



T.C.

SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**REJENERATİF ENDODONTİK TEDAVİ SONRASI GÖZLENEN  
KORONAL RENKLENMELERDE FARKLI BEYAZLATMA  
YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİKLERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dt. Cansel SARI  
UZMANLIK TEZİ**

**SIVAS  
2025**





T.C.

SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

REJENERATİF ENDODONTİK TEDAVİ SONRASI GÖZLENEN  
KORONAL RENKLENMELERDE FARKLI BEYAZLATMA  
YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİKLERİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Cansel SARI  
UZMANLIK TEZİ

Prof. Dr. Demet ALTUNBAŞ  
DANIŞMAN ÖĞRETİM ÜYESİ

SIVAS  
2025

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca kıymetli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, klinik tecrübelerinden faydalandığım, tez sürecim boyunca sabrını ve desteğini her zaman hissettiğim, iyi niyeti, kararlılığı ve kendine hep doğruyu hedef edinmiş tavrı ile kendime örnek aldığım ve öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Demet ALTUNBAŞ'a;

Bilgi ve tecrübesiyle uzmanlık eğitimim süresince, her konuda içtenlikle yardımcı olan, iyi niyetini ve desteğini her zaman hissettiğim, değerli hocam Sayın Prof. Dr. Kerem Engin AKPINAR'a,

Uzmanlık eğitimim süresince değerli bilimsel ve mesleki tecrübelerinden yararlandığım, hoşgörü ve anlayışını her daim hissettiğim sevgili hocam Sayın Prof. Dr. Recai ZAN'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca akademik bilgi ve becerilerini benimle paylaşan saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Fatoş ALBAYRAK'a,

Her koşulda yanımda olup sevincimi üzüntümü paylaşan, tanımaktan ve birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum başta Arş. Gör. Merve AYTİŞ, Uzm. Dt. Nejla ÇİMEN, Uzm. Dt. Beyza TALU KARABEKİR ve Uzm. Dt. Tuğçe ÖZDEMİR SAKİN olmak üzere hepsi birbirinden değerli mesai arkadaşlarıma,

Beni büyük bir emek, fedakârlık ve özveriyle yetiştiren, hayatımın her döneminde olduğu gibi uzmanlık eğitim sürecim boyunca da desteklerini ve sevgilerini her zaman arkamda hissettiğim canım annem Beytiye HAKSEVER, canım babam Osman HAKSEVER ve sevgili kardeşim Ece Nur HAKSEVER'e,

Hayatımda olduğu ilk günden beri sevgisini, ilgisini ve desteğini hep hissettiğim, hayattaki en büyük şansım olan hayat arkadaşım Ahmet SARI'ya;  
Tüm kalbimle teşekkür ederim.

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) tarafından DİŞ-319 proje numarası ile desteklenmiştir.

## ÖZET

# REJENERATİF ENDODONTİK TEDAVİ SONRASI GÖZLENEN KORONAL RENKLENMELERDE FARKLI BEYAZLATMA YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Cansel SARI

Endodonti Anabilim Dalı

SİVAS

2025

Bu çalışmada rejeneratif endodontik tedavi sonrası gözlenen koronal renklemelerde sodyum perborat, karbamid peroksit ve bu ajanların KTP lazer ile aktivasyonunun beyazlatma etkinlikleri karşılaştırılmalı olarak incelendi.

Çalışmada tek kök ve tek kanallı 80 adet üst çene keser diş kullanıldı. Dişlerin apikal segmentleri uzaklaştırılıp kök kanalları genişletilerek immatür dişler simüle edildi. Rejeneratif endodontik prosedürlere uygun olarak birinci seans %1,5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA ile ikinci seans ise sadece %17'lik EDTA ile irrigasyon yapılarak dişlere kan ve MTA yerleştirildi. Hazırlanan dişler 6 ay bekletildikten sonra rastgele sodyum perborat (SP), karbamid peroksit (KP), sodyum perborat-KTP lazer (SP-KTP) ve karbamid peroksit-KTP lazer (KP-KTP) olmak üzere 4 gruba ayrıldı (n=20). Dişlere gruplarına göre ilgili beyazlatma prosedürleri uygulandı. Diş beyazlatma prosedürünün birinci seansı uygulanan dişler, inkübatörde 7 gün boyunca bekletildi. Aynı beyazlatma prosedürleri ikinci seansta tekrar uygulandı ve dişler aynı şartlarda 7 gün boyunca tekrar bekletildi. Dişlerin renk ölçümleri; herhangi bir işlem yapılmadan önce, rejeneratif endodontik prosedürlerden 6 ay sonra, birinci ve ikinci beyazlatma seanslarından 7 gün sonra spektrofotometre kullanılarak yapıldı. Her bir örneğin farklı zaman aralıklarındaki  $\Delta E$  değerleri, ölçümlerde belirlenen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (CIELab\*) değerleri kullanılarak hesaplandı. Renk değişiminin klinik algılanabilirlik eşiği 3,3 birim olarak kabul edildi.

Elde edilen veriler Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk, Tekrarlayan Ölçümler ANOVA ve Bonferroni testleriyle istatistiksel olarak analiz edilerek anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak kabul edildi.

Rejeneratif endodontik prosedürler sonrası tüm gruplarda parlaklıkta (L\*) azalma görülürken her iki beyazlatma seansından 7 gün sonra dişlerin parlaklığında artış görüldü. Rejeneratif endodontik prosedürler sonrası tüm gruplarda klinik olarak algılanabilir renk değişikliği meydana geldi ve her iki beyazlatma seansından sonra klinik olarak algılanabilir beyazlama görüldü. İlk beyazlatma seansından sonra lazer uygulanan gruplarda uygulanmayan gruplara göre daha fazla beyazlama elde edildi. İkinci beyazlatma seansı sonrası SP grubunda KP-KTP grubundan, KP grubunda ise hem KP-KTP hem de SP-KTP grubundan daha az beyazlama sağlandı. İkinci seans sonrası SP grubu ile SP-KTP grubu arasında beyazlatma etkinliği açısından fark bulunmadı. Sodyum perborat ve karbamid peroksit beyazlatma ajanlarının beyazlatma etkinlikleri arasında her iki seansta da anlamlı fark bulunmadı. Dişlerin orijinal rengi dikkate alındığında, tüm gruplarda ikinci beyazlatma seansı sonrasında klinik olarak algılanabilir düzeyde bir renk değişimi elde edilmiş ve dişler başlangıç renklerine kıyasla daha beyaz hale geldi.

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre tek seans beyazlatma uygulamalarında KTP lazer ile aktivasyonu lazer uygulanmayan yöntemlerden daha etkili olduğu sonucuna varıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Beyazlatma, KTP lazer, Rejeneratif endodontik tedavi, Renklenme

**ABSTRACT****EVALUATION OF THE EFFICACY OF DIFFERENT BLEACHING  
METHODS ON CORONAL DISCOLORATION OBSERVED AFTER  
REGENERATIVE ENDODONTIC TREATMENT****Cansel SARI****Department of Endodontics****Sivas****2025**

In this study, the bleaching efficacy of sodium perborate, carbamide peroxide and the activation of these agents with KTP laser on coronal discoloration observed after regenerative endodontic treatment was comparatively evaluated.

A total of 80 maxillary incisor teeth with single roots and single canals were used in the study. The apical segments of the teeth were removed and the root canals were enlarged to simulate immature teeth. In accordance with regenerative endodontic procedures, irrigation with 1.5% NaOCl and 17% EDTA was performed in the first session, and only 17% EDTA was used in the second session, followed by the placement of blood and MTA into the root canals. After preparation, the teeth were stored for 6 months, then randomly divided into four groups (n=20): sodium perborate (SP), carbamide peroxide (CP), sodium perborate-KTP laser (SP-KTP), and carbamide peroxide-KTP laser (CP-KTP). Each group underwent its respective bleaching procedure. The teeth were incubated for a period of 7 days, following the first session of the bleaching procedure. In the second session, the same bleaching procedure was repeated and the teeth were again incubated under the same conditions for 7 days. Color measurements of the teeth were performed using a spectrophotometer before any procedure, 6 months after the regenerative endodontic procedures, and 7 days after the first and second bleaching sessions.  $\Delta E$  values of each sample at different time intervals were calculated using the L\*, a\*, b\* (CIELab\*) values determined in the measurements. The clinical perceptibility threshold of color change was accepted as 3.3 units.

The collected data were statistically analyzed using the Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk, Repeated Measures ANOVA, and Bonferroni tests, and the significance level was accepted as  $p < 0.05$ .

Following regenerative endodontic procedures, a decrease in brightness ( $L^*$ ) was observed in all groups, while an increase in brightness was recorded 7 days after both bleaching sessions. All groups exhibited clinically perceptible discoloration after regenerative procedures and clinically perceptible whitening was achieved after both bleaching sessions. After the first session, greater whitening was observed in laser-activated groups compared to non-laser groups. Following the second bleaching session, the SP group exhibited significantly less whitening compared to the CP-KTP group, and the CP group showed less whitening than both the CP-KTP and SP-KTP groups. No significant difference in bleaching efficacy was found between the SP and SP-KTP groups after the second session. No significant difference was observed between sodium perborate and carbamide peroxide in terms of bleaching efficacy in either session. Considering the original color of the teeth, a clinically perceptible color change was observed in all groups after the second bleaching session, and the teeth became whiter compared to their baseline shade.

According to the findings of this study, KTP laser activation was found to be more effective than non-laser methods in single-session bleaching applications.

**Key Words:** Bleaching, Discoloration, KTP laser, Regenerative endodontic treatment

## İÇİNDEKİLER

|   |      |
|---|------|
| TEŞEKKÜR.....   | iii  |
| ÖZET.....   | iv   |
| ABSTRACT.....   | vi   |
| İÇİNDEKİLER .....   | viii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....  | x    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....  | xii  |
| TABLolar DİZİNİ .....   | xiii |
| 1. GİRİŞ .....  | 1    |
| 2. GENEL BİLGİLER .....   | 3    |
| 2.1. Rejeneratif Endodonti Tarihçesi .....  | 3    |
| 2.2. İmmatür Dişlerde Endodontik Tedavi Gereksinimi .....                               | 4    |
| 2.3. İmmatür Dişlerde Endodontik Tedavi Seçenekleri .....                               | 5    |
| 2.3.1. Apeksogenezis.....   | 5    |
| 2.3.2. Apeksifikasyon.....  | 6    |
| 2.3.3. Rejeneratif Endodontik Tedavi .....  | 9    |
| 2.4. Rejeneratif Endodontik Tedavi Protokolü .....                                      | 10   |
| 2.4.1. Vaka Seçimi .....  | 10   |
| 2.4.2. Bilgilendirilmiş Onam.....   | 10   |
| 2.4.3. İlk Seans .....  | 11   |
| 2.4.4. İkinci Seans (1. seanstan 1-4 hafta sonra).....                                  | 12   |
| 2.4.5. Takip (6, 12, 24 ay) .....   | 13   |
| 2.5. Rejeneratif Endodontik Tedavi Avantajları .....                                    | 13   |
| 2.6. Rejeneratif Endodontik Tedavi Dezavantajları .....                                 | 14   |
| 2.7. Dişlerde Görülen Renk Değişiklikleri ve Etiyolojisi .....                          | 15   |
| 2.8. Etiyolojilerine Göre Renk Değişiklikleri .....                                     | 15   |
| 2.8.1. Dışsal Renk Değişiklikleri .....   | 15   |
| 2.8.2. İçsel Renk Değişiklikleri.....   | 16   |
| 2.9. Rejeneratif Endodontik Tedaviye Bağlı Renk Değişimleri ve Tedavi Seçenekleri ..... | 20   |
| 2.10. Beyazlatma Tedavisinde Kullanılan Ajanlar .....                                   | 20   |
| 2.10.1. Hidrojen Peroksit.....  | 20   |
| 2.10.2. Karbamid Peroksit.....  | 21   |
| 2.10.3. Sodyum Perborat .....   | 21   |
| 2.11. Beyazlatma Tedavisinin Mekanizması .....  | 22   |
| 2.12. Devital Dişlerde Beyazlatma Yöntemleri .....                                      | 22   |
| 2.12.1. Walking Bleach Yöntemi .....  | 23   |
| 2.12.2. Termokatalitik Beyazlatma Yöntemi (Power Bleaching) .....                       | 23   |
| 2.12.3. Inside/Outside Beyazlatma Yöntemi.....  | 24   |
| 2.13. Beyazlatma Etkinliğini Artıran Uygulamalar .....                                  | 24   |
| 2.13.1. Isı Uygulaması.....   | 24   |
| 2.13.2. Işık Uygulaması.....  | 25   |
| 2.13.3. Aktivasyon Sistemlerinin Uygulanması .....                                      | 25   |
| 2.13.4. Lazer Uygulamaları .....  | 26   |
| 2.14. Diş Hekimliğinde Renk Tanımlama Sistemleri .....                                  | 27   |
| 2.14.1. Munsell Renk Sistemi .....  | 28   |
| 2.14.2. CIELab* Renk Sistemi.....   | 29   |

|   |    |
|---|----|
| 2.15. Diş Hekimliğinde Renk Seçim Yöntemleri..... | 30 |
| 2.15.1. Görsel Renk Seçimi.....                   | 31 |
| 2.15.2. Enstrümantal Renk Seçim Teknikleri .....  | 31 |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM .....                          | 34 |
| 3.1. Örneklem Büyüklüğü Hesaplaması.....          | 34 |
| 3.2. Dişlerin Seçimi.....                         | 34 |
| 3.3. Dişlerin Preparasyonu .....                  | 35 |
| 3.4. Örneklerin Deney Gruplarına Ayrılması.....   | 38 |
| 3.5. Renk Ölçümü .....                            | 40 |
| 3.6. İstatistiksel Analiz.....                    | 41 |
| 4. BULGULAR.....                                  | 42 |
| 5. TARTIŞMA .....                                 | 46 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                        | 58 |
| KAYNAKLAR .....                                   | 59 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>%</b>              | Yüzde  |
| <b>&lt;</b>           | 'den küçüktür  |
| <b>&gt;</b>           | 'den büyüktür  |
| <b>°C</b>             | Santigrat Derece   |
| <b>AAE</b>            | American Association of Endodontists (Amerikan Endodontistler Birliği) |
| <b>ark.</b>           | Arkadaşları  |
| <b>C</b>              | Chroma   |
| <b>Ca</b>             | Kalsiyum   |
| <b>CIE</b>            | Commission Internationale de l'Eclairage                               |
| <b>CO<sub>2</sub></b> | Karbondioksit  |
| <b>DAP</b>            | İkili Antibiyotik Patı   |
| <b>EDTA</b>           | Etilendiamintetraasetikasit  |
| <b>Er:YAG</b>         | Erbium-Doped Yttrium Aluminium Garnet                                  |
| <b>Er,Cr:YSGG</b>     | Erbium,Chromium-doped Yttrium Scandium Gallium Garnet                  |
| <b>ESE</b>            | European Society of Endodontology (Avrupa Endodontoloji Derneği)       |
| <b>FDA</b>            | Food and Drug Administration   |
| <b>gr</b>             | Gram   |
| <b>H</b>              | Hue  |
| <b>KP</b>             | Karbamid Peroksit  |
| <b>KTP</b>            | Potasyum-Titanil-Fosfat Lazer  |
| <b>Med</b>            | Medyan   |
| <b>ml</b>             | Mililitre  |
| <b>mm</b>             | Milimetre  |
| <b>MTA</b>            | Mineral Trioksit Agregat   |
| <b>n</b>              | Sayı   |
| <b>NaOCl</b>          | Sodyum Hipoklorit  |
| <b>Nd:YAG</b>         | Neodymium-Doped Yttrium Aluminium Garnet                               |
| <b>Ort</b>            | Ortalama   |
| <b>Örn.</b>           | Örneğin  |
| <b>PDGF</b>           | Trombosit Kaynaklı Büyüme Faktörü                                      |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>pH</b>                  | Ortamın Asidik Seviyesi                     |
| <b>PRF</b>                 | Trombositten Zengin Fibrin                  |
| <b>PRGF</b>                | Plateletten Zengin Büyüme Faktörü           |
| <b>PRP</b>                 | Trombositten Zengin Plazma                  |
| <b>SP</b>                  | Sodyum Perborat                             |
| <b>SPSS</b>                | Statistical Package for the Social Sciences |
| <b>SS</b>                  | Standart Sapma                              |
| <b>TAP</b>                 | Üçlü Antibiyotik Patı                       |
| <b>TGF</b>                 | Dönüştürücü Büyüme Faktörü                  |
| <b>V</b>                   | Value                                       |
| <b>VEGF</b>                | Vasküler Endotelyal Büyüme Faktörü          |
| <b>W</b>                   | Watt  |
| <b><math>\Delta</math></b> | Delta                                       |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Şekil 2.1.</b> | Munsell renk sistemi (120).....  | 29 |
| <b>Şekil 2.2.</b> | CIELab* renk sistemi (120) .....   | 30 |
| <b>Şekil 2.3.</b> | Renk değışiklik değerlerinin hesaplanması (122) .....  | 30 |
| <b>Şekil 3.1.</b> | Çalışmada kullanılacak dişlerden mesiodistal ve bukkolingual doğrultuda alınan periapikal radyografiler .....                          | 35 |
| <b>Şekil 3.2.</b> | Diş kronunun vestibül yüzeyinde hazırlanan kompozit çerçeve (A), immatür dişleri simüle etmek amacıyla hazırlanan diş örneği (B) ..... | 36 |
| <b>Şekil 3.3.</b> | Çalışmada kullanılan cam iyonomer siman .....  | 37 |
| <b>Şekil 3.4.</b> | K3-EDTA'lı tüpe alınan kan örneği (A), kollajen matriks (B) .....  | 37 |
| <b>Şekil 3.5.</b> | Çalışmada kullanılan koronal bariyer (ProRoot MTA).....  | 38 |
| <b>Şekil 3.6.</b> | Çalışmada kullanılan karbamid peroksit jeli .....  | 40 |
| <b>Şekil 3.7.</b> | Çalışmada kullanılan KTP lazer.....  | 40 |
| <b>Şekil 3.8.</b> | Renk ölçümlerinde kullanılan spektrofotometre .....  | 41 |
| <b>Şekil 4.1.</b> | Grupların zaman noktalarına göre ortalama L değerleri grafiği .....  | 43 |
| <b>Şekil 4.2.</b> | Her bir deney grubuna ait dişin çalışma süresince çekilmiş temsili görüntüleri .....   | 45 |

**TABLULAR DİZİNİ**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tablo 2.1.</b> Dişlerde renk değişikliği nedenleri ve renkleri (17).....                                  | 19 |
| <b>Tablo 4.1.</b> Grupların zaman noktalarına göre ortalama L değerleri<br>karşılaştırılması .....           | 42 |
| <b>Tablo 4.2.</b> Grupların zaman aralıklarına göre ortalama $\Delta E$ değerleri<br>karşılaştırılması ..... | 44 |



## 1. GİRİŞ

Rejeneratif endodontik prosedürler, dentin ve kök yapıları ile pulpa-dentin kompleksine ait hücreler dahil olmak üzere tahrip olmuş yapıların yeniden kazandırılmasını amaçlayan biyolojik prosedürler olarak tanımlanmıştır (1). Rejeneratif endodontik uygulamalarda amaç; pulpa-dentin kompleksinin, çeşitli nedenlerle zarar görmüş koronal dentin dokusunun, rezorbe olmuş apikal kök dentininin ya da servikal dentinin yenilenmesini sağlamaktır (2). Rejenere olan doku; vaskülarize ve innerve olabilmeli, yeni odontoblast hücreleri ile dentin matriksi oluşturma kabiliyetinde olmalıdır (3).

