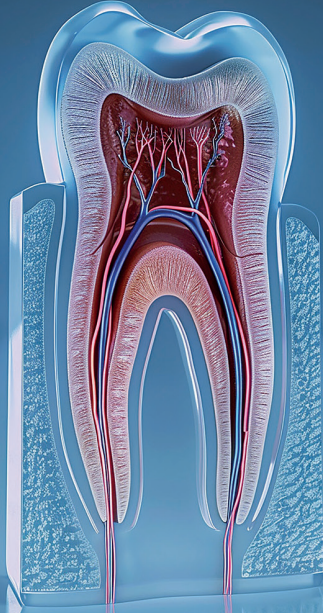


Ekim 2025

DİŞ HEKİMLİĞİ

**ALANINDA ULUSLARARASI AKADEMİK
ARAŞTIRMA VE ÇALIŞMALAR**



EDİTÖRLER

DOÇ. DR. BİLAL EGE

DOÇ. DR. NESLİHAN YILMAZ ÇIRAKOĞLU

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Ekim 2025

ISBN • 978-625-5737-83-0

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

DİŞ HEKİMLİĞİ

ALANINDA ULUSLARARASI AKADEMİK ARAŞTIRMA VE ÇALIŞMALAR

EKİM 2025

EDİTÖRLER

DOÇ. DR. BİLAL EGE
DOÇ. DR. NESLİHAN YILMAZ ÇIRAKOĞLU

İÇİNDEKİLER

DİŞ HEKİMLİĞİNDE DİJİTAL GÜLÜŞ TASARIMI

<i>Özgül Alver</i>	1
<i>Ayşegül Kurt</i>	1

DİŞ HEKİMLİĞİNDE RENK VE RENK BELİRLEME YÖNTEMLERİ

<i>Onur Doğan DAĞ</i>	17
<i>Göknıl ALKAN DEMETOĞLU</i>	17

GERİATRİK ENDODONTİ: YAŞLI HASTA GRUBUNDA KÖK KANAL TEDAVİSİ

<i>Esra ARILI ÖZTÜRK</i>	33
--------------------------------	----

ENDODONTİDE MTA KULLANIMLARI

<i>Elif BAŞTUĞ GÜVEN</i>	45
--------------------------------	----



DİŞ HEKİMLİĞİNDE DİJİTAL GÜLÜŞ TASARIMI

“ ”

Özgül Alver¹
Ayşegül Kurt²

1 Araştırma Görevlisi, Trakya Üniversitesi, ORCID: 0009-0000-2054-2526

2 Doç. Dr., Trakya Üniversitesi, ORCID: 0000-0003-2775-3179

GİRİŞ

Estetik diş hekimliği, yalnızca fonksiyonun yeniden kazandırılmasıyla sınırlı kalmayıp, bireylerin sosyal ve psikolojik açıdan tatmin edici bir gülüşe sahip olmasını da amaçlamaktadır. Gülüşün iletişimde ve estetik algıda oynadığı rol, estetik diş hekimliği uygulamalarının hızla gelişmesini sağlamış, bu alanda dijital teknolojilerin kullanılmasına zemin hazırlamıştır (Thomas et al., 2022). Bu doğrultuda geliştirilen Dijital Gülüş Tasarımı programları, hasta ve hekim arasında şeffaf iletişim kurulmasına ve daha öngörülebilir klinik sonuçlara ulaşılmasına imkân tanımaktadır (Macris, Drafta, Martiniuc, & Petre, 2025).

Dijital Gülüş Tasarımının Amacı

Dijital gülüş tasarımının temel amacı, diş, dudak ve yüz estetiğini bütüncül bir yaklaşımla analiz ederek kişiye özel bir gülüş tasarımı ortaya koymaktır (Yue, Luo, Hou, & Zhang, 2025). Bu yazılımlar, yalnızca estetik parametreleri değerlendirmekle kalmaz, aynı zamanda fonksiyonel uyum ve uzun dönemli stabiliteyi de göz önünde bulundurur. Tedaviye başlamadan önce hastaya planlanan sonuçların dijital ortamda sunulması, motivasyonu artırmakta ve hasta memnuniyetini yükseltmektedir (Gushcha, Mykhailov, & Tyshko, 2025). Ayrıca klinisyen ve laboratuvar arasındaki veri akışı, multidisipliner tedavilerde iş birliğini kolaylaştırmakta ve tedavi süresini kısaltmaktadır (Nasri et al., 2024).

Avantajlar ve Dezavantajlar

Dijital gülüş tasarım programlarının en önemli avantajı, öngörülebilirlik sağlamasıdır. Planlanan sonuçların tedavi öncesinde hasta tarafından görülebilmesi, beklentilerin doğru yönetilmesine olanak tanır ve klinik süreçte gereksiz revizyonların önüne geçer (Macris et al., 2025). Ayrıca yazılımların sağladığı yüksek doğruluk, özellikle ön bölgede estetik restorasyonların başarı oranını artırmaktadır (Nasri et al., 2024).

Bunun yanında, dijital gülüş tasarım programları multidisipliner entegrasyonu da kolaylaştırır. Periodontal, protetik ve cerrahi işlemlerin aynı dijital platformda planlanabilmesi, klinik iş akışını hızlandırmakta ve tedavi sürecinin kalitesini yükseltmektedir (Thomas et al., 2022). Fotoğraf, video ve üç boyutlu taramaların hasta dosyalarına eklenmesi, medikolegal açıdan güçlü bir dokümantasyon imkânı sunmaktadır (Yue et al., 2025).

Ancak bu sistemlerin sınırlılıkları da bulunmaktadır. Öncelikle yazılımlar ve donanımlar yüksek maliyetlidir ve bu durum birçok klinik için başlangıçta ekonomik bir yük oluşturmaktadır (Shuto, Mine, Tani, Taji, & Murayama, 2025). Ayrıca hekimlerin bu teknolojilere adapte olabilmesi zaman almakta, yazılımların öğrenme eğrisi uzun olabilmektedir. Farklı programlar arasında uyum sorunları yaşanabilmekte, veri güvenliği ve hasta mahremiyete-

ti ise dijital kayıtların beraberinde getirdiği etik kaygılar arasında yer almaktadır (Jafri, Ahmad, Sawai, Sultan, & Bhardwaj, 2020).

Tarihsel Gelişim ve Nesiller

Modern estetik diş hekimliğinin gelişiminde asıl dönüm noktası, bilgisayar teknolojilerinin klinik uygulamalara entegre edilmesiyle yaşanmıştır. Bu süreç, gülüş tasarımının analog çizimlerden dijital ve hatta 4D konseptine uzanan bir evrim geçirmesini sağlamıştır (Shuto et al., 2025).

Coachman'ın tanımladığı evrimsel aşamalara göre:

- Birinci nesil: Tamamen analog yöntemler; basılı fotoğraflar üzerinden manuel çizimler oluşturuldu.
- İkinci nesil: PowerPoint gibi basit dijital araçlarla iki boyutlu çizimler oluşturuldu.
- Üçüncü nesil: 2 boyutlu dijital tasarımların analog modellerle bağlantısı yapıldı, wax-up entegre edildi.
- Dördüncü nesil: Dijital 2 boyutlu tasarımların üç boyutlu modellerle bağlantısı ve yüz verilerinin entegrasyonu yapıldı.
- Beşinci nesil: Tam dijital iş akışı; intraoral tarayıcılar, CAD/CAM sistemleri ve 3 boyutlu yazıcıların entegrasyonu yapıldı.
- Altıncı nesil: “4 boyut konsepti”; videografi ve hareketli analizlerle dinamik gülüş değerlendirmesi yapıldı.

Bu evrimsel süreç, günümüzde kullanılan yazılımların yalnızca statik görseller üretmediğini, aynı zamanda hastanın gülüşünün dinamik doğasını da analiz edebildiğini göstermektedir (Jafri et al., 2020).

Dijital Gülüş Tasarımında Kullanılan Analiz Parametreleri

Gülüş Analizi: Fasiyal, Dudak, Gingival ve Dental Bileşenler

Gülüş estetiği; yüz, dudak, dişeti ve diş bileşenlerinin eşzamanlı ve bütüncül değerlendirilmesini gerektirir. Tüm ölçümler istirahat pozisyonunda (dişler ve dudakların hafifçe ayrı olduğu sakin durum) ve doğal baş pozisyonunda (başın dik postürde, gözlerin göz hizasındaki bir noktaya bakacak biçimde konumlandığı, tekrar üretilebilir baş duruşu) yapılmalıdır. Bu iki standardın korunması, hem tanı doğruluğunu hem de tedavi planının ön-görülebilirliğini artırır (Cooke & Wei, 1988; Nold, Horvath, Stampf, & Blatz, 2014).

1) Fasiyal Estetik

a) Frontal görünüm

Yüz oranları (üçler kuralı): Yüz; üst, orta ve alt olmak üzere üç eşit bölüme ayrılarak değerlendirilir. İstirahatte orta yüz yüksekliğinin alt yüze oranının 1:1 olması estetik ve fonksiyonel açıdan idealdir. Alt yüzün belirgin uzun olması dikey maksiller fazlalık tablosu ile ilişkilidir ve aşırı dişeti görünümüne yol açabilir; kısa alt yüz ise azalmış oklüzal dikey boyut olasılığını düşündürür (Morley & Eubank, 2001; Nold et al., 2014).

Referans çizgileri (frontal).

• Gözbebeklerinden geçen yatay çizgi, üst çene oklüzal düzleminin yatay düzleme göre konumunu değerlendirirken kullanılır.

Dudak komissürleri arasındaki çizgi, dudak köşelerini birleştiren doğrusal hattır.

Bu iki yatay referansın birbirine paralel olması, yüzün yatay uyumunu güçlendirir. Üst düzey estetik kabul edilen gülüşlerde gözbebeklerinden geçen yatay çizgi, dudak komissürleri arasındaki çizgi ve oklüzal düzlemin birbiriyle paralel konumlandığı gösterilmiştir. Paralellik bozulduğunda, gözlemciler oklüzal düzlemin dudak komissürleri arasındaki çizgiye paralel olmasını daha estetik algılar (Bidra et al., 2009; Machado, 2014; Sabbah, 2022)

Fasiyal orta hat ve fasiyal akış: Fasiyal orta hat; glabella, burun ucu, filt-rum ve çene ucunu birleştiren düşey hatla tanımlanır. Bununla birlikte insan yüzünde doğal asimetri bulunduğundan, çağdaş yaklaşım olarak fasiyal akış kavramı öne çıkmıştır. Sert bir düz çizgi yerine yüzün belirgin noktalarını kavisli ve doğal bir akışla birleştiren görsel eksen daha kabul edilebilir sonuç verir. Dental orta hattın, bu fasiyal akış çizgisiyle uyumlu olacak biçimde konumlandırılması yüzdeki gerilim hissini azaltır (Robbins & Rouse, 2016; Sabbah, 2022).

b) Profil görünüm

Frankfurt horizontal düzlemi: Dış kulak yolunun en üst noktası ile göz çukuru alt kenarının en alt noktası arasındaki çizgi, doğal baş pozisyonunda ufka paralel olmalıdır (Sabbah, 2022).

Camper düzlemi: Burun kanadının alt sınırı ile kulak tragusunun üst sınırını birleştiren çizgi, üst çene oklüzal düzleminin belirlenmesinde güvenilir bir referanstır.

Nazolabial açısı: Burun tabanına teğet ile üst dudak dış kenarına teğetin kesişmesiyle oluşur. Normal profilde erkeklerde yaklaşık 90–95 derece, kadınlarda yaklaşık 95–115 derece aralığı estetik kabul edilir. Açının küçülmesi, maksiller çıkıklığı ve dudak desteği fazlalığına işaret eder; bu tabloda sant-ral kesicilerin baskınlığını azaltan restoratif tercih daha uygundur (Sabbah, 2022).

Ricketts estetik düzlemi: Burun ucundan çene ucuna çizilen doğruya göre dudakların yeri değerlendirilir. Normal profilde üst dudak bu doğruya göre 2–4 milimetre geride, alt dudak 0–2 milimetre geride konumlanır. Konkav profilde, alt dudak çizginin önüne geçer; bu durumda üst santral kesiciler daha baskın kılınarak estetik düzleme yaklaşılr. Konveks profilde alt dudak çizgiden belirgin olarak geridedir, bu tabloda üst santrallerin baskınlığı azaltılır (Nold et al., 2014; Ricketts, 1968)

c) Yüz şekilleri ve kişiselleştirme

Klasik “uyum yasası” yüz şekli (oval, üçgen, kare) ile üst kesici konturları arasında paralellik tanımlar. Daha güncel “gülüşün görsel kimliği” yaklaşımı, yüz şekli, kişilik ve diş formu arasında özgün bir eşleştirme yaparak tasarımı kişiselleştirir (Tarnow, Magner, & Fletcher, 1992).

2) Dudak Estetiği

a) Dudak şekli ve hacmi

Dudaklar ince, orta ve kalın olarak sınıflanır. Güncel estetik eğilimler özellikle kadınlarda alt dudağın estetik düzleme yakın (burun ucu–çene ucu doğrusu) konumlandığı hacimli dudakları daha çekici bulur. Hafif içe kıvrık ve dolgun bir üst dudak gençlik–çekicilik ile ilişkilidir. Erkeklerde ise dudakların daha az belirginliği maskülen algıyı güçlendirir. Özellikle üst kesicileri geriye konumlandıran planlarda dudak hacmini istemeden azaltmamak için dikkatli olmak gerekir (Davis, 2007; Pound, 1951; Silverman, 2001)

b) Üst dudak uzunluğu

Üst dudak, burun tabanından üst dudak alt kenarına ölçülür. Kadınlarda yaklaşık 20–22 milimetre, erkeklerde yaklaşık 22–24 milimetre aralığı normaldir. Uzun üst dudak, kesici görünürlüğünü azaltır ve gülüş canlılığını düşürür; kısa üst dudak ise aşırı kesici ve dişeti görünümüne eğilim yaratır. Uygun vakalarda cerrahi dudak kaldırma ile kesiciler görünürlüğü arttırılabilir, dudak hipermobilitesinde botulinum toksin yaklaşımı düşünülebilir (Davis, 2007; Nold et al., 2014; Peck & Peck, 1995).

c) Üst dudak hareketliliği

Üst dudak hareketliliği, istirahatteki kesici görünürlüğü ile spontan gülüşteki dentogingival görünürlüğün farkı ya da istirahatte ölçülen dudak uzunluğundan gülüş anındaki uzunluğun çıkarılması ile hesaplanır. Normal aralık yaklaşık 6–8 milimetredir. Bu değer üzerindeki artış aşırı dişeti görünümü ile ilişkilidir ve minimal invaziv yaklaşımlar değerlendirilebilir (Nold et al., 2014; Peck & Peck, 1995).

d) Alt dudak ve gülüş indeksi

Alt dudak, gülüşün çerçevesini çizer. Sosyal gülüşte üst santral kesici kenarlarının alt dudak çizgisine temas etmesi en estetik kabul edilir; yaklaşık 0,5 milimetrelik küçük bir boşluk da doğal bulunur. Gülüş indeksi, dudak köşeleri arası yatay mesafenin gülüş sırasındaki dikey dudak aralığına oranıdır ve yaklaşık 5,0–7,5 aralığı estetik kabul edilir. Spontan gülüşte (hafif interoklüzal aralıkla) bu oran genellikle daha yüksektir; 7,5 üzeri değerler, genişlik artışı ve interlabial aralık azalması nedeniyle “yaşlanan gülüş” izlenimi verebilir. Üst dudak ve oklüzal düzlem ideal konumdaysa, daralan dikey aralık çoğu kez yüksek alt dudak pozisyonu ya da azalmış oklüzal dikey boyut ile ilişkilidir (Sarver, 2001; Zaccaria & Squadrito, 2015).

3) Gingival (Pembe) Estetik

a) Gingival tasarım

Dişeti kenar çizgisi, yatay referanslarla paralellik göstermeli ve insizal kenar kavisini, dolayısıyla gülüş eğrisini takip eden süreklilikte olmalıdır. Periodontal yumuşak doku greftleri ve kron boyu uzatma işlemleri, uyumsuz marjinleri harmonize etmek için kullanılır. Klasik düzen; kanin ve santral dişlerde dişeti marjinlerinin aynı hizada, lateral kesicilerde ise yaklaşık 1–2 milimetre daha koronal konumda bulunmasıdır. Daha geniş gülüşlerin hedeflendiği estetiklerde, yalnızca ön altı dişin değil, premolar ve molar bölgelerin marjin konumları da hesaba katılmalıdır. Posterior estetik bölge; kanin marjininden, birinci molar üstünde üst dudak alt sınırına çizilen teğetle tanımlanabilir; premolarlarda yaklaşık 2 milimetre, molarlarda yaklaşık 1 milimetre apikal sapma kabul edilebilir aralıktadır. Gingival zenit, marjinin en apikal noktasıdır; santralde orta hattın hafif distalinde, lateraller ve kaninlerde orta noktada konumlanması önerilir (Fradeani, 2004; German, Chu, Furlong, & Patel, 2016; Machado, 2014; Sabbah, 2022).

b) Dişeti görünürlüğü

Yüksek gülüşte yaklaşık 2 milimetre üzeri, spontan gülüşte yaklaşık 3 milimetre üzeri dişeti görünürlüğü “aşırı” kabul edilir ve nedenine yönelik planlama yapılır (Machado, 2014; Nold et al., 2014).

c) Papil yüksekliği ve siyah üçgen yönetimi

Papil uzunluğu, santral kesicinin zenitinden insizal kenara kadar olan diş boyunun yaklaşık yüzde kırkı kadardır. Düşük gülüşlü bireylerin büyük bölümünde papil görünümü mevcuttur; bu nedenle bu grupta papil gösteriminin korunması kritiktir. Kontakların tabanından alveol kretine dikey mesafe 5 milimetreyi aştığında, siyah üçgen riski belirginleşir ve bu durumda daha uzun kontak tasarlamak veya daha kare restorasyon formu seçmek gerekebilir (Hochman, Chu, & Tarnow, 2012).

4) Dental (Beyaz) Estetik

a) Santral kesici insizal kenar konumu

Bu parametre, gülüş tasarımıyla diş pozisyonunu belirleyen en kritik değişkendir.

· İstirahatte: Üst santral kesicilerin görünürlüğü kadında yaklaşık 3–4 milimetre, erkekte yaklaşık 1–2 milimetre ideal kabul edilir. Daha fazla görünüm, genç ve çekici algıyı güçlendirir.

