatGPT, Dental Travma.

Mihriban GÖKCEK TARAÇ<sup>1</sup>

ORCID: 0000-0003-3960-8518

<sup>1</sup>Karabük University, Faculty of Dentistry,  
Department of Pediatric Dentistry,  
Karabük, Turkey



Geliş tarihi / Received: 14.02.2025

Kabul tarihi / Accepted: 11.09.2024

**İletişim Adresi/Corresponding Adress:**

Mihriban GÖKCEK TARAÇ,  
Karabük University, Faculty of Dentistry,  
Department of Pediatric Dentistry,  
Karabük, Turkey  
E-posta/e-mail: gokcekmihriban@karabuk.edu.tr

## INTRODUCTION

Technological innovations are at the forefront of recent global developments, with rapid advancements in the field of artificial intelligence (AI) playing a pivotal role, particularly in the healthcare sector. Artificial intelligence can be defined as a collection of technologies capable of mimicking various human attributes, such as performing tasks, learning, reasoning, interpreting, and data planning. These tasks are carried out through computer systems that operate autonomously (1). Chatbots based on AI have significantly transformed digital communication, enhancing the quality of human interaction. Using deep learning algorithms, these chatbots are extensively trained on large datasets, continuously improving the accuracy of responses while simulating human neural networks to enhance relevance (2). Leading platforms in this field include GPT-3.5, developed by OpenAI Inc., Google Gemini by Google LLC, Microsoft Corporation's Bing, and the Claude model by Anthropic PBC (3). In recent years, AI integration has marked a significant advancement in dentistry, providing powerful tools for the prediction, diagnosis, and development of treatment plans for dental diseases (4). The ChatGPT series is regarded as one of the most advanced natural language processing models available to the public today (5). As a prominent example of an AI application, ChatGPT is an advanced chatbot capable of fulfilling a variety of text-based tasks, such as answering questions, engaging in dialogues, preparing content, and providing responses. It also successfully performs tasks, such as taking exams and translating between different languages, offering valuable assistance in complex discussions regarding efficiency and guidance (6,7). As of May 2024, ChatGPT boasts approximately 200 million active users per month, positioning it among the top-ranked and most popular AI chatbots (3). Other notable platforms include Google's Gemini, with 200 million users, Microsoft Corporation's Bing, which has 1.2 billion users, and Anthropic PBC's Claude AI, released in March 2023, which claims higher accuracy than ChatGPT. Since its launch, Claude AI has gained 1.7 million active monthly users (8). These applications are equipped with advanced natural language processing and translation capabilities, having undergone extensive training in vocabulary and language. Additionally, they offer text generation functions (9). These tools can assist patients by answering their questions, helping them understand treatments, potential side effects or complications, prognoses, and expected outcomes (10). Traumatic dental injuries (TDIs) are common among children and young adults,

accounting for 5% of all injuries. It has been reported that TDIs affect 25% of school-aged children and typically occur before the age of 19 (11). These injuries are the second most prevalent oral health issue after dental caries and are often a leading cause of emergencies in the oral region (12). Timely and accurate guidance is crucial for providing appropriate treatment in dental trauma cases (3). However, because of difficulties in securing timely appointments or accessing expert consultations, individuals have increasingly turned to AI chatbots for advice (13). Consequently, the tendency to seek advice online after dental trauma has notably increased in recent years (3). The field of dentistry has undergone significant transformation in recent decades, with AI-based technologies playing a critical role in this shift (14). Unlike search engines that provide general information from various sources on a specific topic, AI-powered chatbots present information in a conversational style, making it easier to understand complex subjects (15,16). Although there has been growing interest in the use of chatbots in medical research, concerns persist regarding the accuracy and reliability of the health information provided by these chatbots (17). Although previous studies have investigated the validity and reliability of AI-powered chatbots, a limited number of studies have examined the accuracy of information related to dental trauma. To the best of our knowledge, no study has focused on the treatment of dental trauma in primary teeth. Therefore, the aim of this study is to evaluate the reliability and consistency of AI chatbots as a public source of information on dental trauma. The null hypothesis is that AI applications provide accurate and consistent recommendations regarding the treatment of dental trauma in primary teeth.

## MATERIAL AND METHODS

### Study Design

In this study, the accuracy and consistency of the responses provided by AI chatbots—ChatGPT 3.5, Google Gemini, Bing, and Claude—were evaluated in the context of managing TDIs in primary teeth.

### Question Preparation

The questions used in this study were based on the guidelines established by the International Association of Dental Traumatology (IADT), specifically the 2020 guidelines for the management of TDIs in primary dentition (18). A total of 39 questions and their answers were formulated, addressing common issues and concerns related to dental trauma, particularly those frequently raised by parents. All questions were

designed to have a yes/no format to minimize the risk of ambiguous or partially correct answers. A pilot study was conducted with 15 pediatric dentists to ensure the clarity of the questions. On the basis of their feedback, any unclear or potentially confusing sections were revised, and 31 questions were finalized (Appendix 1).

### **Extent of Knowledge Required by Questions**

The questions were categorized based on the level of knowledge required to answer them: simple, moderate, and difficult. The classification was based on a survey conducted with 73 fifth-year dental students. Students were asked to respond to the questions in a yes/no format. On the basis of their responses, questions with more than 60% correct answers were classified as simple, those with 30%–60% correct answers were classified as moderate, and those with less than 30% correct answers were categorized as difficult. The impact of the level of required knowledge on the accuracy and consistency of AI responses was subsequently evaluated.

### **Chatbot Processing**

New accounts were created for each AI platform to prevent any influence from prior searches. The questions were asked sequentially to the four AI chatbots (ChatGPT 3.5, Google Gemini, Bing, and Claude AI) and were framed with the following instruction: “As an experienced pediatric dentist, please answer each of the following questions regarding the management of traumatic dental injuries in primary teeth with either a yes or no.” All questions were asked by a single person to ensure consistency in the responses. Each question was asked three times at the same time of the day, with a one-hour interval between each repetition, to evaluate the reliability and reproducibility of the answers. This procedure was repeated for five days. The “new conversation” option was selected each time to ensure the independence of the questions, resulting in a total of 1,860 responses.

### **Accuracy of Responses**

Accuracy refers to the alignment of the AI chatbot responses with an external standard (the reference answers), which, in this study, was based on the IADT guidelines for the management of TDIs in primary teeth (18).

### **Reliability and Consistency of Responses**

Reliability refers to the consistency of the responses produced by the chatbot under the same or similar conditions. By contrast, consistency refers to whether the AI tool produces the same or similar answers over different time periods. In this study, consistency was assessed by comparing responses from the same AI platform over different times.

### **Ethical Approval**

As this study did not involve human or animal subjects, ethical approval was not required. The data collected were obtained in full compliance with the terms of service of the relevant AI platforms.

### **Statistical Analysis**

All responses were recorded in an Excel spreadsheet (Microsoft, Redmond, WA, USA) and analyzed using statistical software (IBM SPSS Statistics 30.0.0.0 and R Programming 4.4.2). An accuracy analysis was conducted for the AI applications. Accuracy was measured as the proportion of correct responses, and 95% confidence intervals (CIs) were calculated using the Wald binomial method. Reliability was evaluated using Fleiss’ kappa coefficient, which measures the level of agreement across responses over time and among multiple “raters”.

## Appendix 1. Questions and Answers

|                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Is the incidence of periodontal tissue injuries higher than that of dental hard tissue injuries in primary teeth?                      | Yes |
| 2. Are the results of pulp sensitivity tests reliable in primary teeth?                                                                   | No  |
| 3. Should root canal treatment be considered for a primary tooth with yellowish discoloration but no signs of infection following trauma? | No  |
| 4. Does a child's level of cooperation influence the choice of treatment for primary tooth trauma?                                        | Yes |
| 5. Does the time remaining until the exfoliation of the primary tooth influence the choice of posttraumatic treatment?                    | Yes |
| 6. Do treatments for dental trauma in primary and permanent teeth vary?                                                                   | Yes |
| 7. Should avulsed primary teeth be replanted?                                                                                             | No  |
| 8. Can a splint be applied to reposition mobile fragments in primary tooth trauma?                                                        | Yes |
| 9. Can primary tooth trauma affect permanent teeth?                                                                                       | Yes |
| 10. Does oral hygiene affect the prognosis of treatment after dental trauma?                                                              | Yes |
| 11. Is filling the first treatment option for enamel fractures observed in primary teeth?                                                 | No  |
| 12. Is it possible for broken fragments of teeth to penetrate into the soft tissues?                                                      | Yes |
| 13. Is it possible to reattach broken fragments to the tooth in primary tooth fractures?                                                  | Yes |
| 14. Is root canal treatment the only option for managing complicated crown fractures in primary teeth?                                    | No  |
| 15. Does the restorability of the crown affect the treatment option for primary teeth with crown-root fractures?                          | Yes |
| 16. Does the localization of the fracture line in the root fractures of primary teeth affect the treatment option?                        | Yes |
| 17. Does the mobility of the fractured segment in the root fractures of primary teeth influence the treatment option?                     | Yes |
| 18. Is it necessary to reposition a displaced but stable coronal fragment in primary teeth with root fractures?                           | No  |
| 19. Is repositioning the fractured fragment necessary in alveolar fractures seen in the primary dentition?                                | Yes |
| 20. Do all luxation injuries of primary teeth require root canal treatment?                                                               | No  |
| 21. Is splinting necessary for primary teeth with concussion?                                                                             | No  |
| 22. Is splinting necessary for primary teeth with subluxation?                                                                            | No  |
| 23. Is radiographic evidence observed in primary teeth with extrusion?                                                                    | Yes |
| 24. Does the degree of extrusion in primary teeth influence the decision for extraction?                                                  | Yes |
| 25. Can a primary tooth with extrusion be left to heal spontaneously if there is no interference with occlusion?                          | Yes |
| 26. Is radiographic evidence observed in primary teeth with lateral luxation?                                                             | Yes |
| 27. Can a primary tooth with lateral luxation be left to heal spontaneously if no occlusal interference occurs?                           | Yes |
| 28. Should a primary tooth that is intruded toward the permanent tooth bud be extracted?                                                  | No  |
| 29. Should a severely intruded primary tooth be repositioned to its normal position and splinted?                                         | No  |
| 30. Is spontaneous eruption expected in cases of severe intrusion of a primary tooth?                                                     | Yes |
| 31. Can intrusion and avulsion be clinically confused?                                                                                    | Yes |

## RESULTS

### Accuracy of Responses

Each of the four AI platforms provided answers to a total of 31 questions three times a day over a period of five days. In this method, each AI platform generated 15 responses per question, resulting in a total of 465 responses per platform. The total number of responses from all four platforms was 1,860. An evaluation of all responses showed that the percentage of correct answers provided by the AI applications across all questions was 92.85%, with 1,727 correct responses. The percentage of correct responses for each AI platform is presented in Table 1 (The 95% CIs for these percentages have been calculated).

**Table 1.** Distribution of Correct Answer Rates by AI Application.

|              |                     | N   | %     | CI 95%         |
|--------------|---------------------|-----|-------|----------------|
| Chat-GPT 3.5 | Correct responses   | 444 | 95.48 | (93.6, 97.37)  |
|              | Incorrect responses | 21  | 4.52  | (2.63, 6.4)    |
| Gemini       | Correct responses   | 425 | 91.4  | (88.85, 93.95) |
|              | Incorrect responses | 40  | 8.6   | (6.05, 11.15)  |
| Bing         | Correct responses   | 448 | 96.34 | (94.64, 98.05) |
|              | Incorrect responses | 17  | 3.66  | (1.95, 5.36)   |
| Claude       | Correct responses   | 410 | 88.17 | (85.24, 91.11) |
|              | Incorrect responses | 55  | 11.83 | (8.89, 14.76)  |

CI: Confidence Interval, N: Number, %: Percentage

### Consistency of Responses

The consistency of the AI applications' responses (measured by Fleiss' kappa) across five days and three different time intervals is compared in Table 2. According to the results, the Bing AI application demonstrated the highest consistency, while the Claude AI application exhibited the lowest consistency. The consistency of ChatGPT, Bing, and Gemini AI applications showed near-perfect agreement, while the consistency of Claude AI was found to be in significant agreement (Table 3) (19,20). The responses provided by the AI applications at different times were found to be meaningfully consistent within each application.

**Table 2.** Consistency of AI Chatbots

|          | Reliability <sup>a</sup> | Standard Error | <i>p</i>          | CI 95% <sup>b</sup> |
|----------|--------------------------|----------------|-------------------|---------------------|
| Chat-GPT | 0.944                    | 0.0413         | <i>p</i> < 0.0001 | (0.8631, 1)         |
| Bing     | 0.980                    | 0.0251         | <i>p</i> < 0.0001 | (0.9307, 1)         |
| Gemini   | 0.940                    | 0.0427         | <i>p</i> < 0.0001 | (0.8564, 1)         |
| Claude   | 0.793                    | 0.0728         | <i>p</i> < 0.0001 | (0.6504, 0.9356)    |

<sup>a</sup>Fleiss Kappa Score, <sup>b</sup>Wald Binom Method, CI: Confidence Interval

**Table 3.** Interpretation of Fleiss Kappa Scores.

| Kappa Value | Interpretation           |
|-------------|--------------------------|
| < 0.0       | Poor Agreement           |
| 0.00–0.2    | Weak Agreement           |
| 0.21–0.4    | Fair Agreement           |
| 0.41–0.6    | Moderate Agreement       |
| 0.61–0.8    | Substantial Agreement    |
| 0.81–1      | Almost Perfect Agreement |

### Extent of Knowledge Required by the Questions and Accuracy–Consistency

The accuracy and consistency of the responses to questions with varying levels of knowledge requirements were analyzed across four different AI applications. According to the results of the Pearson Chi-Square test, there was a significant association between the knowledge level required by the questions and the accuracy percentage for all four AI applications (*p* < 0.05). As the level of knowledge required by the questions increased, the accuracy of the responses decreased (Table 4). According to the Fleiss Kappa analysis, the consistency of responses provided at different times was higher for questions requiring basic knowledge. However, as the level of knowledge required by the questions increased, the consistency of the responses decreased (Table 5).