Potansiyel rejeneratif endodontik teknikler arasında; kök kanalı revaskülarizasyonu, pulpa implantları, üç boyutlu hücre yazılımı, postnatal (yetişkin) kök hücre tedavisi, scaffold (iskele/çatı) implantları, enjekte edilebilir scaffold uygulamaları ve gen terapisi bulunmaktadır. En yaygın kullanılan teknik kök kanalı revaskülarizasyonudur. Bu teknik; nonvital, enfekte ve immatür daimî dişlerin tedavisi için kullanılmaktadır (4). Rejeneratif endodontik prosedürler genellikle kök kanalı dezenfeksiyonunu takiben kanal içerisinde kan pıhtısı oluşturulması ve/veya trombositten zengin plazma (PRP) ile trombositten zengin fibrin (PRF) gibi bir biyoaktif materyalin kök kanalına yerleştirilmesi ve üzerinin genellikle mineral trioksit agregat (MTA) ile örtülmesiyle gerçekleşir. Bu prosedürler, kök kanal duvarının kalınlaşmasını ve kök gelişiminin devam etmesini sağlar (5). Ancak çeşitli çalışmalar, MTA'nın özellikle kanla temas ettiğinde dişlerde renk değişikliği oluşturma potansiyelini göstermiştir (6, 7).

Dişlerin görünümü dental tedavi ihtiyacı olan çok sayıda hasta için endişe vericidir ve dişlerin rengi özellikle kozmetik öneme sahiptir. Bu nedenle rejeneratif endodontik tedavinin sebep olabileceği renklenmeyi önlemek ve/veya gidermek amacıyla farklı tedavi yaklaşımları arayışı günümüzde devam etmektedir (8).

Nekrotik daimî dişlerde yapılan endodontik tedaviler sonucu oluşan renklemelerin giderilmesinde uzun yıllardır intrakoronal beyazlatma tekniğinin başarılı şekilde uygulandığı görülmektedir. Dişler renk doygunluğuna ulaştığında yani daha fazla beyazlamadığında tedavi sonlandırılmaktadır (9). En yaygın kullanılan intrakoronal beyazlatma ajanları hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ), karbamid peroksit ve

sodyum perborattır. Sodyum perborat ve karbamid peroksit çevre dokulara daha düşük oranda peroksit penetrasyonu gösterdiği için intrakoronal beyazlatmada daha güvenli seçeneklerdir (10).

Beyazlatma ajanının etkinliği, ajanın dentin tübüllerine penetre olabilmesi ve diş dokusunda renk değişimine neden olan pigmentleri oksidasyon-redüksiyon reaksiyonları yoluyla dönüştürebilmesine bağlıdır (11). Dentin tübüllerinin geçirgenliğini artırmak için çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemler arasında diş yüzeyine asit etching uygulanması, ultrasonik aktivasyon ile irrigasyon solüsyonlarının kullanımı veya beyazlatma prosedürü sırasında ısı veya ışık ile aktivasyon bulunur. Ancak ısı ile aktivasyon yapılan beyazlatma teknikleri dentin üzerindeki zararlı etkileri nedeniyle sorgulanmaktadır (12). Argon (488/514 nm) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>, 10.600 nm) lazerle diş beyazlatma ajanlarının aktivasyonu 1996 yılında U.S. Food and Drug Administration (FDA) onayı ile resmi olarak uygulanmaya başlamıştır. 2007 yılında da diyot lazer (980 nm) FDA onayı almıştır (13). Günümüzde neodymium-doped yttrium aluminium garnet (Nd:YAG, 1.064 nm) ve potasyum titanil fosfat (KTP, 532 nm) lazerler de beyazlatma işlemlerinde kullanılmaktadır (14). Tüm lazer tipleri içinde KTP lazer yeni altın standart olarak görülmektedir. KTP lazer, su ve hidroksiapatit tarafından zayıf bir şekilde absorbe olan ancak hemoglobin ve melanin tarafından seçici olarak absorbe olabilen görünür yeşil ışık yayan, frekansı iki katına çıkarılmış bir Nd:YAG lazerdir (15). KTP lazerin kullanıldığı fotodinamik beyazlatmanın ağız içi yumuşak dokular, diş pulpası veya diş yapısı üzerinde önemli bir yan etkisi olmadığı bildirilmektedir (13). Ayrıca KTP lazerin çeşitli çalışmalarda etkili ve başarılı bir şekilde beyazlatma uygulamalarında kullanıldığı görülmektedir (13, 16).

Rejeneratif endodontik tedavili dişlerde meydana gelen renk değişikliği ve bu durumun tedavisine yönelik çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu bilgiler doğrultusunda çalışmanın amacı sodyum perborat ve karbamid peroksitin KTP lazerle aktivasyonunun rejeneratif endodontik tedavi görmüş dişlerde meydana gelen renk değişikliğinin giderilmesindeki etkinliğinin değerlendirilmesidir. Çalışmanın sıfır hipotezi; rejeneratif endodontik tedavi sonrası gözlenen koronal renklemelerde sodyum perborat, karbamid peroksit ve bu ajanların KTP lazer ile aktivasyonunun beyazlatma etkinlikleri arasında anlamlı fark bulunmadığıdır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Rejeneratif Endodonti Tarihçesi

Güncel endodontik tedavilerin temel amacı inflamasyon durumunda pulpa sağlığını korumaktır ancak asıl hedef, sağlıklı bir pulpa-dentin kompleksinin yeniden oluşturulmasıdır. Nekrotik pulpalı immatür daimî dişlerin tedavisi endodontik açıdan zorlayıcı olabilmektedir ve bu tür olguların tedavisinde geleneksel olarak apeksifikasyon prosedürleri uygulansa da son dönemde rejeneratif endodontik prosedürler önemli bir tedavi seçeneği olarak öne çıkmaktadır (17).

Rejeneratif endodontik tedavi, Nygaard-Ostby (18) ve Nygaard-Ostby ve Hjortdal'ın (19) deneysel çalışmaları ile başlamıştır. Ostby ve Hjortdal tarafından 1971 yılında yapılan çalışmada 35'i vital pulpalı, 12'si nekrotik pulpalı toplam 47 dişin kök kanalı prepare edilmiştir. Taşkın enstrümantasyon yapılarak apikalden kanama oluşturulmuş ve kök kanalları kısmen doldurulmuştur. 9 gün ile 3 yıl arasında değişen süreler sonrası çekilen ya da apikal bölgesi rezeke edilen dişlerin histolojik incelemesi sonucunda vital pulpa içeren dişlerin kök kanallarında fibröz bağ dokusu ve hücreli sementin olduğu ortaya koyulmuştur. Nekrotik pulpalı dişlerde ise herhangi bir onarım dokusunun oluşmadığı saptanmıştır (19).

2001 yılında Iwaya ve ark. (20) tarafından intraoral sinüs yolu bulunan immatür alt çene premolar dişe “revaskularizasyon” adı verilen tedavi prosedürleri uygulanmıştır. Vital pulpa dokusu bulunabileceği düşünülerek tedavi boyunca kök kanalına mekanik preparasyon yapılmamış ve kök kanalı yoluyla drenaj sağlamak için giriş kavitesi açık bırakılmıştır. İkinci seansta sinüs yolunun iyileştiği görülmüştür. İkinci ve beşinci haftalar arası seanslarda kök kanal dezenfeksiyonunu sağlamak amacıyla %5'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) ve %3'lük hidrojen peroksit ile irrigasyon yapıp antimikrobiyal ajan olarak siprofloksasin ve metronidazol karışımı olan antibiyotik patı kök kanalına uygulanmıştır. Beşinci seansta kanal ağzının 5 mm apikalinde vital doku varlığı görsel olarak doğrulanmış ve kök kanalına ege yerleştirilmesiyle hastadan ağrılı yanıt alınmıştır. Altıncı seansta kök kanalındaki yumuşak dokuya temas edecek şekilde ince bir kalsiyum hidroksit tabakası yerleştirilmiş ve giriş kavitesi cam iyonomer siman ile kapatılıp diş kompozit ile restore edilmiştir. İlk seanstan 30 ay sonra yapılan radyografik muayenede apeksin tamamen kapandığı ve kök duvarlarının kalınlaştığı görülmüştür.

Banchs ve Trope (21) 2004 yılında geniş lezyonu olan nekrotik immatür ikinci premolar dişte revaskularizasyon prosedürünü geliştirerek yeniden tanımlamışlardır. İlk seans 20 ml %5,25'lik NaOCl ve 10 ml klorheksidin ile irrigasyon yapıp kanal içi medikament olarak üçlü antibiyotik patı (TAP) kullanmışlardır. 26 gün sonra gerçekleşen ikinci seansta dişin asemptomatik olduğu görülmüş ve kök kanalı 10 ml %5,25'lik NaOCl ile yıkanmıştır. Apikalden taşılarak kanama oluşturulduktan sonra kan pıhtısının üzeri MTA ile kapatılmıştır. Yapılan 2 yıllık takip sonucu dişin asemptomatik olduğu ve apeksinin kapandığı görülmüştür. Uygulanan soğuk testine de pozitif yanıt alınmıştır.

Revaskularizasyon terimi nekrotik pulpa boşluğuna yeniden kan akışının sağlanmasını ifade etmektedir. Ancak pulpa boşluğu uygulanan tedavi sonucu sadece kan damarlarını değil aynı zamanda sert ve yumuşak dokular ile sinir dokularını da içermektedir. Bu yüzden "revitalizasyon" terimi revaskularizasyondan daha uygun görülmüştür (22).

Doku mühendisliği kavramına dayanan "rejeneratif endodonti" terimi ise 2007 yılında Amerikan Endodontistler Birliği (AAE) tarafından kabul edilmiştir. Rejeneratif endodontik prosedürler, dentin ve kök yapıları ile pulpa-dentin kompleksinin hücrelerini de içeren hasar görmüş yapıların yeniden kazandırılmasını amaçlayan biyolojik temelli prosedürler olarak tanımlanabilmektedir (2).

## **2.2. İmmatür Dişlerde Endodontik Tedavi Gereksinimi**

Diş gelişiminde kron tamamlandığında iç ve dış mine epitelinin birleşimiyle oluşan servikal halkalar, Hertwig epitelyal kök kınını oluşturacak şekilde proliferasyon gösterir. Bu kın dişin kökünün boyutunu ve şeklini belirler (17). Kök gelişiminin tamamlanması ve kök ucunun kapanması, dişin sürmesinden sonra 3 yıl içinde gerçekleşir. Dental çürükler, travmalar ve anormal diş morfolojisi (örneğin dens evaginatus) gibi durumlar immatür dişlerde pulpa nekrozu gelişmesine neden olabilir ve bu durum kök oluşumunun durmasına yol açar (23).

İmmatür daimî dişlerde oluşan dental çürükler veya meydana gelen travma, pulpal nekrozun en yaygın nedenleridir (24). Pulpa, çürük veya travma nedeniyle açığa çıktığında mikroorganizmalar neredeyse anında bu bölgeye ulaştığı için pulpanın enfekte olduğu kabul edilir (17). Uzun süre devam eden inflamasyon ya da tekrarlayan hasarlar, pulpanın kendini onarma kapasitesini giderek azaltır ve sonunda nekroz tüm

kanala yayılabilir. Dental travmada ise kan damarlarının yer değiştirmesi veya ezilmesi ile dişin apikal kan akışı tamamen veya kısmen kesilebilir. Apikal kan akışı yeniden sağlanamaz veya yetersiz kalırsa pulpa nekrozu meydana gelir (25).

Dens invaginatus vakalarında, genellikle pulpayı koruyan yalnızca ince bir sert doku tabakası bulunur ve bu durum, diş sürmesinden kısa bir süre sonra çoğunlukla çürük nedeniyle pulpa nekrozuna yol açabilir. Dens evaginatus ise etkilenen dişin oklüzal yüzeyinden veya singulumundan mineyle kaplı bir sert doku çıkıntısı (tüberkül) ile karakterizedir. Vakaların %43'ünde tüberkül içerisine kadar uzanan pulpa dokusu mevcuttur. Tüberkülün, genellikle oklüzal travma sonucu kırılması durumunda pulpa dokusunun açığa çıkması muhtemeldir. Bu durum, immatür daimî dişlerde pulpa nekrozuna neden olabilir ve kök gelişiminin durmasına sebep olabilir (25).

### **2.3. İmmatür Dişlerde Endodontik Tedavi Seçenekleri**

Kök kanal tedavisi, restorasyonu mümkün olan çürük veya kırılmış olgun daimî dişlerde rahatlıkla uygulanabilmektedir. Kök kanal tedavisinin başarı oranı 22 ay sonunda ortalama %99,3 (26), 8 yıl sonunda %83,34'ün üzerinde (27) ve 10 yıl sonunda ise %86,02'nin üzerinde bir başarı oranı ile raporlanmıştır. Ancak çürük veya travmaya bağlı olarak etkilenmiş ve tam gelişimini tamamlamamış daimî dişler geleneksel kök kanal tedavisi ile tedavi edildiğinde genellikle kötü bir prognoza sahiptir. İmmatür dişler, dentin duvarları ince ve zayıf olduğu için stres yüklenmesine bağlı kırıklara daha yatkındır (28).

Dişin vital olduğu durumlarda apeksogenezisin devam etmesini sağlayabilecek vital pulpa tedavileri uygulanabilirken (29) pulpa nekrotik ise apeksifikasyon, revaskülarizasyon veya rejeneratif endodontik tedavi seçenekleri değerlendirilmelidir (30).

#### **2.3.1. Apeksogenezis**

Apeksogenezis, iltihaplı/enfekte olmuş vital bir dişte normal kök gelişimini teşvik eden fizyolojik bir süreçtir (17). İmmatür vital dişlerde apeks oluşumu; indirekt pulpa kuafajı, direkt pulpa kuafajı ve çürüğe veya travmaya bağlı ekspoze olmuş pulpada parsiyel pulpotomi uygulaması gibi vital pulpa tedavileriyle sağlanabilir (31).

Pulpanın ekspoz olma büyüklüğüne ve kanama kontrolü sağlanmasına göre yapılacak tedavi tipi değişecektir. Ekpoze alan kalsiyum hidroksit veya MTA gibi bir materyalle kapatılarak dişe, sızdırmaz bir restorasyon uygulanır. Kalsiyum hidroksitin uzun vadeli başarı sağladığı gösterilmiş olsa da MTA ile pulpa sağlığının korunması ve dentin köprüsü oluşma ihtimali daha fazladır (31).

### **2.3.2. Apeksifikasyon**

Apeksifikasyon, devital bir dişin açık apeksinde kalsifik bariyer oluşturma yöntemi olarak tanımlanır. Devital bir dişin açık apikal uçlüsünü kapatmak veya indüklemek amacıyla yapılan klinik bir prosedürdür. Apeksifikasyon sonucunda gerçek bir kök büyümesi gerçekleşmez ancak radyografik olarak kök ucunda kalsifik bir kütle görüntüsü bu izlenimi yaratmaktadır (17).

Enfeksiyon, kök ucu gelişiminin ilerlemesini engeller. Canlı bir pulpa olmadan kökün normal lineer büyümesi gerçekleşmez. Eğer apeksifikasyon başarılı olursa histolojik olarak çeşitli şekillerde tanımlanan kemik, dentin, osteodentin veya sement benzeri sert bir doku oluşur ve kök kanalının obturasyonuna olanak tanır. Geçmişte bu amaçla kolajen-kalsiyum fosfat jel veya trikalsiyum fosfat gibi çeşitli materyaller kullanılmıştır ancak hiçbiri kalsiyum hidroksit veya MTA kadar etkili bir şekilde kalsifik bariyer oluşturmayı teşvik edememiştir (17).

### **Kalsiyum Hidroksit ile Apeksifikasyon**

Kalsiyum hidroksit, apeksifikasyonu indüklemek için en çok tercih edilen materyaldir. Bu amaçla ilk olarak Kaiser tarafından 1964 yılında tanıtılmış ve kafurlu paraklorofenol ile karıştırıldığında kök apeksinde kalsifiye bir bariyer oluşumun indükleneceği öne sürülmüştür (29). Bu prosedür, Frank (32) tarafından yaygınlaştırılmış; sitotoksisite potansiyelini daha da azaltmak amacıyla kalsiyum hidroksitin salin, steril su veya distile su ile karıştırılarak kullanımı araştırılmış ve benzer klinik başarı elde edilmiştir (29, 33, 34).