Sosyal gülüşte: Üst santrallerin insizal kenarı alt dudak çizgisine değmeli; yaklaşık 0,5 milimetrelilik boşluk da estetik kabul edilebilir. Spontan gülüşte üst santrallerin interlabial aralığın yaklaşık yüzde 50–80’ini doldurması önerilir. “F” seslerinin nazik telaffuzunda insizal kenarın alt dudak ıslak–kuru sınırına temas etmesi fonetik doğrulama olarak kullanılır (Ricketts, 1968; Sabbah, 2022; Şen & Aktan, 2023; Zaccaria & Squadrito, 2015).

b) Gülüş eğrisi

Gülüş eğrisi, üst kesici kenarların alt dudak kavisini takip ettiği durumda pozitif olarak adlandırılır ve en çekici formdur. Ünlü örneklerin çoğunda pozitif gülüş eğrisi rapor edilmiştir. Pozitif eğrinin desteklenmesi için santral–lateral kademesi erkeklerde yaklaşık 0,5–1,0 milimetre, kadınlarda yaklaşık 1,0–1,5 milimetre tutulur; santralin kaninden daha insizal konumda olması, santral dominansını kurar. Daha az dominant bir gülüş istenirse bu kademeler azaltılabilir (Börekçi & Özkalaycı, 2016; Machado, 2014; Sabbah, 2022)

c) Santral boyutları ve simetri

Üst santral kesiciler için genişlik–yükseklik oranı yaklaşık yüzde 75–85 aralığında idealdir; oran yüzde 85’in üzerine çıktıkça kare görünüm algısı artar ve estetik zayıflar. Sert doku için pratik boyutlandırma yaklaşımlarında; santral genişliği X kabul edilirse lateral X eksi 2, kanin X eksi 1 olarak alınır; yükseklik X bölü 0,78 ile yaklaşık hesaplanabilir. Ortalama bir üst santral yaklaşık 8,5 milimetre genişlik ve 11 milimetre yükseklik değerlerine sahiptir. Simetri özellikle üst santrallerde kritiktir; orta hattan uzaklaştıkça asimetri daha az fark edilir (German et al., 2016; Sterrett et al., 1999).

d) Anterior dişler arası oranlar

Santral–lateral–kanin dişler arasında yaklaşık %62’lik azalmayı esas alan tarihsel altın oran, farklı popülasyonlarda doğal olarak doğrulanmamış ve gülüşün genişlik algısını azaltması nedeniyle sınırlı bulunmuştur. Çağdaş yaklaşım, Tekrarlayan Estetik Diş Proporsiyonu modelini benimser: yaklaşık yüzde 62–80 bandı içinde, diş uzunluğu, bireyin boyu ve cinsiyetine göre ayarlanabilir bir oranlama önerir. Kısa dişlerde yüzde 80, uzun dişlerde yüzde 62 düzeyi daha estetik bulunmuştur ((Hasanreisoglu, Berksun, Aras, & Arslan, 2005; Ward, 2001).

e) Diastemalar

Genel ilke, ön bölgedeki diastemaların hasta özellikle istemedikçe kapatılmasıdır. Üst orta diastema 0,5 milimetre üzeri estetik açıdan olumsuz algılanır; 4 milimetre üzeri vakalarda yalnız restoratif kapatma işlemi geniş/kare diş formu ve uygunsuz genişlik/yükseklik oranlarına yol açabileceğinden, ortodontik ve restoratif işlemlerle birlikte planlanmalıdır. Bazı doğrudan kompozit restorasyon teknikleri, gereğinden uzun kontak noktası, kare diş formu ve yüzde 40'ın altında papil ile estetik riski artırabilir(Chu, Zhang, & Jin, 2011).

f) Bukkal koridorlar

Bukkal koridor, gülüş sırasında üst dişlerin bukkal yüzleri ile dudak köşeleri arasındaki karanlık boşluk olarak tanımlanır; dar, orta ve geniş olarak sınıflanır. Etkisi tartışmalı olsa da, çalışmaların bir bölümü orta genişliğin daha estetik algılandığını; ünlü örneklerin yalnız küçük bir yüzdesinde geniş koridor bulunduğunu göstermiştir. Geniş koridor, sıklıkla dar üst ark ile ilişkilidir; güncel planlamada hava yolu göz önüne alınarak üst çene genişletmesi ideal yaklaşım olabilir(Nascimento, Santos, Machado, & Bittencourt, 2012; Roden-Johnson, Gallerano, & English, 2005; Zaccaria & Squadrito, 2015).

g) Orta hattın konumu ve açılanması

Klasik veriler yüz görüntüsü dahil edilmediğinde 3–4 milimetre orta hat kaymasının fark edilmediğini bildirirse de, yüzün dâhil edildiği modern çalışmalar 2 milimetre üzeri sapmaların estetik dışı algılandığını göstermiştir. Ünlü gülüşlerinin yaklaşık yarısında küçük orta hat sapmaları görülmesi, her sapmanın tedaviyle düzeltilmesini gerektirmediğini düşündürür. Buna karşılık orta hattın eğimi çok daha algılanabilir; yaklaşık 2 milimetrelilik eğim gözlemci tarafından kolay fark edilir ve olumsuz algılanır. Fasiyal akış perspektifinde orta hattın akışın yöneldiği tarafa kayması daha az dikkat çekerken, karşı yöne kayma belirgin görsel gerilim yaratır (Bidra et al., 2009; Johnston, Burden, & Stevenson, 1999; Robbins & Rouse, 2016).

h) Diş rengi ve morfolojisi

Renk: Daha açık ton gülüş çekiciliğini belirgin artırır; kadınlarda açık ton eğilimi daha yüksektir. Kozmetik girişimler öncesi beyazlatma ile daha açık tona ulaşmak önerilir. Yüksek saydamlığa sahip ince lamina gibi biyomimetik restorasyonlarda, preparasyon sonrası kalan diş dokusunun rengi, restorasyonun nihai rengini belirgin ölçüde etkilemektedir (Joiner, 2004).

Dijital Gülüş Tasarımında Kullanılan Programlar

1. Erken Dönem Dijital Gülüş Tasarımı Yazılımları

Dijital gülüş tasarımı, ilk olarak 2000'li yılların başında diş hekimliğinde estetik beklentilerin artmasıyla gündeme gelmiştir. O dönemde kullanılan

programlar günümüzün gelişmiş yapay zekâ tabanlı çözümlerinden oldukça farklı olup, temel olarak fotoğraf düzenleme yazılımlarına ve sunum programlarına dayanıyordu. Bu nedenle erken dönem yazılımlarının en önemli özelliği, yüksek düzeyde manuel müdahale gerektirmeleri ve sonuçların hekimin teknik becerisine göre büyük ölçüde değişiklik göstermesiydi.

1.1. Adobe Photoshop CS6

Adobe Photoshop CS6, aslında bir grafik düzenleme programı olmasına rağmen uzun yıllar boyunca dijital gülüş tasarımı yaygın biçimde kullanılmıştır. Fotoğraf üzerinde dijital çizimler yapılmasına olanak tanıyan bu yazılım sayesinde diş hekimleri; diş boyutlarını, formunu ve gülüş hattını manuel olarak değiştirebilmiştir. Photoshop'un en büyük avantajı, yüksek çözünürlüklü görseller üzerinde detaylı düzenleme yapılabilmesidir. Ancak diş hekimliği için özel olarak geliştirilmediği için, ölçüm ve oranlama işlemleri hekim tarafından elle yapılmakta, bu da süreci zaman alıcı ve subjektif kılmaktaydı(Coachman & Calamita, 2012).

1.2. Keynote

Apple'ın sunum programı olan Keynote da erken dönem gülüş tasarımı çalışmalarında sıkça tercih edilmiştir. Bu yazılım aracılığıyla fotoğraflar slayt içerisine aktarılıyor ve üzerine ölçüm çizgileri eklenerek estetik planlamalar yapılabiliyordu. Keynote'un en önemli katkısı, gülüş tasarımının hasta ile kolay paylaşılabilmesine olanak tanımasıdır. Bununla birlikte, tıpkı Photoshop'ta olduğu gibi tüm işlemler manuel yapılmakta, otomatik hizalama veya dijital analiz özellikleri bulunmamaktaydı(Coachman et al., 2012).

1.3. Aesthetic Digital Smile Design

Dr. Valerio Bini tarafından geliştirilen Aesthetic Digital Smile Design yazılımı, gülüş tasarımına özgü hazırlanmış ilk programlardan biri olarak kabul edilmektedir. Program, basit fotoğraf manipülasyonlarının ötesine geçerek, oranlama sistemlerini ve temel ölçümleri içerisine entegre etmiştir. Bu sayede, Photoshop ya da Keynote'a göre daha standart ve güvenilir analizler yapılabilmektedir. Ancak yazılımın klinik kullanımı sırasında hala hekimin manuel müdahalesi yoğun olarak gerekmektedir(Bini, 2014).

2. Orta Dönem Dijital Gülüş Tasarımı Yazılımları

2010'lu yıllar, dijital gülüş tasarımı yazılımlarının diş hekimliğine özgü hale gelmeye başladığı dönemdir. Bu süreçte geliştirilen programlar, erken dönemin manuel yöntemlerinden farklı olarak, standart analiz protokolleri, otomatik hizalama algoritmaları ve görsel kütüphaneler içermeye başlamıştır. Ayrıca hasta-hekim iletişimini güçlendirmek amacıyla, hasta fotoğrafları üzerinde görsel simülasyonlar daha kolay yapılabilmiş ve tedaviye hasta katılımı artmıştır.

2.1. Digital Smile Design (DSD App by Coachman)

Christian Coachman tarafından geliştirilen DSD konsepti, dijital gülüş tasarımı en bilinen ve dünya çapında en yaygın kullanılan yöntemlerinden biridir. DSD App, Keynote'un gelişmiş bir versiyonu gibi çalışmakta, ancak estetik analiz için özel araçlarla donatılmıştır. Program, farklı açılardan alınmış fotoğrafları kullanarak dental ve fasiyal oranları değerlendirir. Hasta ile iletişimde güçlü bir araç olması ve tasarımların kolayca paylaşılabilmesi önemli avantajları arasında yer alırken, tasarımların büyük ölçüde manuel çizimlere dayanması zaman gerektirmesi ve subjektiflik içermesi açısından dezavantaj oluşturmaktadır (Coachman & Calamita, 2012).

2.2. Smile Designer Pro

İngiltere merkezli geliştirilen Smile Designer Pro, daha hızlı ve kullanıcı dostu arayüzüyle DSD'ye alternatif olarak piyasaya çıkmıştır. Yazılım, yüz ve diş fotoğrafları üzerinden dijital gülüş planlaması yaparken otomatik diş kütüphaneleri ve ölçüm araçları ile hekimlere kolaylık sağlar. Kullanımının kolay olması, hızlı sonuç vermesi ve yüksek sunum kalitesiyle öne çıkarken; daha çok görselleştirmeye odaklanması ve biyomekanik ile fonksiyonel analiz özelliklerinin sınırlı kalması dezavantajları arasında yer almaktadır (Coachman et al., 2012).

2.3. VisagiSMile

VisagiSMile, klasik dijital gülüş tasarım yazılımlarından farklı olarak vizajizm konseptini temel alır. Bu kavram, yalnızca diş ve yüz oranlarının değil, aynı zamanda hastanın kişilik özelliklerinin ve yüz ifadesinin de estetik planlamaya dahil edilmesini savunur. Böylece tasarlanan gülüş, sadece fonksiyonel ve estetik değil, aynı zamanda kişinin karakteriyle uyumlu bir hale gelir.

Araştırmalar, VisagiSMile'in özellikle dental ve dentogingival parametrelerde güçlü olduğunu, ancak yüz estetik parametrelerinde sınırlı kaldığını göstermiştir. Program; diş boyutları, şekilleri, rengi ve gülüş hattı gibi parametreleri planlamada etkili olsa da, yüz profili analizinde yeterince detaylı fonksiyonlara sahip değildir (Omar & Duarte, 2018).

Planmeca Romexis Smile Design (PRSD)

Planmeca Romexis Smile Design, Finlandiya merkezli CAD/CAM entegrasyonu güçlü bir yazılımdır. Program hem Windows hem de MacOS üzerinde çalışabilmesiyle dikkat çeker. En büyük avantajı, 3 boyutlu analiz yapabilmesi ve aynı zamanda CAD/CAM sistemleriyle entegre çalışarak dijital restorasyon üretimine doğrudan bağlanabilmesidir.

Buna rağmen yapılan literatür incelemelerinde, PRSD'nin de yüz estetik parametreleri analizinde sınırlı olduğu, daha çok dental ve dentogingival

analizlere odaklandığı belirtilmektedir. Özellikle VITA renk skalalarıyla diş rengi analizini desteklemesi, protez planlaması açısından önemli bir artırdır(Omar & Duarte, 2018).

3.Güncel Dijital ve Yapay Zekâ Tabanlı Gülüş Tasarımı Programları

Dijital diş hekimliğinde 2015 sonrasında yaşanan gelişmeler, yalnızca 2 boyutlu fotoğraf tabanlı analizlerden daha fazlasını sunan, tamamen entegre 3 boyutlu iş akışlarını mümkün kılan yazılımların doğmasına neden olmuştur. Bu yeni nesil yazılımlar, dijital tarayıcılar, CAD/CAM sistemleri, 3 boyutlu yazıcılar ve yapay zekâ destekli algoritmalarla entegre çalışarak hem estetik hem de fonksiyonel açıdan daha güvenilir sonuçlar sunmaktadır.

3.1. Exocad Smile Creator

Exocad firmasının geliştirdiği Smile Creator, günümüzde en yaygın kullanılan yazılımlardan biridir. Yazılım, intraoral tarayıcılar ve 2 boyutlu fotoğrafları entegre ederek 3 boyutlu olarak gülüş tasarımı yapar. Hasta başı geçirilen süreyi optimize eden ‘Chairside CAD’ platformuna entegre çalışması, tedavi planlamasının hızlı ve tek seanslık çözümlerle uygulanabilmesine imkân tanır. Ayrıca hastaların yüz fotoğrafları ve diş taramaları senkronize edilerek gerçeğe oldukça yakın deneme protezleri üretilebilir.CAD/CAM sistemleriyle doğrudan bağlantılı olması, hızlı deneme protezi üretimi sağlaması ve hasta iletişimi için gerçekçi 3 boyutlu görseller sunması en önemli avantajları arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, yüksek lisans maliyeti ve bazı hekimler için uzun olabilen öğrenme eğrisi yazılımın başlıca dezavantajlarıdır(Zimmermann & Mehl, 2015).

3.2. 3Shape Smile Design

Danimarka merkezli 3Shape Company tarafından geliştirilen bu yazılım, Gerçekçi Görselleştirme Teknolojisi sayesinde 2 boyutlu fotoğraf ve 3 boyutlu tarama verilerini üst üste bindirerek yüksek doğrulukla gülüş tasarımı yapılmasını sağlar. Ayrıca deneme protezi üretimi ile tedavi öncesinde hem hekim hem de hasta açısından sonuçların somut biçimde değerlendirilmesine imkân tanır. Yüksek doğrulukta 3 boyutlu entegrasyon sunması, deneme protezi üretimiyle klinik güvenilirliği artırması ve CAD/CAM sistemleriyle uyumlu çalışması yazılımın başlıca avantajlarıdır. Ancak güçlü bilgisayar sistemleri gerektirmesi ve yüksek lisans maliyetleri dezavantajları arasında yer almaktadır(Coachman et al., 2012)

3.3. Smilecloud

Smilecloud, bulut tabanlı bir platform olup yapay zekâ algoritmalarıyla öne çıkmaktadır. Yazılım, hasta fotoğraflarını ve dijital taramalarını sisteme yükledikten sonra otomatik hizalama yapar ve kişiye özel diş kütüphanelerinden tasarımlar önerir. Ayrıca CAD/CAM ve üç boyutlu yazıcıya uygun

çıktılar alabilme özelliği sayesinde laboratuvar entegrasyonunu kolaylaştırır. Yapay zekâ tabanlı otomatik hizalama ve diş kütüphanesi seçimi sunması, bulut altyapısı sayesinde veri paylaşımını kolaylaştırması ve uluslararası iş birliği ile dijital veri paylaşımını desteklemesi yazılımın önemli avantajlarıdır. Bununla birlikte, internet bağlantısına bağımlı olması ve veri güvenliği açısından ek önlemler gerektirmesi potansiyel dezavantajları arasında yer almaktadır(Omar & Duarte, 2018).

3.4. Cerec SW (Dentsply Sirona)

Cerec SW, yapay zekâ tabanlı algoritmalarıyla dikkat çeken yazılımlardan biridir. Yazılım, hastadan alınan tam yüz fotoğraflarını sisteme yükledikten sonra belirlenen 16 referans noktasını kullanarak otomatik kalibrasyon yapar ve 2 boyutlu görüntüyü 3boyutlu gülüş simülasyonuna dönüştürür. Bu özellik, klinik iş akışında hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar. Yapay zekâ destekli otomatik analiz sunması, güçlü CAD/CAM entegrasyonu ve hızlı iş akışıyla yüksek doğruluk sağlaması yazılımın en önemli avantajlarıdır. Ancak yüksek lisans ve ekipman maliyetleri ile birlikte, hekimin manuel ince ayarlarının yine de gerekli olması başlıca dezavantajları arasında yer almaktadır(Meereis et al., 2016).

3.5. Değerlendirme

Güncel dönemin bu yazılımları, erken ve orta dönem yazılımlara kıyasla çok daha otomatik, entegre ve güvenilir hale gelmiştir. Exocad ve 3Shape, CAD/CAM odaklı güçlü entegrasyonlarıyla öne çıkarken; Smilecloud, bulut tabanlı yapay zekâ çözümleri ile farklılaşmaktadır. Cerec SW ise, klinik pratikte hız ve doğruluk sağlayan otomatik 3 boyutlu analiz özellikleriyle ön plana çıkmaktadır.

Sonuç

Dijital teknolojilerdeki hızlı ilerlemeler, gülüş tasarımını diş hekimliği pratiğinin vazgeçilmez bir parçası haline getirmiştir. Bu sistemler, hem estetik hem de fonksiyonel açıdan daha öngörülebilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanırken, aynı zamanda tedavi planlamasında multidisipliner ekipler arasında etkili bir iletişim ortamı da sağlamaktadır. Yakın gelecekte dijital gülüş tasarımı uygulamalarının, yalnızca estetik gereklilikler için değil, bütüncül tedavi yaklaşımlarında da standart bir yöntem olarak yerini alacağı öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Bidra, A. S., Uribe, F., Taylor, T. D., Agar, J. R., Rungruanganunt, P., & Neace, W. P. (2009). The relationship of facial anatomic landmarks with midlines of the face and mouth. *J Prosthet Dent*, 102(2), 94-103. doi:10.1016/S0022-3913(09)60117-7
- Bini, V. (2014). Aesthetic digital smile design: software-aided aesthetic dentistry: part I. *CAD/CAM Int. Mag. Digital Dent*, 2, 12-17.
- Börekçi, Ç., & Özkalaycı, N. (2016). Ortodonti ve Gülümseme Estetiği. [Orthodontics and Smile Aesthetics]. *Journal of International Dental Sciences (Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi)*(1), 5-12. doi:10.21306/jids.2016.1.16
- Chu, C. H., Zhang, C. F., & Jin, L. J. (2011). Treating a maxillary midline diastema in adult patients: a general dentist's perspective. *J Am Dent Assoc*, 142(11), 1258-1264. doi:10.14219/jada.archive.2011.0110
- Coachman, C., & Calamita, M. (2012). Digital Smile Design: A Tool for Treatment Planning and Communication in Esthetic Dentistry. *Quintessence of Dental Technology (QDT)*, 35.
- Coachman, C., Van Dooren, E., Gürel, G., Landsberg, C. J., Calamita, M. A., & Bichacho, N. (2012). Smile design: From digital treatment planning to clinical reality. *Interdisciplinary treatment planning*, 2, 119-174.
- Cooke, M. S., & Wei, S. H. (1988). A summary five-factor cephalometric analysis based on natural head posture and the true horizontal. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 93(3), 213-223. doi:10.1016/s0889-5406(88)80006-4
- Davis, N. C. (2007). Smile design. *Dent Clin North Am*, 51(2), 299-318, vii. doi:10.1016/j.cden.2006.12.006
- Fradeani, M. (2004). *Esthetic rehabilitation in fixed prosthodontics: Anterior teeth: Quintessence*.
- German, D. S., Chu, S. J., Furlong, M. L., & Patel, A. (2016). Simplifying optimal tooth-size calculations and communications between practitioners. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 150(6), 1051-1055. doi:10.1016/j.ajodo.2016.04.031
- Gushcha, D., Mykhailov, A., & Tyshko, D. (2025). DIGITAL TECHNOLOGIES IN DENTISTRY: MAIN ASPECTS, DEVELOPMENT TRENDS, AND APPLICATION FEATURES IN THE DENTAL MEDICAL CENTER OF BOHOMOLETS NATIONAL MEDICAL UNIVERSITY. In (pp. 417-428).
- Hasanreisoglu, U., Berksun, S., Aras, K., & Arslan, I. (2005). An analysis of maxillary anterior teeth: facial and dental proportions. *J Prosthet Dent*, 94(6), 530-538. doi:10.1016/j.prosdent.2005.10.007
- Hochman, M. N., Chu, S. J., & Tarnow, D. P. (2012). Maxillary anterior papilla display during smiling: a clinical study of the interdental smile line. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 32(4), 375-383. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22577642>