**Table 4.** Accuracy of Chatbots Based on the Level of Knowledge Required.

| AI Chatbots        | Knowledge Level | Correct Answers | Percentage | Total Number of Answers | CI 95%          |
|--------------------|-----------------|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|
| <b>ChatGPT 3.5</b> | Basic           | 150             | 100        | 150                     | -               |
|                    | Moderate        | 177             | 98.3       | 180                     | (96.4–100)      |
|                    | Advanced        | 117             | 86.67      | 135                     | (84.79–88.53)   |
| <b>Gemini</b>      | Basic           | 150             | 100        | 150                     | -               |
|                    | Moderate        | 167             | 92.77      | 180                     | (96.4–100)      |
|                    | Advanced        | 108             | 80         | 135                     | (76.22, 83.78)  |
| <b>Bing</b>        | Basic           | 150             | 100        | 150                     | -               |
|                    | Moderate        | 179             | 99.44      | 180                     | (98.35, 100)    |
|                    | Advanced        | 119             | 88.15      | 135                     | (82.69, 93.60)  |
| <b>Claude</b>      | Basic           | 136             | 90.66      | 150                     | (86.011, 95.32) |
|                    | Moderate        | 167             | 92.77      | 180                     | (88.12, 97.43)  |
|                    | Advanced        | 107             | 79.26      | 135                     | (72.42, 86.09)  |

**Table 5.** Consistency of Chatbots Based on the Level of Knowledge Required.

| AI Chatbots        | Knowledge Level | Fleiss Kappa | Standard Error | <i>p</i>          | CI 95%         |
|--------------------|-----------------|--------------|----------------|-------------------|----------------|
| <b>ChatGPT 3.5</b> | Basic           | 1            | 0              | <i>p</i> < 0.0001 | -              |
|                    | Moderate        | 0.94         | 0.0177         |                   | (0.91, 0.97)   |
|                    | Advanced        | 0.91         | 0.0247         |                   | (0.86, 0.96)   |
| <b>Gemini</b>      | Basic           | 1            | 0              | <i>p</i> < 0.0001 | -              |
|                    | Moderate        | 0.954        | 0.0156         |                   | (0.923, 0.985) |
|                    | Advanced        | 0.877        | 0.0283         |                   | (0.821, 0.933) |
| <b>Bing</b>        | Basic           | 1            | 0              | <i>p</i> < 0.0001 | -              |
|                    | Moderate        | 0.977        | 0.0433         |                   | (0.8922, 1)    |
|                    | Advanced        | 0.97         | 0.0569         |                   | (0.8585, 1)    |
| <b>Claude</b>      | Basic           | 0.878        | 0.1035         | <i>p</i> < 0.0001 | (0.6751, 1)    |
|                    | Moderate        | 0.76         | 0.1233         |                   | (0.5184, 1)    |
|                    | Advanced        | 0.728        | 0.1483         |                   | (0.4373, 1)    |

CI: Confidence interval

## DISCUSSION

Accurate and timely emergency treatment is critical in cases of dental trauma. However, barriers to accessing healthcare services can negatively affect this process (21,22). While search engines, such as Google, are widely used to access information, the use of AI chatbots for such inquiries is becoming increasingly common (5). Many individuals now turn to AI chatbots for detailed and explanatory information. Consequently, ensuring the validity and reliability of the information provided by these tools is of utmost importance. This study aimed to evaluate the performance of four AI chatbots as public information

sources in the management of primary tooth traumas. While a limited number of studies in the literature have assessed the validity and reliability of AI chatbots as information sources in the field of dental trauma (3,5,23,24), no prior research has specifically focused on the treatment of primary tooth traumas or comprehensively evaluated four different AI chatbots. The questions in this study were designed to align with IADT guidelines, focusing on common scenarios in dental trauma and addressing the topics most frequently asked by parents.

The questions were structured to be answered exclusively in a “yes” or “no” format. The responses provided by the AI chatbots were evaluated for accuracy against the answers derived from IADT guidelines. The “yes/no” format was chosen because of the ability of AI chatbots to generate information and references (24). Studies have shown that large language models (LLMs) often have high error rates and may produce incorrect or fabricated responses (25,26). By limiting responses to two options—“yes” or “no”—this study aimed to minimize the risk of additional or fabricated information and ensure the reliability of the collected responses. Ensuring that the questions are clear and comprehensible is crucial to testing the accuracy and validity of the responses obtained from the AI applications. In this study, questions and their answers were designed based on IADT guidelines, a widely accepted resource developed by a comprehensive group of expert dental professionals specializing in dental trauma. The questions addressed common scenarios in dental trauma and topics frequently asked by parents. A pilot study was conducted with 15 pediatric dentists to ensure clarity and comprehensibility. On the basis of the feedback received, ambiguous or potentially confusing elements were revised or removed, resulting in a consensus on 31 finalized questions. This process aimed to minimize errors attributable to question misinterpretation, thereby enhancing the reliability of the responses collected. Variations in network architectures and differences in the size and diversity of data resources lead to AI applications producing different responses to the same questions. These differences highlight the unique strengths and weaknesses of each application (27). In diagnostic studies, an acceptable accuracy threshold is required to exceed 90% (28). In this study, the highest accuracy percentage was observed with Bing, while only Claude failed to achieve a percentage above 90%. Comparing the findings of this study with those of other research on the accuracy of AI applications in dental trauma, Özden et al. reported an accuracy rate of 57.5% for ChatGPT 3.5 and Google Gemini (24). Portilla et al. found that Gemini achieved a general accuracy rate of 80.8% (23). Conversely, Johnson et al. reported Claude AI as the most valid and reliable application, while identifying Bing as the least valid (3). By contrast, this study observed a notably higher overall accuracy rate of 92.85%. The improvement in accuracy rate represents a significant advancement in AI applications. The evolving capabilities of chatbot response generation may explain differences in the quality and reliability of responses across studies conducted at different times (29). Furthermore, Bing’s superior accuracy can be attributed to Microsoft’s robust infrastructure. Microsoft’s extensive and continuously updated knowledge base

provides Bing with a comprehensive source of information, enabling it to deliver highly accurate, thorough, and up-to-date responses on a wide range of topics. In this study, the AI application with the lowest accuracy rate was Claude. This contrasts with the findings of Johnson et al., who, in their study evaluating the validity of responses from four AI applications on dental trauma, reported that Claude AI provided significantly more valid answers than other chatbot applications did (3). This discrepancy between the two studies may stem from the differences in the types of questions posed to the AI models. In Johnson’s study, open-ended questions requiring text-based responses were used, whereas this study employed questions with yes or no answers. Claude excels in understanding and generating human language, and it can provide successful text-based responses. Its comprehensive answers made it more valid than ChatGPT and Gemini in handling traditional questions. Özden et al. reported that they were unable to achieve a sufficient level of consistency when evaluating ChatGPT and Google Bard (Gemini) (24). Mohammad-Rahimi et al. measured the consistency of Google Bard’s (Gemini) responses to frequently asked questions in the field of endodontics using Cronbach’s alpha scale and achieved a result of 0.703, which they considered to demonstrate acceptable reliability (30). However, they also emphasized that the LLM tends to provide different phrasing with each repetition of the questions. In this study, satisfactory consistency was observed with all AI robots, except for Claude AI (greater than 90%). Bing showed the highest overall consistency, while Claude AI exhibited the lowest. Nevertheless, the responses obtained at different times remained internally consistent. Similar to this study, Portilla et al. reported high consistency with the Gemini application (Fleiss kappa = 0.941) (23). The improvement in consistency among AI applications could be attributed to updates made to these models. Specifically, the new version of Gemini introduced a new architecture and significant developments in training and service infrastructure, enhancing efficiency, reasoning, and long-context performance (31). In this study, it was observed that as the level of knowledge required by the questions increased, the accuracy and consistency of the AI applications’ responses decreased. This trend may be attributed to the limited information density in the datasets on which the AI models were pre-trained or to the specific context or expertise required for more complex questions. Therefore, developing chatbots that are carefully trained on verified and high-quality databases is essential to fully benefit from AI chatbots. This approach will ensure that users can quickly find the necessary information while also guaranteeing accuracy by limiting the results to the reliable contents of the databases. In this way, the spread of unreliable

information or content from unknown sources can be prevented, ensuring that users access accurate answers (23). This study has several important limitations. First, the questions used in the study were designed to be answered with a simple “yes” or “no.” This approach limited the responses, preventing unnecessary or irrelevant information from emerging. However, this type of closed-ended question does not fully reflect the complexity of interactions between dentists and patients or real-life scenarios in dental practice. Second, the continuous updating of data sources by AI applications has created a dynamic process that may lead to variations in the study results across different time periods. This factor made it difficult to compare the data obtained with other studies and introduced notable variability in the results. In this regard, the nature of AI systems is considered a factor that could affect the validity of the findings.

## CONCLUSION

The results of this study showed that among the four AI chatbots, Bing emerged as the most accurate and consistent in providing responses. Following Bing, ChatGPT 3.5 and Gemini ranked next in terms of performance. However, Claude lagged the other applications, showing lower performance in both accuracy and consistency. These findings highlight the need for careful evaluation when assessing the usability of AI-based systems in clinical applications. While AI systems provide quick responses, their potential to offer incorrect or incomplete information poses a significant risk to the quality of information provided to patients. Continuous improvements and data updates are essential to enhance the reliability and effectiveness of AI chatbots. Furthermore, more research is needed to understand and improve in depth the role of AI technologies in the healthcare sector. Such studies could provide valuable insights into the effectiveness and reliability of AI in clinical settings, contributing to the future development of dental health services.

## Acknowledgements

I would like to express my sincere gratitude to the 15 pediatric dentists who participated in the pilot study for their valuable insights, which contributed to the clarity of the questions. Additionally, I extend my heartfelt thanks to the fifth-year dental students who took part in the survey, helping to determine the required knowledge level for the questions. Their time, effort, and support were crucial in the successful execution of this study.

## REFERENCES

1. Bagde H, Dhopte A, Alam MK, Basri R. A systematic review and meta-analysis on ChatGPT and its utilization in medical and dental research. *Heliyon*. 2023;9:e23050.
2. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep Learning. *Nature*. 2015;28;521(7553):436-44.
3. Johnson AJ, Singh TK, Gupta A, Sankar H, Gill I, Shalini M, Mohan N. Evaluation of validity and reliability of AI Chatbots as public sources of information on dental trauma. *Dent Traumatol*. 2024 41(2):187-93.
4. Agrawal P, Nikhade P. Artificial intelligence in dentistry: past, present, and future. *Cureus*. 2022;14:e27405.
5. Guven Y, Ozdemir OT, Kavan MY. Performance of Artificial Intelligence Chatbots in Responding to Patient Queries Related to Traumatic Dental Injuries: A Comparative Study. *Dent Traumatol*. 2024 22: 1-10.
6. Liu X, Zheng Y, Du Z, Ding M, Qian Y, Yang Z, et al. GPT understands, too. *AI Open*. 2024;5:208–15.
7. Atkinson CF. Cheap, quick, and rigorous: artificial intelligence and the systematic literature review. *Soc Sci Comput Rev*. 2023;42:376–93.
8. Safi Z, Abd-Alrazaq A, Khalifa M, Househ M. Technical Aspects of Developing Chatbots for Medical Applications: Scoping Review, *J Med Internet Res*. 2020;22(12):e19127.
9. Koçyiğit A, Darı AB. ChatGPT in artificial intelligence communication: the future of humanized digitalization. *J Strateg Soc Res*. 2023;7(2):427–38.
10. Ayers JW, Zhu Z, Poliak A, Leas E, Dredze M, Hogarth M, et al. Evaluating Artificial Intelligence Responses to Public Health Questions. *JAMA Network Open*. 2023;6(6):e2317517.
11. Levin L, Day PF, Hicks L, O’Connell A, Fouas AF, Bourguignon C, et al. International Association of Dental Traumatology Guidelines for the Management of Traumatic Dental Injuries: General Introduction. *Dental Traumatol*. 2020;36(4):309–13.

12. Khan L. Dental Care and Trauma Management in Children and Adolescents. *Pediatr Ann.* 2019;48:e3–e8.
13. Erwin J, Horrell J, Wheat H, Axford N, Burns L, Booth J, et al. Access to Dental Care for Children and Young People in Care and Care Leavers: A Global Scoping Review. *Dental Journal.* 2024;12(2):37.
14. Shahnavaizi M, Mohamadrahimi H. The application of artificial neural networks in the detection of mandibular fractures using panoramic radiography. *Dent Res J.* 2023;20:27.
15. Pandey S, Sharma S. A comparative study of retrieval-based and generative-based chatbots using deep learning and machine learning. *Healthc Anal.* 2023;3:100198.
16. Chiesa-Estomba CM, Lechien JR, Vaira LA, Brunet A, Cammaroto G, Mayo-Yanez M, et al. Exploring the potential of Chat-GPT as a supportive tool for sialendoscopy clinical decision making and patient information support. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2024;281:2081–6.
17. Beltrami EJ, Grant-Kels JM. Consulting ChatGPT: Ethical dilemmas in language model artificial intelligence. *J Am Acad Dermatol.* 2024;90(4):879-80.
18. Day PF, Flores MT, O’Connell AC, Abbott PV, Tsilingaridis F, Fouad AF, et al. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 3. Injuries in the primary dentition. *Dent Traumatol.* 2020;36(4):343-359.
19. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977;33(1):159-74.
20. Fleiss JL. Measuring Nominal Scale Agreement Among Many Raters. *Psychological Bulletin.* 1971;76(5):378–382.
21. Wagle E, Allred EN, Needleman HL. Time delays in treating dental trauma at a children's hospital and private pediatric dental practice. *Pediatr Dent.* 2014;36(3):216-21.
22. Kayıllıoğlu Zencircioğlu Ö, Eden E, Öcek ZA. Access to health care after dental trauma in children: A quantitative and qualitative evaluation. *Dent Traumatol.* 2019;35(3):163-70.
23. Portilla ND, Garcia-Font M, Nagendrababu V, Abbott PV, Sanchez JAG, Abella F. Accuracy and Consistency of Gemini Responses Regarding the Management of Traumatized Permanent Teeth. *Dent Traumatol.* 2024 Oct 26\_Epub ahead of print.
24. Ozden I, Gokyar M, Ozden ME, Sazak Ovecoglu H. H. Assessment of artificial intelligence applications in responding to dental trauma. *Dent Traumatol.* 2024;40(6):722-9.
25. Samaan JS, Yeo YH, Rajeev N, Hawley L, Abel S, Ng WH, et al. Assessing the Accuracy of Responses by the Language Model ChatGPT to Questions Regarding Bariatric Surgery. *Obes Surg.* 2023;33(6):1790-6.
26. Lahat A, Shachar E, Avidan B, Glicksberg B, Klang E. Evaluating the Utility of a Large Language Model in Answering Common Patients' Gastrointestinal Health-Related Questions: Are We There Yet? *Diagnostics.* 2023;13(11):1950.
27. Giannakopoulos K, Kavadella A, Aaqel Salim A, Stamatopoulos V, Kaklamanos EG. Evaluation of the Performance of Generative AI Large Language Models ChatGPT, Google Bard, and Microsoft Bing Chat in Supporting Evidence-Based Dentistry: Comparative Mixed Methods Study. *J Med Internet Res.* 2023; 28;25:e51580.
28. Umer F, Habib S. Critical Analysis of Artificial Intelligence in Endodontics: A Scoping Review. *J Endod.* 2022;48(2):152-60.
29. Sharma D, Vidhate DA, Osei-Asiamah J, Kumari M, Mahajan V, Rajagopal K. Exploring the Evolution of Chatgpt: From Origin to Revolutionary Influence. *Educational Administration: Theory and Practice* 30(5),2685-92.
30. Mohammad-Rahimi H, Ourang SA, Pourhoseingholi MA, Dianat O, Dummer PMH, Nosrat A. Validity and Reliability of Artificial Intelligence Chatbots as Public Sources of Information on Endodontics *Int Endod J.* 2024;57(3):305-14.
31. Gemini Team, M. Reid, N. Savinov, et al. “Gemini 1.5: Unlocking Multimodal Understanding Across Millions of Tokens of Context. *arXiv.* 2024;4: 1–154.