Kalsiyum hidroksitin yüksek pH'ının, sert doku oluşumunu indükleme yeteneğinde önemli bir faktör olduğu görülmektedir. Javelet ve ark. (35), kalsiyum hidroksit (pH 11.8) ve kalsiyum klorürün (pH 4.4) pulpasız immatür maymun dişlerinde sert doku bariyerinin oluşumunu indükleme yeteneklerini

karşılaştırmışlardır. Kalsiyum hidroksit varlığında periapikal iyileşme ve apikal bariyer oluşumu daha hızlı gerçekleşmiştir (29).

Apikal bariyerdeki kalsiyum iyonlarının kaynağı doğrudan kalsiyum hidroksit değil de kan dolaşımı olduğundan kalsiyum hidroksitin apikal bariyer indüksiyonundaki etki mekanizması hâlâ tartışmalıdır (36). Holland ve ark. (37) periapikal dokuların kalsiyum hidroksite verdiği tepkinin, pulpa dokusunun verdiği tepkiye benzer olduğunu göstermiştir. Kalsiyum hidroksitle temas halinde olan pulpa dokusunda obliterasyon bölgesi oluşur. Bu bölge; doku artıkları, dentin parçaları, hemoraj, kan pıhtısı, kan pigmenti ve kalsiyum hidroksit parçacıkları içerir. Obliterasyon bölgesi, yüksek hidroksil iyonu konsantrasyonunun neden olduğu kimyasal hasar ve ilacın yüksek basınçla uygulanmasından kaynaklanan fiziksel etki sonucu oluşur. Daha zayıf bir kimyasal etki, bu bölgenin daha apikal dokularına ulaşır ve burada koagülasyon nekrozu ve tromboz ile karakterize bir alan oluşturur. Bu bölge Schroder'in "sert nekroz" tabakası veya Stanley'nin "mumyalanmış bölgesi" olarak da adlandırılır (17).

Heithersay (38, 39) kalsiyum hidroksitin etkisini, yüksek kalsiyum iyonu konsantrasyonunun prekapiller sfinkterlerin kasılmasını sağlayarak plazma akışının azalmasıyla gösterebileceğini öne sürmüştür. Azalan plazma çıkışı, etkilenen dokulardaki kalsifik yanıtı destekleyebilmektedir. Ayrıca kalsiyum iyonları, kolajen sentezinde rol oynayan pirofosfataz enzimi üzerinde etkili olduğundan enzimin uyarılması doku onarım mekanizmalarını kolaylaştırabilmektedir.

Apikal bariyer oluşumunun mikroorganizmaların yokluğunda daha başarılı olduğu gösterilmiştir. Kalsiyum hidroksitin antimikrobiyal etkinliği, yüksek oksidan özelliklere sahip ve aşırı reaktif olan hidroksil iyonlarının salınımına bağlıdır. Bu iyonlar protein denatürasyonuna neden olur, bakteriyel sitoplazmik zara ve bakteriyel DNA'ya zarar verir (29). Ancak kalsiyum hidroksit ile apeksifikasyon genellikle birden fazla ziyaret gerektiren bir yaklaşımdır ve tamamlanması 6 ay ile 4 yıl arasında bir süre alır. Ayrıca kanal içi uzun süreli kalsiyum hidroksit kullanımı kök dentininin zayıflamasına yol açarak kök kırılmasına neden olabilir (17).

Cvek, tedavi öncesi periapikal radyolusensi varlığının bariyer oluşumu için gereken süreyi artırdığını bildirmiştir (29). Kleier ve Barr (40), dişte semptom

varlığında apikal kapanma için gereken sürenin yaklaşık 5 ay uzadığını ve ortalama olarak 15,9 aya çıktığını tespit etmişlerdir.

Kalsiyum hidroksitle apeksifikasyonun; uzun tedavi süresi, hasta uyumu ile ilgili komplikasyonlar ve uzun vadede kök kırığı riski ile dentin duvarlarının ince kalması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu eksiklikler nedeniyle geleneksel bir tedavi olan kalsiyum hidroksit apeksifikasyonunun yerini MTA ile apikal bariyer oluşturma tekniği almıştır (41).

### **MTA ile Apeksifikasyon**

MTA, ilk olarak 1993 yılında tanıtılmış ve 1998 yılında FDA onayını almıştır (29). Trikalsiyum oksit, silikat oksit ve trikalsiyum silikattan oluşan ince bir toz yapısına sahiptir (42). Çözünürlüğü düşük olup iyi sızdırmazlık özelliği ve biyouyumluluk gösterir. Radyoopasitesi dentinden biraz daha fazladır ve sertleşme sonrası pH değeri 12,5 olup kalsiyum hidroksite benzer düzeydedir (29). Yüksek pH değeri ve/veya saldırdığı difüze olabilen bazı maddeler sayesinde antibakteriyel etki gösterdiği düşünülmektedir (43). Hidrofiliktir ve kan varlığında sızdırmazlığı minimum düzeyde etkilenmektedir (17). Shabahang ve ark.nın (44) açık apekse sahip köpek dişlerindeki in vivo çalışmalarında, sert doku oluşumu açısından osteojenik protein-1, MTA ve kalsiyum hidroksitin etkinliği karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda MTA'nın, kalsiyum hidroksit ile tedavi edilen köklerin iki katı kadar sert doku oluşum alanı indüklediği görülmüştür. MTA grubunda tutarlı şekilde gözlenen sert doku oluşumunun, sızdırmazlık özelliğine veya sert doku indükleme kapasitesine bağlı olduğu düşünülmüştür.

Birçok çalışma (45, 46), MTA apikal tıkaçı ile tedavi edilen immatür dişlerin çoğunda mevcut periapikal lezyonların iyileşmesi de dahil olmak üzere başarılı klinik sonuçları doğrulamıştır (47). MTA, cerrahi veya cerrahi olmayan birçok alanda kullanılmaktadır. Kök ucu dolgusu (48), pulpa kuafajı (49), kök ve furkasyon perforasyonlarının onarımı (50, 51) bu uygulamalar arasında yer almaktadır.

MTA apeksifikasyonu, apikal sızdırmazlığı hızlı bir şekilde sağlaması ve tedavi seanslarının sayısını azaltması gibi avantajları nedeniyle kalsiyum hidroksitle yapılan geleneksel apeksifikasyonun yerini almıştır. Bununla birlikte kısa kökler ve ince kök duvarları, dişi uzun vadede servikal kök kırığı riski altında bırakmaya devam

etmektedir. MTA'nın dişleri güçlendirme veya yapısal olarak destekleme kapasitesi kanıtlanmamış olup aksine kök zayıflamasına yol açabileceği düşünülmektedir (42).

### 2.3.3. Rejeneratif Endodontik Tedavi

Rejeneratif endodontik prosedürler, dentin ve kök yapıları ile pulpa-dentin kompleksinin hücrelerini de kapsayacak şekilde, hasar görmüş yapıların biyolojik temelli yöntemlerle yeniden kazandırılmasını amaçlayan prosedürler olarak tanımlanmıştır (2). Bu tanıma dayanarak rejeneratif endodontik tedavi; enfeksiyon, travma veya gelişimsel anomaliler nedeniyle canlılığını kaybetmiş immatür daimî dişlerin pulpa-dentin kompleksini yeniden oluşturmayı amaçlar (52).

Rejeneratif endodontik prosedürler nekrotik immatür dişlerde, kalsiyum hidroksit apeksifikasyonu ve MTA apikal bariyer tekniğine kıyasla daha etkili bir şekilde kök gelişimi ve apikal kapanma sağlamaktadır (21, 53). Rejeneratif endodontik prosedürler; doku mühendisliğinin uygun kök hücre ve progenitör hücre kaynakları, kök hücrelerin farklılaşmasını teşvik edebilecek büyüme faktörleri ve hücre farklılaşmasını düzenlemeye olanak tanıyan uygun iskelet yapılarının kullanımını içeren üç temel prensibine dayanır (54).

Kök hücrelerle ilgili klinik çalışmalar temel alındığında kök hücrelerin başlıca kaynakları periapikal dokular; büyüme faktörlerinin temel kaynakları ise kanal içi kan pıhtısı, PRP ve etilendiamintetraasetik asit (EDTA) ile uygun şekilde hazırlanmış dentin yüzeyleridir. Çoğu durumda iskele yapıları olarak kanal içi kan pıhtısı veya hastadan elde edilen PRP kullanılmaktadır. Rejeneratif endodontik prosedürlerin başlatılabilmesi için kanal içi bakterilerin etkin bir şekilde elimine edilmesi ve kök kanal sisteminin enfeksiyondan korunması tedavinin uzun vadeli başarısı için gereklidir (54, 55).

NaOCl, antimikrobiyal etkisi ve doku çözücü potansiyeli ile rejeneratif endodontik prosedürlerde en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonudur. EDTA kullanımı ise kontamine kök kanalındaki endotoksin miktarını azaltmaya yardımcı olmaktadır. Rejeneratif endodontik prosedürlerde NaOCl irrigasyonu sonrası ve kanama indüksiyonu öncesinde EDTA ile dentinin hazırlanması, dentin matriksinde hapsolmuş biyoaktif moleküllerin açığa çıkarılması açısından önemlidir. Bu moleküller arasında pulpa-dentin kompleksi rejenerasyonunda kilit rol oynayan

dönüştürücü büyüme faktörü (TGF- $\beta$ ) ve vasküler endotelyal büyüme faktörü (VEGF) gibi anjiyojenik faktörler yer almaktadır (56).

AAE'ye (57) göre rejeneratif endodontik prosedürlerin başarısı büyük ölçüde birincil, ikincil ve üçüncül hedeflerin ne ölçüde gerçekleştirilebildiğine bağlıdır:

- Birincil hedef: Semptomların ortadan kaldırılması ve kemik iyileşmesinin kanıtlanması.
- İkincil hedef: Kök duvar kalınlığında artış ve/veya kök uzunluğunda uzama (tercih edilen, ancak zorunlu olmayan bir hedef).
- Üçüncül hedef: Vitalite testine pozitif yanıt alınması (bu hedefe ulaşılması daha organize bir vital pulpa dokusunu gösterebilir).

Yapılan sistematik incelemeler, periapikal patolojilerin çözülmesinde rejeneratif endodontik tedavilerin başarı oranının güvenilir bir seviyede olduğunu (%91) göstermiştir (58, 59). Ancak 18 aydan daha uzun süreli sonuçları raporlayan iyi belgelenmiş uzun dönemli prospektif çalışmalar yetersizdir. Bu nedenle rejeneratif endodontik prosedürlerle ile tedavi edilen dişlerin uzun dönem başarısı henüz belirlenmemiştir (58).

#### **2.4. Rejeneratif Endodontik Tedavi Protokolü**

Rejeneratif endodontik prosedürlerde en güncel yaklaşım 5/18/2021 tarihinde AAE tarafından yayınlanmıştır (57).

##### **2.4.1. Vaka Seçimi**

- Nekrotik pulpalı ve immatür apeksli dişler,
- Post/core yapımı veya final restorasyon için pulpa boşluğuna ihtiyaç duyulmayacak dişler,
- Tedaviye uyum sağlayabilen hasta/ebeveyn,
- İşlem için gerekli medikamentlere ve antibiyotiklere karşı alerjik reaksiyon öyküsü bulunmayan hastalar (ASA 1 veya 2) rejeneratif endodontik tedaviye uygun görülmektedir.

##### **2.4.2. Bilgilendirilmiş Onam**

- İki (veya daha fazla) randevu gerekebileceği,
- Antimikrobiyal ajanların tedavide kullanılabileceği,

- Kron/kök renklenmesi, tedaviye yanıt alınamaması ve ağrı/enfeksiyon gelişmesi gibi durumların oluşabileceği,
- MTA ile apeksifikasyon, tedavi uygulanmaması ya da çekim gibi alternatif tedavilerin uygulanabileceği hakkında hasta veya ebeveyne bilgi verilmelidir.

### 2.4.3. İlk Seans

- Lokal anestezi yapılır, rubber dam ile izolasyon sağlanır ve giriş kavitesi açılır.
- İrrigasyon solüsyonlarının periapikal alana taşma olasılığını en aza indiren bir irrigasyon sistemi kullanarak 20 ml NaOCl ile bol ve nazikçe irrigasyon yapılmalıdır (Örn., kapalı uçlu ve yandan açılan iğne veya EndoVac™). NaOCl'in daha düşük konsantrasyonlarda kullanılması önerilmektedir [%1,5-%3'lük NaOCl (20 ml/kanal, 5 dakika)] ve ardından serum fizyolojik veya EDTA (20 ml/kanal, 5 dakika) ile irrigasyon yapılır. Apikal dokulardaki kök hücrelerde sitotoksiteyi en aza indirmek için irrigasyon iğnesinin kök ucundan yaklaşık 1 mm uzakta konumlandırılması önemlidir.
- Paper point ile kanallar kurutulur.
- Kalsiyum hidroksit veya düşük konsantrasyonda üçlü antibiyotik patı yerleştirilir. Üçlü antibiyotik patı kullanılıyorsa:
  1. Diş renklenmesi riskini en aza indirmek için pulpa odasına dentin bonding ajan uygulaması düşünülmelidir.
  2. Siprofloksasin: metronidazol: minosiklin oranı 1:1:1 olarak 1-5 mg/ml konsantrasyonda hazırlanmalıdır. Üçlü antibiyotik patı diş renklenmesiyle ilişkilendirilmiştir. Minosiklin içermeyen ikili antibiyotik patı veya minosiklin yerine farklı bir antibiyotiğin (Örn., klindamisin, amoksisilin, sefaklor) kök kanal dezenfektanı olarak kullanılması başka bir alternatiftir. Klinisyenler, daha yüksek konsantrasyonlarda üçlü/dörtlü antibiyotik patı kullanılan çalışmaların mevcut olduğunu bilmelidir ancak mevcut çalışmaların sınırlı olması nedeniyle daha yüksek konsantrasyonların kullanımı için bir öneride bulunulması mümkün değildir.
- Üçlü antibiyotik patı kullanılıyorsa kron renklenmesini en aza indirmek için patın mine-sement birleşimin altında kaldığından emin olunmalıdır.

- Giriş kavitesi; Cavit™, IRM™, cam iyonomer veya başka bir geçici dolgu malzemesi ile 3-4 mm kalınlıkta kapatılmalıdır. Hastaya 1-4 hafta sonrasına randevu verilmelidir.

#### **2.4.4. İkinci Seans (1. seanstan 1-4 hafta sonra)**

- İlk seans tedavisine yanıt değerlendirilmelidir. Eğer devam eden enfeksiyon belirtileri/semptomları varsa antimikrobiyal tedavi süresinin uzatılması veya alternatif bir antimikrobiyal tedavi seçeneği düşünülmelidir.
- Vazokonstriktörsüz %3 mepivakain içeren anestezi uygulanıp rubber dam izolasyonu sağlanmalıdır.
- Kök kanalına 20 ml %17'lik EDTA ile bol ve nazıkçe irrigasyon yapılmalıdır.
- Kök kanalı paper point ile kurutulmalıdır.
- Kanal sisteminde kanama oluşturmak için taşkın enstrümantasyon (endodontik eğe, endo explorer) yapılmalıdır. Apikal foramenden 2 mm taşkın olacak şekilde eğimli bir K tipi eğe döndürülerek kanalın mine-sement birleşime kadar tamamen kan ile dolması sağlanmalıdır. Kan pıhtısı oluşturmaya alternatif olarak PRP, PRF veya otolog fibrin matriksi kullanılabilir.
- Kanama, 3-4 mm'lik restoratif materyale izin verecek seviyede durdurulmalıdır. Gerekirse kan pıhtısının üzerine CollaPlug™, Collacote™, CollaTape™ gibi resorbe edilebilir matriks yerleştirilerek üzerine bariyer olarak beyaz MTA yerleştirilmelidir.
- Bariyer materyali üzerine 3-4 mm kalınlığında cam iyonomer (Örn., Fuji IX™, GC America, Alsip, IL) nazıkçe uygulanmalı ve 40 saniye boyunca ışıkla sertleştirilmelidir.
- MTA, renk değişikliği ile ilişkilendirilmiştir. Estetik kaygının olduğu dişlerde, MTA'ya alternatif olarak biyoseramikler veya trikalsiyum silikat simanlar (Örn., Biodentine®, Septodont, Lancasted, PA, ABD; EndoSequence® BC RRM-Fast Set Putty, Brasseler, ABD) düşünülmelidir.
- Keser ve premolar dişlerde Collatape/Collaplug kullanılmalı ve üzerine 3 mm kalınlığında renklenme yapmayan bir restoratif materyal ile restorasyon yapılmalıdır. Ardından kompozit ile restore edilmelidir.

- Molar dişler veya metal destekli porselen (PFM) kaplama dişlerde Collatape/Collaplug kullanılmalı ve üzerine 3 mm MTA ile restorasyon yapılmalıdır. Ardından rezin modifiye cam iyonomer siman, kompozit veya alaşım ile restore edilmesi düşünülmelidir.

#### 2.4.5. Takip (6, 12, 24 ay)

- Klinik ve radyografik muayene yapılmalıdır.
- Ağrı, yumuşak dokuda şişlik veya sinüs yolu (genellikle birinci ve ikinci seanslar arasında gözlemlenir) olmamalıdır.
- Apikal radyolüsensinin kaybolması gerekmektedir (genellikle tedaviden 6-12 ay sonra gözlemlenir).
- Kök duvarlarının kalınlığının artması (genellikle kök uzunluğundaki belirgin artıştan önce gözlemlenir ve tedaviden 12-24 ay sonra meydana gelir) beklenmektedir.
- Kök uzunluğunun artması beklenmektedir.
- Vitalite testine pozitif yanıt alınması beklenmektedir.
- İlk 2 yıldan sonra yıllık takip önerilmektedir.
- İlk değerlendirme ve takip ziyaretleri için konik ışımlı bilgisayarlı tomografi kullanımı şiddetle tavsiye edilmektedir.

#### 2.5. Rejeneratif Endodontik Tedavi Avantajları

Sağlıklı bir diş pulpasının; dentin oluşumu, pulpa-dentin kompleksinden gelen duyuşal uyarıların iletiminin sağlaması, bağışıklık yanıtıyla birlikte istilacı toksinlere ve bakterilere karşı aktif savunma mekanizması oluşturması gibi görevleri vardır (60).