- Jafri, Z., Ahmad, N., Sawai, M., Sultan, N., & Bhardwaj, A. (2020). Digital Smile Design-An innovative tool in aesthetic dentistry. *J Oral Biol Craniofac Res*, 10(2), 194-198. doi:10.1016/j.jobcr.2020.04.010
- Johnston, C. D., Burden, D. J., & Stevenson, M. R. (1999). The influence of dental to facial midline discrepancies on dental attractiveness ratings. *The European Journal of Orthodontics*, 21(5), 517-522.
- Joiner, A. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of dentistry*, 32, 3-12.
- Machado, A. W. (2014). 10 commandments of smile esthetics. *Dental Press J Orthod*, 19(4), 136-157. doi:10.1590/2176-9451.19.4.136-157.sar
- Macris, A., Drafta, S., Martiniuc, Ş., & Petre, A. E. (2025). Comparative Usability Evaluation of Three Digital Smile Design Software Tools Using the System Usability Scale. *Dentistry Journal*, 13(9), 418. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2304-6767/13/9/418>
- Meereis, C. T., de Souza, G. B., Albino, L. G., Ogliari, F. A., Piva, E., & Lima, G. S. (2016). Digital Smile Design for Computer-assisted Esthetic Rehabilitation: Two-year Follow-up. *Oper Dent*, 41(1), E13-22. doi:10.2341/14-350-S
- Morley, J., & Eubank, J. (2001). Macroesthetic elements of smile design. *J Am Dent Assoc*, 132(1), 39-45. doi:10.14219/jada.archive.2001.0023
- Nascimento, D. C., Santos, Ê. R. d., Machado, A. W. L., & Bittencourt, M. A. V. (2012). Influence of buccal corridor dimension on smile esthetics. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 17, 145-150.
- Nasri, S., Gassara, Y., Kallala, R., Dakhli, R., Nouira, Z., Saafi, J., . . . Harzallah, B. (2024). Digital Smile Design Software: An Overview. 1866-1868. doi:10.36347/sjmcr.2024.v12i11.008
- Nold, S. L., Horvath, S. D., Stampf, S., & Blatz, M. B. (2014). Analysis of select facial and dental esthetic parameters. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 34(5), 623-629. doi:10.11607/prd.1969
- Omar, D., & Duarte, C. (2018). The application of parameters for comprehensive smile esthetics by digital smile design programs: A review of literature. *The Saudi dental journal*, 30(1), 7-12.
- Peck, S., & Peck, L. (1995). Selected aspects of the art and science of facial esthetics. *Semin Orthod*, 1(2), 105-126. doi:10.1016/s1073-8746(95)80097-2
- Pound, E. (1951). Esthetic dentures and their phonetic values. *J Prosthet Dent*, 1(1-2), 98-111. doi:10.1016/0022-3913(51)90085-6
- Ricketts, R. M. (1968). Esthetics, environment, and the law of lip relation. *Am J Orthod*, 54(4), 272-289. doi:10.1016/s0002-9416(68)90278-9
- Robbins, J. W., & Rouse, J. S. (2016). Global diagnosis: A new vision of dental diagnosis and treatment planning. In *Esthetic dentistry* (pp. 1-24).
- Roden-Johnson, D., Gallerano, R., & English, J. (2005). The effects of buccal corridor spaces and arch form on smile esthetics. *American journal of orthodontics and*

dentofacial orthopedics, 127(3), 343-350.

- Sabbah, A. (2022). Smile Analysis: Diagnosis and Treatment Planning. *Dent Clin North Am*, 66(3), 307-341. doi:10.1016/j.cden.2022.03.001
- Sarver, D. M. (2001). The importance of incisor positioning in the esthetic smile: the smile arc. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 120(2), 98-111. doi:10.1067/mod.2001.114301
- Shuto, T., Mine, Y., Tani, A., Taji, T., & Murayama, T. (2025). Facial Scans in Clinical Dentistry and Related Research: A Scoping Review. *Cureus*, 17(4), e81662. doi:10.7759/cureus.81662
- Silverman, M. M. (2001). The speaking method in measuring vertical dimension. 1952. *J Prosthet Dent*, 85(5), 427-431. doi:10.1067/mpr.2001.116139
- Sterrett, J. D., Oliver, T., Robinson, F., Fortson, W., Knaak, B., & Russell, C. M. (1999). Width/length ratios of normal clinical crowns of the maxillary anterior dentition in man. *J Clin Periodontol*, 26(3), 153-157. doi:10.1034/j.1600-051x.1999.260304.x
- Şen, N., & Aktan, E. (2023). Diş Hekimliğinde Dijital Gülüş Tasarımı Uygulamaları. [Digital Smile Design Applications in Dentistry]. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 12(3), 474-479. doi:10.54617/adoklinikbilimler.1224808
- Tarnow, D. P., Wagner, A. W., & Fletcher, P. (1992). The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla. *J Periodontol*, 63(12), 995-996. doi:10.1902/jop.1992.63.12.995
- Thomas, P. A., Krishnamoorthi, D., Mohan, J., Raju, R., Rajajayam, S., & Venkatesan, S. (2022). Digital Smile Design. *J Pharm Bioallied Sci*, 14(Suppl 1), S43-S49. doi:10.4103/jpbs.jpbs_164_22
- Ward, D. H. (2001). Proportional smile design using the recurring esthetic dental (red) proportion. *Dent Clin North Am*, 45(1), 143-154. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11210692>
- Yue, Z., Luo, Z., Hou, J., & Zhang, H. (2025). Application of 3D digital smile design based on virtual articulation analysis in esthetic dentistry: A technique. *J Prosthet Dent*, 133(1), 24-30. doi:10.1016/j.prosdent.2023.11.014
- Zaccaria, M., & Squadrino, N. (2015). Photographic-assisted prosthetic design technique for the anterior teeth. *Int J Esthet Dent*, 10(1), 48-67. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25625127>
- Zimmermann, M., & Mehl, A. (2015). Virtual smile design systems: a current review. *Int J Comput Dent*, 18(4), 303-317. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26734665>



DIŞ HEKİMLİĞİNDE RENK VE RENK BELİRLEME YÖNTEMLERİ¹

“ ”

Onur Doğan DAĞ²
Göknil ALKAN DEMETOĞLU³

1 Kitap bölümü “Tam Seramik Restorasyonlarda Dual Sertleşen Resin Simanın Renk Değişiminin Spektrofotometre İle İn Vitro Olarak İncelenmesi” isimli uzmanlık tezinden üretilmiştir. Tez sahibi: Onur Doğan DAĞ, Tez Danışmanı: Göknil ALKAN DEMETOĞLU

2 Doktor Öğretim Üyesi, Trakya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, odd823@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-3696-0471

3 Doktor Öğretim Üyesi, Adnan Menderes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi AD., goknealkan@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-8280-8577

Hastaların daha estetik bir görünüm beklentisiyle diş hekimine başvurmaları diş hekimleri için yeni zorluklar ve dikkat edilmesi gereken daha fazla durum ortaya çıkarmıştır. 1931’de Clark estetik sorunlarla ilgili tanımlamalar yapmıştır (Clark, 1931). Bu tanımlamalardan birisi de yapılacak olan restorasyonun renginin belirlenmesi ile ilgilidir.

Günümüz diş hekimliğinde estetik için restorasyonların doğal diş rengiyle uyumlu olması önemlidir. Renk seçimi klinisyen için titizlikle yapılması gerekmektedir. Doğal dişlerle uyumlu renkte restorasyon yapabilmek için renk seçimi kadar rengi doğru tanımlayabilmek de önem taşır. Rengin oluşması için bir uyarıcı ile bu uyarıyı alan ve değerlendiren bir yapı gerekmektedir. Işık bir uyarıcı olarak cisme gelir, yansıyarak göze ulaşır ve göz de bu uyarıyı beyindeki görme merkezine iletir (Keyf, Uzun, & Altunsoy, 2009).

Işık, çeşitli dalga boylarında oluşan elektromanyetik radyasyondur ve kırıldığında bir spektrum oluşturur. Bu elektromanyetik spektrumun bir ucunda gamma ışınları diğer ucunda ise radyo dalgaları bulunur (Rosenstiel, Land, & Fujimoto, 2015). Spektrumun ortalarında, mor ötesi ile kırmızı ötesi dalga boyları arasında ise görünür ışık yer alır. İnsan gözü 400nm (mor)-700nm (koyu kırmızı) dalga boyları arasındaki ışığa duyarlıdır. Buna görünür ışığın spektrumu denmektedir (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013; Rosenstiel et al., 2015; Ulusoy & Toksavul, 1992).

Renk belirlemede gözlemci, obje ve ışık kaynağı önemli rol oynar. Bu etkenlerden birisindeki değişiklik de renk seçimini etkiler (Keyf et al., 2009).

İnsan gözü, renkleri, retina üzerine gelen ışık ile algılamaktadır. Retina-da konik hücreler ve çubuk hücreler olmak üzere ışık algılayıcı iki tip hücre bulunur. Rengin algılanmasından sorumlu olan hücreler konik hücrelerdir. Üç tip konik hücre vardır ve her biri farklı rengin algılanmasından sorumludur (kırmızı, yeşil ve mavi). Retina renk skalasındaki bütün renklere aynı oranda hassas değildir. Göz, renk spektrumunun orta bölgesindeki renklere daha fazla hassasiyet göstermektedir. Gözün en hassas olduğu renk ise 550-570nm dalga boyundaki sarımsı yeşildir (Joiner, 2004; Phillips, 1973; “Precise color communication,” 1994).

Bazı değişkenler rengin farklı algılanmasına yol açabilmektedir. Gözlemcilerin farklı olması, ışık kaynağı farkları, cismin büyüklüğündeki farklar, arka fon farklılığı bu değişkenlerden bazılarıdır (Keyf et al., 2009). Belli bir ışık kaynağı altında cisimler aynı renkte görünebilirken, farklı ışık kaynakları altında aynı renk cisimler farklı tonlarda görülebilmesi durumu metamerizm diye adlandırılır ve renk seçimi sırasında bu durumla karşılaşmamak için dikkat göstermek gerekir (Keyf et al., 2009). Renk seçiminde, öncelikle, hastanın bulunduğu ortamdaki aydınlatmaya dikkat edilmelidir. Laboratuvar ve muayenehanede aynı özellikteki ışık kaynakları kullanılmalıdır. Bu yaklaşım metamerizmi önlemeye yardımcı olacaktır (Vryonis, 1985).

Hastanın kıyafeti ve makyajı, renk seçiminin yapılacağı odanın rengi ve dişin yüzey özellikleri rengin algılanmasına etki eden faktörlerdir (Fondriest, 2003). Bir eşyanın algılanan rengi, eşyanın fiziksel özelliklerinden, maruz kaldığı ışığın türünden, diğer renkli objelerle olan ilişkisinden ve kişinin sübjektif değerlendirmesinden etkilenir. Dolayısıyla bir diş, değişik kişilere değişik ışık kaynakları altında farklı renkte görünebilir (Rosenstiel et al., 2015).

5.500 Kelvin renk sıcaklığındaki gün ışığının ideal ışık kaynağı olduğu düşünülmektedir. Böyle bir ışık beyaz ışığı meydana getirmek için gerekli olan bütün ana renkleri (kırmızı, yeşil, mavi) eşit miktarda içerir. Öğle ile öğleden sonra üç arasındaki saatler (12.00-15.00) renk seçimi için en iyi zamandır; en iyi renk ısı ve renk kalitesi elde edilebilmektedir (Vryonis, 1985).

Güneş ışığı, aydınlatma ve renk seçimi için her zaman ideal olmadığı ve günün farklı saatlerinde değişkenlik gösterdiği için suni bir aydınlatma gerekli olabilmektedir. Suni ışık kaynakları da rengin eşit dağılımını sağlamamaktadır. En yaygın ışık kaynakları akkor flamanlı ve floresan lambalardır. Akkor ışık kaynağında sarı-kırmızı, floresan ışık kaynağında ise mavi baskındır (UZUN, KEYF, & ALTUNSOY). Klinik ve laboratuvarlarda aydınlatma için, rengi düzeltilmiş floresan lambalar kullanılmalı ve renk sıcaklığı bütün çalışma alanında 5.500 Kelvin olmalıdır. Böylece renk seçimi için en uygun aydınlatma sağlanmış olur (Paravina, 2002; Vryonis, 1985). Aydınlatma koşullarının yoğunluğu da önemlidir. Şayet ışığın miktarı çok az ise ince detaylar kaybolur ve göz ana rengi zor algılar hale gelir. Genellikle muayenehanelerdeki tavan aydınlatması her şeyi görebilmek için yeterince yoğun değildir. Çok fazla yoğunluk ise gözlerin kamaşmasına yol açar ve rengin tam olarak belirlenmesine engel olur. Dental ünit ışıkları renk seçimi için kullanılmamalıdır. Bunların çoğu, yüksek oranda kırmızı sarı spektrumdaki ve düşük oranda mavi uçtaki ışığı dışarı veren akkor ışıklardır ve göz kamaşması (parlama) oluşturarak gözleri yormaktadır. Bu nedenle, bir dental ünit ışığının kullanımından sonra hemen renk seçimi yapılması yanlıştır. Doğru bir renk seçimi için 1200 ile 1500 lux arasında aydınlatma sağlayan lambalar kullanılmalıdır (Paravina, 2002).

Doğal dişler, özellikle dentin tabakasının organik madde içermesi nedeniyle floresans özellik gösterir. Floresanslık, bir materyal tarafından ışığın absorpsiyonu ve daha sonra uzun bir dalga boyunda yayılması olarak tanımlanabilir. Floresans özellikli restorasyonlar daha parlak ve canlı görünür. Bu nedenle, diş hekimliğinde porselenin yapısına floresans özelliğe sahip tozlar ilave edilmektedir (Fondriest, 2003; Rosenstiel et al., 2015).

2.4.1. Renk Sistemleri

Yirminci yüzyılın başından beri renkleri matematiksel olarak hesaplayarak farklı alanlarda farklı amaçlarla kullanabilmek için birçok renk sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemlerden bazılarında teorik, bazılarında örneklerin

yerleştirilmesi, bazılarında ise fiziksel ölçümler ve hesaplamalar esas almaktadır (Bilmeyer & Saltzman, 1966).

Renk sistemleri renklerin üç boyutlu olarak uzaydaki konumlarını belirleyerek eğitim amaçlı renk tanımlamak ve ürünlerde renk belirlemek için tasarlanmışlardır. Bu kullanım alanlarına sahip renk sistemlerinin neredeyse hepsi yirminci yüzyılda oluşturulmuştur. Oluşturuldukları yıllara göre renk sistemleri şöyle sıralanabilir:

- a) Munsell renk sistemi (1905)
- b) Otswald renk sistemi (1914)
- c) CIE renk sistemi (1931)
- d) DIN renk sistemi (1955)
- e) NCS renk sistemi (1962)
- f) Coloroid renk sistemi (1968)

Fakat bu sistemlerden hiç birisi tam olarak geçerli sayılmamıştır. Munsell ve CIE renk sistemleri geliştirilme prensipleri ve nitelikleri açısından en çok üzerinde durulan renk sistemleridir (Bilmeyer & Saltzman, 1966; Chu, Devigus, & Mieleszk, 2004; Paravina, 2004; Sproull, 1973a, 1973b).

2.4.1.1. Munsell Renk Sistemi

Bilinen en eski renk sistemi olan Munsell renk sistemini Albert H. Munsell 1905 yılında düzenlemiş ve rengi üç boyutlu olarak belirtmeyi amaçlamıştır. Rengi bu şekilde belirlemenin prensibini, rengin üç özelliği belirlemektedir. Bu üç özellik hue, value ve chroma olarak isimlendirilmektedir. Hue, ana rengi tanımlamaktadır. Value rengin parlaklığını anlatırken, chroma ise rengin doygunluğunu anlatır (Fondriest, 2003; Joiner, 2004; Paravina, 2004; Rosentiel et al., 2015; R. R. Seghi, Johnston, & O'brien, 1986; Sproull, 1973a).

Munsell renk sisteminde renklerin dizilimi bir küre şeklinde gösterilmektedir. Kürenin dikey ekseninde on basamağa bölünmüş olan parlaklık (value), dikey eksenin her basamağının etrafında yine 10 basamağa bölünmüş olan yatay renk tonu (hue) örnekleri bulunmaktadır. Renk tonlarının yoğunluğu (chroma) eksenden dışa doğru uzanmaktadır (Preston, 1982; Sproull, 1973a, 1973b).

2.4.1.1.1. Hue

Rengin özel adı olarak ifade edilmektedir ve renk ailesinden bir rengi diğerlerinden ayırt etmekte kullanılmaktadır. Hue, göze yansıyan ışığın spesifik dalga boyuna göre beyinde oluşturduğu mavi, kırmızı gibi renk algısını da ifade etmektedir. Munsell renk sisteminde beş ana renk tanımlanmaktadır; kırmızı, sarı, mavi, yeşil ve mor. Ayrıca bu ana renklerin birleşiminden

oluşan beş tane daha birleşim renk bulunur; sarı-kırmızı, yeşil-sarı, mavi-yeşil, mor-mavi ve kırmızı-mor. Ana ve birleşim renkleri olmak üzere on farklı renk ve bu on farklı rengin her biri için de değişik value değerine sahip on, toplamda da yüz farklı hue değeri bulunmaktadır (Fondriest, 2003; Joiner, 2004; Paravina, 2004).

2.4.1.1.2. Value

Rengi belirlenecek olan maddenin parlaklık, matlık derecesini gösteren değer value olarak adlandırılır. Bir maddenin parlaklığı, cisim üzerinden yansıyan veya geçen ışık enerjisi miktarına bağlıdır ve yansıyan ışık miktarı ile doğru orantılıdır. Munsell renk sisteminde value değerleri sıfırdan ona kadar derecelendirilmiştir ve sistemin en altında siyah, en üstünde ise beyaz renk bulunmaktadır. Bu değerler arasında siyahtan beyaza doğru olan gri tonları value değerlerini oluşturur ve saf beyaz on, saf siyah ise sıfır olarak belirlenmiş ve ulaşılmaz olarak değerlendirilmiştir. Doğal dişlerin value değerleri 4-8 arasında değişmektedir.

Birçok araştırmacıya göre diş hekimliğinde renk seçiminin en önemli aşaması value değerinin tespitidir. Value değerinin hatalı tespit edildiği bir restorasyon, değer yüksek ise daha parlak ve opak, düşük ise daha gri ve cansız görmektedir. Özellikle yüksek value değerine sahip restorasyon doğal dişlerden daha kolay ayırt edilebilmekte ve estetik olarak daha fazla hataya neden olmaktadır.

Ayrıca value değerinin doğru tespit edildiği bir restorasyonda, hue ve chroma değerlerinin hatalı tespiti sonucu ortaya çıkacak estetik hatalar nispeten daha az fark edilebilmektedir (Bilmeyer & Saltzman, 1966; Chu et al., 2004; Fondriest, 2003; Paravina, 2004; Rosenstiel et al., 2015).

2.4.1.1.3. Chroma

Chroma, bir rengin doygunluğu ve saflığını belirlemekle beraber rengin içerdiği ana renk miktarını yani ana rengin yoğunluğunu da ifade etmektedir. Munsell tarafından kuvvetli bir rengi zayıf bir renkten ayıran özellik olarak bildirilmiştir (Joiner, 2004; Sproull, 1973a).

2.4.1.2 CIE Renk Sistemi

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE; "Commission de l'Éclairage" veya "International Commission on Illumination") renk, görünüm gibi alanlarda standart bir ışık kaynağında, standart bir gözlemci ile verilen bir renge, insan görme sisteminin cevabını gösteren tristimulus değerlerinin hesaplanmasında yetkili bir organizasyondur (Joiner, 2004).

CIE'nin belirlediği renk sistemlerini şu şekilde sıralayabiliriz (Sharma & Bala, 2002):

- 1) CIE 1976 $L^*u^*v^*$ renk sistemi
- 2) CIE 1976 $L^*a^*b^*$ renk sistemi
- 3) CIE 1994 $L^*c^*h^*$ renk sistemi
- 4) CIEDE 2000 renk sistemi

2.4.1.2.1 CIE 1976 $L^*u^*v^*$ Renk Sistemi

CIE 1976 yılında tristimulus değerleriniz üç boyutlu düzlem olarak x , y , z düzleminde ifade ederken L^* , u^* , v^* değerleri bu düzlemlerle eşleştirilmiştir. Munsell renk sistemindeki value yani parlaklık değeri bu sistemde L^* ile uyumluluk göstermektedir. u^* ve v^* düzleminde, rengin radyal mesafesi Munsell renk sisteminde chroma değeriyle, açılal pozisyonu hue değeriyle uyumludur(Sharma & Bala, 2002).