## Assessment Of The Readability Of Informed Consent Forms Used In An Oral And Maxillofacial Surgery Clinic

Ağız, Diş Ve Çene Cerrahisi Kliniğinde Kullanılan Bilgilendirilmiş Onam Formlarının Okunabilirliğinin Değerlendirilmesi

### ABSTRACT

**Objective:** Informed consent documents should be written in a manner that is easy to read and understand. This study aims to evaluate the readability of informed consent documents utilized before surgical procedures in the department of oral and maxillofacial surgery at a university in Türkiye.

**Materials and Method:** This study analyzed twenty consent forms used in a university's maxillofacial surgery clinic. The number of sentences, words, syllables, words per sentence, syllables per word, and the frequency of medical terms were calculated for each form. The readability levels of the consent forms were evaluated using the Ateşman formula.

**Results:** The mean number of words in the consent forms was 11.8, the mean number of syllables was 2.9, and the proportion of medical terms was 3.38. Based on the Ateşman readability formula, the readability scores of the consent documents used in surgery ranged from 37.1 to 68.8. Among the 20 consent forms analyzed, six were deemed 'difficult' in readability, while 14 were rated as 'moderate difficulty'.

**Conclusion:** Based on study findings, informed consent forms used in oral and maxillofacial surgery are difficult to read and generally require a high school or higher level of education. Given Türkiye's average education level and health literacy rate, it is recommended that consent forms used in oral and maxillofacial surgery be revised to enhance readability.

**Key Words:** Atesman Readability Formula, Informed Consent Form, Oral and Maxillofacial Surgery, Readability.

### ÖZ

**Amaç:** Bilgilendirilmiş onam belgeleri okunması ve anlaşılması kolay bir şekilde yazılmalıdır. Bu çalışmada Türkiye'deki bir üniversitenin ağız, diş ve çene cerrahisi anabilim dalında cerrahi işlemlerden önce kullanılan aydınlatılmış onam belgelerinin okunabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

**Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışmada bir üniversitenin çene cerrahisi kliniğinde kullanılan yirmi onam formu analiz edilmiştir. Her form için cümle, kelime, hece, cümle başına kelime, kelime başına hece ve tıbbi terimlerin sıklığı hesaplanmıştır. Onam formlarının okunabilirlik düzeyleri Ateşman formülü kullanılarak değerlendirilmiştir.

**Bulgular:** Onam formlarındaki ortalama kelime sayısı 11,8, hece sayısı ortalama 2,9 ve tıbbi terimlerin oranı %3,38 olarak hesaplanmıştır. Ateşman okunabilirlik formülüne göre onam formlarının okunabilirlik puanları 37,1 ile 68,8 arasında değişmiştir. İncelenen 20 onam formu arasında 6'sı "zor" iken 14'ü "orta zorluk" seviyesinde idi.

**Sonuç:** Çalışma bulgularına göre, oral ve maksillofasiyal cerrahide kullanılan bilgilendirilmiş onam formları okunması zor formlardır ve genellikle lise veya daha yüksek eğitim seviyesi gerektirir. Türkiye'nin ortalama eğitim seviyesi ve sağlık okuryazarlığı oranı göz önüne alındığında, oral ve maksillofasiyal cerrahide kullanılan onam formlarının okunabilirliğini artırmak için revize edilmesi önerilir.

**Anahtar Kelimeler:** Ateşman Okunabilirlik Formülü, Bilgilendirilmiş Onam Formu, Ağız ve Maksillofasiyal Cerrahi, Okunabilirlik.

Ömer EKİCİ<sup>1</sup>

ORCID: 0000-0002-7902-9601

Farbod MAHFOZİ<sup>1</sup>

ORCID: 0009-0001-4799-7122

<sup>1</sup>Afyonkarahisar Health Sciences University,  
Faculty of Dentistry,  
Department of Oral and Maxillofacial  
Surgery,  
Afyonkarahisar, Turkey



Geliş tarihi / Received: 12.12.2024

Kabul tarihi / Accepted: 03.03.2025

**İletişim Adresi/Corresponding Adress:**

Ömer EKİCİ,  
Afyonkarahisar Health Sciences University,  
Faculty of Dentistry,  
Department of Oral and Maxillofacial  
Surgery,  
Afyonkarahisar, Turkey  
E-posta/e-mail: dromerekici@hotmail.com

## INTRODUCTION

Informed consent forms are documents designed to inform patients about the procedures or interventions to be performed and to obtain their consent. Securing informed consent from patients before initiating any medical treatment is both an ethical and legal obligation. During the informed consent process, mandated by various national and international regulations, patients are provided with information in an understandable manner regarding their condition and disease, the benefits and risks of the proposed intervention, alternative treatments, and the potential consequences of refusing treatment. The process concludes with the patient voluntarily accepting or declining the proposed intervention. Medical procedures can only be performed after the patient has been fully informed and has provided their consent. The primary purpose of informed consent is to enable patients to exercise their right to make decisions about their care and to safeguard their autonomy. Furthermore, the consent process fosters trust, a cornerstone of the relationship between healthcare providers and patients (1). Guidelines across specialties have established that the consent process should provide information that is clear, detailed and tailored to each patient (2). This information, which should be clear, legible, and accurate, should be documented, stored, and made available to the patient to protect the patient, clinician, and healthcare provider (3). In recent years, with the digitalization of healthcare services, computer-aided personal record forms have been developed using software programs in the healthcare field. Digital tools can improve patient information and streamline consent management (4). Electronic approval (e-Approval), which uses digital technologies to enable the approval process, can include status boards, multimedia to complement text-based content, interactivity (e.g., explaining definitions, testing knowledge), electronic signatures, and version control technologies. It has been reported that e-Approvals have the potential to improve the quality and consistency of documentation, eliminate unreadable or misplaced forms, and increase patient safety (5). A systematic review published in 2023 showed that compared with patients using paper-based consent, patients using e-consent better understood clinical trial information, engaged more with the content, and rated the consent process as more acceptable and usable (6). However, when evaluating the legal validity of sharing the consent form with the patient in an electronic environment and the patient signing this form with an electronic signature, issues such as whether the consent form contains personal explanations and whether the

consent is provided remotely should be considered. In cases where a standard form is used or information is provided only electronically, it cannot be claimed that the information is legally valid (7). Readability refers to the ease or difficulty experienced by a reader when reading a text and can be objectively assessed using various mathematical formulas. It provides numerical data on the readability of the text by analyzing the syllable, word, and sentence characteristics of the language (8). Readability formulae have been devised to assess readability based on parameters like word and sentence length and syllable count. When The Gunning Fog index (9) and Flesch Kincaid index (10) are widely used to evaluate the readability level of English texts, and the Ateşman formula (11) is widely used to determine the readability level of Turkish texts. It is vital that patients fully understand their informed consent forms before undergoing any medical procedure (8). The effectiveness of the information provided is limited by the patient's ability to comprehend it; therefore, the "readability" and "comprehensibility" of the material are as crucial as its accuracy and validity (12). As patients' level of understanding and comprehension increases, clinical outcomes improve, patient satisfaction increases, and patients' psychological stress decreases. Oral and maxillofacial surgery is a branch of dentistry where surgical interventions and surgeries are frequently performed. In a study conducted on dental malpractice cases in Türkiye, it was reported that the lawsuits filed were mostly related to patients of prosthetic dentistry and oral and maxillofacial surgery (13). In the literature review, no studies were found that examined the readability levels of informed consent documents associated with oral and maxillofacial surgery procedures. This study aims to evaluate the readability of informed consent forms used before surgical operations in a university oral and maxillofacial surgery clinic using the Ateşman readability formula.

## MATERIAL AND METHODS

This research received approval from the Clinical Research Ethics Committee of Afyonkarahisar Health Sciences University (approval date: December 1, 2023; approval number: 2023/499) and was conducted by the principles outlined in the Helsinki Declaration. Additionally, permission for the study was obtained from the dean's office of the Faculty of Dentistry at Afyonkarahisar Health Sciences University. The consent forms used for maxillofacial surgery in the oral and maxillofacial surgery clinic were identified, and each consent document was electronically transferred to Microsoft Word. The total number of

sentences, words, syllables, and characters in the documents was calculated. Additionally, the mean number of words per sentence, the mean number of syllables per word, and the medical term ratio were determined. To ensure accurate readability results, the headings in the forms were removed. The legibility of the informed consent documents was assessed using the Ateşman formula, which is used to determine the readability level of Turkish texts.

### Ateşman Readability Formula

The Ateşman readability formula was established by Ateşman in 1997 by converting the Flesch reading ease test to Turkish (11). According to the formula, the readability level of a text is interpreted such that the closer the score is to 100, the easier the text is to read, whereas the closer the score is to 0, the more difficult it is to read. The following formula was used to calculate the Atesman score:

Readability Score =  $198.825 - 40.175 \times (\text{total syllables/total words}) - 2.610 \times (\text{total words/total sentences})$ . The result obtained from this formula indicates which class level an article addresses in the Turkish education system (Table 1).

**Table 1.** Reading levels according to Ateşman readability formula.

| Atesman Score | Readability Level By Education Level                              | Readability Level |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 90-100        | It can be read with primary school 4th grade and below education. | Very easy         |
| 80-89         | It can be read with 5th or 6th-grade level education.             | Easy              |
| 70-79         | It can be read with 7th or 8th-grade level education.             |                   |
| 60-69         | It can be read with 9th or 10th-grade level education.            |                   |
| 50-59         | It can be read with 11th or 12th-grade level education.           | Medium difficulty |
| 40-49         | It can be read with 13th or 15th-grade level education.           | Difficult         |
| 30-39         | It can be read with undergraduate level (16th grade) education.   |                   |
| ≤29           | It can be read with postgraduate (>16th grade) level education.   | Very difficult    |

## RESULTS

The research involved 20 consent forms commonly used in the oral and maxillofacial surgery department. Among the consent forms analyzed, the implant surgery consent form had the highest number of sentences, words, syllables, and characters. The periapical surgery consent form had the highest average number of words per sentence (n=14.8), while the soft tissue grafting consent form had the lowest average number of words per sentence (n=8.74). Additionally, the cyst tumor surgery consent form had the highest average number of syllables per word (n=3.25), whereas the impacted tooth extraction consent form had the lowest average number of syllables per word (n=2.64). The consent form with the highest medical term rate (9.55%) was the autotransplantation consent form, while the consent form with the lowest medical term rate (1.36%) was the soft tissue grafting consent form (Table 2).

In the research, each consent document's score and readability degree were calculated based on the Ateşman readability formula. According to the Ateşman readability formula, the readability score of the consent documents used in surgery ranged between 37.1 and 68.8. When the consent documents were assessed using the Ateşman formula, the readability of 6 consent documents was at the "difficult" level, and the readability of 14 consent forms was at the "medium difficulty" level. Of the 14 consent forms with a medium level of reading difficulty, 10 had a readability level of "11th or 12th grade," while only 4 had a readability level of "9th or 10th grade." The cyst-tumor surgery consent form was the most difficult to read (undergraduate level), while the impacted tooth extraction consent form was the easiest to read (9th and 10th grade level) (Table 3).