Çürük veya travma sonucu dişte pulpitis gelişebilmektedir. Pulpitis, başlangıçta tamamen geri dönüşümlü olabilir ancak tedavi edilmediği takdirde ve uyarının şiddeti arttıkça bu durum genellikle geri dönüşümsüz bir hal alır. Geleneksel olarak bu durumda pulpa dokusunun feda edilmesi ve bakteriyel yayılımı önlemek amacıyla kök kanal tedavisine başlanması önerilir (60). Kök kanal tedavisi, yüksek başarı oranları sunan bir yöntemdir ancak bu başarı, tedavi öncesi mevcut olan periapikal lezyon ve/veya kök kanal sistemi içindeki bakteri varlığı gibi faktörlerden olumsuz etkilenebilir (61). Ayrıca dentinin, kök kanal tedavisinden sonra mekanik

olarak zayıfladığı ve dolgu sonrası dişlerin kırılmaya daha yatkın hale gelmesine neden olabileceği düşünülmektedir (62).

Dişte canlı pulpa dokusu varlığında ise interstisyel pulpa basıncının korunması (63), bakteriyel istilaya karşı tersiyer dentin oluşumu ve nosisepsiyon gibi biyolojik savunma mekanizmaları olası zararların erken fark edilmesini ve zamanında tedavisini mümkün kılmaktadır (64). Erken diş kaybı sonrasında oluşan enfeksiyon, alveolar kemiğin büyümesinin durması ve çöküklük oluşması estetik açıdan tatmin edici ve fonksiyonel bir rekonstrüksiyonu zorlaştırmaktadır. Bu durum özellikle immatür dişlerde pulpa dokusunun korunmasının veya rejenerasyonun sağlanmasının arzu edilen bir hedef olduğunu ortaya koymaktadır (60).

Rejeneratif endodontik tedavinin; pulpa canlılığının korunması veya yeniden kazandırılması, bakteri ve toksinlere karşı bağışıklık yanıtının oluşturulması ve interstisyel doku basıncının sağlanması, dişte oluşan hasara karşı uyarı sistemi olarak ağrı algısının kazandırılması, nemli ve kırılmaya daha az yatkın dentin yapısının korunması, hasar bölgesi ile pulpa arasında reaktif veya reparatif dentin oluşumunun sağlanması, genç hastalarda kök gelişiminin tamamlanmasıyla ince dentin duvarlarının güçlendirilmesi böylelikle uzun vadeli komplikasyonların önlenmesi ve sağlıklı periradiküler dokuların yeniden oluşturulması gibi avantajları mevcuttur (60).

## 2.6. Rejeneratif Endodontik Tedavi Dezavantajları

Rejeneratif endodontik tedavi prosedürlerinde minosiklin, metronidazol ve siprofloksasin içeren üçlü antibiyotik patı kullanılabilir. Bu antibiyotiklerin topikal olarak uygulanması sonrasında alerji gelişebilmektedir. Bu nedenle ebeveynler ve hastalar antibiyotiklere karşı alerji konusunda sorgulanmalı ve alerji öyküsü bulunan antibiyotiklerden kaçınılmalıdır (55, 65).

Kalsiyum hidroksit, kök kanalının dezenfekte edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Uzun süreli kullanımının kalsifikasyon riskini artırabildiği yapılan çalışmalarda görülmüştür (66, 67). Bu durum ilgili dişin gelecekteki endodontik tedavilerini zorlaştırabilir veya ek müdahaleler gerektirebilir (65).

Rejeneratif endodontik tedaviler sonrasında diş rengindeki değişiklikler, Kim ve ark. (68) tarafından yapılan bir çalışmaya göre genellikle üçlü antibiyotik patında yer alan minosiklinin kullanımına bağlıdır. Ayrıca çalışmada diş renginin değişmesini önlemek için dentin bonding ajan uygulaması incelenmiştir. Dentin bonding ajan

uygulanan dişler çıplak gözle ve ardından kolorimetre ile değerlendirilmiştir. Üçlü antibiyotik patı uygulanmadan önce dentin bonding ajanların kullanılmasıyla diş rengindeki değişikliğin tamamen engellenemeyeceği sonucuna varılmıştır.

Rejeneratif endodontik tedaviler sonrası diş renginde gelişen değişikliğin ana nedeni minosiklin olsa da gri MTA (69) ve beyaz MTA'nın (70) tedavi sonrası renk değişikliğine neden olabileceği görülmüştür.

## **2.7. Dişlerde Görülen Renk Değişiklikleri ve Etiyolojisi**

Dişlerde görülen renk değişimlerinden çok çeşitli etiyojiler sorumlu olabilir. Dişlerde renk değişikliği, "bir dişin tonunda, renginde veya translusensiliğinde herhangi bir nedenden dolayı meydana gelen herhangi bir değişiklik" olarak tanımlanmıştır.

Renk değişikliğinde şiddet, lokalizasyon ve görünüm açısından büyük farklılıklar vardır. İçsel renk değişikliği dişin yapısına dahil olurken, dışsal renk değişikliği dişin yüzeyinde gerçekleşir. Bir diş aynı anda hem içsel hem de dışsal renklenme gösterebilir ve mine, dentin veya pulpa etkilenebilir. Bazı renk değişimleri kalıtsal nedenlerden kaynaklanırken bazıları hasta davranışı, yaş ve hastalıklarla ilişkilendirilmektedir. Ayrıca dişlerde renk değişikliği, tıbbi müdahaleler sonucu iatrojenik olarak da oluşabilmektedir (71).

## **2.8. Etiyolojilerine Göre Renk Değişiklikleri**

Grossman'a (2021) göre diş renk değişiklikleri içsel ve dışsal renk değişiklikleri olarak ikiye ayrılmaktadır (17).

### **2.8.1. Dışsal Renk Değişiklikleri**

Geçmişte, dışsal renk değişiklikleri metalik veya metalik olmayan olarak sınıflandırılmaktaydı. Bu sınıflandırmadaki yetersizlik, renk değişim mekanizmasını açıklamaması ve tüm metallerin dişlerde renk değişikliğine sebep olmamasıdır (17). 1997'de Nathoo (72) tarafından renk değişikliği kimyasına dayalı yeni bir sınıflandırma yapılmıştır.

Nathoo'ya göre renk değişimleri 3'e ayrılmaktadır. N1 tipte renkli maddeler (kromojenler) diş yüzeyine bağlanarak renk değişikliğine neden olmaktadır. Bu tipte renk değişimi, kromojenin rengiyle aynıdır. N2 tipte kromojen, dişe bağlandıktan

sonra renk değiştirmektedir. N3 tipte ise renksiz madde veya prekromojen dişe bağlanır ve kimyasal reaksiyona girerek renk değişikliğine neden olmaktadır.

### **2.8.2. İçsel Renk Değişiklikleri**

İçsel renk değişiklikleri, diş sert dokularının yapısal bileşiminde veya kalınlığında meydana gelen değişiklik sonrasında oluşmaktadır. Bir dizi metabolik hastalık ve sistemik faktörün gelişmekte olan dişleri etkilediği ve bunun sonucunda renk değişikliğine neden olduğu bilinmektedir. Ayrıca travma gibi lokal faktörler de içsel renk değişikliğinin oluşumunda rol oynayabilmektedir (8).

Grossman'a (2021) göre içsel renk değişikliği sebepleri ayrı başlıklar altında incelenmiştir (17).

#### **Pulpanın Dekompozisyonu**

Pulpa dokusunun dekompozisyonu, özellikle pulpa nekrotik ise renk değişikliğinin en yaygın nedenidir (17). Pulpanın bakteriyel, mekanik veya kimyasal etkenlere maruz kalması doku nekrozuna yol açabilmektedir. Böylece tübüllere nüfuz eden ve çevredeki dentini renklendiren zararlı yan ürünler oluşabilmektedir. Renk değişikliğinin derecesi, pulpanın nekrotik olduğu süreyle doğrudan ilişkilidir (73).

#### **Travma**

Renk değişikliğinin en önemli nedeninin travmaya uğramış dişte hemoglobin veya hematin moleküllerinin birikmesi ve bunların dentin içine penetre olmasıdır. Bu durumun renklenmenin şiddetini belirlediği düşünölmektedir (74). Travmadan sonra başlangıçta görölen pembemsi tonun, diş revaskölarize olursa 2-3 ay içinde kaybolabileceği görölmüştür (75).

#### **Ekstirpasyon Sırasında Pulpal Kanama**

Pulpanın ekstirpasyonu sırasında kan damarlarının yırtılmasıyla pulpa odasında kanama meydana gelerek kan bileşenleri dentin tübüllerine girer ve çevresel dentinin renginin değişmesine neden olur (73).

Kanamanın devam etmesi genellikle kök kanalında hala vital pulpa kalıntısının bulunduğunu göstermektedir ve pulpa kalıntısının çıkarılmasıyla kanama duracaktır. Dentin tübüllerinden kanı uzaklaştırıp renk değişikliğini önlemek için pulpa odası ve kök kanalı iyice yıkanmalıdır (17).

### **Kalsifik Metamorfoz**

Kalsifik metamorfoz, kök kanalında sert dokunun hızla birikmesiyle karakterize bir durumdur. Genellikle travmadan sonra ön dişlerde görülmektedir. Bazı travmatik yaralanmalar kan akışındaki geçici bir kesintiyle odontoblastların yıkımına neden olmaktadır. Tersiyer dentini oluşturan farklılaşmamış mezenşim hücreleri odontoblastların yerini alır ve sonuç olarak diş, translusensiliğini kaybederek daha opak hale gelir (17).

### **Restoratif Materyaller**

Restoratif diş tedavisinde kullanılan bazı malzemeler dişlerin rengini etkileyebilir. Dişte uzun süredir bulunan amalgam restorasyonunun uzaklaştırılmasından sonra dentinde koyu gri-siyah renk değişimi izlenmektedir. Daha önceleri cıvanın dentin tübüllerine nüfuz ettiği ve sülfür iyonlarıyla reaksiyona girdiği düşünülürken elektron mikroskobu ile yapılan bir çalışmada bu renk değişikliğinin kalayın tübüllere göçü nedeniyle olduğu gösterilmiştir (8, 76).

Eski kompozit rezin restorasyonların kenarlarında mikro sızıntıya bağlı renk değişikliği oluşabilir ve zamanla dentinde lekelenmeler meydana gelebilir (17).

Metal postlar da mineden yansıma yapabilir ya da posttan salınan metalik iyonlar sebebi ile renk değişikliği meydana gelebilir. Metal post dişten uzaklaştırıldığında dentinde meydana gelen renk değişikliği izlenebilmektedir (17, 73).

### **Kök Kanal Medikamentleri**

İmmatür nekrotik dişlerin revaskülarizasyon tedavisinde üçlü antibiyotik patı kullanılması dişte renk değişikliği meydana getirmektedir (68).

Bazı medikamentler dişi direkt olarak etkilerken bazı medikamentlerin ayrışması ya da başka ajanlar ile etkileşimi sonucunda diş renginde değişiklik meydana gelebilmektedir. Renk değişikliği kısa sürede meydana gelebildiği gibi zamanla da oluşabilmektedir (17).

### **Yaşlanma**

Doğal yaşlanma sürecinde sekonder dentinin birikimi, dişlerin ışık geçirme özelliğini etkiler ve dişlerin renginin giderek koyulaşmasına neden olur (8). Ayrıca dişlerin kimyasal yapısı zamanla değişmektedir (73).

### **İatrojenik Renk Değişiklikleri**

Bazı materyallerin kullanımı veya doğru olmayan prosedürlerin uygulanması sebebiyle dişlerde renk değişikliği meydana gelebilir. Diş hekimi kaynaklı bu tür renk değişiklikleri genellikle önlenebilmektedir (17).

Tetrasiklin lekelenmesi, ilacın sistemik olarak uygulanması ve daha sonra hidroksiapatit kristallerinin yüzeyinde kalsiyum iyonlarıyla kompleksler oluşturmak üzere şelasyon yapması sonucu oluşmaktadır. Lekelenme öncelikle dentinde meydana gelir ancak mine de etkilenmektedir. Tetrasiklinin, gelişmekte olan dişlerin renk değiştirmesine sebep olmaması için hamileler, emziren anneler veya 12 yaşına kadar olan çocuklarda kullanılmaması gerekir (74).



**Tablo 2.1.** Dişlerde renk değişikliği nedenleri ve renkleri (17)

| <b>Renk Değişikliği Nedenleri</b>            | <b>Renk</b>  |
|--|--|
| <i>Dışsal Renk Değişiklikleri</i>            |  |
| Sigara, pipo, puro, tütün çiğneme, marihuana | Sarı-kahverengiden siyaha, koyu kahve-siyah halkalar |
| Kahve, çay, yiyecekler                       | Kahverengi-siyah                                     |
| Yetersiz oral hijyen                         | Sarı-kahverengi lekeler                              |
| <i>Dışsal ve İçsel Renk Değişiklikleri</i>   |  |
| Florozis                                     | Beyaz, sarı, kahverengi, gri, siyah                  |
| Yaşlanma                                     |  |
| <i>İçsel Renk Değişiklikleri</i>             |  |
| <b>Genetik Nedenler</b>                      |  |
| Amelogenezis imperfekta                      | Kahverengi, siyah                                    |
| Dentinogenezis imperfekta                    | Kahverengi, mavi                                     |
| <b>Sistemik Nedenler</b>                     |  |
| Sarılık                                      | Mavi-yeşil, kahverengi, mor-kahverengi               |
| Porfiri                                      |  |
| <b>Diş Gelişimi Sürecinde İlaç Kullanımı</b> |  |
| Tetrasiklin                                  | Kahverengi, gri, siyah                               |
| Florür                                       |  |
| <b>Vücut Yan Ürünleri</b>                    |  |
| Bilirubin                                    | Mavi-yeşil, kahverengi                               |
| Hemoglobin                                   | Gri, siyah   |
| <b>Pulpa Değişimleri</b>                     |  |
| Pulpa kanal obliterasyonu                    | Sarı   |
| <b>Pulpa Nekrozu</b>                         |  |
| Kanamalı                                     | Gri, siyah   |
| Kanamasız                                    | Sarı, gri-kahverengi                                 |
| <i>İatrojenik Nedenler</i>                   |  |
| Pulpa ekstirpasyonu sırasında travma         | Gri, siyah   |
| Pulpa odasında doku artıkları kalması        | Kahverengi, gri, siyah                               |
| Restoratif materyaller                       | Kahverengi, gri, siyah                               |
| Endodontik materyaller                       | Gri, siyah   |

## **2.9. Rejeneratif Endodontik Tedaviye Bağlı Renk Değişimleri ve Tedavi Seçenekleri**

Rejeneratif endodontik tedavide kanal içi medikament olarak üçlü antibiyotik patı veya kalsiyum hidroksit kullanımı ile koronal bariyer olarak MTA kullanımının dişlerde renk değişikliğine sebep olduğu görülmektedir (77). Oluşan renk değişikliğini gidermenin ya da maskelemenin çeşitli yolları mevcuttur.

Veneer uygulamaları dişlerde oluşan renk değişikliğini maskelemede kullanılabilecek yöntemlerdendir (78, 79). Parsiyel veneerler lokalize defektlerin varlığında veya içsel renk değişikliği durumlarında tercih edilebilir. Full veneerler ise diş yüzeyinin genelinde bulunan defektlerde ve ayrıca içsel renk değişikliği alanlarının restorasyonu için uygulanabilir (78). Ancak endodontik tedavi görmüş dişlerin beyazlatılması, kron veya veneer uygulamalarına göre daha konservatif bir yaklaşım olarak görülmektedir (73).

## **2.10. Beyazlatma Tedavisinde Kullanılan Ajanlar**

Renk değişikliği görülen dişleri beyazlatmak için 19. yüzyılın ortalarında çeşitli maddeler kullanılarak ilk girişimler yapılmıştır. Hidrojen peroksitin 1884'te vital dişlerde beyazlatma etkisi keşfedilene kadar oksalik asit kullanılmıştır (80). Devital dişlerin beyazlatılması ise ilk olarak 1895'te Garretson tarafından klor kullanarak gerçekleştirilmiştir (81). Hidrojen peroksit, devital beyazlatmada 1951'e kadar kullanılmamıştır (82).

Günümüzde ise beyazlatma işlemlerinde hidrojen peroksit veya kimyasal yıkım sonucu hidrojen peroksite ayrılan karbamid peroksit ve sodyum perborat gibi ajanlar kullanılmaktadır. Bu ajanlar tek başlarına ya da kombine olarak uygulanabilmektedir (73, 83).

### **2.10.1. Hidrojen Peroksit**

Hidrojen peroksit, diş hekimliğinde beyazlatma ajanı olarak %5-%35 arasındaki farklı konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Yüksek konsantrasyonda kostik etki gösterir, temas halinde dokuları yakar ve serbest radikaller oluşturabilir. Yüksek konsantrasyonlu solüsyonlar termodinamik olarak kararsız olduklarından buzdolabında ve koyu renkli bir kaptaki saklanmadıkları takdirde patlayabilmektedir (73).

Hidrojen peroksit; serbest radikallerin, reaktif oksijen moleküllerinin ve hidrojen peroksit anyonlarının oluşumu ile güçlü bir oksitleyici madde olarak etki etmektedir. Bu reaktif moleküller uzun zincirli ve koyu renkli kromofor molekülleri ile reaksiyona girerek onları daha küçük, daha az renkli ve dağılabilen moleküllere parçalamaktadır (84).

Hidrojen peroksitin eterdeki %25'lik çözeltisi pyrozen olarak adlandırılırken distile sudaki %30'luk çözeltisi süperoksol olarak adlandırılmaktadır (73).