2.4.1.2.2. CIE 1976 $L^*a^*b^*$ Renk Sistemi

CIE $L^*a^*b^*$ renk sistemi, CIE tarafından 1976 yılında geliştirilmiştir. Standart bir gözlemci ile insan gözünün renge verdiği psiko-fiziksel cevabın koordinat değerlerinin hesaplanması ile ortaya çıkartılmıştır. Munsell renk sisteminde olduğu gibi CIE $L^*a^*b^*$ renk sisteminde de renk üç koordinatta verilir. Tüm renkler bu koordinatların oluşturduğu eksenlerin kesiştiği merkez etrafında bulunan bir küre üzerinde yer alır. CIE $L^*a^*b^*$ renk sisteminde renklerin L^* , a^* ve b^* koordinatlarına göre dağılımları çizgiseldir, daha düzgün bir sıralama gösterir ve farklı renkler arasındaki uzaklıklar eşittir. Bu nedenle de renk ölçümü ve renk ayrımı yapıldığı durumlarda, dış hekimliği araştırmaları ve literatürde sıklıkla kullanılan renk sistemidir(Akyıl & Bayındır, 2010; Bilmeyer & Saltzman, 1966; Fondriest, 2003; Karaagacloğlu & Yılmaz, 2008; Paravina, 2004; R. R. Seghi et al., 1986).

CIE $L^*a^*b^*$ sisteminde L , Munsell sistemindeki value değeri ile orantılıdır ve rengin açıklık, koyuluk veya siyah-beyaz karakterini göstermektedir. L^* parametreleri dikey ekseninde bulunup, açık renkler L^* dikey ekseninde daha yukarıda ve daha yüksek değere sahipken koyu renkler eksenin daha altında ve daha düşük değerlerdedir. Saf siyah rengin L^* değeri sıfır iken saf beyazın L^* değeri yüzdür. CIE $L^*a^*b^*$ sisteminde a^*b^* , Munsell sistemindeki hue ve chroma değerleri ile orantılıdır. a^* parametreleri yatay ekseninde olup, değeri arttıkça bir cismin kırmızıya ve değeri düştükçe yeşile yaklaştığını göstermektedir. b^* parametreleri de a^* yatay eksenine dik olan yatay ekseninde olup yine cismin sarı ile mavi arasındaki koordinatlarını göstermektedir. Değeri arttıkça renk sarıya azaldıkça maviye kaymaktadır. a^* ve b^* koordinatlarının sıfır değerleri nötral renkleri (beyaz, gri) verirken bu değerlerin artması rengin daha yoğun ve doygun olduğunu gösterir (Akyıl & Bayındır, 2010; Bayındır & AG, 2006; Bilmeyer & Saltzman, 1966; Guler, Kurt, & Kulunk, 2005; Guler, Yılmaz, Kulunk, Guler, & Kurt, 2005; Joiner, 2004; Kucukesmen,

Usumez, Ozturk, & Eroglu, 2008; Okubo, Kanawati, Richards, & Childressd, 1998; Paravina, 2004; R. R. Seghi et al., 1986).

CIE L*a*b* yöntemi ile yapılan renk eşleştirilmesi ya da ölçümü sonucu ortaya çıkan ΔE değerlerinin insan gözü tarafından ne ölçüde algılanabildiği de araştırmacılar tarafından tartışılmıştır. Araştırmacılar ΔE değerinin büyüklüğüne göre yapılan eşleştirmelerin niteliğini tanımlamaya çalışmışlardır. Eğer bir materyal test koşulları ardından renk farklılığı $\Delta E=0$ ise renk stabil olarak tanımlanmıştır (Miyasaka, Miura, Nagatomi, & Yoshimine, 2008). $\Delta E \leq 1$ olması, renk değişikliğinin gözlemcilerden sadece % 50 si tarafından algılanabilir olmasıdır ve klinik olarak algılanamaz renk değişikliğini tanımlamaktadır (ABU-BAKR, Han, Okamoto, & IWAKU, 2000; Doray, Li, & Powers, 2001; Douglas & Przybylska, 1999; Karamouzos, Papadopoulos, Kolokithas, & Athanasiou, 2007; Kim & Um, 1996; Lindsey & Wee, 2007; Patel, Gordan, Barrett, & Shen, 2004; R. R. Seghi et al., 1986). $1 \leq \Delta E \leq 2$ arasında olması klinik olarak algılanabilir renk değişimini tanımlamaktadır (Lee, Cha, & Ahn, 2007; Paravina, 2004; R. Seghi, Johnston, & O'Brien, 1989). $\Delta E \leq 3,7$ gözlemcilerin %100'ü tarafından algılanabilir ve klinik olarak kabul edilebilir renk değişimini tanımlamaktadır (Lee et al., 2007; R. Seghi et al., 1989)

$\Delta E > 3,7$ klinik olarak kabul edilemez renk değişimi ve çok yetersiz uyum olarak tanımlamaktadır (Eliades, Kakaboura, Eliades, & Bradley, 2001; Johnston & Kao, 1989; Karamouzos et al., 2007; Miyasaka et al., 2008; Paravina, 2004; Powers, Bakus, & Goldberg, 1988). İncelenen çalışmaların çoğunda renk değişiminin klinik olarak kabul edilebilir sınırı 3,7 ünite olarak kabul edilmiştir (Eliades, Gioka, Heim, Eliades, & Makou, 2004; Eliades et al., 2001). Çalışmamızda da renk değişiminin kabul edilebilir eşik değeri olarak 3,7 ünite kullanılmıştır.

2.4.1.2.3 CIE 1994 Renk Sistemi

1989 yılında toplanan CIE' de cisimler üzerine gün ışığında görülen renk farklarının sayısal değerlerini belirleme konusunda çeşitli kararlar alınmıştır. Bu alınan kararları TC1-29 (Endüstriyel Renk Farkı Değerlendirmesi-Industrial Colour Difference Evaluation) 1992 yılında geçici olarak açıklanan iki ana başlık için belirlenen kurallar CMC (l:c) kurallarının bir modifikasyonuydu. 1995 yılında açıklanan son değerlendirmedeki formül renk sistemleriyle ilgili daha önce yapılan tüm çalışmaların bütün detaylarını da ortaya koymuştur. Bu formülün tam adı CIE 1994($\Delta L^* \Delta C^*_{ab} \Delta H^*_{ab}$) olarak belirlenmiştir. Bu formülün resmi kısaltma ismi ise CIE 94 olarak açıklanmıştır (McDonald & Smith, 1995).

Cismin görüntülediği şartlar ve cismin yapısı gibi birçok faktör görüntülemeyi etkilemektedir. Daha önce toplanan CIE' de belirlenen kurallarla birlikte bu şekilde renk belirleme işlemleri sırasında renge etki eden diğer faktörler CIE 94' de göz önüne alınmış ve bununla ilgili araştırmalar yapıl-

mıştır. Bununla beraber renk ölçümünü etkileyen tüm faktörleri belirlemenin imkansız olması nedeniyle önceki toplantıda belirlenen kurallar da dikkate alınarak referans olarak varsayılan değerler kullanılabilecek şekilde standardize edilmiştir. Renk belirlemeye etkileyen diğer durumlardaki değer parametrelerinin belirlenmesi ile belirlenen formülün devamlı olarak geliştirilebilmesi beklenmektedir (McDonald & Smith, 1995).

2.4.1.2.4. CIEDE 2000 Renk Sistemi

CIEDE 2000 renk sistemi 2001 yılında CIE teknik komite heyeti tarafından yayınlanmıştır (Luo, Cui, & Rigg, 2001). CIEDE 2000 renk sistemi önceki CIE $L^*a^*b^*$ ve CIE 94 renk sistemlerini içeren denklemleri daha sofistike ve daha hesaplama anlamında geniş bir içeriğe sahiptir. CIEDE 2000, CIE $L^*a^*b^*$ renk sisteminde kullanılan üç boyutlu uzay temel alınarak tasarlanmıştır (Sharma, Wu, & Dalal, 2005).

2.4.2. Renk Ölçüm Yöntemleri

Belirli bir dış renginin belirlenmesinde kullanılabilecek temelde iki yöntem bulunmaktadır; görsel ve bir cihaz yardımıyla renk ölçümü yapılması. Dış hekimliğinde bu amaçla en sık kullanılan yöntem, renk skalalarına ait örneklerin karşılaştırılmasıdır. Görsel renk tespit yöntemleri pratik olmalarına rağmen oldukça subjektif yöntemlerdir. Bununla beraber cihaz yardımıyla yapılan ölçümlerden objektif ve hızlı sonuç alınmasının yanı sıra, bu sonuçların sayısal verilere dönüştürülebilmesi gibi avantajları mevcuttur (Bayındır & AG, 2006; Bilmeyer & Saltzman, 1966; Johnston & Kao, 1989; Omar, Atta, El-Mowafy, & Khan, 2010; R. Seghi, 1990; Van der Burgt, Ten Bosch, Borsboom, & Plasschaert, 1985).

2.4.2.1. Görsel Renk Ölçüm Yöntemleri

Renk, kişiden kişiye değişen subjektif bir algıdır. Renk algılamasını etkileyen etkenler; ışık kaynağı, cisim ve gözlemciye bağlı etkenlerdir. Bir cismin rengi yalnızca retina görüntüsündeki ışığın spektral bileşimine bağlı değildir (Douglas, 1997; Joiner, 2004). Bu yöntemle yapılan renk seçimlerinin tekrarlanabilirliğini etkileyebilecek pek çok faktör bulunmaktadır:

- 1) Ortamdaki ışığın spektral özelliklerine ve şiddetine bağlı faktörler
- 2) Rengi seçen kişinin deneyimi, becerisi, yaşı, cinsiyeti ve renk reseptörlerinin yorgunluğu gibi bireysel varyasyonları ve ruhsal durumu
- 3) Renk belirlerken kullanılan renk skalalarının doğal dişe ait tüm tonları barındıracak yeterlilikte olması

Renk skalasındaki örneklerin, renk düzlemlerine göre sistematik yerleşip yerleşmediği (Bilmeyer & Saltzman, 1966; Sproull, 1973a)

2.4.2.2 Cihaz Kullanarak Yapılan Renk Ölçümü

Cihazlarla yapılan renk analizi, optik aletlerle nesnenin yansıttığı ışık analiz edilerek yapılmaktadır. Nesnelerin rengi hakkında tutarlı, güvenilir ve sayısal veri sağlanır (Keyf & Etikan, 2004; Lichter, Solomowitz, & Sher, 2000). En büyük avantajı subjektifliği ortadan kaldırması ve tekrarlanabilirliğidir (Chu et al., 2004; Joiner, 2004; Okubo et al., 1998). Cihaz kullanarak yapılan renk ölçümlerinin daha maliyetli olması, aletin doğru kalibre edilmediği veya kullanılmadığı zaman hatalı sonuçlar alınabilmesi gibi dezavantajları da mevcuttur (Bayındır & AG, 2006; Chu et al., 2004; Chu, Trushkowsky, & Paravina, 2010; Joiner, 2004; Okubo et al., 1998; R. Seghi, 1990; Wee, Monaghan, & Johnston, 2002). Klinik renk-seçim cihazları kolorimetreler, spektrofotometreler ve görüntüleme sistemleridir (Stephen J. Chu, 2010).

2.4.2.2.1. Spektrofotometreler

Spektrofotometreler, dış hekimliğinde ortalama renk seçimi için en kullanışlı, en doğru sonuçları veren bir cihazdır (S. J. Paul, Peter, Rodoni, & Pietrobon, 2004). Bir cisimden 1-25nm aralıklarla görülebilen ışık spektrumunda yansıyan ışık enerjisini ölçerler. Bir spektrofotometre bir optik radyasyon kaynağına sahiptir ki bu kaynak ışık yayar. Ayrıca bir optik ölçüm sistemi vardır. Bu sistem bir çeşit tarayıcı ve belirlenen ışık sinyallerini analiz edilebilecek bir çeviricidir. Belirlenen sinyaller genellikle dış hekimliğinde kullanılabilmek amacıyla renk skalasındaki renklere denk gelen değerlere çevrilir. İnsan gözüne oranla %33 daha iyi doğruluk ve %93,3 objektif seçim kaynağıdır (S. Paul, Peter, Pietrobon, & Hämmerle, 2002). Genellikle spektrofotometreler çalışmalarda referans olarak kullanılır (Lasserre, Pop-Ciutrla, & Colosi, 2011; Lehmann, Igiel, Schmidtman, & Scheller, 2010; R. Seghi, 1990). Bütün bu avantajlarına rağmen dış yapısının translusensisi ve kıvrımlı olması ölçümde hatalara neden olabilmektedir (Guan et al., 2005; Hammad, 2003; R. Seghi, 1990).

2.4.2.2.2. Kolorimetreler

Kolorimetreler üçlü uyarım ile görülebilir ışığın tristimulus ölçümü ve kırmızı, mavi yeşili filtreleyerek ölçüm yapar. Kolorimetreler yansıyan dalgalı ölçüm yapamaz ve zamanla filtrelerin eskimesiyle spektrofotometrelere oranla daha az doğru seçim yapılabilir (Ristić & Paravina, 2009). Bazı görüntüleme kolorimetreleri dişiüç bölümde görüntüleyebilir: gingival, orta üçlü, insizal. Bazı kolorimetrelerde sanal renk deneyebilme özelliği de bulunmaktadır (Kim-Pusateri, Brewer, Davis, & Wee, 2009).

2.4.2.2.3. Kamera ile Görüntüleme Sistemleri

Dijital kameralar hala kırmızı, mavi, yeşil renklerin bir birine eklenerek kullanıldığı sistemlerle kayıt yapmaktadır. Bu uygulamanın birçok farklı yöntemi vardır. Dijital kameralar hala subjektif insan gözüyle yapılan renk

seçiminde en temel elektronik renk seçim yöntemidir. Bazı görüntüleme sistemleri dış ortamdan gelen ışığın, ölçümü etkilemesini önlemek amacıyla ağız içi kamera sistemi şeklinde tasarlanmıştır (Lasserre et al., 2011).

2.5. Termal Siklus ile Yaşlandırma

Termal siklus yöntemi, en sık kullanılan yaşlandırmayöntemlerinden biridir. ISO TR 11450 (1994) standartlarına göre 5° C ve 55° C suda 500 döngü uygulanması uygun bir yaşlandırma testi biçimidir. Termal siklus aşırı sıcak ve soğukun ağız boşluğuna girmesini taklit eder (Davidson, Abdalla, & GEE, 1993; öilo & Austrheim, 1993; Titley, Caldwell, & Kulkarni, 2003).

ISO standartlarına göre yapılan 10000 döngünün deneysel olarak yaklaşık 1 senelik fonksiyona eşdeğer olduğu öne sürülmüştür (Gale & Darvell, 1999).

Renk Eşleştirme Hatalarının Nedenleri(Vijayan & k Shibu):

- Kalitesiz aydınlatma.
- Kanıta dayalı olmayan renk kılavuzlarının kullanımı: Klasik, nesnel olan 3D'ye kıyasla öznelidir.
- Rengi seçiminin çok uzun sürmesi: Fizyolojik olarak, oyalanırsak veya çok uzun süre bakarsak, kararlarımızda hatalara neden olacaktır.
- Fotoğraf kullanmamak: Fotoğraf çekmek yalnızca hasta eğitimi ve tedavi planlaması için değil, aynı zamanda laboratuvarımızla iletişim için de kritik öneme sahiptir.
- Renk seçimini randevunun sonuna bırakmak: Tedavi süreçlerinde hekimin ve dolayısı ile gözlerinin yorulması hatalı renk seçimine neden olabilmektedir.
- Opto-elektrik cihazlar kullanmamak.
- Aşırı doymun arka planlar: Arka planda ne olduğu, bir renk seçerken neye baktığınızı önemli ölçüde etkileyecektir. Pastel renkli önlükler kullanıyorsanız veya sandalyeniz yanık turuncuysa, bu renk seçimini gerçekten etkileyebilir.
- Tek bir yöntem kullanmak: En sık karşılaşılan hatalardan birisi
- Eski renk skalası kullanmak: Günümüzün enfeksiyon kontrolüyle renk skalalarımızı dezenfekte ediyoruz. Zamanla, renk skalasındaki cila tabakasını soyuyoruz, bu nedenle ofisinizde kullandığınız renk teknisyenininkiyle uyuşmuyor (Koroğlu, Makhloota, & Bal, 2021).
- Renk körlüğü: Renk körlüğü, belirli renkler arasındaki farkları ayırt edememe durumudur. Bu durum, retinanın koni hücrelerinde renk duyarlı pigment eksikliğinden kaynaklanır. İnsanlar renk körü olarak doğarlar çün-

kü koni hücreleri bebek yaklaşık dört aylık olana kadar çalışmaya başlamaz. Yirmi erkekten biri bir tür renk körlüğünden muzdariptir, ancak birkaç yüz kadından yalnızca biri renk körüdür. Renk körlüğü genellikle kalıtsaldır, yani genetik bir kusurdur.

KAYNAKÇA

- ABU-BAKR, N., Han, L., Okamoto, A., & IWAKU, M. (2000). Color stability of compomer after immersion in various media. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 12(5), 258-263.
- Akyil, M. Ş., & Bayindir, F. (2010). Time dependent effects of various staining agents on colour of artificial teeth. *Materials Research Innovations*, 14(5), 365-369.
- Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (2013). *Phillips' science of dental materials*: Elsevier Health Sciences.
- Bayındır, F., & AG, W. (2006). Diş rengi seçiminde bilgisayar destekli sistemlerin kullanımı. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 30(3), 40-46.
- Bilmeyer, F. W., & Saltzman, M. (1966). *Principles of color technology*: Interscience.
- Chu, S. J., Devigus, A., & Mieleszk, A. J. (2004). *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry*: Quintessence Publishing Company.
- Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., & Paravina, R. D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of dentistry*, 38, e2-e16.
- Clark, E. B. (1931). An analysis of tooth color. *The Journal of the American Dental Association* (1922), 18(11), 2093-2103.
- Davidson, C., Abdalla, A., & GEE, A. (1993). An investigation into the quality of dentine bonding systems for accomplishing a durable bond. *Journal of oral rehabilitation*, 20(3), 291-300.
- Doray, P. G., Li, D., & Powers, J. M. (2001). Color stability of provisional restorative materials after accelerated aging. *Journal of Prosthodontics*, 10(4), 212-216.
- Douglas, R. D. (1997). Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. *The journal of prosthetic dentistry*, 77(5), 464-470.
- Douglas, R. D., & Przybylska, M. (1999). Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. *The journal of prosthetic dentistry*, 82(2), 143-149.
- Eliades, T., Gioka, C., Heim, M., Eliades, G., & Makou, M. (2004). Color stability of orthodontic adhesive resins. *The Angle orthodontist*, 74(3), 391-393.
- Eliades, T., Kakaboura, A., Eliades, G., & Bradley, T. G. (2001). Comparison of enamel colour changes associated with orthodontic bonding using two different adhesives. *The European Journal of Orthodontics*, 23(1), 85-90.
- Fondriest, J. (2003). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 23(5), 467-480.
- Gale, M., & Darvell, B. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of dentistry*, 27(2), 89-99.
- Guan, Y. H., Lath, D. L., Lilley, T., Willmot, D., Marlow, I., & Brook, A. (2005). The measurement of tooth whiteness by image analysis and spectrophotometry: a

comparison. *Journal of oral rehabilitation*, 32(1), 7-15.