**Table 2.** Numerical values of the consent forms used.

|                                           | Word Count | Syllable Count | Sentence Count | Character Count | Mean Words Per Sentence | Mean Syllables Per Word | Medical Term Ratio (%) |
|-------------------------------------------|------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| <b>Abscess Drainage</b>                   | 110        | 318            | 8              | 862             | 13.75                   | 2.89                    | 1.81                   |
| <b>Biopsy</b>                             | 116        | 376            | 9              | 971             | 12.89                   | 3.24                    | 3.44                   |
| <b>Tooth Extraction</b>                   | 449        | 1231           | 46             | 3421            | 9.76                    | 2.74                    | 1.55                   |
| <b>Electrosurgery</b>                     | 156        | 476            | 15             | 1295            | 10.40                   | 3.05                    | 3.20                   |
| <b>Frenectomy</b>                         | 315        | 923            | 34             | 2489            | 9.26                    | 2.93                    | 2.22                   |
| <b>Impacted Tooth Extraction</b>          | 472        | 1246           | 48             | 3483            | 9.83                    | 2.64                    | 1.90                   |
| <b>Implant Surgery</b>                    | 1109       | 3393           | 84             | 9217            | 13.20                   | 3.06                    | 1.08                   |
| <b>Cyst Tumor Surgery</b>                 | 55         | 179            | 4              | 477             | 13.75                   | 3.25                    | 9.09                   |
| <b>Laser Surgery</b>                      | 112        | 331            | 8              | 896             | 14.00                   | 2.96                    | 1.78                   |
| <b>Local Anesthesia</b>                   | 123        | 358            | 9              | 967             | 13.67                   | 2.91                    | 5.69                   |
| <b>Maxillofacial Trauma</b>               | 156        | 441            | 11             | 1204            | 14.18                   | 2.83                    | 6.41                   |
| <b>Closure Of Oro-Antral Opening</b>      | 99         | 303            | 10             | 801             | 9.90                    | 3.06                    | 2.02                   |
| <b>Autotransplantation</b>                | 178        | 542            | 15             | 1472            | 11.87                   | 3.04                    | 9.55                   |
| <b>Periapical Surgery</b>                 | 222        | 629            | 15             | 1708            | 14.80                   | 2.83                    | 2.25                   |
| <b>Preprosthetics Surgery</b>             | 454        | 1388           | 41             | 3757            | 11.07                   | 3.06                    | 1.54                   |
| <b>Hard Tissue Grafting</b>               | 303        | 916            | 28             | 2531            | 10.82                   | 3.02                    | 2.31                   |
| <b>Sinus Lift Surgery</b>                 | 279        | 813            | 28             | 2274            | 9.96                    | 2.91                    | 3.58                   |
| <b>Temporomandibular Joint Treatments</b> | 240        | 706            | 24             | 1927            | 10.00                   | 2.94                    | 2.50                   |
| <b>Platelet Concentrate Applications</b>  | 156        | 441            | 11             | 1204            | 14.18                   | 2.83                    | 4.48                   |
| <b>Soft Tissue Grafting</b>               | 367        | 1081           | 42             | 2908            | 8.74                    | 2.95                    | 1.36                   |
| <b>Total</b>                              | 5471       | 16091          | 490            | 43864           | 11.80                   | 2.95                    | 3.38                   |

**Table 3.** Readability scores and reading levels of informed consent forms based on the Ateşman readability formula.

|                                           | Ateşman Score | Readability Level By Education Level | Readability Level |
|-------------------------------------------|---------------|--------------------------------------|-------------------|
| <b>Abscess Drainage</b>                   | 51.9          | 11th-12th grade                      | Medium difficulty |
| <b>Biopsy</b>                             | 44.2          | 13th-15th grade                      | Difficult         |
| <b>Tooth Extraction</b>                   | 65.6          | 9th-10th grade                       | Medium difficulty |
| <b>Electrosurgery</b>                     | 52.4          | 11th-12th grade                      | Medium difficulty |
| <b>Frenectomy</b>                         | 62.1          | 9th-10th grade                       | Medium difficulty |
| <b>Impacted Tooth Extraction</b>          | 68.8          | 9th-10th grade                       | Medium difficulty |
| <b>Implant Surgery</b>                    | 45.1          | 13th-15th grade                      | Difficult         |
| <b>Cyst Tumor Surgery</b>                 | 37.1          | Undergraduate                        | Difficult         |
| <b>Laser Surgery</b>                      | 47.8          | 13th-15th grade                      | Difficult         |
| <b>Local Anesthesia</b>                   | 52.2          | 11th-12th grade                      | Medium difficulty |
| <b>Maxillofacial Trauma</b>               | 52.5          | 11th-12th grade                      | Medium difficulty |
| <b>Closure Of Oro-Antral Opening</b>      | 56.9          | 13th-15th grade                      | Difficult         |
| <b>Autotransplantation</b>                | 48.4          | 11th-12th grade                      | Medium difficulty |
| <b>Periapical Surgery</b>                 | 50.9          | 11th-12th grade                      | Medium difficulty |
| <b>Preprosthetics Surgery</b>             | 50.5          | 13th-15th grade                      | Difficult         |
| <b>Hard Tissue Grafting</b>               | 49.7          | 11th-12th grade                      | Medium difficulty |
| <b>Sinus Lift Surgery</b>                 | 55            | 11th-12th grade                      | Medium difficulty |
| <b>Temporomandibular Joint Treatments</b> | 58.2          | 11th-12th grade                      | Medium difficulty |
| <b>Platelet Concentrate Applications</b>  | 52.5          | 9th-10th grade                       | Medium difficulty |
| <b>Soft Tissue Grafting</b>               | 63.3          | 11th-12th grade                      | Medium difficulty |

## DISCUSSION

Informed consent forms are documents used to apprise patients of procedures or interventions and to acquire their consent. For the consent to be valid, patients must understand the nature, purpose, risks, and benefits of the procedure. If this information is not understood, any consent given may be considered invalid, and healthcare providers may be subject to legal liability (14). In this study, consent forms used in a university oral and maxillofacial surgery clinic were evaluated in terms of readability using the Ateşman readability formula. The study results showed that informed consent forms used in maxillofacial surgery generally have “moderate” or “difficult” readability. The Patient Rights Regulation states that patient information should be sufficiently understandable, clear, and concise, and should be able to answer the patient's questions about medical practice (15). Consent forms should be written in simple, plain, and understandable language that includes sufficient information. Whenever possible, it is considered best practice to obtain written consent from the patient rather than verbal consent (16). Based

on the research, patients may retain up to 20% of spoken information, possibly due to concerns, discomfort, fear of the unknown, time constraints, and a lack of medical understanding. However, when combined with written materials, retention rates can increase to around 50% (17). Verbal information can be modified and conveyed at a level that the patient can comprehend, but written information is usually prepared with a fixed content and reading level. Therefore, the content, language use, and readability of these forms are extremely important. Readability studies are conducted to make the language more understandable and have become a universal concept that linguists are currently working on intensively. The readability of a text can vary based on both the complexity of the text itself and the comprehension level of the reader. Factors such as sentence and word length, the number of syllables per word, and the use of specialized terminology all contribute to the readability of a text (18). Each language's readability may be measured using methods tailored to its structure. According to the Ateşman formula, the mean sentence length in the Turkish language is typically 9–10 words, while the Bezirci–Yılmaz formula suggests it is 10–11

words. Furthermore, both calculations indicate that the mean word length in the Turkish language is 2.6 syllables (11,19). When all consent forms were evaluated in this study, the mean number of words was calculated as 11.8, and the average number of syllables was calculated as 2.9. These values are above the average determined for Turkish. In general, consent forms contain very complex information that is difficult for patients to understand (20). The readability of consent forms dominated by medical terminology will be further reduced. It has been reported that the rate of medical terms in informed consent forms used before anesthesia in Türkiye is at the level of 4% (8). In this study, the rate of medical terms was found to be 3.38%, similar to the literature. Limiting sentence length to 8-10 words to increase readability, preferring short and more commonly used synonyms instead of long and multi-syllable words, and using commonly used simple terms instead of medical terminology are some strategies that can be applied (21). Sönmez et al. recommended that patient consent forms be visually enriched with diagrams and videos to increase their understandability (12). In this study, 20 consent forms used in the oral and maxillofacial surgery clinic of a university were evaluated in terms of readability using the Ateşman Readability formula, which is widely used in evaluating the readability of Turkish texts. In light of the study findings, the consent forms examined were evaluated as “moderately difficult” or “difficult” by the Ateşman formula. This situation is consistent with studies conducted in many countries across different branches. A study conducted in the United States reported that invasive consent forms were written at an average of the 15th grade level, which is roughly equivalent to the reading level expected in the third year of university education (22). In Türkiye, urological surgery and emergency medical intervention consent forms have been reported to exhibit a difficult readability level, typically understandable at a high school level (23). Boztaş et al. reported that consent forms used before anesthesia were difficult to read (8). Similarly, a study conducted in Spain revealed that the readability of anesthesia informed consent forms was low and their understandability was limited (24). A research examining the readability of consent documents used in cardiology clinics reported that the readability level was at the 11th or 12th-grade level based on the Ateşman index (25). In a study evaluating the readability of informed consent documents for intravenous and intramuscular injections, all forms were rated as "moderately difficult" based on the Ateşman formula (1). In studies conducted, it has been concluded that there is a correlation between the level of education and the level of understanding. Determining the education level of a text provides a certain indication of its understandability. In the United

States, it is recommended that texts be written at a 6th-8th grade reading level in order to ensure they are easily understood by the general population (26). The mean education period of individuals aged 25 and older in Türkiye was 9.3 years in 2023 (27). In this research, it was noted that the consent documents utilized in oral and maxillofacial surgery exhibited readability levels corresponding to the 9th and 10th grades or higher, according to the Ateşman formula. Therefore, it was revealed that these consent forms did not meet the recommendations in the literature. Since oral and maxillofacial surgery procedures cover a wide range of patient ages, care should be taken to ensure that consent forms are easily understood, even by the least educated patient group. It has been shown that inadequate health literacy levels cause various difficulties in understanding medical information and implementing instructions, which leads to problems in the effective use of health services (28). Şahin et al. found in their study that only 29.6% of patients who underwent orthopedic surgery read the forms from beginning to end, and 41.5% did not remember the possible complications (29). As stated by the American National Institutes of Health, about 40% of the American population has insufficient health literacy. (30) The results of a study conducted in Turkey in 2014 revealed that 64.6% of the population had insufficient or problematic health literacy (31). Considering the inadequate level of health literacy, it is clear that consent forms prepared in Türkiye should be written in more understandable language. Enhancing the readability of consent forms and supplementing them with visual aids, such as videos and diagrams, can improve patient comprehension of procedures and enhance their retention of potential risks (32,33). Handwritten consent forms have been associated with a high error rate and a high rate of missed core risks (34). Introducing a semi-digital consent app with modifiable procedure-specific content has reduced variability and omission of core risks, while improving error and readability rates (35). The use of electronic resources for surgical consent has been shown to improve patient knowledge of the procedure (36). A study has shown that e-consent forms reduce error rates and offer the potential to increase clinical efficiency when compared to paper-based consent forms (37). A recently published systematic review concluded that digital consent has the potential to improve the overall informed consent process when compared to paper forms (38). In a study in the United Kingdom evaluating patient experience and the effectiveness of digital consent, those who gave consent digitally reported significantly higher levels of satisfaction than those who gave consent using a paper form, stating that the form was easier to read and understand, and that possible complications were easier to understand. In

addition, 86% of patients who gave consent digitally received a copy of the consent form, compared to 18% of patients who gave consent using paper (39). E-consent is environmentally friendly and eliminates the need to fax, scan, copy or file, allowing support staff to focus on direct patient care. An e-Consent exists permanently in the electronic health record and cannot be lost. Incomplete or incomplete consent is the most common cause of first case delay in operating rooms, affecting patient and staff satisfaction and having significant financial implications (37). Digital consent can be as time-consuming or even faster than paper consent (40). A study published in 2025 reported that digital consent forms potentially provide cost advantages over paper consent forms (41). In addition, a recently published study demonstrated the importance of digitization in reducing the spread of infections by showing that filling out consent forms with a tablet containing a software program significantly reduced surface contamination compared to filling out a paper consent form (42). However, barriers to e-consent adoption include the clinical and technical expertise required to create a consent application specific to a pan-specialty procedure and concerns about digital access for patients (43). This study emphasizes that texts containing informed consent information should be easy to read, whether prepared using traditional or digital methods. Future studies can address and evaluate the relationship between the use of different tools and readability and understandability. This study has several limitations, including the fact that it only examined the consent forms used in a university's maxillofacial surgery clinic and evaluating them solely according to the Ateşman readability index. Even if similar procedures are performed, the results cannot be generalized to all maxillofacial clinics. The study did not assess whether the consent forms were sufficient in terms of medical and legal content, nor did it determine the extent to which patients could understand these forms. Additionally, the font type, size, and patient anxiety, which may affect the readability of the forms, were not evaluated. Further research is needed to evaluate the accuracy and comprehensibility of the consent forms. Despite these limitations, this study is the first to assess the readability of consent forms used in oral and maxillofacial surgery.

## CONCLUSION

Insufficient readability and comprehensibility of informed consent forms can render them invalid, potentially exposing healthcare providers to legal liability. For these reasons, informed consent forms should be drafted to be easily readable and comprehensible in both content and format.

The study results revealed that the comprehensibility levels of informed consent forms employed in oral and maxillofacial surgery are quite low. Considering the low average education level and health literacy in Türkiye, it is recommended that the content of consent documents used in maxillofacial surgery be reviewed. The language used in informed consent forms should be suitable for the reading comprehension level of the intended audience, employing a clear and legible writing style with visual aids wherever feasible. When preparing consent forms, it's crucial to ensure readability at or below a 6th-grade level, minimize medical terminology, opt for words with three or fewer syllables, and employ concise and straightforward sentences. In addition, digital technologies such as e-consent, which include multimedia and which patients can interact with, supported by visual content such as figures and videos, can be used to increase the readability and understandability of texts.

## REFERENCES

1. Ebem E, Tutar MS, Yıldız M, Canitez A, Kara Ö, Kozanhan B. İntravenöz ve İntramüsküler Enjeksiyon Bilgilendirilmiş Onam Formlarının Okunabilirlik Açısından Değerlendirilmesi. *Anadolu Klin.* 2019;24:132-136.
2. Cheung E, Goodyear G, Yoong W. Medicolegal update on consent: 'The Montgomery Ruling.' *The Obstetrician & Gynaecologist.* 2016;18(3):171-172.
3. Dyke R, St-John E, Shah H, et al. Comparing shared decision making using a paper and digital consent process. A multi-site, single centre study in a trauma and orthopaedic department. *Surgeon.* 2023;21(4):235-241.
4. Wiertz S, Boldt J. Ethical, Legal, and Practical Concerns Surrounding the Implementation of New Forms of Consent for Health Data Research: Qualitative Interview Study. *J Med Internet Res.* 2024;26:e52180.
5. St John ER, Scott AJ, Irvine TE, Pakzad F, Leff DR, Layer GT. Completion of hand-written surgical consent forms is frequently suboptimal and could be improved by using electronically generated, procedure-specific forms. *Surgeon.* 2017;15(4):190-195.
6. Cohen E, Byrom B, Becher A, Jörntén-Karlsson M, Mackenzie AK. Comparative Effectiveness of eConsent: Systematic Review. *J Med Internet Res.* 2023;25:e43883.