### **2.10.2. Karbamid Peroksit**

Karbamid peroksit, karbondioksit ve amonyağa ayrışabilen üre açığa çıkardığından aynı zamanda "üre hidrojen peroksit" olarak da bilinmektedir. Ancak karbamid peroksit ile diş beyazlatma sırasında ne kadar amonyak oluştuğu belirsizdir. Amonyanın yüksek pH'ı beyazlatma prosedürünü kolaylaştırmaktadır (84). Karbamid peroksitin konsantrasyonu, ev tipi ve klinik tipi beyazlatma ürünlerine bağlı olarak %3 ile %45 arasında değişmektedir. En yaygın ticari preparatlar %10 karbamid peroksit içermektedir. Jel formülasyonunda katkı maddesi olarak; gliserin veya propilen glikol, aroma vericiler, sodyum stannat, fosforik asit veya sitrik asit bulunmaktadır. Bazı preparatlar, suyla çözünebilir bir poliakrilik asit polimeri olan ve jel kıvamını artıran Carbopol içermektedir. Carbapol ayrıca aktif peroksitin salınım süresini uzatır ve raf ömrünü iyileştirir (17).

%35'lik karbamid peroksit suyla temas ettiğinde %23-25 üre ve %10-12 hidrojen peroksit ayrışmaktadır. Üre, mineye nüfuz eder ve interprizmatik bölgeyi etkiler. Ayrıca protein yapısına etki edip proteini denatüre edebilme özelliğine sahiptir (85). %10'luk karbamid peroksit beyazlatma ajanı, içeriğinde bulunan üreden dolayı %0,2'lik klorheksidin solüsyonundan daha fazla antibakteriyel etki göstermektedir (86).

### **2.10.3. Sodyum Perborat**

Sodyum perborat genellikle granül formda temin edilen stabil, beyaz bir tozdur. Kullanılmadan önce öğütülerek toz haline getirilmesi gerekmektedir (17). Sodyum perborat 1907'den beri deterjanlarda oksitleyici ve ağartıcı madde olarak kullanılmaktadır. Sodyum perboratın monohidrat, trihidrat ve tetrahidrat gibi çeşitli formları mevcuttur (83). Monohidrat, trihidrat veya tetrahidrat formlarının su veya

hidrojen peroksit ile hazırlanan karışımlarının beyazlatma etkinlikleri arasında fark olmadığı bildirilmiştir (87).

Sodyum perborat; asit, sıcak hava veya nem varlığında hidrojen peroksit ve serbest oksijen formlarına ayrılmaktadır (88). Su ya da çeşitli beyazlatma ajanları ile karıştırılarak uygulanabilmektedir. Ancak yapılan bir çalışmada sodyum perborat-hidrojen peroksit karışımından salınan ekstraradiküler peroksit miktarının sodyum perborat-su karışımından anlamlı derecede fazla olduğu görülmüştür. Bu nedenle hidrojen peroksit ile beraber kullanımlarında daha düşük konsantrasyonlu hidrojen peroksit tercih edilmesi önerilmektedir (89).

### **2.11. Beyazlatma Tedavisinin Mekanizması**

Diş beyazlatma mekanizmaları henüz tam olarak anlaşılammıştır ancak genel olarak hidrojen peroksit tarafından salınan serbest radikallerin, ağartıcı etkiden sorumlu olabileceğine inanılmaktadır (90). Açığa çıkan kuvvetli serbest oksijen radikalleri, dişlerin inorganik yapılarında bulunan renkli organik bileşiklerle reaksiyona girmekte ya da inorganik yapılar arasındaki boşluklara yayılmaktadır (91).

Beyazlatma ajanı daha fazla pigmente sahip karbon halkasını (sarı renk) açarak karbon zincirlerine dönüştürmektedir. Karbon çift bağları hidroksil gruplarına dönüştüğünde emilen ışık miktarı azalmaktadır ve böylece diş daha açık renkte görünmektedir. Beyazlatma işlemine bu noktadan sonra devam edilirse dişin organik matriksi parçalanarak diş yapısının zayıflamasına ve işlem sonrası hassasiyet oluşmasına neden olur (17).

Karbamid peroksit ise üre ve hidrojen peroksite parçalanır. Üre, hidrojen peroksitin etkisini artıran alkali ortamın (pH 8) korunmasından sorumludur. Karbamid peroksitin %10'luk konsantrasyonu, yaklaşık olarak %3,4 hidrojen peroksit ve %6,5 üre açığa çıkarmaktadır (17).

### **2.12. Devital Dişlerde Beyazlatma Yöntemleri**

Dişlerde endodontik tedaviden sonra renk değişikliği görülmesi nispeten yaygın bir durumdur. Tedavi edilen tüm dişlerin %10'unda görülmektedir (92). Meydana gelen renk değişikliği kanama, pulpa dokularının eksik çıkarılması, irrigasyon solüsyonları, kanal içi medikamentler ve dolgu maddeleri gibi endodontik materyallerin varlığından

kaynaklanabilmektedir (93). Bu renk değişikliği günümüzde farklı yöntemlerle giderilebilmektedir.

### **2.12.1. Walking Bleach Yöntemi**

Bu yöntem ilk olarak 1961 yılında Spasser tarafından sodyum perboratın suyla karıştırılarak macun haline getirilmesi ve daha sonra pulpa odasına yerleştirilmesi ile gündeme gelmiştir (82). Nutting ve Poe ise bir dişin pulpa odasına Superoksol emdirilmiş pamuk pelet yerleştirip herhangi bir ısı uygulaması yapmadan pulpa odasını kapatmıştır. Üç hafta sonra tedavi edilen dişin renginin yandaki dişlere göre açık olduğu görülmüştür. Nutting tarafından bu tekniğe “walking bleach” adı verilmiştir (94). Günümüzde farklı yüzdelerde karbamid peroksit kullanılarak walking bleach yönteminin uygulandığı çalışmalar mevcuttur (95, 96).

Bu yöntemde beyazlatma prosedürü uygulanacak dişin öncelikle lastik örtü ile izolasyonu sağlanmalıdır. Restoratif materyaller, kök kanal dolgu materyalleri ve nekrotik pulpa dokusu artıkları giriş kavitesinden tamamen uzaklaştırılmalıdır. Özellikle üst çene keser dişlerde nekrotik pulpa artıkları içerebilen pulpa boynuzlarının giriş kavitesine dahil edilmesi önemlidir.

Giriş kavitesi hazırlığından sonra kök kanal dolgusu mine-sement sınırının 1-2 mm altına kadar indirilmelidir. Beyazlatma ajanlarının radiküler penetrasyonunu önlemek için kök kanal dolgusunun üzeri cam iyonomer siman, çinko oksit-öjenol siman ve çinko fosfat siman gibi çeşitli materyaller ile kapatılmalıdır (73). Maksimum beyazlatma etkisi tedaviden yaklaşık 24 saat sonra elde edilmektedir. Hasta, renk tonu değerlendirmesi için 3-7 gün sonra tekrar gelmelidir. Gerekli görülürse ek beyazlatma seansı uygulanabilir. İstenilen renk elde edilmişse eksternal servikal kök rezorpsiyonu riskini azaltmak amacıyla pulpa odasına kalsiyum hidroksit uygulaması önerilmektedir. Beyazlatma işleminden sonra dişten periyodik radyografiler alınmalı ve hasta genellikle 1 ile 7 yıl içinde ortaya çıkabilen eksternal servikal kök rezorpsiyonu açısından takip edilmelidir (17).

### **2.12.2. Termokatalitik Beyazlatma Yöntemi (Power Bleaching)**

Bu teknikte pulpa odasına %30–35 oranında hidrojen peroksit yerleştirilir ve ardından ısıtılmış metal bir enstrüman veya ticari olarak üretilmiş ısı uygulayıcı cihazlarla ısı uygulanır. Isı uygulaması, hidrojen peroksitin beyazlatıcı özelliklerini artıran bir

reaksiyona neden olmaktadır (73). Hidrojen peroksitin yaklaşık 60 cm ya da daha uzak mesafeden yüksek yoğunluklu bir ışık kaynağı kullanarak da aktivasyonu sağlanabilmektedir.

Termokatalitik yöntemin potansiyel zararlarından biri sement ve periodontal ligament irritasyonu sonucu oluşan eksternal servikal kök rezorpsiyonudur. Bu durumun oksidan ajanın ısı ile uygulanmasına bağlı olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle intrakoronal beyazlatma sırasında yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksit kullanımı ve ısı uygulaması tartışmalı bir yaklaşımdır ve rutin olarak uygulanmamalıdır (90).

### **2.12.3. Inside/Outside Beyazlatma Yöntemi**

Bu tedavi yöntemi, beyazlatma işleminin eşzamanlı olarak dişin hem iç hem de dış yüzeyinde gerçekleştirilmesi nedeniyle “inside/outside bleaching” (içten/dıştan beyazlatma) olarak adlandırılmaktadır (97). Tedavi süresince giriş kavitesi açık bırakılmaktadır. Beyazlatma jelinin hem pulpa odasına hem de dişin dış yüzeyine uygulanabilmesi için hastaya splint hazırlanır. Bir enjektör yardımıyla hem giriş kavitesine hem de splintin ilgili bölgesine bezelye tanesi büyüklüğünde %10'luk karbamid peroksit uygulanır. Bu tekniğin önemli avantajlarından biri istenilen beyazlatma etkisinin elde edilebilmesi için düşük konsantrasyonda beyazlatıcı jel kullanımının yeterli olmasıdır (82).

Tekniğin dezavantajı ise beyazlatma işlemi sırasında bakteriyel kontrolün sağlanamamasıdır. Mikroorganizmalar dentin tübüllerinde kolonize olabilmekte ve bu durum yalnızca beyazlatma sonucunu değil aynı zamanda endodontik tedavinin uzun vadeli başarısını da riske atabilmektedir (82).

## **2.13. Beyazlatma Etkinliğini Artıran Uygulamalar**

### **2.13.1. Isı Uygulaması**

Devital beyazlatmada ısı uygulamaları, hidrojen peroksit ile ısının güçlü etkileşimi nedeniyle en etkili yöntem olarak uzun yıllardır önerilmektedir (73). Isı uygulaması, dentin tübüllerinin genişlemesine yol açmakta ve dentin içerisindeki moleküllerin difüzyonunu kolaylaştırmaktadır. Bu durum, sıcaklık artışıyla birlikte hidrojen peroksitin dentin içerisine daha fazla yayılım göstermesini açıklamaktadır (83). Ayrıca, ısı uygulaması sonucunda hidrojen peroksitten son derece reaktif olan

hidroksil radikallerinin oluştuğu ve bu radikallerin bağ dokusu bileşenlerini parçaladığı gösterilmiştir (98).

Heller ve ark. (99) ısıtılmış %30'luk hidrojen peroksit kullanarak yaptıkları hayvan çalışmasında, internal termokatalitik beyazlatma tedavisinden yalnızca 3 ay sonra histolojik olarak rezorpsiyon belirtileri gözlemişlerdir. Termokatalitik teknik, ısı uygulamasına bağlı olarak dış kök rezorpsiyonu riski taşıması nedeniyle günümüzde daha az kullanılmaktadır (73).

### 2.13.2. Işık Uygulaması

Işık kaynaklarının kullanımı, hidrojen peroksitin kimyasal ayrışmasını hızlandırarak daha kısa sürede daha beyaz bir gülümseme elde edilmesini sağlayabilmektedir. Beyazlatıcı ajanların ışıkla aktive edilmesi kısa sürede iyi sonuçlar verebiliyor gibi görünse de ışık kaynaklarının ısı üretmesi ciddi bir endişe kaynağıdır çünkü aşırı ısınma vital dişlerde pulpa nekrozu gelişme riskini artırabilmektedir (100).

Işıkla aktive edilen beyazlatma prosedürlerinin güvenliğinin değerlendirilmesinde kullanılan ışık kaynağı önemli bir faktördür. Günümüzde beyazlatıcı ürünlerin ışık aktivasyonu için kullanılacak özellikleri birbirinden oldukça farklı çeşitli ışık kaynakları mevcuttur (101). Halojen kürtleme lambaları, LED'ler, diyet lazerler, argon lazerler ve plazma ark lambaları gibi birçok cihaz hidrojen peroksitin aktivasyonu için kullanılmaktadır (100).

### 2.13.3. Aktivasyon Sistemlerinin Uygulanması

Richman (102) tarafından endodontik uygulamalarda ultrasonik aktivasyonun kullanımı ilk kez 1957 yılında önerilmiştir. Ancak bu yöntemin kök kanalı şekillendirilmesinde rutin kullanımı o dönemde elde edilen olumsuz sonuçlar nedeniyle benimsenmemiştir. Ultrasonik aktivasyonun endodontik enstrümantasyonda yeniden gündeme gelmesi 1970'lerin sonlarında mümkün olmuştur. Literatürdeki çeşitli çalışmalar, ultrasonik sistemlerle gerçekleştirilen aktivasyonun kök kanalı duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılmasında diğer geleneksel tekniklere eşit veya daha üstün bir etkinlik sağladığını (103, 104) ve kök kanalı dentininin geçirgenliğini anlamlı ölçüde artırdığını ortaya koymuştur (11).

Diş beyazlatma uygulamalarında ultrasonik cihazlar, pulpa odası içerisindeki smear tabakasını veya debrisleri uzaklaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu işlem,

dentin geçirgenliğini artırarak beyazlatıcı ajanların etkinliğinin artışına katkı sağlamaktadır (11).

#### 2.13.4. Lazer Uygulamaları

LASER kelimesi "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" ifadesinin baş harflerinden oluşan bir kısaltmadır (105). Lazerin ilk kez 1960'lı yıllarda Maiman (106) tarafından tanıtılması ile lazer teknolojisinin dental uygulamalardaki potansiyeli görülmüştür (107). Lazer tabanlı cihazlar genellikle geniş kapsamlı dental uygulamalar için geliştirilmekte olup diş beyazlatma, bu kullanım alanlarından yalnızca birini oluşturmaktadır (101). Lazerin diş beyazlatma tedavilerinde kullanılması klinik işlemleri hızlandırması ve hastanın konforunu artırması gibi avantajlar sağlamaktadır. Diş beyazlatma amacıyla kullanılan dental lazer sistemleri arasında; argon lazer (488 nm), KTP lazer (532 nm), diyot lazerler (445, 810, 915, 940 ve 980 nm), CO<sub>2</sub> lazer (10.600 nm), erbium-doped yttrium aluminium garnet lazer (Er:YAG, 2940 nm), erbium, chromium-doped yttrium, scandium, gallium, garnet lazer (Er,Cr:YSGG, 2780 nm) ve Nd:YAG lazer (1064 nm) bulunmaktadır (108).

Diş beyazlatmada kullanılan dental lazerler ile diğer dental ışık kaynakları arasındaki temel fark lazerlerin belirli bir monokromatik dalga boyunda ışık yaymasıdır. Bu özellik, özellikle pulpa dokusunda aşırı ısınma gibi olası komplikasyonların azaltılmasına katkı sağlamaktadır (101). Dental lazerlerin diş beyazlatmadaki etkinliği esas olarak kullanılan lazer ışınının dalga boyuna ve gücüne bağlıdır. Ayrıca lazer ışınına ait parametrelerin (güç, frekans, atım modu vb.) kullanıcı tarafından kontrol edilebilmesi klinisyene avantaj sağlamaktadır. (108).

Sağlam ve ark. (109) özellikle Nd:YAG lazer uygulamasının sodyum perborat ile yapılan intrakoronel beyazlatmanın etkinliğini artırdığı sonucuna varmışlardır. Elde edilen sonuçlar Nd:YAG lazer ile yapılan ışınlamanın diyot lazere göre daha etkili olduğunu göstermiştir. Mohammadi ve ark. (12) pulpa odası dentininin %37'lik fosforik asit veya Er,Cr:YSGG lazer ile hazırlanmasından sonra yapılan intrakoronel beyazlatmanın etkinliğinin, dentin yüzeyinde herhangi bir hazırlık yapılmadan gerçekleştirilen geleneksel intrakoronel beyazlatma ile karşılaştırılabilir düzeyde olduğu sonucuna varmışlardır.

### **KTP Lazer**

KTP lazer, 532 nm dalga boyunda ışık yayan ve frekansı iki katına çıkarılmış bir Nd:YAG lazerdir. Diş hekimliğinde özellikle diş beyazlatma uygulamaları için geliştirilmiştir. KTP lazer, Nd:YAG lazer ile benzer şekilde kök kanal ve kavite dezenfeksiyonu, dentin hassasiyeti tedavisi, kuafaj tedavisi ve yumuşak doku cerrahisi gibi çeşitli dental uygulamalarda da kullanılmaktadır (110).

KTP lazerin kullanıldığı fotodinamik beyazlatmanın ağız yumuşak dokuları, diş pulpası veya diş yapısı üzerinde belirgin olumsuz etkilere yol açmadığı; enerji aktarımının beyazlatma jelinde kontrollü ısı artışı sağladığı; bu nedenle dentin-pulpa kompleksine verilen zararı en aza indirdiği görülmüştür (13). Ayrıca sahip olduğu özgün dalga boyu sayesinde tetrasiklinlerin, hidroksiapatit veya kalsiyum ortofosfat ile oluşturduğu şelat yapıları üzerinde foto-oksidatif etki göstererek bu bileşiklerin parçalanmasını sağlamaktadır (111).

Beyazlatma ajanı lazer ile aktive edildiğinde lazer-doku etkileşimleri düşük ışınlama seviyelerinde optik ve/veya fotokimyasal etkiler şeklinde gerçekleşir. Lazer gücü artırıldığında ise fototermal etkileşimler baskın hale gelir. Işık, beyazlatma ajanı veya diş yapısı içindeki moleküller tarafından emildiğinde moleküler titreşim ve buna bağlı ısınma meydana gelir. Beyazlatma ajanının üzerine ışık yansıtıldığında, enerjinin küçük bir kısmı absorbe edilir ve ısıya dönüştürülür. Görünür ışığın ısıya dönüşmesi ancak ilgili fotonların absorpsiyonu ile mümkündür. Işığın dalga boyu uygun olduğu sürece maddeler tarafından emilebilir (13). KTP lazerin etkisi, jel içerisindeki ajan ile dişteki renklenme molekülleri arasındaki etkileşimin sonucu gerçekleşir. Literatürde bildirilen diş beyazlatma prosedürlerindeki değişken sonuçlar beyazlatma etkinliğinin; kromoforun özelliklerine, minenin yapısına, lazerin dalga boyuna ve jelin pH seviyesine bağlı olmasından kaynaklanmaktadır. Eğer kromoforun absorpsiyon tepe değeri, lazerin dalga boyu ile tam olarak eşleşmezse tedavi sürecine lazerin dahil edilmesi herhangi bir olumlu etki yaratmaz (14).