- Guler, A. U., Kurt, S., & Kulunk, T. (2005). Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *The journal of prosthetic dentistry*, 93(5), 453-458.
- Guler, A. U., Yilmaz, F., Kulunk, T., Guler, E., & Kurt, S. (2005). Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *The journal of prosthetic dentistry*, 94(2), 118-124.
- Hammad, I. A. (2003). Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. *The journal of prosthetic dentistry*, 89(1), 50-53.
- Johnston, W., & Kao, E. (1989). Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *Journal of dental research*, 68(5), 819-822.
- Joiner, A. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of dentistry*, 32, 3-12.
- Karaagaciloglu, L., & Yilmaz, B. (2008). Influence of cement shade and water storage on the final color of leucite-reinforced ceramics. *Operative dentistry*, 33(4), 386-391.
- Karamouzos, A., Papadopoulos, M., Kolokithas, G., & Athanasiou, A. (2007). Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *Journal of oral rehabilitation*, 34(8), 613-621.
- Keyf, F., & Etikan, I. I. (2004). Evaluation of gloss changes of two denture acrylic resin materials in four different beverages. *Dental Materials*, 20(3), 244-251.
- Keyf, F., Uzun, G., & Altunsoy, S. (2009). Diş hekimliğinde renk seçimi. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg*, 33(4), 52-58.
- Kim, H. S., & Um, C. M. (1996). Color differences between resin composites and shade guides. *Quintessence international*, 27(8).
- Kim-Pusateri, S., Brewer, J. D., Davis, E. L., & Wee, A. G. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The journal of prosthetic dentistry*, 101(3), 193-199.
- Köroğlu, A., Makhloota, M., & Bal, B. T. (2021). A review of color matching in dentistry. *Medical Records*, 3(1), 44-49.
- Kucukesmen, H. C., Usumez, A., Ozturk, N., & Eroglu, E. (2008). Change of shade by light polymerization in a resin cement polymerized beneath a ceramic restoration. *Journal of dentistry*, 36(3), 219-223.
- Lasserre, J.-F., Pop-Ciutrla, I.-S., & Colosi, H.-A. (2011). A comparison between a new visual method of colour matching by intraoral camera and conventional visual and spectrometric methods. *Journal of dentistry*, 39, e29-e36.
- Lee, Y.-K., Cha, H.-S., & Ahn, J.-S. (2007). Layered color of all-ceramic core and veneer ceramics. *The journal of prosthetic dentistry*, 97(5), 279-286.
- Lehmann, K. M., Igiel, C., Schmidtman, I., & Scheller, H. (2010). Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of dentistry*, 38, e65-e70.

- Lichter, J., Solomowitz, B., & Sher, M. (2000). Shade selection. Communicating with the laboratory technician. *The New York state dental journal*, 66(5), 42-46.
- Lindsey, D. T., & Wee, A. G. (2007). Perceptibility and acceptability of CIELAB color differences in computer-simulated teeth. *Journal of dentistry*, 35(7), 593-599.
- Luo, M. R., Cui, G., & Rigg, B. (2001). The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Research & Application*, 26(5), 340-350.
- McDonald, R., & Smith, K. J. (1995). CIE94-a new colour-difference formula. *Coloration Technology*, 111(12), 376-379.
- Miyasaka, M., Miura, H., Nagatomi, H., & Yoshimine, M. (2008). The effects of various finishing materials on the gloss and the color change of indirect prosthetic resin composites. *Journal of medical and dental sciences*, 55(1), 1-6.
- øilo, G., & Austrheim, E. K. (1993). In vitro quality testing of dentin adhesives. *Acta Odontologica Scandinavica*, 51(4), 263-269.
- Okubo, S. R., Kanawati, A., Richards, M. W., & Childressd, S. (1998). Evaluation of visual and instrument shade matching. *The journal of prosthetic dentistry*, 80(6), 642-648.
- Omar, H., Atta, O., El-Mowafy, O., & Khan, S. A. (2010). Effect of CAD–CAM porcelain veneers thickness on their cemented color. *Journal of dentistry*, 38, e95-e99.
- Paravina, R. D. (2002). Evaluation of a newly developed visual shade-matching apparatus. *International Journal of Prosthodontics*, 15(6).
- Paravina, R. D. (2004). *Esthetic color training in dentistry* (Vol. 1): Mosby.
- Patel, S. B., Gordan, V. V., Barrett, A. A., & Shen, C. (2004). The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *The Journal of the American Dental Association*, 135(5), 587-594.
- Paul, S., Peter, A., Pietrobon, N., & Hämmerle, C. (2002). Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of dental research*, 81(8), 578-582.
- Paul, S. J., Peter, A., Rodoni, L., & Pietrobon, N. (2004). Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *The journal of prosthetic dentistry*, 92(6), 577.
- Phillips, R. W. (1973). Skinner's science of dental materials. *W. B. Saunders Company*, xii+ 682, 26 x 18 cm, illustrated, 1973.
- Powers, J., Bakus, E., & Goldberg, A. (1988). In vitro color changes of posterior composites. *Dental Materials*, 4(3), 151-154.
- Precise color communication. (1994). In L. J. Minolta Co. (Ed.).
- Preston, J. D. (1982). Communication, alienation, or confusion. *The journal of prosthetic dentistry*, 48(5), 599-606.
- Ristić, I., & Paravina, R. (2009). Color measuring instruments. *Acta Stomatologica Na-issi*, 25(60), 925-932.
- Rosenstiel, S. F., Land, M. F., & Fujimoto, J. (2015). *Contemporary fixed prosthodontics*:

Elsevier Health Sciences.

- Seghi, R. (1990). Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *Journal of dental research*, 69(5), 1180-1183.
- Seghi, R., Johnston, W., & O'Brien, W. (1989). Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *Journal of dental research*, 68(12), 1755-1759.
- Seghi, R. R., Johnston, W. M., & O'Brien, W. (1986). Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *The journal of prosthetic dentistry*, 56(1), 35-40.
- Sharma, G., & Bala, R. (2002). *Digital color imaging handbook*: CRC press.
- Sharma, G., Wu, W., & Dalal, E. N. (2005). The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Research & Application*, 30(1), 21-30.
- Sproull, R. C. (1973a). Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *The journal of prosthetic dentistry*, 29(4), 416-424.
- Sproull, R. C. (1973b). Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *The journal of prosthetic dentistry*, 29(5), 556-566.
- Stephen J. Chu, R. D. T., Rade D. Paravina. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of dentistry*, 38, 2-16.
- Titely, K., Caldwell, R., & Kulkarni, G. (2003). Factors that affect the shear bond strength of multiple component and single bottle adhesives to dentin. *American journal of dentistry*, 16(2), 120-124.
- Ulusoy, M., & Toksavul, S. (1992). Kuron köprü çalışmalarında diş renginin önemi ve renkle ilgili temel kavramlar. *Ege Dişhek Fak Derg*, 13, 29-36.
- UZUN, G., KEYF, F., & ALTUNSOY, S. The Effects of Different Cement Colors on the Final Color of In-Ceram Ceramic Restorations In-Ceram Seramik Restorasyonların Son Rengi Üzerine Farklı Siman Renklerinin Etkisi.
- Van der Burgt, T., Ten Bosch, J., Borsboom, P., & Plasschaert, A. (1985). A new method for matching tooth colors with color standards. *Journal of dental research*, 64(5), 837-841.
- Vijayan, A., & k Shibu, S. Colour Matching in Dentistry.
- Vryonis, P. (1985). *Aesthetics in ceramics: perceiving the problem*. Paper presented at the Proceedings of the 4th International Symposium of Ceramics. Carol Stream, IL: Quintessence Publishing.
- Wee, A. G., Monaghan, P., & Johnston, W. M. (2002). Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *The journal of prosthetic dentistry*, 87(6), 657-666.



GERİATRİK ENDODONTİ: YAŞLI HASTA GRUBUNDA KÖK KANAL TEDAVİSİ

“ ”

Esra ARILI ÖZTÜRK¹

¹ Uzm. Dt., Özel Klinik, Merkez, Edirne, ORCID: 0000-0003-2137-4442

Sağlık alanında koruyucu ve tedavi edici yöntemlerin artışı ile insanoğlunun yaşam süresi ve nüfus içerisindeki yaşlı birey sayısı gün geçtikçe artmaktadır (Organization). Amerika Birleşik Devletleri'nde 65 yaş üstü bireylerin dental tedavilere talebi 1988 ile 1998 yılları arasında %30'dan %51'e çıkmıştır (Goodis, Rossall, & Kahn, 2001). Yaşlı insan sayısı ile orantılı olarak artan diş hekimi başvuruları endodontik tedaviye ihtiyaç duyan daha fazla sayıda geriatric hastayla sonuçlanabilir (Hamedy, Shakiba, & White, 2016). 65 yaş üstü hastalar, endodontik tedavi gören tüm hastaların %26'sını oluşturmaktadır (Goodis et al., 2001). Bazı yaşlı hastalar implant, sabit veya hareketli protez kullanımını kabul etmeyip reddederek endodontik tedaviye yönelmektedir (P. F. Allen & Whitworth, 2004). Kök kanal tedavisi implant destekli restorasyonlardan daha uygun maliyetli olabilir (S. G. Kim & Solomon, 2011) ve yapılan bir sistematik inceleme çalışmasında endodontik tedavili dişlerin ve implantların sağkalım oranlarının karşılaştırılabilir olduğu gösterilmiştir (Torabinejad et al., 2007). Korku ve maliyet, yaşlı hastaların implantlara karşı olumsuz tutumlara sahip olmasının ana nedenleridir (Müller, Salem, Barbezat, Herrmann, & Schimmel, 2012).

Doğal, sağlıklı, ağrısız bir ağız sağlığı ile yaşlı bir yetişkinin yaşam kalitesi, öz güveni iyileştirilebilir (Hoeksema et al., 2017). Ayrıca hastanın kendi dişlerinin korunması hareketli parsiyel protez retansiyonunda veya alveolar kemiğin korunmasında önemli olabilir (P. F. Allen & Whitworth, 2004). Dişsiz hastalar et ve sebze gibi "çiğnenebilir" ve sert yiyecekleri yemede zorluk çektiklerinden çiğneme işlevindeki değişiklikler ve konfor doğrudan bireyin beslenme şeklini değiştirebilir (Hildebrandt, Dominguez, Schork, & Loesche, 1997). Lif ve besin açısından zengin gıdalardan yoksun beslenmeye eğilim artabilir (Nowjack-Raymer & Sheiham, 2003). Kötü ağız sağlığı, çürükler, çiğneme bozukluğu ve diş kaybı hem fiziksel hem de ruh sağlığını etkileyen artan ölüm oranıyla bağlantılı bulunmuştur (Hämäläinen, Meurman, Keskinen, & Heikkinen, 2003). Tersine, daha fazla doğal diş ve iyi ağız sağlığı daha düşük ölüm oranıyla ilişkili bildirilmiştir (Osterberg, Carlsson, Sundh, & Mellström, 2008). Bireylerin yaşlılıkta dişlerini korumak, tatmin edici ağız fonksiyonuna ulaşmalarına yardımcı olmak hatta yaşam süresini ve konforunu artırmakta endodontinin rolü önemlidir.

Apikal periodontitis, kök kanal sistemindeki endodontik enfeksiyona yanıt olarak oluşan enfeksiyöz bir hastalıktır. Genellikle diş çürükleri, dental travmalar veya bakterilerin/toksinlerinin pulpa dokusuna ulaşabildiği durumlarda ortaya çıkar (Genc et al., 2008). Kök kanal tedavisinin amacı da hastaların yaşlarından bağımsız olarak kök kanal sistemindeki mevcut enfeksiyonu önleyerek/ortadan kaldırarak apikal periodontitisin önlenmesi veya tedavisidir. Özdemir ve ark.'nın in vitro çalışmasında yaşlı dentinin genç dentinden daha zor dezenfekte edildiği bulunmuştur (Ozdemir, Buzoglu, Calt, Stabholz, & Steinberg, 2010). Apikal periodontitis prevalansının yaşla

ilişkisini inceleyen çalışmalar mevcuttur (Hoskinson, Ng, Hoskinson, Moles, & Gulabivala, 2002). Yaşlı bireylerin genç popülasyonla karşılaştırıldığında daha fazla kök kanal tedavisi ve apikal periodontitisli dişlere sahip bulunmuştur (Frisk & Hakeberg, 2005).

Yaşlı hastaların dişlerinde kök ve pulpa odasında skleroz, fibrozis, pulpa vaskülarizasyonunda ve hücre sayısında azalma dahil olmak üzere fizyolojik yada patolojik kaynaklı önemli değişiklikler olabilir (Burke & Samarawickrama, 1995); bunun sonucunda hasarlı ve biyolojik olarak yaşlı dişlerdeki kök kanal tedavisi sırasında uygun enfeksiyon kontrolünde teknik zorluklar olabilir, tüm bu faktörler endodontik tedavinin uygulanmasını zorlaştırır (Goodis et al., 2001). Bu değişiklikler yalnızca yaşa bağlı değildir, genç hastaların dişlerinde de çürük, travma ve iatrojenik nedenlerle görülebilir (Nikoui, Kenny, & Barrett, 2003). Sekonder dentin kök oluşumu tamamlandıktan ve diş oklüzyona girdikten sonra başlayıp ömür boyu devam eden süreçtir (Kuttler, 1959). Dentin sklerozu sonucu daralan pulpa odası klinisyenin giriş kavitesi hazırlığı sırasında pulpa odası tabanında iatrojenik hata yapma riskini artırır (P. F. Allen & Whitworth, 2004). Kanalların lokalize olamaması ve tersiyer dentin oluşumunun yaşlı hastalarda başarısız endodontik tedavi sebeplerinden olabileceği bildirilmiştir (R. K. Allen, Newton, & Brown, 1989). Yaşlanma sırasında pulpa değişikliklerinin neden olduğu bir diğer durum ise diş hassasiyetinin azalmasıdır; bu durum hastanın durumu önemsememesine, tedavi arayışını geciktirmesine, dolayısıyla endodontik tedavinin gerçekleştirilmesini daha da zorlaştırmasına neden olabilir (Goodis et al., 2001). Ayrıca pulpa odasında azalan vaskülarite ve hücresel yapı tanı amacıyla uygulanan vitalite testlerindeki uyarılmanın zorlaşmasına neden olabilir (P. F. Allen & Whitworth, 2004).

Pulpadaki kalsifikasyonların da yaşla birlikte arttığını bildiren bir çalışmada 45-63 yaş aralığındaki hastaların pulpalarının %90'ında histolojik olarak pulpa kalsifikasyonları bulunduğu, 22-44 yaşlarındaki hastaların pulpalarında ise bu oranın yalnızca %7 olduğu bildirilmiştir (Sayegh & Reed, 1968). Sement ise kök yüzeyinde yaşam boyu birikmeye devam eder (Nitzan, Michaeli, Weinreb, & Azaz, 1986). Artan sement kalınlığı, apikal foramen ile radyografik apeks arasındaki mesafenin artmasına neden olur (Stein & Corcoran, 1990). Bu durum endodontik tedavinin radyografik değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulmalıdır.

Yaşlı hastalardaki pulpa hastalıklarında tanı diğer hasta gruplarıyla benzer olarak klinik anamnez, muayene ve canlılık testlerine dayanır. Yukarıda bahsedilen skleroz ve pulpa odasının daralması nedeniyle testleri uygulamak zorlaşabilir. Ayrıca büyük restorasyonların varlığı canlılık testlerini uygulamak için gerekli diş dokusu eksikliğine neden olabilir. Pulpa adasının çok kalsifiye olduğu dişlerde, termal testler etkisiz olabilir, elektrikli pulpa testi gerekli olacaktır (Ehrmann, 1977). Genç ve yaşlı pulpalar arasında elektriksel

uyarı eşiği arasında bir fark olmadığı bildirilmiştir, bu nedenle şiddetli pulpa kalsifikasyonu elektrikli pulpa testini zorunlu kılabilir (Harkins & Chapman, 1976).

Pulpadaki tüm değişikliklere rağmen yaşlılık sağlıksızlık demek değildir (P. F. Allen & Whitworth, 2004). Birçok çalışma, artmış teknik becerinin modern endodontik teknoloji ile birlikte kullanımıyla yaşlı dişlerin başarılı bir şekilde tedavi edildiğini, tedavi süresinin ve hasta endişelerinin azaldığını göstermektedir (Johnstone & Parashos, 2015; Kiefner, Connert, ElAyouti, & Weiger, 2017). Ayrıca, son yıllarda klinik uygulamaları sıklaşan rehberli endodonti özellikle kalsifiye dişlerde umut verici görünmektedir (Connert et al., 2019). İyi eğitilmiş bir klinisyenin elinde uygun yazılımla birlikte CBCT kullanılması, kalsifiye pulpaya ulaşım için güvenli ve hızlı bir yol oluşturabilir (Dianat et al., 2020). Yaşlı yetişkinlerde sıklıkla fiziksel/bilişsel sınırlamalar mevcuttur; bu hastaların kendi doğal dişlerini korumakla ilgilenmedikleri inancı, yaşlı insanlarda kök kanal tedavisinin prognozunun kötü olduğu yanlış anlaşılmasına yol açmaktadır (Liu, While, Norman, & Ye, 2012).

Yaş artışının başlı başına kök kanal tedavisinin iyileşme oranını olumsuz etkilediğini açıkça gösteren bilimsel bir kanıt bulunmamaktadır. Yaş artışının kök kanal tedavisinin iyileşme oranını olumlu etkilediğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Ricucci, Russo, Rutberg, Burleson, & Spångberg, 2011). Birçok çalışma kök kanal tedavisi sonucunun yaşlı yetişkinlerde genç yetişkinlere benzer olduğunu ve kök kanal tedavisinin iyileşme sonucuna bağlı tedavi kararları verirken yaşı prognostik bir faktör olarak değerlendirilmemesi gerektiğini göstermiştir (Hamedy, Shakiba, Pak, et al., 2016; Shakiba et al., 2017). Yaşlı yetişkinlerde, genç yetişkinlerde olduğu gibi, endodontik işlemlerin sonucu, pulpa boşluğundan patojen bakterilerin temizlenmesi ve yeniden enfeksiyonun önlenmesine bağlıdır (Spangberg, 2002). Yapılan bir çalışmada diş hekimlerinin prognozdan emin olmadıkları sürece genç erişkin vakaları tedavi etmemeyi tercih ettiği belirtilmiştir. Bu sonuç, kök kanal tedavisinin sağkalım oranı üzerinde artan yaşı olumsuz etkisinin bir nedeni olabilir (Ng, Mann, & Gulabivala, 2008).

Yaşlı hastalarda dental tedaviyi etkileyebilecek sistemik rahatsızlıklar tedavi sürecini etkileyebilir, önemli fiziksel kısıtlamalar diş tedavisinin gerçekleştirilmesinde ek zorluklar oluşturabilir. Örneğin geçici serebral iskemi gibi diş hekimi koltuğunda oturmayı engelleyecek durumlar ya da Parkinson gibi kontrol edilemeyen vücut hareketleri olan hastalarda endodontik tedavi uygulaması mümkün olmayabilir (P. F. Allen & Whitworth, 2004). Sırt ve eklem ağrısı olan durumlar uzun tedavi prosedürünü etkileyebilir. Bu tür hasta gruplarında döner nikel-titanyum eğelerin kullanımı, el enstrümantasyonuna kıyasla tedavi süresini önemli ölçüde azaltarak daha kısa randevu sürelerine olanak tanıyabilir (Guelzow, Stamm, Martus, & Kielbassa, 2005).

Sistemik durumun tedavi için uygun olduğu durumlarda kök kanal tedavisi yapılacak dişin ağız içinde korunabilirliği değerlendirilmelidir. Endodontik tedavi sonrası restore edilemeyecek dişler için uygun endikasyon çekim olmalıdır. Sınırlı ağız açıklığı, uygun olmayan diş dizilimi veya aşırı sürme, uzun operatif prosedürlere tahammülsüzlük veya pulpa boşluğunun kalsifikasyonu ile karmaşık hale gelirse, diş kurtarmak mümkün olmayabilir ve tedavi buna göre planlanmalıdır (P. F. Allen & Whitworth, 2004). Yine de mümkün olan durumlara dişin kısa süreli korunması bile okluzal destek sağlayıp motor gelişimi destekleyerek parsiyel dişsizliğe geçişi kolaylaştırabilir. Stratejik dişlerin tutulması, protez prosedürlerinde başarılı bir sonuç elde etmede son derece yardımcı olabilir (P. F. Allen & Whitworth, 2004).