7. Aksu M. Tıp Bilişimi Hukuku. In: Tıp Bilişimi. Istanbul University Press; 2021.
8. Boztaş N, Özbilgin Ş, Öçmen E, et al. Evaluating the Readability of Informed Consent Forms Available Before Anaesthesia: A Comparative Study. Turk J Anaesthesiol Reanim. 2014;42(3):140-4.
9. Gunning R. The Technique of Clear Writing. McGraw-Hill, New York, USA;1952.
10. Flesch R. A new readability yardstick. J Appl Psychol. 1948;32(3):221-233.
11. Ateşman E. Measuring readability in Turkish. A.U. Tömer Language J. 1997;58:171-4.
12. Sönmez MG, Kozanhan B, Özkent MS, et al. Evaluation of the readability of informed consent forms used in urology: Is there a difference between open, endoscopic, and laparoscopic surgery? Turk J Surg. 2018;34(4):295-299.
13. Karaarslan B, Karaarslan EŞ, Çelik S, Ertaş E, Çelik N. Evaluation of malpractice cases in dentistry which was discussed in high health council during 2001-2007. Turkiye Klinikleri J Dental Sci. 2010;16:142-148.
14. Pape T. Legal and ethical considerations of informed consent. AORN J. 1997;65(6):1122-1127.
15. Hasta Hakları Yönetmeliği. Resmi Gazete, 1998. Accessed October 8, 2023. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=4847&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
16. Reynard J, Reynolds J, Stevenson P. Practical Patient Safety.; 2009.
17. Sanghvi S, Cherla D V., Shukla PA, Eloy JA. Readability assessment of internet-based patient education materials related to facial fractures. Laryngoscope. 2012;122(9):1943-1948.
18. Kollia B, Basch CH, Kamowski-Shakibai MT, Tsiamtsiouris J, Garcia P. Testing the Readability of Online Content on Autism Spectrum Disorders. Adv Neurodev Disord. 2019;3(1):85-90.
19. Bezirci B, Yılmaz AE. A software library for measurement of readability of texts and a new readability metric for Turkish. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. 2010;12(3):49-62.
20. Paasche-Orlow MK, Taylor HA, Brancati FL. Readability Standards for Informed-Consent Forms as Compared with Actual Readability. The new England J. 2003;348.
21. Walsh TM, Volsko TA. Readability Assessment of Internet-Based Consumer Health Information. Respir Care. 2008;53(10).
22. Eltorai AEM, Naqvi SS, Ghanian S, et al. Readability of Invasive Procedure Consent Forms. Clin Transl Sci. 2015;8(6):830-833.
23. Sönmez MG, Taşkapu HH, Sönmez LÖ et al. Türkiye’de Elektif Üroloji ve Acil Tıp Prosedürleri için Kullanılan Bilgilendirilmiş Onam Formlarının Okunabilirlikleri Arasında Fark Var mı? Genel Tıp Derg. 2020;30:151-156.
24. García-Álvarez JM, García-Sánchez A. Readability and Comprehension of Anesthesia Informed Consent Forms in a Spanish County Hospital: An Observational Study. Nursing reports (Pavia, Italy). 2024;14(2):1338-1352.
25. Dural İE. Are Consent Forms Used in Cardiology Clinics Easy to Read? Turk Kardiyol Dern Ars. 2022;50(8):590-594.
26. Friedman DB, Hoffman-Goetz L. A systematic review of readability and comprehension instruments used for print and web-based cancer information. Health Educ Behav. 2006;33(3):352-373.
27. TUIK, Ulusal Eğitim İstatistikleri 2023. Accessed July 10, 2024. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Ulusal-Egitim-Istatistikleri-2023-53444>
28. Davis TC, Michielutte R, Askov EN, Williams M V., Weiss BD. Practical assessment of adult literacy in health care. Health Educ Behav. 1998;25(5):613-624.
29. Şahin N, Öztürk A, Özkan Y, Demirhan Erdemir A. What do patients recall from informed consent given before orthopedic surgery? Acta Orthop Traumatol Turc. 2010;44(6):469-475.
30. Finnie RKC, Felder TM, Linder SK, Mullen PD. Beyond reading level: a systematic review of the suitability of cancer education print and Web-based materials. J Cancer Educ. 2010;25(4):497-505.

31. Özdemir S, Akça H. Health Literacy in Turkey. *Med J SDU*. 2021; 28: 535-536.
32. Borello A, Ferrarese A, Passera R, et al. Use of a simplified consent form to facilitate patient understanding of informed consent for laparoscopic cholecystectomy. *Open Med (Wars)*. 2016;11(1):564-573.
33. Shukla AN, Daly MK, Legutko P. Informed consent for cataract surgery: patient understanding of verbal, written, and videotaped information. *J Cataract Refract Surg*. 2011;38(1):80-84.
34. Owen D, Aresti N, Mulligan A, Kosuge D. Customizable pre-printed consent forms: a solution in light of the Montgomery ruling. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2018;79(2):97-101.
35. St John ER, Bakri AC, Johanson E, et al. Assessment of the introduction of semi-digital consent into surgical practice. *Br J Surg*. 2021;108(4):342-345.
36. Bethune A, Davila-Foyo M, Valli M, Da Costa L. e-Consent: approaching surgical consent with mobile technology. *Canadian Journal of Surgery*. 2018;61(5):339.
37. Reeves JJ, Mekeel KL, Waterman RS, et al. Association of Electronic Surgical Consent Forms With Entry Error Rates. *JAMA Surg*. 2020;155(8):777-778.
38. De Sutter E, Zaçe D, Boccia S, et al. Implementation of Electronic Informed Consent in Biomedical Research and Stakeholders' Perspectives: Systematic Review. *J Med Internet Res*. 2020;22(10).
39. Ellis LB, Barcroft J, St John E, Loughran D, Kyrgiou M, Phelps D. Digital consent in gynecology: an evaluation of patient experience. *Arch Gynecol Obstet*. 2024;309(2):611-619.
40. Chen C, Lee PI, Pain KJ, Delgado D, Cole CL, Campion TR Jr. Replacing Paper Informed Consent with Electronic Informed Consent for Research in Academic Medical Centers: A Scoping Review. *AMIA Jt Summits Transl Sci Proc*. 2020;2020:80-88.
41. Houten R, Hussain MI, Martin AP, et al. Digital Versus Paper-Based Consent from the UK NHS Perspective: A Micro-costing Analysis. *Pharmacoecon Open*. 2024;9(1):27-39.
42. Baser B, Gulnar B, Tuhan Kutlu E. Comparison of conventionally and digitally completed patient consent-anamnesis forms in terms of surface contamination. *Technol Health Care*. 2023;31(5):1737-1746.
43. St John ER, Bakri AC, Johanson E, et al. Assessment of the introduction of semi-digital consent into surgical practice. *Br J Surg*. 2021;108(4):342-345.

## Effect of Remaining Dentin Thickness on Thermal Changes at The Root Surface During Obturation With Thermoplasticized Gutta-Percha In Internal Resorption Cavities

### İnternal Rezorpsiyon Kavitelelerinde Termoplastik Gutta-Perka ile Doldurulması Sırasında Kök Yüzeyinde Oluşan Termal Değişiklikler Üzerinde Kalan Dentin Kalınlığının Etkisi

#### ABSTRACT

**Objective:** The treatment of internal resorption focuses on removing necrotic pulp tissue, disinfecting the root canal and fill the root canal system, including the resorption zone. Warm gutta-percha techniques are commonly recommended for sealing resorption defects due to their flowable properties, however, concerns persist regarding temperature increases during the obturation process. This study aims to investigate the impact of remaining dentin thickness on temperature changes at the root surface during thermoplasticized gutta-percha obturation in simulated internal resorption cavities.

**Materials and Method:** Thirty maxillary central incisor teeth were used. The teeth were divided into two halves. A resorption cavity was created on one root half, while the other half was served as the control. The teeth were divided into three groups based on the remaining dentin thickness in the halves that containing the internal resorption cavity (0.4 mm, 0.7 mm, and 1 mm). Temperature changes during the thermoplastic gutta-percha obturation were measured using thermocouples. A paired samples t-test was conducted to assess the differences between the resorptive and control surfaces, and a one-way ANOVA test was applied to evaluate the temperature variations across the groups.

**Results:** Statistically significant temperature differences were observed between the resorption and control surfaces in all groups, no significant differences were found among the three dentin thickness groups.

**Conclusion:** The study concludes that internal resorption cavities result in higher temperature transmission at the root surface during thermoplasticized gutta-percha obturation, irrespective regardless of dentin thickness. However, no significant differences in temperature were observed across different dentin thicknesses.

**Key Words:** Dentin, Gutta-Percha, Root Resorption, Thermoplastic Techniques.

#### ÖZ

**Amaç:** İnternal rezorpsiyon tedavisi nekrotik pulpa dokusunun uzaklaştırılmasına, kök kanalını dezenfekte edilmesine ve rezorpsiyon bölgesi de dahil olmak üzere kök kanal sisteminin doldurulmasına odaklanır. Sıcak gutta-perka teknikleri, akışkan özelliklerinden dolayı genellikle rezorpsiyon defektlerini kapatmak için önerilmektedir. Ancak, obtürasyon işlemi sırasında oluşabilecek sıcaklık artışları ilgili endişeler devam etmektedir. Bu çalışma, simule edilmiş iç rezorpsiyon boşluklarının termoplastize gutta-perka ile obtürasyonu sırasında kalan dentin kalınlığının kök yüzeyindeki sıcaklık değişimleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

**Gereç ve Yöntemler:** Otuz adet maksiller santral kesici dişi kullanılmıştır. Dişler iki yarıya ayrılmıştır. Bir kök yarısında bir rezorpsiyon kavitesi oluşturulurken, diğer yarısı kontrol grubu olarak kullanıldı. Dişler, iç rezorpsiyon boşluğunu içeren yarılarıdaki kalan dentin kalınlığına göre üç gruba ayrıldı (0.4 mm, 0.7 mm ve 1 mm). Termoplastik gutta-perka ile doldurulması sırasında meydana gelen sıcaklık değişiklikleri termocouple kullanılarak ölçüldü. Rezorpsiyonlu ve kontrol yüzeyleri arasındaki farkları değerlendirmek için eşleştirilmiş örneklem t-testi, gruplar arasındaki sıcaklık değişimlerini değerlendirmek için ise tek yönlü ANOVA testi kullanıldı.

**Bulgular:** Tüm gruplarda rezorpsiyon ve kontrol yüzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı sıcaklık farkları gözlemlendi, ancak üç dentin kalınlığı grubu arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

**Sonuç:** Çalışma, iç rezorpsiyon boşluklarının, dentin kalınlığından bağımsız olarak, termoplastik gutta-perka obtürasyonu sırasında kök yüzeyinde daha yüksek sıcaklık iletimine yol açtığı sonucuna varılmıştır. Ancak farklı dentin kalınlıkları arasında sıcaklık açısından anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dentin, Gutta-Perka, Kök Rezorpsiyonu, Termoplastik Teknikler.

Öznur SARIYILMAZ<sup>1</sup>

ORCID: 0000-0003-4263-6851

Evren SARIYILMAZ<sup>1</sup>

ORCID: 0000-0003-1711-7056

Serkan ÖZKAN<sup>2</sup>

ORCID: 0000-0002-7506-9649

Alper İLKER<sup>3</sup>

ORCID: 0000-0002-3704-2285

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart University,  
Faculty of Dentistry,  
Department of Endodontics,  
Çanakkale, Turkey

<sup>2</sup>Ordu University, Faculty of Dentistry,  
Department of Orthodontics,  
Çanakkale, Turkey

<sup>3</sup>Private Dental Health Clinic,  
İstanbul, Turkey



Geliş tarihi / Received: 07.11.2024

Kabul tarihi / Accepted: 22.01.2025

#### İletişim Adresi/Corresponding Adress:

Evren SARIYILMAZ,  
Çanakkale Onsekiz Mart University,  
Faculty of Dentistry,  
Department of Endodontics,  
Çanakkale, Turkey  
E-posta/e-mail: evrensariyilmaz@yahoo.com

## INTRODUCTION

Resorption of dental tissues can occur due to clastic activity, arising from either physiological or pathological processes (1). Internal root resorption (IRR), a form of pathological root resorption, typically results from trauma or prolonged pulp infections. If left untreated, IRR is characterized by a progressive destruction of root dentin through an inflammatory process (1, 2). This condition leads to the formation of a granulation tissue-filled cavity, complicating proper root canal preparation and obturation. The primary objectives in treating teeth affected by IRR is to remove necrotic pulp tissue, disinfect the root canal system and achieve a three-dimensional filling of the root canal, including the resorption zone. This is accomplished through chemo-mechanical preparation, aiming to halt the resorption process (1). Cases of IRR present significant challenges in achieving complete root canal obturation (1). To effectively seal resorptive defects, the filling material must possess adequate flowable properties. Gutta-percha remains the most commonly used obturation material, and its flowability can be enhanced through heating (3, 4). Several obturation systems utilizing warm gutta-percha have been developed, with studies demonstrating their effectiveness in filling the irregularities associated with IRR (5-7). However, despite the low thermal conductivity of dental tissues (8), temperature increases on the root surface remain a significant concern with warm gutta-percha techniques (9-12). Previous research shows that a temperature rise of 10 °C can result in fat cell necrosis and bone remodeling in rabbits (13). This article aimed to investigate the impact of remaining dentin thickness in artificially created internal resorption cavities on temperature changes at the root surface. The null hypothesis was that the remaining dentin thickness in internal root resorption cavities directly affect temperature increases at the root surface.