#### **2.14. Diş Hekimliğinde Renk Tanımlama Sistemleri**

Renk, subjektif ve objektif fenomenleri birleştiren bir komplekstir (112). Bir nesnenin rengi farklı dalga boylarındaki ışığı, yüzeyinden ne kadar yansıttığına bağlıdır. Işık, göze ulaştığında retinadaki fotoreseptörler tarafından emilir ve beynin yorumladığı bir sinyale dönüştürülür (113).

Rengin bağılı olduğu üç faktör mevcuttur; gözlemci, nesne ve ışık kaynağı. Bu üç faktörde meydana gelen değişiklikler rengin algılanmasını da değiştirecektir (114). Diş renginin nasıl algılandığı; ışık kaynağı, günün saati, çevresel ortam ve dişe hangi açıdan bakıldığı gibi gözlem koşullarından büyük ölçüde etkilenmektedir. Işık, farklı dalga boylarından oluşur ve aynı dişe, farklı ışık şartlarında farklı renklerde görünebilir. Bu duruma metamerizm adı verilir (8).

Renk algısı son derece öznel bir konudur ve kişiden kişiye değişkenlik göstermektedir. Culpepper'ın (115) yaptığı çalışmada, aynı dişin renk tonunun belirlenmesinde diş hekimleri arasında görüş ayrılıkları olduğu gösterilmiştir. Bu uyumsuzluk yalnızca farklı diş hekimleri arasında değil, aynı diş hekiminin farklı zamanlardaki değerlendirmelerinde bile görülmektedir (8).

Renkleri tanımlamak için en yaygın kullanılan sistemlerden ikisi Munsell Sistemi ve Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l'Éclairage-CIE) renk sistemidir (116).

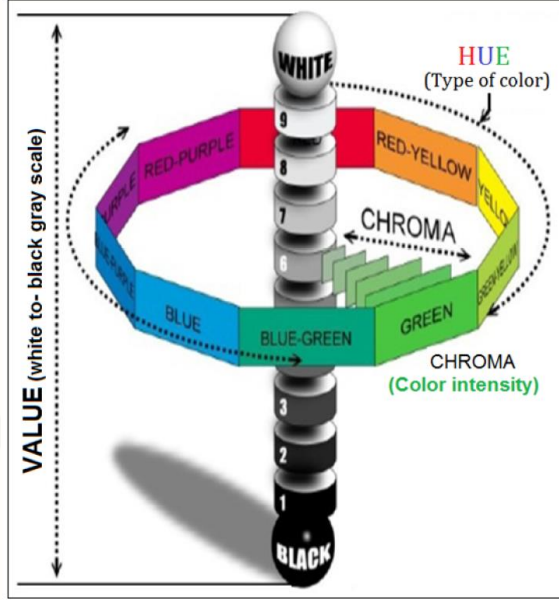
#### **2.14.1. Munsell Renk Sistemi**

Munsell renk sistemi, görsel algının adımlarına dayanmaktadır. Herhangi bir renk, üç boyutlu Munsell renk uzayında bir nokta olarak tanımlanabilmektedir. Bu sistem 20. yüzyılın ilk yıllarında Profesör Albert H. Munsell tarafından geliştirilmiştir. Sistemin temel özellikleri; Munsell Tonu (Hue-H), Munsell Yoğunluğu (Chroma-C) ve Munsell Açıklığı (Value-V) şeklindedir. Bu özellikler, H/V/C biçiminde yazılır ve buna Munsell gösterimi adı verilir (117).

Ton (Hue), bir rengin saf haliyle spektrumda yer aldığı ismine karşılık gelerek kırmızı, sarı, yeşil, mavi ve mor olmak üzere beş ana renge ayrılır (118). Yoğunluk, ana rengin gücünü veya pigment yoğunluğunu ifade eder. Renk tonu aynıdır ancak miktarı farklıdır. Yoğunluk ve açıklık ters orantılıdır. Yoğunluk arttığı zaman rengin açıklığı azalmaktadır (112). Açıklık ise bir rengin ne kadar açık ya da koyu olduğunu belirtir. Açıklık, Munsell sisteminde dikey bir ekseninde en altta siyah (değer 0), en üstte beyaz (değer 10) olacak şekilde değişmektedir.

Bu sistem, özellikle sonradan yapılan revizyonlarla birlikte bireylerin renk algılarına verdikleri görsel tepkilerin titizlikle ölçülmesine dayanarak geliştirilmiş ve böylece sağlam bir bilimsel temele oturtulmuştur. İnsan görsel algısına dayalı bu yaklaşım sayesinde dönemin diğer renk modellerine kıyasla daha uzun ömürlü

olmuştur. Her ne kadar bazı kullanım alanlarında CIELab\* gibi daha modern sistemler yerini alsada günümüzde hala geniş bir kullanım alanına sahiptir (119).



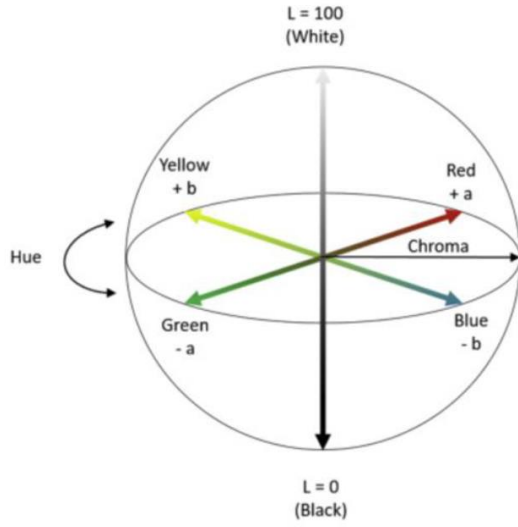
Şekil 2.1. Munsell renk sistemi (120)

#### 2.14.2. CIELab\* Renk Sistemi

Renk ve görünüm gibi alanlarda standardizasyonu sağlamak amacıyla çalışan bir kuruluş olan CIE; 1931 yılında standart bir ışık kaynağı tanımlamış, standart gözlemci modelini geliştirmiş ve bir rengin insan görsel sistemi tarafından nasıl algılandığını temsil eden tristimulus değerlerinin hesaplanmasını mümkün kılmıştır (121).

1976 yılında ise CIE, gözdeki üç ayrı renk reseptörüne dayanan kabul görmüş teoriye uygun olarak CIELab\* adlı renk uzayını tanımlamıştır. Bu sistem, günümüzde en yaygın kullanılan renk uzaylarından biridir (121).

$L^*$  koordinatı, koyuluk ve açıklık koordinatını temsil eder; bu değerler 0 (tam siyah) ile 100 (tam beyaz) arasında değişir.  $a^*$  eksen kromatiklik koordinatlarını ifade eder; negatif değerler yeşili, pozitif değerler ise kırmızıyı temsil eder.  $b^*$  eksen de yine kromatiklik koordinatlarını gösterir; pozitif değerler sarıyı, negatif değerler ise maviyi ifade eder (116).



**Şekil 2.2.** CIELab\* renk sistemi (120)

CIELab\* renk sistemi, insan görsel algısına dayalı olarak renk farklarının sayısal olarak ölçülmesine ve ifade edilmesine imkân tanır. İki nesne arasındaki renk farkı ( $\Delta E^*$ ), formül kullanılarak (Şekil 2.3.) hesaplanmaktadır.

$$\Delta E_{(L^*, a^*, b^*)} = [(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2]^{1/2}$$

**Şekil 2.3.** Renk değışiklik değerlerinin hesaplanması (122)

Bu formülde elde edilen  $\Delta E^*$  değeri, iki renk arasındaki farkın miktarını gösterir. Ancak bu farkın hangi yönde gerçekteştiğini yani rengin hangi yöne kaydığını göstermez. Diş hekimliğinde cihazlarla elde edilen renk farkı ölçümleri, klinik olarak algılanabilirlik eşikleri ile klinik olarak kabul edilebilirlik sınırlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (123).

Klinik şartlar altında renk farkının algılanabilmesi için  $\Delta E$  değerin 3,3'ten büyük olması gerektiği düşünölmektedir (124).  $\Delta E$  değerin 3,7'nin üzerinde olması ise klinik gözlemler doğrultusunda zayıf bir renk uyumuna işaret eder ve karşılaştırılan örnekler arasındaki renk farkının çıplak gözle kolaylıkla fark edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir (117).

### 2.15. Diş Hekimliğinde Renk Seçim Yöntemleri

Yapılan restorasyonlar ile dişlerin doğal rengi arasında renk uyumunun yakalanması yapılan tedavinin başarısını doğrudan etkilemektedir (125). Renk seçimi; görsel ya da

enstrümantal olarak kolorimetre veya spektrofotometre gibi çeşitli cihazlar kullanarak yapılabilmektedir. Rutinde restoratif materyallerin renk seçimi, renk skalaları yardımıyla görsel olarak yapılmaktadır ancak bu sistem yetersiz sonuçlara sebep olabilmektedir (126).

Renk seçiminde en uygun yöntem hem enstrümantal hem de görsel renk eşleştirme yöntemlerinin birlikte kullanılmasıdır. Çünkü bu iki yaklaşım birbirini tamamlar ve estetik açıdan tatmin edici sonuçlara ulaşmayı kolaylaştırır (127).

### **2.15.1. Görsel Renk Seçimi**

Diş renginin klinik değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan yöntem, renk skalası kullanımınıdır. Ancak bu yöntem genellikle tutarsız ve subjektif olarak kabul edilmektedir. Aydınlatma koşulları, yaş, cinsiyet, göz yorgunluğu ve renk görme bozuklukları gibi pek çok faktör görsel renk seçimini etkileyebilmektedir. Buna rağmen günümüzde pratik ve ekonomik olması sebebiyle özellikle indirekt restorasyonlarda tercih edilen bir yöntemdir (113).

Son zamanlarda diş hekimliğinin klinik pratiğinde uygulanan VITA Classical (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya), VITA 3D-Master (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) ve Chromascop renk skalası (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) gibi birçok skala bulunmaktadır (128, 129).

### **2.15.2. Enstrümantal Renk Seçim Teknikleri**

Enstrümantal ölçümler, rengi nicel olarak belirleyebilmekte ve renk seçiminin daha tutarlı bir şekilde sağlanmasına olanak tanımaktadır (126). Diş rengini ölçmek için kolorimetre, spektrofotometre, spektrodymetre ve dijital kameralar gibi birçok enstrümantal yöntem kullanılmaktadır (113).

### **Kolorimetre**

Kolorimetreler, bir nesneden yansıyan ışığı üç geniş bantlı filtre aracılığıyla ölçerek tristimulus (CIE XYZ) değerlerini doğrudan elde etmektedir. Spektrofotometrelere göre daha az hassas olmasına ve daha sınırlı veri sağlamasına rağmen yine de kullanışlı ölçüm cihazları olarak değerlendirilmektedir (130).

Kolorimetrenin in vitro ortamda renk örneklerini ölçmede tekrarlanabilirlik oranı %99 ve doğruluk oranı %92,6 olarak gösterilmiştir (131). Ancak kolorimetrelerin de bazı dezavantajları mevcuttur. Bu cihazlar düz yüzeylerin

ölçümüne uygun olarak tasarlanmıştır fakat dış yüzeyi genellikle düzensizdir ve yüzeysel farklılıklar içerebilmektedir. Ayrıca dişlerin yarı saydam yapısı, ölçüm sırasında kenarlarda ışık kaybına neden olarak yanlış renk değerlerinin elde edilmesine yol açabilmektedir (113).

### **Spektrofotometre**

Spektrofotometreler, görünür spektrum boyunca 1-25 nm aralıklarla bir nesneden yansıyan ışık enerjisini ölçmekte ve bu spektral yansıma verilerini renk koordinatlarına (CIEXYZ, CIELAB veya CIELCH) ve çeşitli renk değerlerine dönüştürebilmektedir (113). Spektrofotometreler; porselen kronların ağız içindeki renk stabilitesi (132), mine gelişim bozuklukları (133), toplumda diş rengi yaygınlığı (134) ve uzun dönem diş beyazlatma çalışmaları (135, 136) gibi pek çok alanda yaygın şekilde kullanılmakta ve başarılı sonuçlar vermektedir (113).

Spektrofotometre, görünür ışık spektrumunda bir yüzeyden yansıyan ışık enerjisini ölçerek çalışan bir cihazdır. Görsel renk seçimi yöntemlerine göre daha doğru sonuçlar verse de sadece tek bir noktadan ölçüm yapabildikleri için bazı sınırlamalara sahiptir. Özellikle eğimli dış yüzeylerinde, cihazın ucundaki ışığın bir kısmı dişe ulaşmadan kaybolabilir. Bu durum, “kenar kaybı hatası (edge-loss error)” olarak bilinir ve ölçüm sonucunun hatalı olmasına neden olabilir. Bu sorun özellikle temaslı çalışan spektrofotometrelerde yaygındır ve ölçüm doğruluğunu olumsuz etkileyebilir (137).

Spektrofotometrelerin tekrarlanabilirlik ve doğruluklarını karşılaştıran birçok çalışma mevcuttur. SpectroShade (MHT Optic Research AG, İsviçre) ve VITA Easyshade (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) spektrofotometrelerinin renk örnekleri üzerinde in vitro yapılan ölçümlerde tekrarlanabilirlik oranları sırasıyla %96,9 ve %96,4 olarak bulunmuştur. Aynı cihazların doğruluk oranları ise sırasıyla %80,2 ve %92,6 olarak rapor edilmiştir (131). Klinik bir çalışmada, SpectroShade (MHT Optic Research AG, İsviçre) cihazı diş tonlarını kaydetmede en yüksek tekrarlanabilirliğe (%82,7) sahip cihaz olarak belirlenmiştir (138).

### **Spektroradyometre**

Spektroradyometreler, görünür spektrum boyunca nesnelere yayılan veya yansıtılan ışığın radyometrik niceliklerini ölçen cihazlardır. Bu ölçümler, daha sonra renk

koordinatlarına (CIEXYZ, CIELAB ve CIECLH) dönüştürülebilir. Spektrofotometreler ile spektrodadyometreler arasındaki temel fark, spektrodadyometrede dahili bir ışık kaynağı bulunmaması ve temassız ölçüm yapabilmesidir (113).

Spektrodadyometre kullanırken ölçüm pozisyonunda meydana gelen küçük değişiklikler bile sonuçlarda farklılık yaratabileceğinden ölçümlerin büyük bir dikkat ile yapılması önerilmektedir (139).

### **Dijital Kameralar**

Son yıllarda, dijital renk kameraları renk ölçüm cihazı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kameraların en büyük avantajı, dışın her bir noktasından renk bilgisi sağlayabilmesidir. Buna karşılık diğer cihazlar (kolorimetre, spektrofotometre ve spektrodadyometre) yalnızca renklerin ortalama değerini ölçmektedir (130).

Dijital görüntülemenin dezavantajları literatürde nadiren bildirilmiştir. Ancak bu sistemler temassız ölçüm yaptığı için kullanılan ışık kaynağı ve kameranın dış bakış açısı oldukça önemlidir. Kullanılan ışık kaynağına bağlı olarak metamerizm olgusu potansiyel bir sorun oluşturabilmektedir (113).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışması Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı tarafından 2024-01/11 karar numarası ile 18.01.2024 tarihinde onaylandı.

Çalışma Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından DİŞ-2024-319 proje numarasıyla desteklendi. Çalışmanın deney aşaması Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalında yürütüldü.

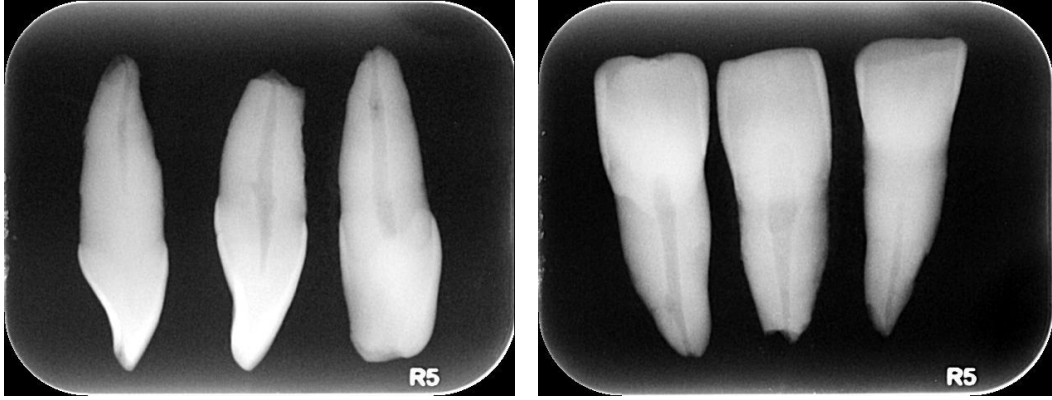
#### 3.1. Örneklem Büyüklüğü Hesaplaması

F (etki büyüklüğü) = 0,38;  $\alpha = 0,05$ ;  $\beta = 0,20$ ;  $(1-\beta) = 0,80$  olarak alındığında çalışmaya toplamda 80 diş dahil edildi ve 4 grup için çalışmanın gücü  $p=0,8027648$  olarak bulundu.

#### 3.2. Dişlerin Seçimi

Çalışmada periodontal sorunlar veya protetik nedenlerle çekilen 80 adet tek kök ve tek kanallı üst çene keser diş kullanıldı. Dişlerden mesiodistal ve bukkolingual doğrultuda periapikal radyografiler alındı (Şekil 3.1). Dişler aşağıda belirlenen kriterlere göre çalışmaya dahil edildi.