Kalp pilleri ve implante edilebilir kardiyoverter defibrilatörler (ICD'ler), kalp hızını ve ritmini düzenleyen cihazlardır. Bu cihazlar elektromanyetik aletlere karşı hassastır (Zhan, Baine, Sedrakyan, & Steiner, 2008). Elektronik apeks bulucuları (EAL'ler) elektrik akımına dayanarak kanal uzunluğunu belirlemek için kök kanal tedavisinde kullanılan cihazlardır (E. Kim & Lee, 2004). Kalp cihazı implante edilen hastalarda elektronik apeks bulucuların hastaya zarar vermeden başarılı bir şekilde kullanıldığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Wilson, Broberg, Baumgartner, Harris, & Kron, 2006). Yapılan bir çalışma beş EAL'yi in vitro değerlendirmiştir ve yalnızca bir apeks bulucunun kalp pili işlevini etkilediğini bildirmiştir (Garofalo, Ede, Dorn, & Kuttler, 2002). İmplant edilen kalp cihazlarının kullanımı üzerine yapılan başka bir çalışma, EAL'lerin kalp cihazlarının işlevini in vitro etkilemediğini göstermiştir (Idzahi, de Cock, Shemesh, & Brand, 2014). EAL'lerin kalp pili fonksiyonunu etkilediğine dair sınırlı kanıt olmasına rağmen, mevcut üretici önerileri, implante kalp cihazı bulunan hastalarda EAL kullanımından kaçınılması yönündedir. Bu durumun bir komplikasyon durumunda tıbbi ve hukuki sonuçlar doğurabileceğinden dolayı bu hastalarda çalışma uzunluğunu belirlemek için başka yöntemler düşünülmesi gerekmektedir.

Yaşlılarda pulpanın hücresel içeriği azaldığından vital pulpa tedavilerinde daha düşük başarı oranına beklenebilir (Murray, Matthews, Sloan, & Smith, 2002). Cho ve ark. (Cho et al., 2013) 40 yaşın üzerindeki hastaların direkt pulpa kaplamasından sonra genç hastalara göre prognozun daha olumsuz olduğunu bulmuştur. Ancak yapılan bir sistematik inceleme çalışmasında, 70 yaşına kadar olan hastalarda vital pulpa tedavisi (özellikle kısmi ve tam pulpotomi) ile dişlerin başarıyla tedavi edildiği bildirilmiştir (Aguilar & Linsuwanont, 2011). Direkt pulpa kaplamasına kıyasla kısmi veya tam pulpotomide bildirilen yüksek başarı oranları, (Cho et al., 2013) endodontik tedaviye maddi imkânı olmayan yaşlı hastalar veya endodontik tedavinin mümkün olmadığı durumlarda vital pulpa tedavilerinin düşünülebileceğini gösterir.

Artan yaşa bağlı değişen bağışıklık tepkileri iyileşme süreçlerini etkileyebilir ve iyileşme sürelerini uzatabilir (LeMaout, Szabo, & Weksler, 1997).

Yapılan bir çalışmada cerrahi endodontik tedaviler için, daha genç (≤ 46) ve daha yaşlı (> 46) hastalarda başarı oranlarında bir fark bulunmamıştır (Krisler et al., 2013).

Ørstavik ve ark.'nın (Ørstavik, Qvist, & Stoltze, 2004) çalışmasında endodontik tedavi sonuçlarının çok değişkenli bir analizi gerçekleştirilmiş ve yaşın başarılı vakalarda önemli bir parametre olmadığı gösterilmiştir. Kök kanal dolumu sonrası ağrıyı inceleyen başka bir çalışmada ağrının oluşumu ya da şiddetinde yaşa bağlı bir fark saptanmamıştır (Zilinskaite-Petrauskiene & Haug, 2021). Kytridou ve ark.'nın (Kytridou, Gkikas, Garcia, Cepeda, & Hildebolt, 2023) yaptığı bir literatür taramasına göre cerrahi olmayan, cerrahi veya her ikisinin kombinasyonu olan endodontik tedavinin sonuçları, ileri yaştan (> 60 yaş) etkilenmemiştir. Genç yaştaki hastalar ve ileri yaş grubundaki hastaları arasında endodontik tedavini sonuçları benzer bulunmuştur ve ileri yaşın herhangi bir endodontik tedavi sonucunu etkilediğine dair kanıt bulunamamıştır. Kök kanal tedavisinin de pulpa/periapikal hastalığı olan ileri yaştaki hastalarda tercih edilebilecek bir tedavi yöntemi olabileceği bildirilmiştir. Yaşlı hastalarda kök kanal dolum kalitesi ile periapikal sağlık arasındaki ilişkiyi inceleyen bir sistemik analiz çalışmasında, dahil edilen çalışmalarda endodontik tedavi sonuçlarının yaş gruplarına göre sunulmamış olması ya da metodolojideki eksiklikler ve farklılıklar nedeniyle bu konuda fikir birliğine varılamadığı bildirilmiştir (Rutz da Silva et al., 2016).

Yaşlı hastalarda diş hassasiyeti ve ağrı algısı azaldığından ağrısız pulpitis geliştirme olasılıkları daha yüksektir (Michaelson & Holland, 2002). Bir çalışmada genel yetişkin popülasyonu ile karşılaştırıldığında, yaşlılarda daha fazla sayıda kök kanal tedavisi varlığı, daha fazla periapikal radyolusensi varlığı, kök kanal tedavili dişlerde daha düşük periapikal radyolusensi ve tedavi edilmemiş dişlerde daha yüksek periapikal radyolusensi varlığı saptanmıştır.

Sonuç olarak, sağlıklı ileri yaş ile birlikte bireylerin uzun yaşama beklentisi artmaya devam ettikçe, kök kanal tedavisine olan ihtiyaç da artacaktır. Yaşlılarda başarılı kök kanal tedavisi; uygun tanı, kaliteli radyografiler ve kök kanal sisteminin kalsifikasyonunun yarattığı zorlukların üstesinden gelmeye yönelik teknikler gerektirir. Yaşlı hastalardaki endodontik tedavi sürecinde kısa randevu süreleri, sırt/boyun konforu için yastıklar, ağız içi ısırma blokları, kalsifiye kanalları belirlemek için büyütme cihazlarının kullanımı ve tedavi süresini azaltmak için döner NiTi enstrümantasyon önerilir.

Bir dişin stratejik olarak önemli rolü olduğu sürece, sağlıklı yaşlı hastalarda endodontik işlemler yapılabilir. Bireyin ağız sağlığı ve genel konforu için, endodontik tedavi ile var olan dişleri korumaya odaklanan tedavi planlamaları öncelikli olmalıdır. Modern teknik ve aletler, klinisyenlerin kalsifiye dişlerde karşılaşılan teknik zorlukların üstesinden gelmelerini ve yaşlanan dişleri başarıyla tedavi etmelerini sağlayabilir. Yaşın endodontik tedavinin

sonucunu tek başına etkilediğine dair kesin bir kanıt yoktur. Ancak mevcut çalışmalarda yaşlı yetişkin hasta gruplarındaki eksik örneklem büyüklükleri ileri çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

REFERANSLAR

- Aguilar, P., & Linsuwanont, P. (2011). Vital pulp therapy in vital permanent teeth with cariously exposed pulp: a systematic review. *J Endod*, 37(5), 581-587. doi:10.1016/j.joen.2010.12.004
- Allen, P. F., & Whitworth, J. M. (2004). Endodontic considerations in the elderly. *Gerodontology*, 21(4), 185-194. doi:10.1111/j.1741-2358.2004.00039.x
- Allen, R. K., Newton, C. W., & Brown, C. E., Jr. (1989). A statistical analysis of surgical and nonsurgical endodontic retreatment cases. *J Endod*, 15(6), 261-266. doi:10.1016/s0099-2399(89)80221-3
- Burke, F. M., & Samarawickrama, D. Y. (1995). Progressive changes in the pulpo-dental complex and their clinical consequences. *Gerodontology*, 12(12), 57-66. doi:10.1111/j.1741-2358.1995.tb00132.x
- Cho, S. Y., Seo, D. G., Lee, S. J., Lee, J., Lee, S. J., & Jung, I. Y. (2013). Prognostic factors for clinical outcomes according to time after direct pulp capping. *J Endod*, 39(3), 327-331. doi:10.1016/j.joen.2012.11.034
- Connert, T., Krug, R., Eggmann, F., Emsermann, I., ElAyouti, A., Weiger, R., . . . Krastl, G. (2019). Guided Endodontics versus Conventional Access Cavity Preparation: A Comparative Study on Substance Loss Using 3-dimensional-printed Teeth. *J Endod*, 45(3), 327-331. doi:10.1016/j.joen.2018.11.006
- Dianat, O., Nosrat, A., Tordik, P. A., Aldahmash, S. A., Romberg, E., Price, J. B., & Mostoufi, B. (2020). Accuracy and Efficiency of a Dynamic Navigation System for Locating Calcified Canals. *J Endod*, 46(11), 1719-1725. doi:10.1016/j.joen.2020.07.014
- Ehrmann, E. H. (1977). Pulp testers and pulp testing with particular reference to the use of dry ice. *Aust Dent J*, 22(4), 272-279. doi:10.1111/j.1834-7819.1977.tb04511.x
- Frisk, F., & Hakeberg, M. (2005). A 24-year follow-up of root filled teeth and periapical health amongst middle aged and elderly women in Göteborg, Sweden. *Int Endod J*, 38(4), 246-254. doi:10.1111/j.1365-2591.2005.00944.x
- Garofalo, R. R., Ede, E. N., Dorn, S. O., & Kuttler, S. (2002). Effect of electronic apex locators on cardiac pacemaker function. *J Endod*, 28(12), 831-833. doi:10.1097/00004770-200212000-00009
- Genc, Y., Gulsahi, K., Gulsahi, A., Yavuz, Y., Cetinyurek, A., Ungor, M., & Col, M. (2008). Assessment of possible risk indicators for apical periodontitis in root-filled teeth in an adult Turkish population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 106(4), e72-77. doi:10.1016/j.tripleo.2008.06.005
- Goodis, H. E., Rossall, J. C., & Kahn, A. J. (2001). Endodontic status in older U.S. adults. Report of a survey. *J Am Dent Assoc*, 132(11), 1525-1530; quiz 1595-1526. doi:10.14219/jada.archive.2001.0085
- Guelzow, A., Stamm, O., Martus, P., & Kielbassa, A. M. (2005). Comparative study of

- six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J*, 38(10), 743-752. doi:10.1111/j.1365-2591.2005.01010.x
- Hämäläinen, P., Meurman, J. H., Keskinen, M., & Heikkinen, E. (2003). Relationship between dental health and 10-year mortality in a cohort of community-dwelling elderly people. *Eur J Oral Sci*, 111(4), 291-296. doi:10.1034/j.1600-0722.2003.00055.x
- Hamedy, R., Shakiba, B., Pak, J. G., Barbizam, J. V., Ogawa, R. S., & White, S. N. (2016). Prevalence of root canal treatment and periapical radiolucency in elders: a systematic review. *Gerodontology*, 33(1), 116-127. doi:10.1111/ger.12137
- Hamedy, R., Shakiba, B., & White, S. N. (2016). Essential elder endodontics. *Gerodontology*, 33(4), 433. doi:10.1111/ger.12248
- Harkins, S. W., & Chapman, R. C. (1976). Detection and decision factors in pain perception in young and elderly men. *Pain*, 2(3), 253-264. doi:10.1016/0304-3959(76)90004-x
- Hildebrandt, G. H., Dominguez, B. L., Schork, M. A., & Loesche, W. J. (1997). Functional units, chewing, swallowing, and food avoidance among the elderly. *J Prosthet Dent*, 77(6), 588-595. doi:10.1016/s0022-3913(97)70100-8
- Hoeksema, A. R., Spoorenberg, S., Peters, L. L., Meijer, H., Raghoobar, G. M., Vissink, A., . . . Visser, A. (2017). Elderly with remaining teeth report less frailty and better quality of life than edentulous elderly: a cross-sectional study. *Oral Dis*, 23(4), 526-536. doi:10.1111/odi.12644
- Hoskinson, S. E., Ng, Y. L., Hoskinson, A. E., Moles, D. R., & Gulabivala, K. (2002). A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 93(6), 705-715. doi:10.1067/moe.2001.122822
- Idzahi, K., de Cock, C. C., Shemesh, H., & Brand, H. S. (2014). Interference of electronic apex locators with implantable cardioverter defibrillators. *J Endod*, 40(2), 277-280. doi:10.1016/j.joen.2013.07.027
- Johnstone, M., & Parashos, P. (2015). Endodontics and the ageing patient. *Aust Dent J*, 60 Suppl 1, 20-27. doi:10.1111/adj.12281
- Kiefner, P., Connert, T., ElAyouti, A., & Weiger, R. (2017). Treatment of calcified root canals in elderly people: a clinical study about the accessibility, the time needed and the outcome with a three-year follow-up. *Gerodontology*, 34(2), 164-170. doi:10.1111/ger.12238
- Kim, E., & Lee, S. J. (2004). Electronic apex locator. *Dent Clin North Am*, 48(1), 35-54. doi:10.1016/j.cden.2003.10.005
- Kim, S. G., & Solomon, C. (2011). Cost-effectiveness of endodontic molar retreatment compared with fixed partial dentures and single-tooth implant alternatives. *J Endod*, 37(3), 321-325. doi:10.1016/j.joen.2010.11.035
- Kreisler, M., Gockel, R., Aubell-Falkenberg, S., Kreisler, T., Weihe, C., Filippi, A., . . . d'Hoedt, B. (2013). Clinical outcome in periradicular surgery: effect of patient-

- and tooth-related factors--a multicenter study. *Quintessence Int*, 44(1), 53-60. doi:10.3290/j.qi.a28742
- Kuttler, Y. (1959). Classification of dentine into primary, secondary, and tertiary. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 12(8), 996-999. doi:10.1016/0030-4220(59)90207-5
- Kytridou, V., Gkikas, I., Garcia, M. N., Cepeda, O., & Hildebolt, C. F. (2023). A literature review of local and systemic considerations for endodontic treatments in older adults. *Gerodontology*, 40(4), 410-421. doi:10.1111/ger.12679
- LeMaout, J., Szabo, P., & Weksler, M. E. (1997). Effect of age on humoral immunity, selection of the B-cell repertoire and B-cell development. *Immunol Rev*, 160, 115-126. doi:10.1111/j.1600-065x.1997.tb01032.x
- Liu, Y. E., While, A. E., Norman, I. J., & Ye, W. (2012). Health professionals' attitudes toward older people and older patients: a systematic review. *J Interprof Care*, 26(5), 397-409. doi:10.3109/13561820.2012.702146
- Michaelson, P. L., & Holland, G. R. (2002). Is pulpitis painful? *Int Endod J*, 35(10), 829-832. doi:10.1046/j.1365-2591.2002.00579.x
- Murray, P. E., Matthews, J. B., Sloan, A. J., & Smith, A. J. (2002). Analysis of incisor pulp cell populations in Wistar rats of different ages. *Arch Oral Biol*, 47(10), 709-715. doi:10.1016/s0003-9969(02)00055-9
- Müller, F., Salem, K., Barbezat, C., Herrmann, F. R., & Schimmel, M. (2012). Knowledge and attitude of elderly persons towards dental implants. *Gerodontology*, 29(2), e914-923. doi:10.1111/j.1741-2358.2011.00586.x
- Ng, Y. L., Mann, V., & Gulabivala, K. (2008). Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J*, 41(12), 1026-1046. doi:10.1111/j.1365-2591.2008.01484.x
- Nikoui, M., Kenny, D. J., & Barrett, E. J. (2003). Clinical outcomes for permanent incisor luxations in a pediatric population. III. Lateral luxations. *Dent Traumatol*, 19(5), 280-285. doi:10.1034/j.1600-9657.2003.00209.x
- Nitzan, D. W., Michaeli, Y., Weinreb, M., & Azaz, B. (1986). The effect of aging on tooth morphology: a study on impacted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 61(1), 54-60. doi:10.1016/0030-4220(86)90203-3
- Nowjack-Raymer, R. E., & Sheiham, A. (2003). Association of edentulism and diet and nutrition in US adults. *J Dent Res*, 82(2), 123-126. doi:10.1177/154405910308200209
- Organization, W. H. Global Health Observatory Data Repository. Available: <http://apps.who.int/gho/data/node.main.688>. Accessed: 28 July 2024.
- Ørstavik, D., Qvist, V., & Stoltze, K. (2004). A multivariate analysis of the outcome of endodontic treatment. *Eur J Oral Sci*, 112(3), 224-230. doi:10.1111/j.1600-0722.2004.00122.x
- Osterberg, T., Carlsson, G. E., Sundh, V., & Mellström, D. (2008). Number of teeth--a predictor of mortality in 70-year-old subjects. *Community Dent Oral Epidemiol*, 36(3), 258-268. doi:10.1111/j.1600-0528.2007.00413.x

- Ozdemir, H. O., Buzoglu, H. D., Calt, S., Stabholz, A., & Steinberg, D. (2010). Effect of ethylenediaminetetraacetic acid and sodium hypochlorite irrigation on *Enterococcus faecalis* biofilm colonization in young and old human root canal dentin: in vitro study. *J Endod*, 36(5), 842-846. doi:10.1016/j.joen.2010.01.008
- Ricucci, D., Russo, J., Rutberg, M., Burleson, J. A., & Spångberg, L. S. (2011). A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 112(6), 825-842. doi:10.1016/j.tripleo.2011.08.003
- Rutz da Silva, F., Padilha, E. Z., Cândido, V. S., Cavassim, R., Pereira, A. C., & Hebling, E. (2016). Relationship between quality of root canal obturation and periapical lesion in elderly patients: a systematic review. *Gerodontology*, 33(3), 290-298. doi:10.1111/ger.12146
- Sayegh, F. S., & Reed, A. J. (1968). Calcification in the dental pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 25(6), 873-882. doi:10.1016/0030-4220(68)90165-5
- Shakiba, B., Hamedy, R., Pak, J. G., Barbizam, J. V., Ogawa, R., & White, S. N. (2017). Influence of increased patient age on longitudinal outcomes of root canal treatment: a systematic review. *Gerodontology*, 34(1), 101-109. doi:10.1111/ger.12231
- Spangberg, L., Haapasalo M. (2002). Rationale and efficacy of root canal medicaments an foot filling materials with emphasis on outcome. *Endod Topics*, 2: 35-58.
- Stein, T. J., & Corcoran, J. F. (1990). Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 69(2), 238-242. doi:10.1016/0030-4220(90)90334-o
- Torabinejad, M., Anderson, P., Bader, J., Brown, L. J., Chen, L. H., Goodacre, C. J., . . . White, S. N. (2007). Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: a systematic review. *J Prosthet Dent*, 98(4), 285-311. doi:10.1016/s0022-3913(07)60102-4
- Wilson, B. L., Broberg, C., Baumgartner, J. C., Harris, C., & Kron, J. (2006). Safety of electronic apex locators and pulp testers in patients with implanted cardiac pacemakers or cardioverter/defibrillators. *J Endod*, 32(9), 847-852. doi:10.1016/j.joen.2006.03.005
- Zhan, C., Baine, W. B., Sedrakyan, A., & Steiner, C. (2008). Cardiac device implantation in the United States from 1997 through 2004: a population-based analysis. *J Gen Intern Med*, 23 Suppl 1(Suppl 1), 13-19. doi:10.1007/s11606-007-0392-0
- Zilinskaite-Petrauskiene, I., & Haug, S. R. (2021). A Comparison of Endodontic Treatment Factors, Operator Difficulties, and Perceived Oral Health-related Quality of Life between Elderly and Young Patients. *J Endod*, 47(12), 1844-1853. doi:10.1016/j.joen.2021.08.017



ENDODONTİDE MTA KULLANIMLARI

“ ”

Elif BAŞTUĞ GÜVEN¹

¹ Uzm.Dt. (ORCID: 0000-0002-7079-5174)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Dış Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı,
Van, Türkiye bastugelif4@gmail.com, 05076982447

Mineral trioksit agregatı (MTA), 1990'larda Torabinejad ve arkadaşları tarafından piyasaya sürülmüş olup 1997'de Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılmak üzere Gıda ve İlaç Dairesi tarafından onaylanan biyoaktif bir dental materyaldir (Parirokh, Torabinejad, & Dummer, 2018). Piyasada gri ve beyaz olmak üzere iki ticari MTA türü vardır. Gri MTA'da tetrakalsiyum alümino-ferrit fazını oluşturan demir bulunurken beyaz MTA'da demir oksit bulunmaz ve dolayısıyla alümino-ferrit fazı oluşmaz (Camilleri, 2008).