## MATERIAL AND METHODS

The protocol of this study was approved by Ordu University clinical research ethics committee (ODU KAEK 2016/70). The total sample size required for the study was determined based on the data from a previous study (14) using the G\*Power 3.1 software package (Heinrich). Based on the F-test family, an effect size of 0.660, an alpha type error of 0.05, and a power of 0.85, the minimum total sample size required was calculated as 30. Human maxillary incisors extracted due to orthodontic, periodontal, or prosthetic reasons were included in the study. Teeth with caries or fractures in

the roots were excluded from the study. Thirty teeth with a single root canal were randomly allocated into three groups. Teeth were decoronated using a diamond disc under water-cooling to standardize 17 mm root length. A #15 K-file was inserted into each root canal until the tip was visible at the apical foramen, and 1 mm was subtracted from this measurement to establish the working length. The root canals were prepared using the Reciproc Blue system (VDW, Munich, Germany) up to the R50 file (50.05) with copious irrigation using 5.25% NaOCl via a 30-gauge irrigation needle (NaviTip; Ultradent, South Jordan, UT). Longitudinal grooves were created on the palatal and buccal surfaces of the roots, and the roots were split into halves using a hammer and chisel. A digital micrometer was employed to determine the location of the resorption cavity and the initial dentin thickness of the root halves. A test apparatus was custom-designed for this study to create resorption cavity under controlled conditions. This apparatus consisted of a diamond bur mounted on a motor capable of moving vertically in electronically controlled increments of 0.1, 1, and 10 mm (Figure 1A). Simulated resorption cavities with a diameter of 1.6 mm were prepared on one root half at a distance of 5 mm from the root tip, resulting in remaining dentin thicknesses of 0.4 mm, 0.7 mm, and 1 mm (Figure 1B). The remaining dentin thickness was confirmed using a digital micrometer. The other half of the root was served as the control. A red dot was marked on the surfaces of both root halves using a CD marker to indicate the sites for subsequent temperature measurements with a thermocouple. The two halves were then reassembled using cyanoacrylate glue (Scotch Super Glue Gel; 3M, St Paul, MN).

**The experimental groups were categorized as below:**

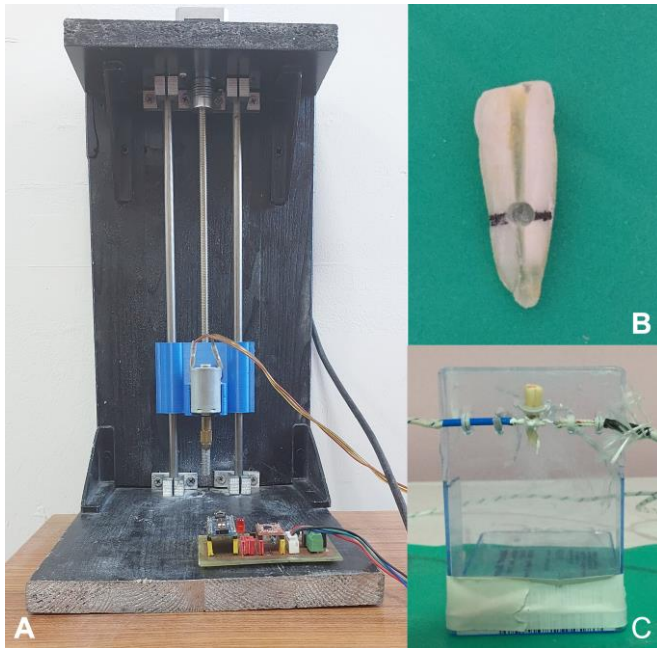
**Group 1:** Simulated resorption cavities with a remaining dentin thickness of 0.4 mm ( $n=10$ ) and their corresponding control halves is the plural of half.

**Group 2:** Simulated resorption cavities with a remaining dentin thickness of 0.7 mm ( $n=10$ ) and their corresponding control halves is the plural of half.

**Group 3:** Simulated resorption cavity with a remaining dentin thickness of 1 mm ( $n=10$ ) and their corresponding control halves is the plural of half.

A plastic apparatus was designed to securely hold the sample and thermocouple tips during the root canal obturation of the roots (Figure 1C). K-type thermocouple tips were affixed to the red markings on the root surfaces using heat insulation paste. The downpack handpiece of the ElementsFree obturation system (SybronEndo/Kerr Endodontics, Orange, CA). was used to deliver thermoplasticized injectable gutta-percha material at 200 °C into the root canals. All teeth

across the groups were obturated under standardized room conditions on the same day. The maximum temperature on the surface of the resorption cavity and the corresponding area on the control half was recorded using the thermocouple.



**Figure 1.** A, the test apparatus designed to prepare the internal resorption cavity with precise remaining dentin thickness; B, the resorption cavity that prepared using the apparatus; C, the test setup where measurement is made by using thermocouple.

## Statistical Analysis

The Shapiro-Wilk test confirmed that the data were followed a normal distribution. For each dentin thickness, a paired samples t-test was conducted to compare the temperature differences between the surface with the resorptive cavity and the control surface. To determine whether significant differences existed in the temperatures transmitted outside the root among the three different dentin thicknesses, a one-way ANOVA was performed with a 95% confidence level. All analyses were conducted using SPSS software (SPSS Inc, Chicago, IL).

## RESULTS

The maximum temperature values recorded in this in vitro study were 35.6 °C for a remaining dentin thickness of 0.4 mm on resorption cavities, 34.4 °C for 0.7 mm, and 34.2 °C for 1 mm. The temperature differences between the resorptive surface and the control surface were statistically significant across all three thickness groups (Groups 1, 2, and 3) ( $p = 0.002$ , 0.014, and 0.023, respectively). In all groups, the mean maximum temperatures recorded on the control surface were lower than those on the resorptive surface. The

mean maximum temperature values recorded at the root surface for the different dentin thickness groups are presented in Table 1. No statistically significant difference was observed among the groups regarding the mean maximum temperature values reached on the root surface

**Table 1.** The mean and standard deviation of the maximum temperature values recorded on root surfaces with varying remaining dentin thicknesses.

| Dentin Thickness  | Mean Max. Temperature | Std. Deviation | n  | p     |
|-------------------|-----------------------|----------------|----|-------|
| Group 1 ( 0.4 mm) | 32.35                 | 2.29           | 10 | 0.437 |
| Group 2 ( 0.7 mm) | 31.02                 | 3.02           | 10 |       |
| Group 3 ( 1 mm)   | 30.90                 | 2.80           | 10 |       |

## DISCUSSION

Studies have demonstrated that internal resorption cases and root canal irregularities are sealed more effectively using warm thermoplastic filling techniques compared to the cold lateral condensation (5-7). However, the use of heat in thermoplasticized root canal obturation techniques to enhance the flowability of gutta-percha can result in an increase in temperature at the root surface (9-12, 14-17). A temperature rise exceeding 10 degrees at the root surface is a concern in root canal treatment, as it may lead to pathological changes in the periodontal tissues (13). This study examined the temperature variations transmitted outside the root in internal resorption cavities with three different dentin thicknesses. In all groups with varying dentin thicknesses, the temperature transmitted outside the root was found to be higher than that in the control group, which lacked an internal resorption cavity. These findings suggest that the presence of an internal resorption cavity increases the temperature transmitted outside the root during thermoplastic filling techniques. Although the mean maximum temperature transmitted outside the root appeared to increase as the dentin thickness decreased, no statistically significant differences were observed among the different dentin thicknesses. Lipski (2006) evaluated the temperature rise on the root surface during root canal filling with injectable warm gutta-percha, reporting that mandibular central incisors exhibited a temperature increase three times higher than that of maxillary central incisors (11). Two additional studies on this subject observed that while the temperature rises in maxillary incisor teeth remained below the critical threshold, those in mandibular central incisor teeth exceeded the critical threshold of 10 °C (15, 17). This

difference was attributed to the thinner dentin in mandibular central incisors compared to maxillary central incisors and canines. In our study, although an increase in the temperatures transmitted to the root surface was observed as dentin thickness decreased, no statistically significant differences were found between the groups. These findings align with studies demonstrating that thinner dentin facilitates greater temperature transmission during thermoplastic filling procedures. Ulusoy et al. (2015) compared the temperature values transmitted outside the root in teeth with internal resorption using three different root canal filling methods. They reported higher temperature values in resorbed teeth within the group where the thermoplasticized injectable gutta-percha method (Obtura II) was used, compared to those without a resorption cavity (9). Their findings align with the result of this study. Additionally, they reported that the temperature transmitted outside the root using this method exceeded the critical threshold of 10 °C. Similarly, in our study, the maximum temperature values reached approximately 36 °C during experiments conducted at a room temperature of around 22 °C, surpassing the critical threshold. One limitation of this study is that the experiments were conducted at room temperature, which may have influenced or moderated the recorded temperatures. Additionally, a finite element analysis study (18) demonstrated that in models without blood flow, the temperatures transmitted outside the root canal were higher compared to models with blood flow. The lack of simulation for the surrounding periodontal ligament and blood flow in our study suggests that the recorded temperature increases may not fully represent clinical reality. Consequently, these limitations may impact the validity of the temperature data in terms of clinical applications. Future research should consider utilizing models that account for the effects of the periodontal ligament and blood flow, and body temperature.

## CONCLUSION

The findings indicated that the presence of an internal resorption cavity significantly increased the temperature transmitted outside the root, regardless of the remaining dentin thickness. Although a trend of higher temperature transmission with decreasing dentin thickness was observed, no statistically significant differences were detected among the groups in terms of maximum temperature values. These results suggest that while thermoplastic filling techniques are effective for achieving adequate obturation in cases of IRR, clinicians should exercise caution regarding potential temperature increases that may negatively impact periodontal tissues.

## Acknowledgement

This study was supported by the Ordu University Scientific Research Funding (project no: AR-1666).

## REFERENCES

1. Patel S, Ricucci D, Durak C, Tay F. Internal root resorption: a review. *J Endod.* 2010;36(7):1107-1121.
2. Wedenberg C, Zetterqvist L. Internal resorption in human teeth--a histological, scanning electron microscopic, and enzyme histochemical study. *J Endod.* 1987;13(6):255-259.
3. Dobrzańska J, Dobrzański LB, Dobrzański LA, Gołombek K, Dobrzańska-Danikiewicz AD. (2021). Is Gutta-Percha Still the "Gold Standard" among Filling Materials in Endodontic Treatment? *Processes.* 2021;9(8):1467.
4. Vishwanath V, Rao HM. Gutta-percha in endodontics - A comprehensive review of material science. *J Conserv Dent.* 2019;22:216-22.
5. Kulild J, Lee C, Dryden J, Collins J, Feil P. A comparison of 5 gutta-percha obturation techniques to replicate canal defects. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;103(1):e28-e32.
6. Gencoglu N, Yildirim T, Garip Y, Karagenc B, Yilmaz H. Effectiveness of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities. *Int Endod J.* 2008;41:836-42.
7. Keles A, Ahmetoglu F, Uzun I. Quality of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities: a micro-computed tomography study. *Aust Endod J.* 2014;40(3):131-135.
8. Zhou X, Chen Y, Wei X, Liu L, Zhang F, Shi Y, Wu W. Heat transfers to periodontal tissues and gutta-percha during thermoplasticized root canal obturation in a finite element analysis model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;110:257-263.
9. Ulusoy ÖI, Yılmazoğlu MZ, Görgül G. Effect of several thermoplastic canal filling techniques on surface temperature rise on roots with simulated internal resorption cavities: an infrared thermographic analysis. *Int Endod J.* 2015;48(2):171-176.
10. Diegritz C, Gerlitzki O, Fotiadou C, Folwaczny M. Temperature changes on the root surface during application of warm vertical compaction using three different obturation units. *Odontol.* 2020;108(3):358-365.

- 11.**Lipski M. In vitro infrared thermographic assessment of root surface temperatures generated by high temperature thermoplasticized injectable guttapercha obturation technique. *J Endod.* 2006;32(5):438-441.
- 12.** Beraldo DZ, Pereira KFS, Yoshinari FMS, Pinto JOP, de Abreu Mateus TH, Zafalon EJ. Temperature changes on external root surfaces with the use of several thermoplastic filling techniques. *J Endod.* 2016;42(7):1131-1134.
- 13.** Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury vital-microscopic study in the rabbit. *J Prost Dent.* 1983;50:101-107.
- 14.** Lipski, M. Root surface temperature rises in vitro during root canal obturation with thermoplasticized gutta-percha on a carrier or by injection. *J Endod.* 2004;30(6):441-443.
- 15.**Lipski M. Root surface temperature rises during root canal obturation, in vitro, by the continuous wave of condensation technique using System B HeatSource. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;99(4):505-510.
- 16.** Al-Shimari SAT, Al-Nuaimi NE. Elevation in surface temperature of root canals obturated with different thermoplasticized gutta-percha obturation techniques-an in vitro study. *J Bagh Coll Dentistry.* 2014;26(1):67-70.
- 17.** Lee FS, Van Cura JE, BeGole E. A comparison of root surface temperatures using different obturation heat sources. *J Endod.* 1998;24(9):617-620.
- 18.** Cen R, Wang R, Cheung GSP. Periodontal Blood Flow Protects the Alveolar Bone from Thermal Injury during Thermoplasticized Obturation: A Finite Element Analysis Study. *J Endod.* 2018;44(1):139-144.

## Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi İle Doğrulanmış Olağandışı Üst Birinci Büyük Azı Dişin Endodontik Tedavisi: Olgu Sunumu

### Endodontic Treatment of An Unusual Upper First Molar Confirmed By Cone Beam Computed Tomography: Case Report

#### ÖZ

Kök kanal tedavisinin başarılı olabilmesi için kök kanal sisteminden enfekte pulpa dokusunun tamamen çıkarılması gerekmektedir. Tedavisi yapılacak dişin anatomisi ve olası varyasyonlarını bilmek başarı elde etmek için en temel faktörlerden biridir. Üst çene birinci büyük azı dişlerinin kanal ve kök morfolojileri her zaman tipik değildir. Dişlerin morfolojilerindeki anomaliler her zaman kök sayısının fazlalığı ya da azlığı şeklinde olmayıp aynı zaman da kanal sayısının azlığı ve fazlalığı şeklinde de görülebilmektedir. İşlem öncesi tanı için alınan radyografide bir anomaliden şüphelenilen dişler farklı açılardan alınan periapikal radyografilere ve özellikle de konik ışınlı bilgisayarlı tomografi gibi ileri görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç duymaktadır.