1. Dişlerin tek kök ve tek kanallı olması,
2. Diş yüzeyinde kırık, çatlak veya çürük olmaması,
3. Önceden kök kanal tedavisi yapılmamış olması,
4. Pulpa odasında kalsifikasyon, pulpa taşı ve benzer bir anomali olmaması,
5. Dişte iç ve dış rezorbsiyon bulunmaması,
6. İçsel ve dışsal renk değişikliği olmaması,
7. Herhangi bir restorasyon bulunmaması kriterlerine uyuldu. Bu radyografik ve klinik kriterlere uymayan dişler çalışma dışı bırakıldı.



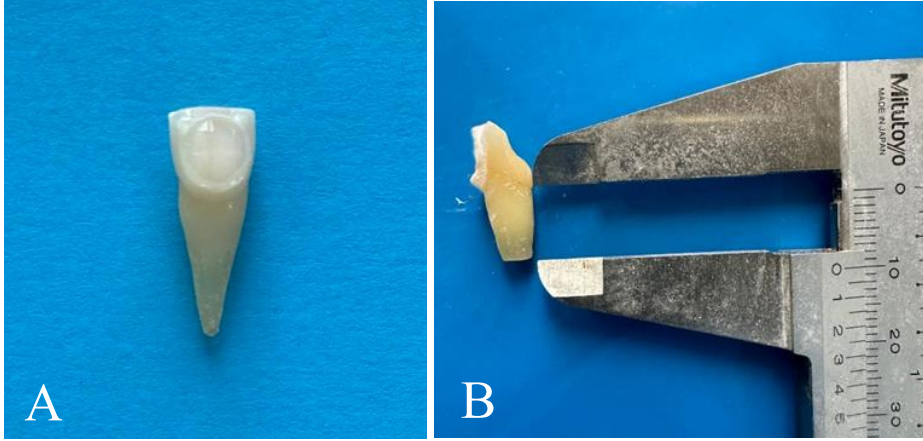
**Şekil 3.1.** Çalışmada kullanılacak dişlerden mesiodistal ve bukkolingual doğrultuda alınan periapikal radyografiler

Dişlerin kök yüzeyinde bulunan yumuşak ve sert doku artıkları periodontal kütretler yardımıyla temizlenerek uzaklaştırıldı. Temizlenen dişler, kullanılacakları zamana kadar %0,9'luk serum fizyolojik solüsyonunda saklandı ve solüsyon her hafta değiştirilip yenilendi.

### 3.3. Dişlerin Preparasyonu

Temizlenen ve dahil edilme kriterlerine uyan 80 adet üst çene keser diş 48 saat boyunca %0,5'lik Kloramin-T çözeltisinde bekletilerek dezenfekte edildi.

Spektrofotometrenin dişe temas edecek baş kısmının ölçüsü silikon esaslı bir ölçü maddesiyle (Zetaplus, Zhermack, Badia Polesine, İtalya) alındı. Elde edilen ölçü içerisine kimyasal sertleşen akrilik rezin doldurularak model elde edildi ve bu model renk ölçümlerinde standardizasyon sağlanması amacıyla diş kronunun bukkal yüzeyinde mine-sement sınırının üzerinde yerleştirilerek etrafına akışkan kompozitten (Filtek Z250, 3M ESPE, Almanya) sabit bir çerçeve hazırlandı (Şekil 3.2-A). Böylece bütün dişlerin kronlarının vestibül yüzeylerinde spektrofotometrenin ucu yerleşecek şekilde kompozit çerçeveler oluşturuldu. Dişlerin işlem öncesi renk ölçümleri yapıldı ( $T_0$ ).



**Şekil 3.2.** Diş kronunun vestibül yüzeyinde hazırlanan kompozit çerçeve (A), immatür dişleri simüle etmek amacıyla hazırlanan diş örneği (B)

Renk ölçümü yapılan dişlerin geleneksel endodontik giriş kavitesi su soğutması altında aeratör ve elmas rond frez kullanılarak hazırlandıktan sonra kanal ağzı tespit edilerek #10 K tipi eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile apikal açıklık kontrol edildi. Daha sonra apikal segment, kök uzunluğunu standardize etmek ve immatür dişleri simüle etmek amacıyla mine-sement sınırından itibaren kök uzunluğu 10 mm olacak şekilde elmas separe yardımıyla düşük hızda ve su soğutması altında uzaklaştırıldı (Şekil 3.2-B) (124).

Apikal segmenti uzaklaştırılan dişlerin kök kanalı One Curve Mini (COLTENE MicroMega, Fransa) 25.04, 35.04 ve 45.04 eğeleri kullanılarak kanal uzunluğunca prepare edildi. Kök kanalına her eğe değişimi sonrası 2 ml distile su ile irrigasyon yapıldı. Dişler standart kanal içi çapa sahip olmaları için sırasıyla #2'den #4'e kadar numaralı Gates Glidden (Proud, Londra, UK) frezler ile prepare edildi (124). Kök ucundaki apikal açıklık 2 ml distile su ile irrigasyonun ardından cam iyonomer siman (VOCO, Cuxhaven, Almanya) ile kapatıldı. Hazırlığı tamamlanan dişlerin kök kanalına AAE'nin (57) rejeneratif endodontik tedavi prosedürlerine uygun olarak 5 dakika boyunca 20 ml %1,5'lik NaOCl (Werax, SDD, İzmir, Türkiye) ve ardından 20 ml %17'lik EDTA (Werax, SDD, İzmir, Türkiye) ile irrigasyon yapıldı.

Paper point (COLTENE MicroMega One RECI, Fransa) ile kurutulmuş kök kanalına kalsiyum hidroksit (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) medikamenti yerleştirilip giriş kavitesi pamuk ve 3-4 mm cam iyonomer siman (Şekil 3.3; VOCO, Cuxhaven, Almanya) ile geçici olarak kapatıldı.



**Şekil 3.3.** Çalışmada kullanılan cam iyonomer siman

İnkübatörde %100 nemli ortamda 37 °C’de 3 haftalık bekleme süresinin ardından 2. seans rejenerasyon prosedürüne uygun olarak her dişin kök kanalının 5 dakika boyunca 20 ml %17’lik EDTA (Werax, SDD, İzmir, Türkiye) ile irrigasyonu yapıldı. Kök kanalı paper point ile kurutulduktan sonra herhangi bir sistemik rahatsızlığı olmayan sağlıklı gönüllüden (C.S.), eğitimli bir kişi tarafından steril K3 EDTA’lı (Ayset, Adana, Türkiye) tüplere kan örnekleri alındı (Şekil 3.4-A). Her dişe mine-sement sınırınının 4 mm altına kadar kan enjekte edildi. Kan pıhtısının oluşması için 15 dakika beklendikten sonra oluşan pıhtının üzerine rezorbe olabilen kollajen matriks (Şekil 3.4-B; PARASORB RESODONT® Forte, Resorba, Almanya) yerleştirildi (60).



**Şekil 3.4.** K3-EDTA’lı tüpe alınan kan örneği (A), kollajen matriks (B)

ProRoot MTA (Şekil 3.5; Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya), üretici firmanın talimatları doğrultusunda hazırlanarak kollajen matris üzerine yerleştirildi. Dişler, MTA üzerine nemli pamuk yerleştirilerek cam iyonomer siman (VOCO, Cuxhaven, Almanya) ile geçici olarak kapatıldı. Örnekler 48 saat boyunca %100 nemli ortamda 37 °C’de inkübatörde bekletildi. 48 saat sonunda cam iyonomer siman ve pamuk uzaklaştırılıp kompozit (Filtek Z250, 3M ESPE, Almanya) ile dişlerin restorasyonu tamamlandı. Rejenerasyon protokolünün uygulandığı dişler, ağız ortamını simüle etmesi amacıyla takip süresi boyunca distile su ile doldurulan numaralandırılmış eppendorf tüpleri içerisinde inkübatörde %100 nemli ortamda, 37 °C’de 6 ay boyunca bekletildi.



Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan koronal bariyer (ProRoot MTA)

#### 3.4. Örneklerin Deney Gruplarına Ayrılması

Hazırlanan dişler 6 ay bekletildikten sonra bir web randomizasyon programı ([www.randomizer.org](http://www.randomizer.org)) kullanılarak rastgele 4 gruba randomize edildi (n = 20). Grupları belirlenen dişlerin beyazlatma prosedürleri öncesi renk ölçümleri yapıldı (T<sub>180</sub>) ve ait olduğu gruplara yönelik deneysel prosedürleri uygulandı.

### **Sodyum Perborat Grubu (SP Grubu)**

2 gr sodyum perborat tozu (Sodium perborate tetrahydrate; Merck, Almanya) ve 1 ml distile su, bir siman spatülü yardımıyla steril siman camı üzerinde karıştırıldı. Hazırlanan sodyum perborat karışımı, restorasyonu uzaklaştırılan dişin pulpa odası boşluğuna yerleştirildi. Uygulama sonrası sodyum perborat karışımının üzeri nemli pamuk pelet ile kapatılarak giriş kavitesi geçici olarak restore edildi (Cavit, 3M ESPE, Almanya).

### **Sodyum Perborat-KTP Lazer Grubu (SP-KTP Grubu)**

Bu gruptaki dişlerin pulpa odasına sodyum perborat karışımı SP grubunda anlatıldığı şekilde yerleştirildi. KTP lazer (Şekil 3.7) 200 µm fiber optik uç ile temassız olarak, 1 Watt (W) gücünde ve devamlı modda 30 sn süreyle pulpa odasına uygulandı. Uygulama sonrası sodyum perborat karışımının üzeri nemli pamuk pelet ile kapatılarak giriş kavitesi geçici olarak restore edildi (Cavit, 3M ESPE, Almanya).

### **Karbamid Peroksit Grubu (KP Grubu)**

Dişin restorasyonu uzaklaştırılarak %16'lık karbamid peroksit jeli (Şekil 3.6; Opalescence PF, Ultradent Products, Inc., South Jordan, ABD) pulpa odasını dolduracak şekilde yerleştirildi. Uygulama sonrası karbamid peroksit jeli üzeri pamuk pelet ile kapatılarak giriş kavitesi geçici olarak restore edildi (Cavit, 3M ESPE, Almanya).

### **Karbamid Peroksit-KTP Lazer Grubu (KP-KTP Grubu)**

Bu grupta karbamid peroksit jeli KP grubunda anlatıldığı şekilde pulpa odası boşluğuna yerleştirildi. KTP lazer 200 µm fiber optik uç ile temassız olarak, 1 W gücünde ve devamlı modda 30 sn süreyle pulpa odasına uygulandı. Uygulama sonrası karbamid peroksit jeli üzeri pamuk pelet ile kapatılarak giriş kavitesi geçici olarak restore edildi (Cavit, 3M ESPE, Almanya).



**Şekil 3.6.** Çalışmada kullanılan karbamid peroksit jeli

Diş beyazlatma prosedürünün birinci seansı uygulanan dişler, ağız ortamını taklit etmesi amacıyla inkübatörde %100 nemli ortamda, 37 °C’de 7 gün boyunca bekletildi. 7. günde renk ölçümleri yapıldıktan sonra ( $T_{b7}$ ) tüm gruplara aynı beyazlatma protokolleri uygulandı. Diş beyazlatma prosedürünün ikinci seansından 7 gün sonra spektrofotometre ile renk ölçümleri yapıldı ( $T_{b14}$ ) ve kaydedildi.



**Şekil 3.7.** Çalışmada kullanılan KTP lazer

### 3.5. Renk Ölçümü

CIE tarafından tanımlanan CIELab\* renk sistemine göre ölçüm yapan spektrofotometre (Şekil 3.8; VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) 4 grubun

renk ölçümünde kullanıldı. Renk ölçümleri, standardizasyonunun sağlanması amacıyla aynı oda ve ışık şartlarında, günün aynı saatlerinde yapıldı.

Vestibül yüzeyde oluşturulan kompozit çerçeve kullanılarak her diş için üç kez ölçüm yapıldı ve her ölçüm arasında kalibrasyon tablası kullanılarak cihaz kalibre edildi. Her üç ölçümde elde edilen L\*, a\*, b\* değerleri kaydedilerek ortalaması alındı. Renk değişimlerinin matematiksel olarak ifade edilmesini sağlayan  $\Delta E$  değeri, takip dönemlerine göre hesaplandı.



**Şekil 3.8.** Renk ölçümlerinde kullanılan spektrofotometre

### 3.6. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde IBM SPSS Statistics 25.0 (Statistical Package for Social Science, IBM SPSS®, Chicago, USA) istatistik paket programı kullanıldı. Çalışmada verilerin normal dağılıma uyup uymadıkları Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri sonucuna göre incelendi. Verilerin normal dağılıma uyduklarına karar verildi. Bu nedenle yapılan analizlerde parametrik testler kullanıldı. Zamanlara göre değerlerin farklılaşıp farklılaşmadığını test etmek amacıyla Tekrarlayan Ölçümler ANOVA testi kullanıldı. Ayrıca gruplar arasındaki farklılığı tespit etmek için tek yönlü ANOVA testi kullanıldı. Farklılıkların hangi iki grup arasında olduğunun belirlenmesinde Bonferroni testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak belirlendi.

#### 4. BULGULAR

Çalışmada rejeneratif endodontik prosedür uygulanan 80 adet üst keser dişin gruplarına uygun olarak beyazlatma prosedürü uygulanmasının ardından T<sub>0</sub>, T<sub>180</sub>, T<sub>b7</sub> ve T<sub>b14</sub> zaman noktalarında Vita Easyshade Advance spektrofotometre ile renk ölçümleri yapıldı. Elde edilen bulgular gruplar arası ve grup içi olarak istatistiksel açıdan yorumlandı.

**T<sub>0</sub>** Başlangıçta herhangi bir işlem yapılmadan önce

**T<sub>180</sub>** Rejeneratif endodontik prosedürlerden 6 ay sonra

**T<sub>b7</sub>** Birinci beyazlatma seansından 7 gün sonra

**T<sub>b14</sub>** İkinci beyazlatma seansından 7 gün sonra

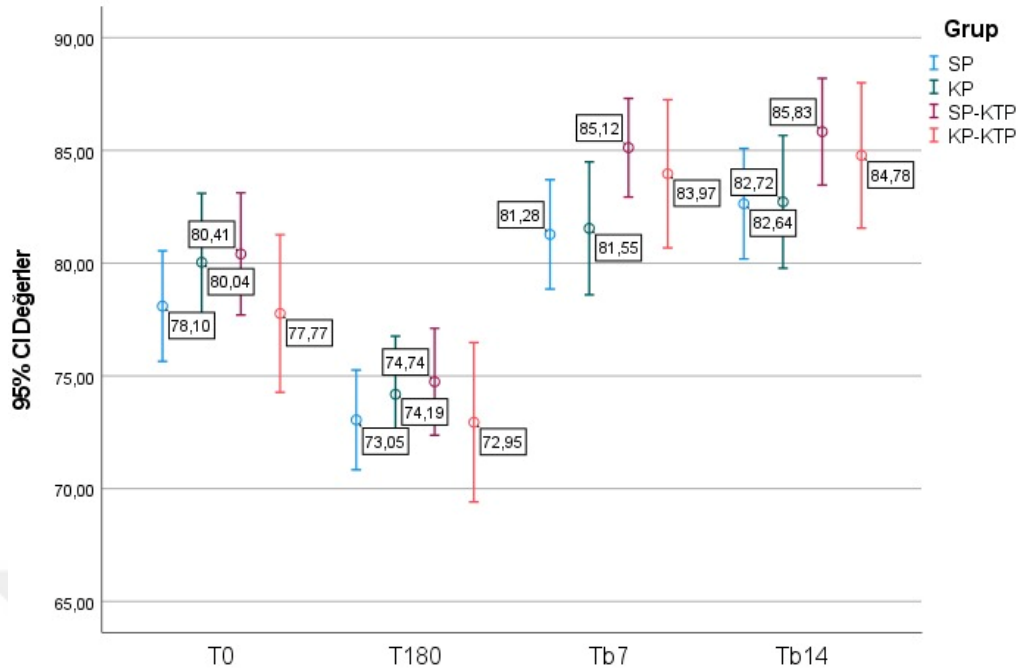
SP, KP, SP-KTP ve KP-KTP gruplarında farklı zaman noktalarında ölçülen ortalama L değerleri ve gruplar arası karşılaştırmalar Tablo 4.1 ve Şekil 4.1'de gösterildi. Tüm gruplarda T<sub>0</sub>, T<sub>180</sub>, T<sub>b7</sub> ve T<sub>b14</sub> zaman noktaları arasında L değeri yönünden istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi ( $p < 0,05$ ). Bu sonuçlara göre en düşük L değerinin T<sub>180</sub> zaman noktasına, en yüksek L değerinin ise T<sub>b14</sub> zaman noktasına ait olduğu görüldü. Zamanlardaki ortalama L değerlerine bakıldığında T<sub>180</sub> zaman noktasında ortalama L değeri düşerken, T<sub>b7</sub> ile T<sub>b14</sub> zaman noktalarında anlamlı bir artış mevcuttur.

Zaman noktalarının hiçbirinde gruplar arasında ortalama L değeri yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmedi ( $p > 0,05$ ).