MTA, esas olarak kalsiyum ve silikat elementlerinden oluşan biyoaktif bir simandır. MTA, rafine edilmiş Portland çimentosu ve bizmut oksit karışımıdır, eser miktarda SiO_2 , CaO , MgO , K_2SO_4 ve Na_2SO_4 içerdiği bildirilmektedir. Ana bileşen olan Portland çimentosu, dikalsiyum silikat, trikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, alçıtaşı ve tetrakalsiyum alüminoferrit karışımıdır (Camilleri et al., 2005; Dammaschke, Gerth, Züchner, & Schäfer, 2005; Sarkar, Caicedo, Ritwik, Moiseyeva, & Kawashima, 2005).

MTA'nın, sertleşme sırasındaki hidrasyon reaksiyonu, trikalsiyum silikat ve dikalsiyum silikat arasında meydana gelmektedir. Sonrasında kalsiyum hidroksit ve kalsiyum silikat hidrat jeli oluşarak ortamın pH'ı alkali bir hale gelmektedir. Trikalsiyum alüminat ve kalsiyum fosfat arasındaki bir sonraki reaksiyon, yüksek sülfatlı bir kalsiyum sülfalüminat oluşturmaktadır. Kalsiyum iyonları dentin tübüllerinden süzülmemekte ve malzeme sertleştikçe konsantrasyonu zamanla artmaktadır (Grech, Mallia, & Camilleri, 2013; Parirokh & Torabinejad, 2010; Sarkar et al., 2005).

MTA ürün tozunun, 3:1 toz/sıvı oranında verilen steril suyla karıştırılarak ilgili bölgeye uygulandıktan sonra nemli bir pamuk peletinin geçici olarak MTA ile doğrudan temas edecek şekilde yerleştirilmesi ve bir takip randevusuna kadar bekletilmesi önerilmektedir. Hidrasyon sonrasında MTA, yaklaşık 3-4 saat içinde sert bir yapıya dönüşen kolloidal bir jel oluşturmaktadır (Damaschke et al., 2005; Torabinejad, Hong, McDonald, & Ford, 1995) ve çevre dokulardan gelen nemin sertleşme reaksiyonuna yardımcı olduğu iddia edilmektedir (Lee, Monsef, & Torabinejad, 1993). MTA'nın başlangıç pH'ı 10,2'dir ve karıştırıldıktan üç saat sonra 12,5'e yükselir (Camilleri et al., 2005; Torabinejad et al., 1995). MTA basınç dayanımının 21 güne kadar nem varlığında arttığı bildirilmiştir (Torabinejad et al., 1995). Gri MTA ve beyaz MTA arasındaki karşılaştırmada ise gri MTA'nın basınç dayanımının beyaz MTA'dan daha fazla olduğu görülmüştür (Torabinejad et al., 1995).

MTA, çinko oksit öjenol ile karşılaştırılabilir radyodensiteye sahipken ve Süper EBA, gutta-perka veya amalgamdan daha az radyoopak olduğu bulunmuştur (Ding, Kao, Shie, Hung Jr, & Huang, 2008; Shah, San Chong, Sidhu, & Ford, 1996). MTA'nın radyoopaklığının, radyografik görüntüleme için yeterli olan 7,17 mm eşdeğer alüminyum kalınlığı olduğu sonucuna varılmıştır (Torabinejad et al., 1995).

Bates ve ark. (1996), MTA'nın marjinal adaptasyon ve sızdırmazlık kabiliyetinin diğer geleneksel kök ucu dolgu malzemelerinden daha üstün olduğunu bulmuşlardır (Bates, Carnes, & del Rio, 1996). Shipper ve ark. (2004) ve Torabinejad ve ark. (1995), MTA'nın sertleşme reaksiyonu sırasında genişmesi nedeniyle mükemmel sızdırmazlık kabiliyetine sahip olduğunu belirtmişlerdir (Shipper, Grossman, Botha, & Cleaton-Jones, 2004; Torabinejad et al., 1995). Nemli ortamda, sertleşme genişmesi nedeniyle MTA'nın sızdırmazlık kabiliyeti artmaktadır, bu nedenle kalıcı restorasyon yerleştirilmeden önce nemlendirilmiş bir pamuk peletin MTA ile temas ettirilmesi önerilmiştir. Valois ve ark. (2004), iyi bir sızdırmazlık sağlamak için yaklaşık 4 mm MTA kalınlığının yeterli olduğunu bulmuşlardır (Valois & Costa Jr, 2004).

Al-Hazaimi ve ark. (2006), MTA'nın özellikle *Enterococcus faecalis* ve *Streptococcus sanguis*'e karşı antibakteriyel etkiye sahip olduğunu belirtmiştir (Al-Hezaimi et al., 2006). Ancak Torabinejad ve ark.'na (1995) göre MTA, herhangi bir anaerob bakteri üzerinde antimikrobiyal etki göstermemiştir (Torabinejad et al., 1995).

Sumer ve ark. (2006), MTA'nın dokular tarafından iyi tolere edildiği, biyouyumlu olduğu ve mutajenik olmadığı sonucuna varmışlardır (Sumer, Muglali, Bodrumlu, & Guvenc, 2006). Pelliccioni ve ark. (2004), MTA'nın periapikal ve periradiküler dokularla osteoblast benzeri hücreler ile etkileşime girerek sert doku yapımını indüklediğini göstermişlerdir. Ayrıca MTA'nın hücre canlılığı ve kollajen salınım mekanizması üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu da gösterilmiştir (Pelliccioni et al., 2004). Koh ve ark. (2001), MTA'nın interlökin üretme özelliğinin yanı sıra osteoblastlara biyolojik aktif bir substrat sağladığı sonucuna varmışlardır (Koh, Ford, Kariyawasam, Chen, & Torabinejad, 2001).

Torabinejad ve ark. (1995), sementoblastları ve nihayetinde sement üretimini aktive etme potansiyeline sahip olduğu sonucuna varmıştır. MTA ayrıca kendi yüzeyinde PDL liflerinin aşırı büyümesine de olanak tanımaktadır (Torabinejad et al., 1995). Schwartz ve ark. (1999), MTA'nın klinik semptomların ortadan kaldırılmasına ve kemik iyileşmesine yardımcı olduğunu bildirmiştir. MTA'nın bu özellikleri, onu potansiyel bir rejeneratif malzeme olarak göstermektedir (Schwartz, Mauger, Clement, & WALKER III, 1999).

MTA'nın kalsiyum hidroksit (CaOH_2) gibi dentin köprüsü oluşumunu tetiklediğini belirlemiştir. Holland ve arkadaşları (1999), MTA'nın trikalsiyum oksit içeriğinin doku sıvılarıyla etkileşime girerek CaOH_2 oluşturduğunu ve bunun da CaOH_2 'ye benzer şekilde sert doku oluşumuna yol açtığını ileri sürmüştür (Holland et al., 1999). Faraco ve arkadaşları (2001), MTA ile oluşturulan dentin köprüsünün CaOH_2 ile oluşturulana göre nispeten daha hızlı ve daha iyi yapısal bütünlüğe sahip olduğu sonucuna varmıştır (Faraco Jr & Holland, 2001). Dominguez ve arkadaşları (2003) ve Tziafas'a (2002) göre

MTA, pulpanın bütünlüğünü korumanın yanı sıra onarıcı dentin oluşumunu da uyarır (Dominguez, Witherspoon, Gutmann, & Opperman, 2003; Tziafas, Pantelidou, Alvanou, Belibasakis, & Papadimitriou, 2002).

MTA'nın dünya çapındaki araştırmacıları her zaman alternatifler aramaya zorlayan birkaç sınırlaması olmuştur. Zor manipülasyonu, yavaş sertleşme süresi ve yüksek maliyeti bunlardan birkaçıdır. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için, 2010 yılında ikinci büyük atılım olduğu kanıtlanan Biodentine adlı yeni bir biyoseramik malzeme piyasaya sürülmüştür. Nispeten daha kolay manipülasyon, düşük maliyet ve daha hızlı sertleşme, bu malzemenin MTA ile karşılaştırıldığında en büyük avantajlarıdır (Roberts, Toth, Berzins, & Charlton, 2008)

MTA, vital pulpa tedavilerinde, rejeneratif endodontik işlemlerde, açık apeksli dişlerde apikal bariyer oluşturulmasında, perforasyon onarımlarında, endodontik cerrahi sırasında kök ucu dolgu materyali olarak, internal ve eksternal kök rezorpsiyonu tedavilerinde ve kök kanal dolumlarında yaygın olarak kullanılan bir dental materyaldir (Parirokh et al., 2018).

1.Vital Pulpa Tedavilerinde MTA Kullanımı

Çürük veya travma sonucu pulpası açığa çıkmış ve reversible pulpitisli dişlerde kök kanal tedavisine alternatif olarak vital pulpa tedavileri özellikle son zamanlarda sıklıkla kullanılan tedavi seçenekleri arasındadır. Vital pulpa tedavileri arasında indirekt pulpa kuafajı, direkt pulpa kuafajı, parsiyel pulpotomi ve total pulpotomi yer almaktadır (Akhlaghi & Khademi, 2015; Komabayashi, Zhu, Eberhart, & Imai, 2016; Opal, Garg, Dhindsa, & Taluja, 2014).

Vital pulpa tedavilerinin amacı, koronal ve radiküler pulpa dokusunun canlılığını korumaktır. Vital pulpa tedavilerinde pulpa kaplama ajanı olarak kalsiyum hidroksit kullanıldığında, kalsiyum hidroksitin dentine bağlanma eksikliği sonucunda oluşan mikrosızıntı, nemli ortamda çözünmesi sonucu restorasyonun altında boşluk oluşması ve dentin köprülerinde oluşturduğu tünel defektleri sonucu başarısızlık meydana gelebilmektedir (Asgary, Eghbal, Parirokh, Ghanavati, & Rahimi, 2008; Mohammadi & Dummer, 2011). Ancak kalsiyum hidroksitin tersine MTA nemli ortamda sertleşir ve nemle temas ettiğinde, ana bileşeni olan kalsiyum oksit, kalsiyum hidroksite dönüşmektedir (Duarte, de Oliveira Demarchi, Yamashita, Kuga, & de Campos Fraga, 2003). Bu dönüşüm, faydalı antibakteriyel etkilere sahip yüksek pH'lı bir mikro ortam sağlamaktadır. Kalsiyum hidroksitin aksine, MTA düşük çözünürlüğe sahiptir ve yerleştirildikten sonra fiziksel bütünlüğünü korumaktadır. Hızlı sertleşmesi vital pulpa tedavileri sonrasında hemen daimi restorasyon yapılmasını kolaylaştırmaktadır (Cervino et al., 2017).

Literatürdeki çalışmalar, asemptomatik veya geri dönüşümlü pulpalara sahip vakalarda, MTA ile pulpa kaplamasının uygulanabilir bir tedavi se-

çeneği olabileceğini göstermiştir (Bogen, Kim, & Bakland, 2008; Farsi, Alamousdi, Balto, & Al Mushayt, 2007; Witherspoon, 2008). Histolojik çalışmalar ayrıca, kalsiyum hidroksitli geleneksel pulpa kaplamasına kıyasla MTA kullanılan vital pulpa tedavilerinde daha az iltihaplanma ve daha fazla dentin köprüsü oluştuğunu göstermektedir. Pulpa kaplamasında, MTA Angelus'un 15 dakikalık hızlı sertleşmesi, nihai restorasyonun gecikmeden ve sertleşmiş MTA ile doğrudan temas halinde yerleştirilmesini sağlamaktadır (Faraco Jr & Holland, 2001).

1.1. İndirekt Pulpa Kuafajında MTA Kullanımı

İndirekt pulpa kuafajı; enfekte çürük dentinin uzaklaştırılması sonucu geri dönüşümlü iltihaplı olan pulpa tabakasının üzerinde kalan ince dentin tabakasının koruyucu bir ajanla kaplanması işlemidir (Aeinehchi, Eslami, Ghanbariha, & Saffar, 2003).

İndirekt pulpa kuafajının klinik prosedüründe rubber dam izolasyonu altında steril elmas frezlerle çürük uzaklaştırılmaya başlanmaktadır. İlerleyen aşamalarda kalan çürükler, pulpanın açığa çıkmasını önlemek amacıyla düşük hızda uygulanan tek kullanımlık çelik frez kullanılarak uzaklaştırılmalıdır. Çürük uzaklaştırıldıktan sonra ilgili bölge sodyum hipoklorit (Na-OCI) veya klorheksidin dezenfekte edilmelidir. Sonrasında MTA kavitenin en derin bölgesine pasif bir şekilde ile yerleştirilmelidir (Bogen & Chandler, 2008)

İndirekt pulpa kaplamasından sonra takip süresi önemli bir faktördür. Klinik ve radyografik bir araştırma, tedaviden 3 ay sonra ProRoot MTA'nın indirekt pulpa kaplama materyali olarak Dycal'a kıyasla önemli ölçüde daha yüksek başarı oranları bildirmiştir. Ancak, 6 ayda materyaller arasında kalsifiye köprü kalınlığı açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır (Benoist, Ndiaye, Kane, Benoist, & Farge, 2012).

1.2. Direkt Pulpa Kuafajında MTA Kullanımı

Direkt pulpa kuafajı, çürük temizleme sırasında, travma sonucunda açığa çıkan sağlıklı veya geri dönüşümlü iltihaplı pulpanın kaplanması işlemidir (Endodontists, 2003). Diş preparasyonu sırasında mekanik açılmalar meydana geldiğinde maruz kalan doku genellikle iltihaplanmaz. Çürük, travma sonucu uzun süreli ağız ortamı mikroorganizmalarına maruz kalan ve akut inflamasyon nedeniyle risk altında olan pulpa dokusu, doğrudan pulpa kaplaması için uygun olmayabilmektedir (Marchi, de Araujo, Fröner, Straffon, & Nör, 2007). Mevcut kılavuzlar, yalnızca mekanik olarak açığa çıkmış, yani sağlıklı olan pulpaların direkt pulpa kaplaması için uygun olduğunun desteklemektedir (Frisk et al., 2013).

Direkt pulpa kuafajının klinik prosedüründe, rubber dam kullanılarak, sürekli su soğutması altında yüksek hızlı aletlerdeki elmas frezler ile kavite

preparasyonu tamamlanmalıdır. Derin çürük mevcudiyetinde, düşük hızda çalışan aletler veya el aletleri ile çürük uzaklaştırılmalıdır. Kavite ve pulpanın perforasyon bölgesi %2,6 ila %5 NaOCl ile dezenfekte edilmelidir ve kanama kontrol altına alınmalıdır. MTA listelenen talimatlara göre hazırlandıktan sonra pulpa perforasyon bölgesine küçük bir aplikatörle yerleştirilmelidir. MTA'yı kaplamak için akışkan kompomer veya ışınlı sertleşen iyonomer siman uygulandıktan sonra daimi restorasyon yapılmalıdır (Witherspoon, 2008).

MTA üzerine nemli bir pamuk pelet yerleştirilerek bekletildiğinde, MTA'nın fiziksel özelliklerini artmaktadır bu sebeple direkt pulpa kuafajının iki seansta yapılmasını savunan görüşler mevcutken (Parirokh & Torabinejad, 2014), klinik ve histolojik kriterler açısından bir veya iki seanslık tedavi arasında anlamlı fark olmadığını savunan görüşler de mevcuttur (Banava, Fazlyab, Heshmat, Mojtahedzadeh, & Motahhary, 2015).

1.3. Parsiyel Pulpotomide MTA Kullanımı

Parsiyel pulpotomi (Cvek pulpotomisi), koronal ve radiküler pulpayı korumak amacıyla canlı pulpanın koronal küçük bir kısmının cerrahi olarak uzaklaştırılması olarak tanımlanır (Endodontists, 2003). Aslında iltihaplı pulpa dokusu, daha derin ve sağlıklı koronal pulpa dokusunu açığa çıkarmak için uzaklaştırılmaktadır. Direkt pulpa kuafajı ve parsiyel pulpotomi benzer klinik prosedürleri kapsamaktadır. Yalnızca tedaviden sonra kalan tahrip edilmemiş pulpa dokusu miktarı farklılık göstermektedir (Cvek, 1978).

1.4. Total Pulpotomide MTA Kullanımı

Total pulpotomi, iltihaplı pulpa dokusunun dişin koronal pulpa odasından çıkarılarak, pulpa canlılığını koruyan ve onarımı destekleyen bir dental biyomalzeme ile kaplanmış sağlıklı kök pulpa dokusunun bırakıldığı minimal invaziv bir işlemdir (Endodontology, 2006). Olgun daimi dişlerde, koronal pulpotomi, kök kanal tedavisinden önce acil bir ağrı kesici prosedür olarak başarıyla bildirilmiştir (Hasselgren & Reit, 1989). Ancak, biyoaktif materyallerin geliştirilmesi ve biyouyumluluğun iyileştirilmesiyle, pulpotomi, irreversible pulpitisli daimi dişlerin kesin tedavisi olarak sistematik bir incelemede yeniden araştırıldığına tam koronal pulpotomi tedavisinin genel olarak olumlu bir sonuç verdiğini gösterilmiştir (Nair, Duncan, Pitt Ford, & Luder, 2008; Simon et al., 2013; Tomson et al., 2007).

2. Rejeneratif Endodontik İşlemlerde MTA Kullanımı

Nekrotik ve/veya apikal periodontitisli apeksi açık daimi dişler, geleneksel olarak apikal sert doku bariyeri oluşumunu sağlamak için kalsiyum hidroksit veya apikal MTA tıkaçları kullanılan apeksifikasyon prosedürleriyle tedavi edilmektedir (Rafter, 2005). Ancak, apeksifikasyon prosedürü kanal boşluğundaki hasarlı pulpanın canlılığını geri kazandırmaz ve nekrotik pul-

paya sahip olgunlaşmamış daimi dişlerin kök kanal duvarlarının kalınlaşması ve kök ucu kapanmasını desteklemez.

2001 yılında, apikal periodontitis ve sinüs yolu bulunan apeksi açık daimi dişlerin tedavisi için endodontide revaskülarizasyon adı verilen yeni bir tedavi seçeneği sunulmuştur (Iwaya, Ikawa, & Kubota, 2001). Iwaya ve ark. (2001), rejeneratif endodontik tedavide cam iyonomer siman yerine kanal içi bariyer olarak MTA kullanılmasını önermiştir (Iwaya et al., 2001) ve bu protokol sonrasında literatürdeki birçok çalışmada benimsenmiştir. Tedaviler, apikal periodontitisli olgunlaşmamış daimi dişlerde kanal duvarlarının kalınlaşmasını ve apikal kapanmayı desteklemenin yanı sıra klinik semptom/işaretlerin ve apikal periodontitisin ortadan kalktığını da göstermiştir. Bu nedenle, nekrotik pulpalı olgunlaşmamış daimi dişler için geleneksel apeksifikasyona bir tedavi alternatifi olarak rejeneratif endodonti önerilmiştir (Hargreaves, Giesler, Henry, & Wang, 2008).