**Sonuç:** Bu vaka raporunun amacı endodontik tedavi sırasında üst birinci büyük azı dişinde tespit edilen olağandışı anatomiyi tanımlamaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Eksternal Anatomi, İnternal Anatomi, Üst Birinci Büyük Azı Dişi, Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi, Kök Kanal Tedavisi.

#### ABSTRACT

For the successful outcome of root canal treatment, it is crucial to entirely eliminate the infected pulpal tissue from the root canal system. Understanding the anatomy of the tooth to be treated and its potential variations is one of the fundamental factors for achieving success. The canal and root morphologies of maxillary first molars are not always typical. Anomalies in the morphology of teeth can manifest not only as an increased or decreased number of roots but also as variations in the number of canals. Teeth suspected of having anomalies, as observed in the preoperative diagnostic radiographs, may require periapical radiographs taken from different angles and, especially, advanced imaging methods such as cone-beam computed tomography for further evaluation.

**Conclusion:** This case report aims to describe the unusual anatomy identified in the maxillary first molar during endodontic treatment.

**Key Words:** External Anatomy, Internal Anatomy, Maxillary First Molar, Cone Beam Computed Tomography, Root Canal Treatment.

Didem Seda GÜLTEKİN<sup>1</sup>

ORCID: 0000-0002-0497-9944

Funda Kont ÇOBANKARA<sup>2</sup>

ORCID: 0000-0003-3031-0790

<sup>1</sup>T.C. Sağlık Bakanlığı,  
Konya İl Sağlık Müdürlüğü,  
Beyhekim A.D.S.M.,  
Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi,  
Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD,  
Konya, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 27.11.2024

Kabul tarihi / Accepted: 01.03.2025

**İletişim Adresi /Corresponding Address:**

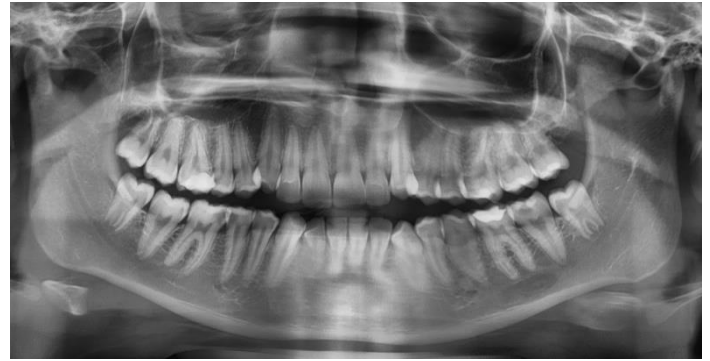
Didem Sena GÜLTEKİN  
T.C. Sağlık Bakanlığı, Konya İl Sağlık Müdürlüğü  
Beyhekim A.D.S.M.  
Konya, Türkiye  
E-mail: didemsedagultekin@gmail.com

Başarılı bir kök kanal tedavisi yapabilmek için kök kanal sisteminin tamamının yeterli bir şekilde temizlenmesi, şekillendirilmesi ve sızdırmaz olarak doldurulması gerekmektedir. Bütün bu tedavi aşamalarının doğru ve eksiksiz uygulanabilmesi için dişlerin eksternal ve internal anatomilerinin ve bunların varyasyonlarının iyi bilinmesi gerekmektedir. Kök kanal sistemi içerisinde gözden kaçırılan ve dolayısı ile tedavisi yapılmayan her alan, başarısız endodontik tedavilerin en sık karşılaşılan nedenlerinden biridir (1). Fazladan kök ve kanal, daha az sayıda kök ve kanal, isthmus, lateral kanal, apikal delta ve ramifikasyon varlığı neredeyse tüm diş gruplarında gösterilmiştir (2-4). Daimi maksiller birinci büyük azı dişi de hem kök sayısı hem de kökte bulunan kanal sayısı açısından en çok varyasyon gösteren dişlerden biridir ve bu durum endodontik tedavisinin yönetimini zorlaştırmaktadır (5, 6). Daimi maksiller birinci büyük azı dişi, üç kök (mezyobukkal, distobukkal, palatinal) ve dört kök kanalı (mezyobukkal kökte iki diğer köklerde birer kök kanalı) ile tanımlanmaktadır. Mezyobukkal kökte ikinci bir kanal bulunma sıklığını %18 -%96.1 gibi geniş aralıkta gösteren çalışmalar mevcuttur. (7-9).

2022 yılında yayınlanan bir derlemede Vertucci sınıflamasına göre konfigürasyon farklılıkları göstermekle birlikte, mezyobukkal kökte ikinci bir kök kanalı bulunma oranı %68.2 olarak bildirilmiştir (10).

2021 yılında yayınlanan ve Türk popülasyonunda maksiller büyük azı dişlerin kök ve kanal anatomisini inceleyen bir çalışmada ise mezyobukkal kökte ikinci bir kök kanalı bulunma oranı %79.34 olarak gösterilmiştir (11). Literatür incelemesi yapıldığında ise bu anatomik tanımlamanın dışına çıkan çeşitli varyasyonların varlığı görülmektedir. Bu diş ile ilgili tek (12, 13), iki (14-16), dört (17), beş (18) köklü, altı (19), yedi (20), sekiz (21) kanallı ve C şekilli kanal formu (22, 23) gösteren bir çok vaka raporu mevcuttur. Ancak daimi maksiller birinci büyük azı dişinde kök ve kanal sayısının fazlalığı daha çok tanımlanmışken kök ve kanal sayısının azlığına daha nadir rastlanmaktadır (24, 25). Bu vaka raporunun amacı nadir görülen kök kanal morfolojisine sahip daimi maksiller birinci büyük azı dişinin hem morfolojisini hem de başarılı endodontik tedavisini tanımlamaktır.

16 yaşında sistemik olarak sağlıklı kadın hasta, sağ üst çenesinde şiddetli ve sürekli devam eden ağrı şikayeti ile Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti bölümüne başvurdu. Ekstraoral bulguları normal olan hastanın 16 numaralı dişinde daha önceden yapılan bir amalgam restorasyon olduğu görüldü. İlgili dişe Endo-Ice (Henry Schein, ABD) ile yapılan soğuk testi, yoğun ve kalıcı bir ağrıya neden oldu. Diş perküsyona karşı hassas değildi ve periodontal muayene sonucunda herhangi bir patolojik cep ve mobilite görülmedi. Radyolojik muayenede ise restorasyonun derin olduğu ancak dişin apikalinde herhangi bir patoloji olmadığı tespit edildi (Şekil 1).



Şekil 1. Hastanın panoramik radyografisi.

Tüm bu klinik ve radyolojik bulgular ışığında 16 numaralı dişe semptomatik irreversibl pulpitis teşhisi kondu kök kanal tedavisi yapılması planlandı. Lokal anestezi solüsyonla (Ultracain DS forte, Sanofi-Aventis, Frankfurt, Almanya) yapılan infiltratif anestezi sonrası, eski amalgam restorasyon tamamen kaldırılarak giriş kavitesi açıldı. Pulpa odası tabanında beklenenden farklı olarak biri bukkalde diğeri ise palatinalde olan iki kanal ağzı bulundu. Pulpa odasının tabanı daha fazla incelendiğinde başka kanal ağzının olmadığı gözlemlendi.

Kök kanallarının çalışma boyu elektronik apeks bulucu (Dentaport-ZX, Morita, Tokyo, Japonya) ile belirlendi ve radyografik olarak doğrulandı (Şekil 2a). Kök kanallarının şekillendirilmesi Revo-S (Micro-Mega, Besançon, Cedex, Fransa) nikel titanyum eğelerle apikal çap AS40 olacak şekilde tamamlandı ve her eğe değişiminde %5.25'lik NaOCl (İmident, Konya, Türkiye) solüsyonu ile irrigasyon yapıldı.



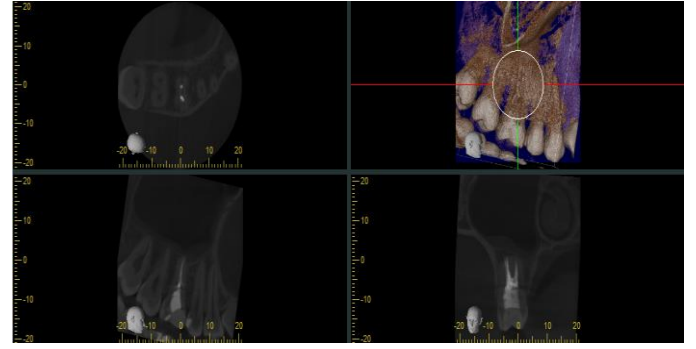
**Şekil 2a.** Çalışma boyunu belirlemek için el aletleri ile alınan periapikal radyografi.

Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında bukkal kanalın apikaline doğru eğilim farklı yönlerde doğru hareket ettiği fark edildi ve şekillendirme bu durum dikkate alınarak tamamlandı. Farklı açılarla röntgen alındı ancak bukkal kanalın apikalindeki ayrılma süperpozisyon nedeni ile gösterilemedi. Şekillendirme tamamlandıktan sonra %17'lik EDTA (İmident, Konya, Türkiye) ile final irrigasyon yapıldı. Daha sonra döner alete uyumlu açılı güta-perka kon ve AH-Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kök kanal patı ile soğuk lateral kondensasyon tekniğiyle kök kanallarının dolumu tamamlandı (Şekil 2b). Dış kompozit rezin (Kerr Herculite Classic, Romulus MI, ABD) dolgu materyali ile restore edildi.

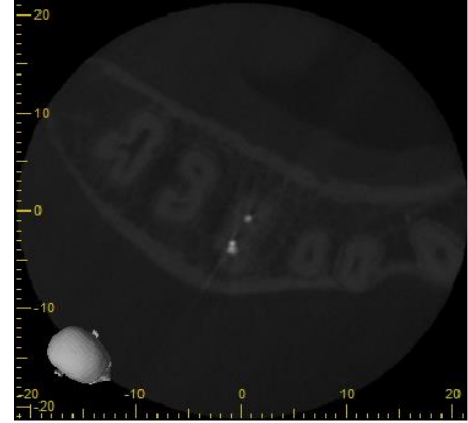


**Şekil 2b.** Kök kanal tedavisi ve restorasyonu tamamlanmış dişin periapikal radyografisi.

Tedaviden bir ay sonra hasta kontrole çağırıldı. Kök kanal konfigürasyonunu doğrulamak için konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) alındı (Şekil 3a). Alınan KIBT'de dişin bukkal ve palatinal olmak üzere iki ayrı köke sahip olduğu, palatinal kanalda tek bir kök kanalı mevcutken bukkal kökün kanal ağzından tek bir kök kanalı olarak başlayıp yaklaşık olarak apikal 1/3'lük kısımda biri bukkalde diğeri ise palatinalde olmak üzere iki ayrı kök kanalı olarak sonlandığı belirlendi (Şekil 3b ve 3c).



**Şekil 3a.** 16 numaralı dişin çeşitli kesitlerde konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntüsü.



**Şekil 3b.** 16 numaralı dişin konik ışınli bilgisayarlı tomografiden elde edilen aksiyal kesiti.



**Şekil 3c.** 16 numaralı dişin konik ışınli bilgisayarlı tomografiden elde edilen sagittal kesiti.

## TARTIŞMA

Kök kanal tedavisi, endodontik apikal cerrahi ve planlanmış replantasyon işlemlerini başarılı bir şekilde yapabilmek için kök kanal anatomisini bilmek son derece önemlidir. Kök kanal anatomisi için endodontik literatürde en çok kullanılan sınıflamalar Weine (26) ve Vertucci'nin (3) yaptığı sınıflamalardır. Mevcut vakada 16 numaralı diş Weine sınıflamasına göre Tip III olarak kabul edilirken, bukkal kanalın apikalindeki dallanma

Tip IV ile tarif edilebilmektedir. Vertucci sınıflamasına göre ise 16 numaralı diş Tip IV olarak kabul edilirken bukkal kanal Tip V olarak kabul edilir. Ancak her iki sınıflama da mevcut vakayı tarif ederken karmaşıklık yarattığından Versiani ve ark. 2017 yılında yaptıkları çalışma sonucu ortaya çıkan sınıflamaya göre kök kanal konfigürasyonunu tanımlamak çok daha anlaşılır olacaktır (27). Bu sınıflamaya göre sunulan vakadaki diş,  $^{216} B^{1-2} P^1$  şeklinde daha iyi tanımlanmaktadır. Köklerde normal olarak tanımlanan anatomiden daha az sayıda kök gelişmesine neden olan füzyonun, sürekli sement birikmesi ya da Hertwig epitalyal kılıfının furkasyon bölgesinde oluşmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir (28). Maksiller azı dişlerindeki kök füzyonu sıklıkla iki ya da daha fazla kökün kısmi/tam füzyonu gibi farklı füzyon şekilleri gösterebilmektedir. Martin ve ark.'nın 2016 yılında yaptıkları çalışma (29) geliştirilerek maksiller büyük azı dişlerin köklerinde 10 füzyon tipi görülebileceği belirtilmiştir (11):

Tip 1 füzyon, mezyobukkal ve distabukkal kökler arasındaki füzyonu,

Tip 2 füzyon, mezyobukkal ve palatinal kökler arasındaki füzyonu,

Tip 3 füzyon, distobukkal ve palatinal kökler arasındaki füzyonu,

Tip 4 füzyon, mezyobukkal ve distabukkal kökler arasındaki füzyona ek olarak mezyobukkal/distobukkal kökün palatinal kökle füzyonu,

Tip 5 füzyon, palatinal kökün hem mezyobukkal hem de distobukkal kökleri ile füzyonu,

Tip 6 füzyon, palatinal kökün mezyobukkal ve distobukkal köklerle füzyonu sonucu konik şekilli bir kök oluşması,

Tip 7 füzyon, mezyobukkal, distobukkal ve palatinal köklerin eşit derecede füzyonu ile üç yapraklı yonca görünümlü kök oluşması,

Tip 8 füzyon, mezyobukkal, distobukkal ve palatinal köklerin füzyonu ile kütle şeklinde tek bir kök oluşması,

Tip 9 füzyon, kök yüzeyinde oluk gibi herhangi bir füzyon belirtisi görülmeden palatinal kökle benzer büyüklükte tek bir bukkal kök oluşması,

Tip 10 füzyon, herhangi bir sınıflamaya uymayan, olağan dışı bir anatomi oluşması olarak

tanımlanmaktadır (Şekil 3a). Mevcut vakada da KIBT ile elde edilen kesitlerden yola çıkarak Tip 6 füzyon tanımlamasına uyan bir kök kanal konfigürasyonu görülmektedir (29). (Şekil 3b) Maksiller birinci azıların toplam %0,4'ünün bu anomaliye sahip olduğu rapor edilmiştir (28). Maksiller büyük azı dişlerde görülen füzyon oranlarını ve tiplerini inceleyen başka bir çalışmada ise Tip 6 füzyonun hiç görülmeyeceği bildirilmiştir (11). Bu vaka raporu ile Türk popülasyonunda maksiller birinci azı dişte son derece nadir görülen bir kök kanal konfigürasyonu bildirilmektedir. Kök kanal tedavisi yapılan dişlerin eksternal ve internal anatomilerini tanımlamak için yapılan klinik ve laboratuvar çalışmaları, çekilmiş dişlerde boyama ve temizleme, endoskopik görüntüleme, radyografik görüntüleme, KIBT ve mikro bilgisayarlı tomografi (mikro BT) ile görüntüleme gibi teknikler kullanılmaktadır (30, 31). Ayrıca yayınlanan vaka raporlarının toplanması sayesinde de veriler elde edilebilmektedir (32). Yüksek doğruluk seviyesi ve geniş veri sunması nedeniyle KIBT ve mikro BT kullanarak yapılan çalışmalar kök kanal anatomisi çalışmalarında altın standart olarak kabul edilmektedir (30). KIBT ve mikro BT kullanılarak yapılan derlemeler ve retrospektif çalışmalar kök kanal anatomileri ve bunların varyasyonları hakkında doğru bilgi vermektedir. Ancak inceleme yapılan popülasyona bağlı olarak incelenen dişle ilgili ortaya çıkan sonuçlar çok çeşitli olmaktadır (11). Literatür incelemesi yapıldığında, Türk popülasyonunda maksiller büyük azı dişlerde görülen füzyonlarla ilgili yapılan çalışma sayısının maksiller ikinci büyük azı, mandibular birinci ve ikinci büyük azılara göre daha az olduğu görülmektedir. Son derece nadir görülen bir anomali olan mevcut vakanın, hem Türk popülasyonunda maksiller büyük azı dişlerinde görülen anomali oranlarının değerlendirildiği çalışmalara hem de kapsamlı ve güçlü sonuçlar çıkaran meta analizlere veri kaynağı oluşturarak literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Böyle bir anomali tespit edildiğinde kontralateral diştan radyografi almanın da yararlı olacağını bildiren araştırmacılar da mevcuttur (12). Yapılan bir çalışma kök ve kanal morfolojilerinin %70-%81 oranında simetrik olduğunu belirtmiştir (33). Mevcut vakanın teşhis panoramik filminde de 26 numaralı diş, ilgili dişe benzer eksternal anatomi göstermektedir. Endodontik tedavi yapılacak dişin teşhis filminde herhangi bir anormal anatomiden şüphelenildiğinde farklı açılardan alınan periapikal radyografiler durumun kesinleştirilmesinde yardımcı olabilmektedir (9). Kök kanalındaki pulpa boşluğu genişliğinin aniden daralması ya da genişlemesi, ek bir kanal ya da furkasyon varlığını düşündürmelidir. Ancak radyografiler ile kısıtlı görüntü elde edildiğinden KIBT ile elde edilen üç boyutlu görüntüler, tanı ve tedavi planlamasının en doğru bir şekilde yapılmasını

sağlamaktadır (34). Prosedürel hataların da ortadan kaldırılması için preoperatif KIBT alınması son derece önemlidir ancak mevcut vakada tedavi yapılan merkezde tomografi cihazı bulunmadığından KIBT görüntüleri bir ay sonraki kontrol seansında alınarak tespit edilen durum doğrulanmıştır. Endodontik giriş kavitesi açıldığında pulpa odası tabanının ve duvarlarının dikkatli incelenmesi ve kök kanal girişlerinin doğru saptanması da morfolojinin tam olarak belirlenmesinde yardımcı olabilmektedir (35). Ancak endodontik giriş kavitesinin yanlış açılması, pulpa tabanı, çürük dentin ve pulpa taşı gibi yapıların tam kaldırılmaması ya da kök kanal ağzına ulaşmayı engelleyen daha önceden var olan restorasyonların tam uzaklaştırılmaması, kök kanal girişlerinin ve varsa ekstra kök kanal girişlerinin gözden kaçırılmasına neden olmaktadır. Döner alet eğe üreten çeşitli firmaların geliştirmiş olduğu, kök kanal ağzlarının genişletilmesine yardımcı eğeler ile pulpa odası tabanının kontrol edilmesi, %1'lik metilen mavisi kullanılması, kanama odaklarının incelenmesi ekstra kök kanalının yerinin tespitinde önemli birer yardımcıdır. Ayrıca pulpa odası tabanı incelenirken uygun aydınlatma ve dental loupe ya da operasyon mikroskobu gibi büyütme sistemlerinin kullanılması klinisyen için son derece faydalı olacaktır (36). Mevcut vakada herhangi bir büyütme sistemi kullanılmamış, uzun şaftlı karbit rond frez yardımı ile kök kanal ağzları ortaya ortaya çıkarılmış, doğrudan görüş yöntemi ile iki kök kanal ağzı varlığı tespit edilmiştir. Kök kanal sayısının normal anatomiye göre daha az olduğu anatomik varyasyonlarda ise pulpa odası tabanının dikkatli incelenmemesi nedeni ile kök kanal girişleri aranırken gereksiz dentin dokusu kaldırılması ile periservikal dentin miktarı azalmakta ve bu durum tedavi sonrasında dişin direncini düşürerek kırılmaya yatkın hale gelmesine sebep olmaktadır. Modern endodontik tedavinin geliştirilmesi ile klinik pratiğine kazandırılmış olan piezoelektrik cihazların ultrasonik uçlarının kullanımı da hem gereksiz doku kaldırılmasını engellemekte hem de gizli kanal ağzlarının açılmasını sağlamaktadır (37). Ancak mevcut vakada pulpa odası tavanı ve kanamalı pulpa dokusu ortadan kaldırıldıktan sonra biri bukkalde diğeri ise palatinalde iki kök kanal ağzı varlığı tespit edilmiş ve alınan farklı açılı radyografiler yardımı ile dişin iki kök kanalına sahip olduğu doğrulanmıştır. Mekanik şekillendirme ve kök kanallarının irrigasyonundan sonra kök kanal ağzları daha net bir şekilde görülmüş, ekstra bir kanama odağı ya da pulpa odası tabanında ekstra bir kök kanal varlığına işaret eden bir renk değişikliği gözlenmediğinden ultrasonik uçların kullanımına ihtiyaç duyulmamıştır. Etkili bir endodontik tedavi için kök kanal sisteminin internal ve eksternal anatomisi ve olası varyasyonları hakkında yeterli bilgi sahibi olunmalıdır. Var olan durumun

tespiti için klinik muayene ve radyolojik inceleme dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Son yıllarda diş hekimliği pratiğinde kullanımı oldukça artan KIBT'nin preoperatif kullanımı teşhis ve tedavi planlamasının en doğru şekilde yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca tedavi sırasında dental operasyon mikroskobu, loupe ve aydınlatma sistemlerinin kullanımı ve klinik rehberlere uyarak tedavinin tamamlanması klinisyenin işini kolaylaştırmakta, tedavi sonucunu olumlu olarak etkilemektedir.

## KAYNAKLAR

1. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *Eur J Dent.* 2016;10(01):144-7.
2. Ahmed H, Hashem A. Accessory roots and root canals in human anterior teeth: a review and clinical considerations. *Int Endod J.* 2016;49(8):724-36.
3. Vertucci F, Seelig A, Gillis R. Root canal morphology of the human maxillary second premolar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974;38(3):456-64.
4. Hashem AAR, Ahmed HMA. Endodontic management of a mandibular first molar with unusual canal morphology. *Eur Endod J.* 2017;2(1):1.
5. Pallarés-Serrano A, Glera-Suarez P, Tarazona-Alvarez B, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. Prognostic factors after endodontic microsurgery: a retrospective study of 111 cases with 5 to 9 years of follow-up. *J Endod.* 2021;47(3):397-403.
6. Briseño-Marroquín B, Paqué F, Maier K, Willershausen B, Wolf TG. Root canal morphology and configuration of 179 maxillary first molars by means of micro-computed tomography: an ex vivo study. *J Endod.* 2015;41(12):2008-13.
7. Kulid JC, Peters DD. Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars. *J Endod.* 1990;16(7):311-7.
8. Buhrlay LJ, Barrows MJ, BeGole EA, Wenckus CS. Effect of magnification on locating the MB2 canal in maxillary molars. *J Endod.* 2002;28(4):324-7.
9. Gopikrishna V, Bhargavi N, Kandaswamy D. Endodontic management of a maxillary first molar with a single root and a single canal diagnosed with the aid of spiral CT: a case report. *J Endod.* 2006;32(7):687-91.

10. Barbhai S, Shetty R, Joshi P, Mehta V, Mathur A, Sharma T, et al. Evaluation of root anatomy and canal configuration of human permanent maxillary first molar using cone-beam computed tomography: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(16):10160.
11. Aydin H. Analysis of Root and Canal Morphology of Fused and Separate Rooted Maxillary Molar Teeth in Turkish Population. *Niger J Clin Pract*. 2021;24(3):435-42.
12. Cobankara FK, Terlemez A, Orucoglu H. Maxillary first molar with an unusual morphology: report of a rare case. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008;106(6):e62-e5.
13. Shin Y, Kim Y, Roh B-D. Maxillary first molar with an O-shaped root morphology: report of a case. *Int J Oral Sci*. 2013;5(4):242-4.
14. Kumar R. Report of a rare case: a maxillary first molar with seven canals confirmed with cone-beam computed tomography. *Iran Endod J*. 2014;9(2):153.
15. Shakouie S, Mokhtari H, Ghasemi N, Gholizadeh S. Two-rooted maxillary first molars with two canals: a case series. *Iran Endod J*. 2013;8(1):29.
16. Fava LRG. Root canal treatment in an unusual maxillary first molar: a case report. *Int Endod J*. 2001;34(8):649-53.
17. Schryvers A, Govaerts D, Politis C, Lambrechts P. Endodontic management of a maxillary first molar with two palatal roots: A case report. *Aust Endod J*. 2019;45(3):420-5.
18. Barbizam JVB, Ribeiro RG, Tanomaru Filho M. Unusual anatomy of permanent maxillary molars. *J Endod*. 2004;30(9):668-71.
19. Albuquerque DV, Kottoor J, Dham S, Velmurugan N, Abarajithan M, Sudha R. Endodontic management of maxillary permanent first molar with 6 root canals: 3 case reports. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010;110(4):e79-e83.
20. Rodrigues E, Braitt AH, Galvão BF, da Silva EJNL. Maxillary first molar with 7 root canals diagnosed using cone-beam computed tomography. *Restor Dent Endod*. 2017;42(1):60-4.
21. Kottoor J, Velmurugan N, Surendran S. Endodontic management of a maxillary first molar with eight root canal systems evaluated using cone-beam computed tomography scanning: a case report. *J Endod*. 2011;37(5):715-9.
22. Yılmaz Z, Tuncel B, Serper A, Calt S. C-shaped root canal in a maxillary first molar: a case report. *Int Endod J*. 2006;39(2):162-6.
23. Martins JN, Quaresma S, Quaresma MC, Frisbie-Teel J. C-shaped maxillary permanent first molar: a case report and literature review. *J Endod*. 2013;39(12):1649-53.
24. Liu J, Que K-H, Xiao Z-H, Wen W. Endodontic management of the maxillary first molars with two root canals: A case report and review of the literature. *World J Clin Cases*. 2019;7(1):79.
25. Tzeng L-T, Chang M-C, Chang S-H, Huang C-C, Chen Y-J, Jeng J-H. Analysis of root canal system of maxillary first and second molars and their correlations by cone beam computed tomography. *J Formos Med Assoc*. 2020;119(5):968-73.
26. Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1969;28(3):419-25.
27. Ahmed H, Versiani M, De-Deus G, Dummer P. A new system for classifying root and root canal morphology. *Int Endod J*. 2017;50(8):761-70.
28. Zhang Q, Chen H, Fan B, Fan W, Gutmann JL. Root and root canal morphology in maxillary second molar with fused root from a native Chinese population. *J Endod*. 2014;40(6):871-5.
29. Martins JN, Mata A, Marques D, Caramês J. Prevalence of root fusions and main root canal merging in human upper and lower molars: a cone-beam computed tomography in vivo study. *J Endod*. 2016;42(6):900-8.
30. Ahmed HMA. A critical analysis of laboratory and clinical research methods to study root and canal anatomy. *Int Endod J*. 2022;55:229-80.
31. Alnowailaty Y, Alghamdi F. The prevalence and location of the second mesiobuccal canals in maxillary first and second molars assessed by cone-beam computed tomography. *Cureus*. 2022;14(5).
32. Kottoor J, Albuquerque D, Velmurugan N, Kuruvilla J. Root anatomy and root canal configuration of human permanent mandibular premolars: a systematic review. *Anat Res Int*. 2013;2013(1):254250.
33. Plotino G, Tocci L, Grande NM, Testarelli L, Messineo D, Ciotti M, et al. Symmetry of root and root canal morphology of maxillary and mandibular molars in a white population: a cone-beam computed tomography study in vivo. *J Endod*. 2013;39(12):1545-8.

- 34.** Fayad MI, Nair M, Levin MD, Benavides E, Rubinstein RA, Barghan S, et al. AAE and AAOMR joint position statement: use of cone beam computed tomography in endodontics 2015 update. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 2015;120(4):508-12.
- 35.** Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics.* 2005;10(1):3-29.
- 36.** Yang Y-M, Guo B, Guo L-Y, Yang Y, Hong X, Pan H-Y, et al. CBCT-aided microscopic and ultrasonic treatment for upper or middle thirds calcified root canals. *Biomed Res Int.* 2016;2016.
- 37.** Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod.* 2007;33(2):81-95.