Rejenerasyon, çok ince dentin duvarları ve radyografik olarak 1 mm'den daha geniş bir açık apeksi olan vakalarda endikedir. Kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu, NaOCl irrigasyonu ve ardından kanala bir hafta boyunca yerleştirilen üçlü antibiyotikli pat ile sağlanmaktadır. İkinci seansta, dentin duvarlarından büyüme faktörlerinin salınımını sağlamak amacıyla EDTA kullanılmaktadır. Sonrasında kök hücre aktivasyonu için periapikal dokular kanatılır. Amaç, pulpa boşluğunu iskele görevi gören stabil bir kan pıhtısı ile doldurmaktır. Daha sonra MTA, dişi koronal mikro sızıntıdan korumak için pıhtı ile temas halinde kanal ağzına yerleştirilir. Zamanla, pıhtı değişken bileşimli bir onarıcı doku ile yer değiştirmeli ve mevcut kök dentini üzerinde dentin benzeri bir materyal birikmesi nedeniyle kök duvarları kalınlaşmaya devam etmelidir (Banchs & Trope, 2004; Miller, Lee, Tawil, Teixeira, & Vann, 2012).

3.Apeksifikasyon Tedavilerinde MTA Kullanımı

Olgunlaşmamış bir kökteki nekrotik pulpanın tedavisi, apikal stopun olmaması nedeniyle klinisyenler için her zaman bir zorluk teşkil etmiştir. Bu sorun, klasik olarak, birkaç yıllık tedavi süresi gerektirebilen, birden fazla seans gerektiren ve teorik olarak en azından ilgili kökün kırılma potansiyelini artırabilen uzun süreli kalsiyum hidroksit tedavisiyle çözülmüştür (J. O. Andreasen, Farik, & Munksgaard, 2002). Ancak MTA, tek seansta biyouyumlu bir apikal tıkaç oluşturma yeteneği ile mükemmel ve öngörülebilir bir alternatif haline gelmiştir (Witherspoon & Ham, 2001; Witherspoon, Small, Regan, & Nunn, 2008).

Apeksifikasyonun klinik prosedüründe apikalde kemik kaybı varsa, Gel-foam® gibi bir kolajen/jelatin sünger apikal olarak yerleştirilebilir ve böylece MTA istenen çalışma uzunluğuna yerleştirilebilir. Bu işlem tamamlandıktan sonra, MTA çalışma boyu ayarlanmış bir plugger yardımı ile kanala yerleştiri-

rilir ve kondanse edilir. Apikal üçte birlik kısım 3-5 mm MTA ile kapatıldıktan sonra, kalan koronal kanal boşluğu sıcak gutta perka tekniği kullanılarak doldurulabilir (Peter Z Tawil, Duggan, & Galicia, 2015).

4.Perforasyon Onarımlarında MTA Kullanımı

Perforasyonlar genellikle, giriş kavitesi hazırlığı veya kanal şekillendirme işlemleri sırasında pulpa kanalı ile periradiküler doku arasında bir iletişimin meydana geldiği iatrojenik koşulların sonucu oluşmaktadır. Perforasyonlar ayrıca, tüm kök dentininin rezorptif süreçten etkilendiği iç kök rezorpsiyonu vakalarında da meydana gelebilmektedir. MTA'nın mükemmel sızdırmazlık özelliği ve biyouyumluluğu sayesinde, kök perforasyonlarının onarımında öngörülebilir sonuçlarla kullanılmaktadır (Main, Mirzayan, Shabahang, & Torabinejad, 2004; Mente, Leo, Panagidis, Saure, & Pfefferle, 2014).

Bir perforasyon meydana geldiğinde, klinik prosedürde perforasyonun kapsamı değerlendirilmelidir. Perforasyona komşu bir kemik defekti varsa defekt, MTA yerleştirilmeden önce osteokondüktif veya ostoidüktif bir malzeme ile doldurulmalıdır. Perforasyon bölgesine sonrasında basınçsız bir şekilde MTA yerleştirilmelidir (Peter Z Tawil et al., 2015).

5.Endodontik Cerrahi Sırasında MTA Kullanımı

Periapikal patolojisi olan kanal tedavili dişlerde, ortograd yaklaşımın periapikal patolojiyi çözmesi muhtemel olmadığı durumlarda, kök ucu rezeksiyonu ile periapikal cerrahi endikedir. Endodontik cerrahi müdahale, enfekte kök ucunu rezeke etmeyi ve kök kanal sisteminde kalan bakterileri periapikal dokulardan izole etmeyi amaçlamaktadır (Gutmann & Harrison, 1985).

Kök ucu dolgusu, endodontik patolojiyi gidermek için kök dışı mikrocerrahi bir yaklaşım ile kök ucu rezeke edildikten sonra uygulanır. Cerrahi olarak tedavi edilen vakaların çoğu, karmaşık kanal anatomisi veya kök kanal tedavileri sırasında iatrojenik kazalar nedeniyle, ortograd konvansiyonel kök kanal yöntemleriyle öngörülebilir bir şekilde tedavi edilemez (Kim & Kratchman, 2006; San Chong, 2019). MTA ise mükemmel fiziksel sızdırmazlık özellikleri sayesinde iyileşme sürecinde hücrelerin doğrudan sement üzerinde çoğalmasıyla ek bir biyolojik sızdırmazlık sağlayarak endodontik cerrahide çoğunlukla tercih edilen dolgu materyalidir (Kim & Kratchman, 2006; Peter Zahi Tawil et al., 2009).

Apikal rezeksiyonun klinik prosedüründe kökün apikal 3 mm'lik kısmı rezeke edildikten sonra retrograd kavite cerrahi ultrasonik uçlarla açılmaktadır. Bu işlem tamamlandıktan sonra, retrograd kavite kurutulur ve MTA bu boşluğa yerleştirilip kondanse edilerek kök ucu dolgusu tamamlanır (Peter Z Tawil et al., 2015)

6.İnternal ve Eksternal Kök Rezorpsiyonu Tedavilerinde MTA Kullanımı

Diş hekimleri, kök rezorpsiyonları vakalarında zorlu tanı ve tedavi kararlarıyla karşı karşıya kalabilmektedirler. Kök rezorpsiyonları, kök kanal duvarında (internal kök rezorpsiyonları) ve kökün dış yüzeyinde (eksternal rezorpsiyon veya servikal kök rezorpsiyonu) görülmekle beraber ve geçici veya progresif ilerleme eğiliminde olabilirler (J. Andreasen & Bakland, 2008; Gunraj, 1999; Sigurdsson, Trope, & Chivian, 2010).

Kök rezorpsiyonu tedavilerinde kullanılan dental dolgu materyalleri, tedavinin prognozunu etkileyebilir (Torabinejad & Chivian, 1999). MTA, sızdırmazlık kabiliyeti, biyouyumluluğu ve osteogenezi ve sementogenezi tetikleme potansiyeli nemli ortamda da kullanılabilme özellikleri sayesinde kök rezorpsiyonları vakalarında en sık kullanılan dental materyaldir (Economides, Pantelidou, Kokkas, & Tziafas, 2003).

KAYNAKLAR

- Aeinehchi, M., Eslami, B., Ghanbariha, M., & Saffar, A. (2003). Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *International endodontic journal*, 36(3).
- Akhlaghi, N., & Khademi, A. (2015). Outcomes of vital pulp therapy in permanent teeth with different medicaments based on review of the literature. *Dental research journal*, 12(5), 406.
- Al-Hezaimi, K., Al-Shalan, T. A., Naghshbandi, J., Oglesby, S., Simon, J. H., & Rotstein, I. (2006). Antibacterial effect of two mineral trioxide aggregate (MTA) preparations against *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus sanguis* in vitro. *Journal of endodontics*, 32(11), 1053-1056.
- Alim, M., & Bani, M. (2024). Total Pulpotomy with MTA in Young Permanent Teeth: Case Series. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*(3), 116-124.
- Andreasen, J., & Bakland, L. (2008). Pathologic tooth resorption. *Ingle's endodontics*, 1358-1382.
- Andreasen, J. O., Farik, B., & Munksgaard, E. C. (2002). Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dental Traumatology*, 18(3), 134-137.
- Asgary, S., Eghbal, M. J., Parirokh, M., Ghanavati, F., & Rahimi, H. (2008). A comparative study of histologic response to different pulp capping materials and a novel endodontic cement. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*, 106(4), 609-614.
- Banava, S., Fazlyab, M., Heshmat, H., Mojtahedzadeh, F., & Motahhary, P. (2015). Histological evaluation of single and double-visit direct pulp capping with different materials on sound human premolars: a randomized controlled clinical trial. *Iranian Endodontic Journal*, 10(2), 82.
- Banchs, F., & Trope, M. (2004). Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *Journal of endodontics*, 30(4), 196-200.
- Bates, C. F., Carnes, D. L., & del Rio, C. E. (1996). Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *Journal of endodontics*, 22(11), 575-578.
- Benoist, F. L., Ndiaye, F. G., Kane, A. W., Benoist, H. M., & Farge, P. (2012). Evaluation of mineral trioxide aggregate (MTA) versus calcium hydroxide cement (Dycal®) in the formation of a dentine bridge: a randomised controlled trial. *International dental journal*, 62(1), 33-39.
- Bogen, G., & Chandler, N. P. (2008). Vital pulp therapy. *Ingle's endodontics*, 6, 1310-1329.
- Bogen, G., Kim, J. S., & Bakland, L. K. (2008). Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate: an observational study. *The Journal of the American Dental Association*, 139(3), 305-315.

- Camilleri, J. (2008). The chemical composition of mineral trioxide aggregate. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 11(4), 141-143.
- Camilleri, J., Montesin, F. E., Brady, K., Sweeney, R., Curtis, R. V., & Ford, T. R. P. (2005). The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dental Materials*, 21(4), 297-303.
- Cervino, G., Fiorillo, L., Spagnuolo, G., Bramanti, E., Laino, L., Lauritano, F., & Cicciù, M. (2017). Interface between MTA and dental bonding agents: Scanning electron microscope evaluation. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 7(1), 64-68.
- Cvek, M. (1978). A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. *Journal of endodontics*, 4(8), 232-237.
- Dammaschke, T., Gerth, H. U., Züchner, H., & Schäfer, E. (2005). Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dental Materials*, 21(8), 731-738.
- Daniele, L. (2017). Mineral Trioxide Aggregate (MTA) direct pulp capping: 10 years clinical results. *Giornale Italiano di Endodonzia*, 31(1), 48-57.
- Ding, S. J., Kao, C. T., Shie, M. Y., Hung Jr, C., & Huang, T. H. (2008). The physical and cytological properties of white MTA mixed with Na₂HPO₄ as an accelerant. *Journal of endodontics*, 34(6), 748-751.
- Dominguez, M. S., Witherspoon, D. E., Gutmann, J. L., & Opperman, L. A. (2003). Histological and scanning electron microscopy assessment of various vital pulp-therapy materials. *Journal of endodontics*, 29(5), 324-333.
- Duarte, M. A. H., de Oliveira Demarchi, A. C. C., Yamashita, J. C., Kuga, M. C., & de Campos Fraga, S. (2003). pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*, 95(3), 345-347.
- Economides, N., Pantelidou, O., Kokkas, A., & Tziafas, D. (2003). Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide aggregate (MTA) as root-end filling material. *International endodontic journal*, 36(1).
- Endodontists, A. A. o. (2003). *Glossary of endodontic terms*: American Association of Endodontists.
- Endodontology, E. S. o. (2006). Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *International endodontic journal*, 39(12), 921-930.
- Faraco Jr, I. M., & Holland, R. (2001). Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dental Traumatology*, 17(4), 163-166.
- Farsi, N., Alamoudi, N., Balto, K., & Al Mushayt, A. (2007). Clinical assessment of mineral trioxide aggregate (MTA) as direct pulp capping in young permanent teeth. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 31(2), 72-76.

- Frisk, F., Kvist, T., Axelsson, S., Bergenholz, G., Davidson, T., Mejare, I., . . . Tranæus, S. (2013). Pulp exposures in adults: choice of treatment among Swedish dentists. *swedish dental journal*, 37(3), 153-160.
- Grech, L., Mallia, B., & Camilleri, J. (2013). Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dental Materials*, 29(2), e20-e28.
- Gunraj, M. N. (1999). Dental root resorption. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*, 88(6), 647-653.
- Gutmann, J. L., & Harrison, J. W. (1985). Posterior endodontic surgery: anatomical considerations and clinical techniques. *International endodontic journal*, 18(1), 8-34.
- Hargreaves, K. M., Giesler, T., Henry, M., & Wang, Y. (2008). Regeneration potential of the young permanent tooth: what does the future hold? *Pediatric dentistry*, 30(3), 253-260.
- Hasselgren, G., & Reit, C. (1989). Emergency pulpotomy: pain relieving effect with and without the use of sedative dressings. *Journal of endodontics*, 15(6), 254-256.
- Holland, R., de Souza, V., Nery, M. J., Otoboni Filho, J. A., Bernabé, P. F. E., & Dezan Jr, E. (1999). Reaction of dogs' teeth to root canal filling with mineral trioxide aggregate or a glass ionomer sealer. *Journal of endodontics*, 25(11), 728-730.
- Iwaya, S. i., Ikawa, M., & Kubota, M. (2001). Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. *Dental Traumatology*, 17(4), 185-187.
- Kim, S., & Kratchman, S. (2006). Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *Journal of endodontics*, 32(7), 601-623.
- Koh, E., Ford, T. P., Kariyawasam, S., Chen, N., & Torabinejad, M. (2001). Prophylactic treatment of dens evaginatus using mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*, 27(8), 540-542.
- Komabayashi, T., Zhu, Q., Eberhart, R., & Imai, Y. (2016). Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth. *Dental materials journal*, 35(1), 1-12.
- Lee, S.-J., Monsef, M., & Torabinejad, M. (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *Journal of endodontics*, 19(11), 541-544.
- Main, C., Mirzayan, N., Shabahang, S., & Torabinejad, M. (2004). Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *Journal of endodontics*, 30(2), 80-83.
- Marchi, J., de Araujo, F., Fröner, A., Straffon, L., & Nör, J. (2007). Indirect pulp capping in the primary dentition: a 4 year follow-up study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 31(2), 68-71.
- Mente, J., Leo, M., Panagidis, D., Saure, D., & Pfefferle, T. (2014). Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations—long-term results. *Journal of endodontics*, 40(6), 790-796.

- Miller, E. K., Lee, J. Y., Tawil, P. Z., Teixeira, F. B., & Vann, W. F. (2012). Emerging therapies for the management of traumatized immature permanent incisors. *Pediatric dentistry*, 34(1), 66-69.
- Mohammadi, Z., & Dummer, P. M. H. (2011). Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International endodontic journal*, 44(8), 697-730.
- Nair, P., Duncan, H., Pitt Ford, T., & Luder, H. (2008). Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. *International endodontic journal*, 41(2), 128-150.
- Nilsson, E., Bonte, E., Bayet, F., & Lasfargues, J.-J. (2013). Management of internal root resorption on permanent teeth. *International journal of dentistry*, 2013(1), 929486.
- Opal, S., Garg, S., Dhindsa, A., & Taluja, T. (2014). Minimally invasive clinical approach in indirect pulp therapy and healing of deep carious lesions. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 38(3), 185-192.
- Parirokh, M., & Torabinejad, M. (2010). Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part III: clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *Journal of endodontics*, 36(3), 400-413.
- Parirokh, M., & Torabinejad, M. (2014). Calcium silicate-based cements. *Mineral trioxide aggregate: Properties and clinical applications*, 281-332.
- Parirokh, M., Torabinejad, M., & Dummer, P. (2018). Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview—part I: vital pulp therapy. *International endodontic journal*, 51(2), 177-205.
- Pelliccioni, G., Ciapetti, G., Cenni, E., Granchi, D., Nanni, M., Pagani, S., & Giunti, A. (2004). Evaluation of osteoblast-like cell response to Proroot™ MTA (mineral trioxide aggregate) cement. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 15(2), 167-173.
- Rafter, M. (2005). Apexification: a review. *Dental Traumatology*, 21(1), 1-8.
- Roberts, H. W., Toth, J. M., Berzins, D. W., & Charlton, D. G. (2008). Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: a review of the literature. *Dental Materials*, 24(2), 149-164.
- Sachdeva, G., Sachdeva, L., Goel, M., & Bala, S. (2015). Regenerative endodontic treatment of an immature tooth with a necrotic pulp and apical periodontitis using platelet-rich plasma (PRP) and mineral trioxide aggregate (MTA): a case report. *International endodontic journal*, 48(9), 902-910.
- San Chong, B. (2019). *Managing endodontic failure in practice* (Vol. 23): Quintessence Publishing Company Limited.
- Sarkar, N., Caicedo, R., Ritwik, P., Moiseyeva, R., & Kawashima, I. (2005). Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*, 31(2), 97-100.

- Schwartz, R. S., Mauger, M., Clement, D. J., & WALKER III, W. A. (1999). Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *The Journal of the American Dental Association*, 130(7), 967-975.
- Shah, P. M., San Chong, B., Sidhu, S. K., & Ford, T. R. P. (1996). Radiopacity of potential root-end filling materials. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*, 81(4), 476-479.
- Shipper, G., Grossman, E., Botha, A., & Cleaton-Jones, P. (2004). Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) compared with amalgam as a root-end filling material: a low-vacuum (LV) versus high-vacuum (HV) SEM study. *International endodontic journal*, 37(5), 325-336.
- Sigurdsson, A. R., Trope, M., & Chivian, N. (2010). The role of endodontics after dental traumatic injuries. In *Cohen's Pathways of the Pulp, Tenth Edition* (pp. 620-654): Elsevier.
- Simon, S., Perard, M., Zanini, M., Smith, A., Charpentier, E., Djole, S., & Lumley, P. (2013). Should pulp chamber pulpotomy be seen as a permanent treatment? Some preliminary thoughts. *International endodontic journal*, 46(1), 79-87.
- Sumer, M., Muglali, M., Bodrumlu, E., & Guvenc, T. (2006). Reactions of connective tissue to amalgam, intermediate restorative material, mineral trioxide aggregate, and mineral trioxide aggregate mixed with chlorhexidine. *Journal of endodontics*, 32(11), 1094-1096.
- Tawil, P. Z., Duggan, D. J., & Galicia, J. C. (2015). MTA: a clinical review. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, 36(4), 247.
- Tawil, P. Z., Trope, M., Curran, A. E., Caplan, D. J., Kirakozova, A., Duggan, D. J., & Teixeira, F. B. (2009). Periapical microsurgery: an in vivo evaluation of endodontic root-end filling materials. *Journal of endodontics*, 35(3), 357-362.
- Tomson, P. L., Grover, L. M., Lumley, P. J., Sloan, A. J., Smith, A. J., & Cooper, P. R. (2007). Dissolution of bio-active dentine matrix components by mineral trioxide aggregate. *Journal of Dentistry*, 35(8), 636-642.
- Torabinejad, M., & Chivian, N. (1999). Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*, 25(3), 197-205.
- Torabinejad, M., Hong, C., McDonald, F., & Ford, T. P. (1995). Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *Journal of endodontics*, 21(7), 349-353.
- Tziafas, D., Pantelidou, O., Alvanou, A., Belibasakis, G., & Papadimitriou, S. (2002). The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *International endodontic journal*, 35(3), 245-254.
- Valois, C. R., & Costa Jr, E. D. (2004). Influence of the thickness of mineral trioxide aggregate on sealing ability of root-end fillings in vitro. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*, 97(1), 108-111.
- Vural, U. K., Kiremitci, A., & Gokalp, S. (2017). Randomized clinical trial to evaluate MTA indirect pulp capping in deep caries lesions after 24-months. *Operative dentistry*, 42(5), 470-477.

- Witherspoon, D. E. (2008). Vital pulp therapy with new materials: new directions and treatment perspectives—permanent teeth. *Pediatric dentistry*, 30(3), 220-224.
- Witherspoon, D. E., & Ham, K. (2001). One-visit apexification: technique for inducing root-end barrier formation in apical closures. *Practical procedures & aesthetic dentistry: PPAD*, 13(6), 455-460; quiz 462.
- Witherspoon, D. E., Small, J. C., Regan, J. D., & Nunn, M. (2008). Retrospective analysis of open apex teeth obturated with mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*, 34(10), 1171-1176.
- Zenaldeen, R., Kaddoura, R., Alzoubi, H., Achour, H., & Aljabban, O. (2023). Partial Pulpotomy in Mature Permanent Molars with Symptoms Indicated Irreversible Pulpitis Using MTA: A Study of Three Case Reports over Four-Year Follow-Up. *Case Reports in Dentistry*, 2023(1), 1344101.