**Tablo 4.1.** Grupların zaman noktalarına göre ortalama L değerlerinin karşılaştırılması

| Gruplar  | T <sub>0</sub> |       | T <sub>180</sub> |       | T <sub>b7</sub> |       | T <sub>b14</sub> |       | p değeri |
|----------|----------------|-------|------------------|-------|-----------------|-------|------------------|-------|----------|
|          | Ort ± SS       | Med   | Ort ± SS         | Med   | Ort ± SS        | Med   | Ort ± SS         | Med   |          |
| SP       | 78,10±5,24     | 77,95 | 73,05±4,73       | 72,18 | 81,28±5,18      | 80,47 | 82,64±5,24       | 82,38 | 0,000*   |
| KP       | 80,04±6,54     | 80,35 | 74,19±5,51       | 75,07 | 81,55±6,29      | 81,97 | 82,72±6,29       | 83,32 | 0,000*   |
| SP-KTP   | 80,41±5,78     | 78,70 | 74,74±5,06       | 74,15 | 85,12±4,67      | 84,63 | 85,83±5,05       | 85,10 | 0,000*   |
| KP-KTP   | 77,77±7,46     | 79,05 | 72,95±7,55       | 72,85 | 83,97±7,02      | 86,45 | 84,78±6,89       | 87,58 | 0,000*   |
| p değeri | 0,446          |       | 0,714            |       | 0,115           |       | 0,243            |       |          |

Repeated Measures testi (Tekrarlayan Ölçümler ANOVA), \* $p < 0,05$



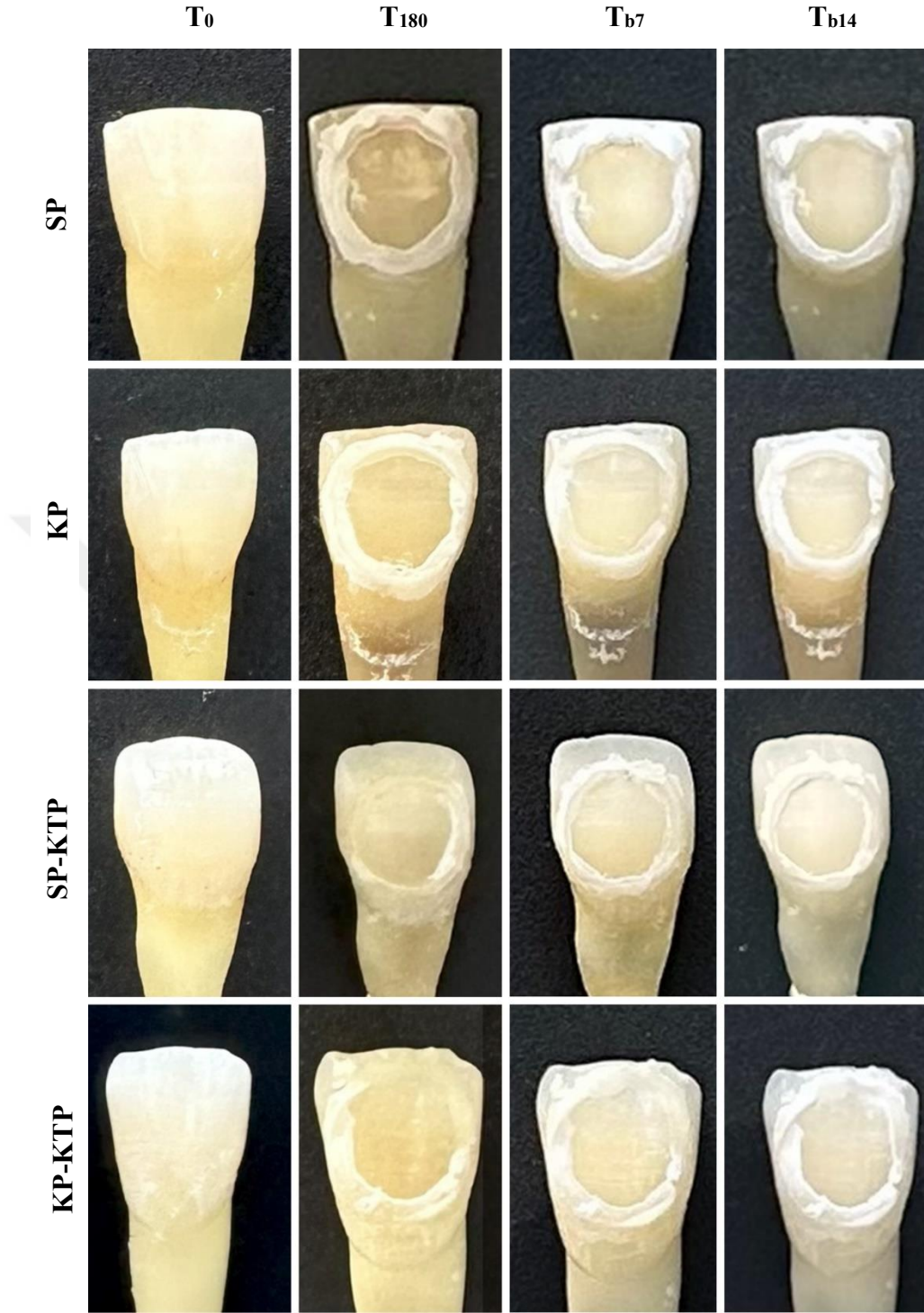
**Şekil 4.1.** Grupların zaman noktalarına göre ortalama L değerleri grafiği

Tüm dişlerde  $T_0$ - $T_{180}$  zaman aralığında klinik olarak algılanabilir renk değişikliği gözlemlendi ( $\Delta E > 3.3$ ) ve tüm dişlerin ortalama  $\Delta E$  değeri 5,88 olarak bulundu. Tüm gruplarda  $T_{180}$ - $T_{b7}$ ,  $T_{180}$ - $T_{b14}$ ,  $T_{b7}$ - $T_{b14}$  ve  $T_0$ - $T_{b7}$  ve  $T_0$ - $T_{b14}$  zaman aralıklarındaki ortalama  $\Delta E$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu (Tablo 4.2;  $p < 0,05$ ). Aynı zamanda  $T_{180}$ - $T_{b7}$ ,  $T_{180}$ - $T_{b14}$  ve  $T_0$ - $T_{b7}$  zaman aralıklarında gruplar arasında anlamlı farklılıklar da tespit edildi (Tablo 4.2;  $p < 0,05$ ).  $T_{180}$ - $T_{b7}$  zaman aralığında SP ve KP gruplarının ortalama  $\Delta E$  değeri SP-KTP ve KP-KTP grubu ortalamasına göre daha düşüktür ( $p < 0,05$ ).  $T_{180}$ - $T_{b14}$  zaman aralığında SP grubunun ortalama  $\Delta E$  değeri, KP-KTP grubu ortalamasından daha düşüktür ( $p < 0,05$ ). KP grubu ortalaması ise hem SP-KTP hem de KP-KTP grupları ortalamasından daha düşüktür ( $p < 0,05$ ).  $T_0$ - $T_{b7}$  zaman aralığında KP grubunun ortalama  $\Delta E$  değeri, SP-KTP grubuna göre daha düşüktür ( $p < 0,05$ ). Tüm gruplar  $T_{180}$ - $T_{b7}$ ,  $T_{180}$ - $T_{b14}$  ve  $T_0$ - $T_{b14}$  zaman aralıklarında klinik olarak algılanabilir renk değişikliği gösterdi (Tablo 4.2;  $\Delta E > 3.3$ ).  $T_0$ - $T_{b7}$  zaman aralığında KP grubu ( $\Delta E < 3.3$ ) dışındaki tüm gruplarda klinik olarak algılanabilir renk farkı görüldü (Tablo 4.2;  $\Delta E > 3.3$ ).  $T_{b7}$ - $T_{b14}$  zaman aralığında ise hiçbir grupta klinik olarak algılanabilir renk değişikliği görülmedi (Tablo 4.2;  $\Delta E < 3.3$ ).

**Tablo 4.2.** Grupların zaman aralıklarına göre ortalama  $\Delta E$  değerlerinin karşılaştırılması

|                           | <b>T<sub>180</sub>-T<sub>b7</sub> Ölçümleri</b> |      | <b>T<sub>180</sub>-T<sub>b14</sub> Ölçümleri</b> |       | <b>T<sub>b7</sub>-T<sub>b14</sub> Ölçümleri</b> |      | <b>T<sub>0</sub>-T<sub>b7</sub> Ölçümleri</b> |      | <b>T<sub>0</sub>-T<sub>b14</sub> Ölçümleri</b> |      | <b>p değeri</b> |
|---------------------------|---|------|--|-------|---|------|---|------|--|------|-----------------|
|                           | Ort ± SS  | Med  | Ort ± SS   | Med   | Ort ± SS  | Med  | Ort ± SS                                      | Med  | Ort ± SS                                       | Med  |                 |
| <b>SP<sup>1</sup></b>     | 7,06±2,03                                       | 6,46 | 8,58±1,65  | 8,50  | 2,39±0,65                                       | 2,41 | 3,69±1,31                                     | 3,92 | 4,74±1,62                                      | 5,06 | 0,000*          |
| <b>KP<sup>2</sup></b>     | 6,35±3,01                                       | 5,28 | 7,92±3,24  | 6,80  | 2,36±0,96                                       | 2,55 | 3,00±1,15                                     | 2,68 | 4,33±1,59                                      | 4,40 | 0,000*          |
| <b>SP-KTP<sup>3</sup></b> | 9,20±2,43                                       | 8,76 | 10,37±2,84                                       | 9,64  | 2,64±1,37                                       | 2,43 | 4,54±2,44                                     | 3,61 | 4,78±1,77                                      | 4,49 | 0,000*          |
| <b>KP-KTP<sup>4</sup></b> | 9,37±2,03                                       | 9,21 | 11,08±2,06                                       | 10,59 | 2,62±0,65                                       | 2,56 | 3,35±1,78                                     | 3,38 | 4,30±1,89                                      | 3,86 | 0,000*          |
| <b>p değeri</b>           | 0,000*  |      | 0,000*   |       | 0,706   |      | 0,043*  |      | 0,723  |      |                 |
| <b>Fark</b>               | 1,2<3,4   |      | 1<4<br>2<3,4                                     |       | -   |      | 2<3   |      | -  |      |                 |

Bonferroni testi, \*p&lt;0,05



Şekil 4.2. Her bir deney grubuna ait dişin çalışma süresince çekilmiş temsili görüntüleri

## 5. TARTIŞMA

Nekrotik immatür daimî dişlere uygulanan rejeneratif endodontik tedavi, kalsiyum hidroksit ve MTA ile apeksifikasyon yöntemlerinin yerine önerilen bir tedavi seçeneğidir (140). Rejeneratif endodontik tedavi, kök kanal boşluğunda kan pıhtısı oluşumuna dayanmaktadır. Bu pıhtı, apikal papilla ve periodontal dokulardan gelen hücrelerin tutunabileceği doğal bir iskele görevi görmektedir (141). Bununla birlikte rejeneratif endodontik tedavi uygulanmış dişlerde koronal renklenme görülmesi tedavinin istenmeyen sonuçları arasında yer almaktadır (5).

Literatürde rejeneratif endodontik tedavi görmüş dişlerin beyazlatılması ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur (142, 143). Ancak tedavi sonrası dişlerde meydana gelen renk değişikliğini gidermek için önerilen bir beyazlatma prosedürü belirtilmemiştir. Bu tez çalışmasında, rejeneratif endodontik tedavi sonucu oluşan renk değişikliğini gidermede sodyum perborat ve karbamid peroksit beyazlatma ajanlarının KTP lazer ile aktivasyonunun etkinliği değerlendirilmiştir.

Literatürde rejeneratif endodontik tedavi ile ilgili in vitro çalışmalarda insan ve sığır dişleri kullanılmıştır (142-144). Çalışmalarda sığır dişi kullanımının avantajları arasında; dişlerde restorasyon veya çürük bulunmaması, yeterli geniş ve düz yüzeyinin bulunması ve bu dişlerin kullanımının herhangi bir etik soruna neden olmaması yer almaktadır. Ancak sığır dentinindeki tübül sayısı, insan dentinine kıyasla daha fazladır (145, 146). Bu durum endodontik materyallerin dentin içine penetrasyonunu etkileyebilmektedir (144). Sığırların beslenmeleri insanlara kıyasla daha basittir ayrıca yapılan çalışmalarda daha genç sığırlar tercih edildiği için kullanılan dişler genellikle daha beyaz ve temiz olmaktadır. Bu faktörlere bağlı olarak insan ve sığır dişlerinin ışığı yansıtma özelliklerinin farklı olacağı düşünülmektedir (147). Bu bilgiler doğrultusunda çalışmada diğer in vitro çalışmalara benzer olarak tek kök, tek kanallı insan üst keser dişleri kullanımı tercih edilmiştir (124, 143, 148). Çalışmada kullanılan dişlerde standardizasyonu sağlamak ve immatür dişleri simüle etmek amacıyla Chen ve ark.nın (124) belirttiği prosedüre uyularak mine-sement sınırından itibaren kök uzunluğu 10 mm olacak şekilde hazırlandıktan sonra kanal açıklığı son olarak Gates Glidden #1-4 numaralı frezlerle genişletilmiştir.

Kök kanal tedavisinde en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonu NaOCl'tir ve konsantrasyonu genellikle %0,5 ile %6 arasında değişmektedir (60). İn vitro veriler, %1, %2,5 ve %5,25 NaOCl konsantrasyonlarının *Enterococcus faecalis* üzerinde benzer etkinlikte olduğunu ve gruplar arasında anlamlı fark olmadığını göstermektedir. Ancak düşük konsantrasyonlu solüsyonların etkinliği hızla azalabileceğinden NaOCl'in antibakteriyel etkinliği bol miktarda irrigasyon solüsyonu kullanımı ve solüsyonun sık sık değiştirilmesiyle artırılabilir (149). Apikal papilladan elde edilen kök hücreler üzerinde yapılan bir çalışmada, %0,5 ile %3'lük NaOCl'in hücre canlılığını %60'a kadar düşürdüğü, %6'lık NaOCl'in ise hücre sayısını %20'nin altına indirdiği gösterilmiştir. Bununla birlikte, NaOCl ardından %17'lik EDTA kullanımının bu toksik etkileri tersine çevirebildiği ve hücre canlılığının tekrar kazanıldığı bildirilmiştir (150). Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda AAE'nin (57) güncel protokolünde belirtilen konsantrasyonlarda NaOCl ve EDTA solüsyonları kullanılarak irrigasyon yapılmıştır.

Rejeneratif endodontik tedavide dezenfeksiyon aşaması, tedavinin seyri ve prognozu açısından kritik bir öneme sahiptir (151). Literatürde rejeneratif endodontik prosedürlerde kanal içi medikament olarak Hoshino ve ark. (152) tarafından tanıtılan üçlü antibiyotik patı veya kalsiyum hidroksit medikamenti kullanımı yaygındır (68, 70, 153). Siprofloksasin, metronidazol ve minosiklin kombinasyonunun, enfekte kök kanalında yaygın olarak bulunan bakterileri etkili bir şekilde elimine ettiği gösterilmiştir (154). Ancak minosiklinin dişte renk değişikliğine neden olması sebebiyle biyolojik başarısına rağmen kullanımının kök kanalıyla sınırlandırılması önerilmiştir (68). AAE (57) kanal içi medikament olarak kalsiyum hidroksit veya düşük konsantrasyonlu (1–5 mg/ml) TAP kullanımını önermektedir. Ancak TAP renklenmeye sebep olduğu için minosiklin içermeyen ikili antibiyotik patı (DAP) kullanımı ya da minosiklin yerine klindamisin, amoksisilin veya sefaklor gibi başka bir antibiyotiğin kullanılması önerilmektedir. TAP/DAP kullanımında sınırlı veri nedeniyle daha yüksek konsantrasyonlarda kullanıma dair resmi bir öneri yapılmamıştır.

Kalsiyum hidroksitin, apikal papilladan elde edilen kök hücrelerin hayatta kalması ve çoğalması açısından destekleyici olduğu gösterilmiştir (155). Báez ve ark. (151) tarafından yapılan çalışmada rejeneratif tedavide kalsiyum hidroksit kullanımı,

TAP'a göre apikal kapanma açısından daha başarılı bulunmuştur. Fagogeni ve ark. (142) tarafından yapılan bir çalışmada kalsiyum hidroksit kullanımının küçük ama fark edilebilir düzeyde ( $\Delta E = 4.27$ ) renk değişikliğine sebep olduğu bildirilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda çalışmada kalsiyum hidroksit kullanımı tercih edilmiştir.

Rejeneratif endodontik tedavide hücrel çoğalma ve farklılaşmayı desteklemek için kan, PRF ve PRP gibi doku iskeleleri tercih edilmektedir (144, 156, 157). PRP ve PRF rejeneratif endodontik tedavide potansiyel olarak ideal bir iskele için gereken çoğu özelliği karşılamaktadır; otojen, büyüme faktörleri açısından zengindir ve büyüme faktörlerini tutmaya yardımcı olan üç boyutlu bir fibrin matriksi oluşturmaktadır (144, 158). PRP, birçok avantajına rağmen genç hastalardan kan alınmasının zorluğu, hazırlamak için özel ekipman ile reaktiflere ihtiyaç duyulması ve tedaviye ek maliyet getirmesi gibi dezavantajlara sahiptir (159).

Bezgin ve ark. (160) tarafından yapılan bir çalışmada kan pıhtısı ve PRP kullanımında tedavi sonuçları açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Yapılan başka bir çalışmada plateletten zengin büyüme faktörü (PRGF) iskelesinin kan pıhtısından üstün olmadığı ayrıca PRGF kullanımının ek maliyet gerektirdiği vurgulanmaktadır (157). Kan pıhtısı; trombosit kaynaklı büyüme faktörü (PDGF), VEGF, TGF ve trombosit kaynaklı epitelyal büyüme faktörü gibi büyüme faktörleri açısından zengin bir kaynaktır. Bu faktörler yeni oluşan doku matriksindeki olgunlaşmamış ve farklılaşmamış mezankimal hücrelerden; fibroblast, odontoblast ve sementoblast gibi hücrelerin farklılaşmasını, büyümesini ve olgunlaşmasını uyarabilmektedir (161). Ayrıca VEGF'nin hem immatür hem de matür daimî dişlerde bulunduğu kanıtlanmıştır (162). Literatürdeki bilgiler göz önüne alındığında çalışmada iskele materyali olarak kan pıhtısı kullanımı tercih edilmiştir.

Rejeneratif endodontik prosedürlerle ilişkili dezavantajlardan biri koronal renklenmedir (68, 70). Günümüzde hem AAE (57) hem de Avrupa Endodonti Derneği (ESE) (163) rejeneratif endodontik tedavi sonrasında diş renginde değişiklik riskine ilişkin görüşlerini belirtmiştir. Kan, tek başına bile hemoglobin ve metabolitleri veya diğer hematin türevlerinin dentinde birikmesi yoluyla renklenmeye sebep olabilmektedir (164). Kalsiyum silikat simanların, eritrositlerle temas halinde sertleşmesi durumunda hem materyal hem de dişte gözle görülür bir renklenme olduğu bildirilmektedir (6). Bu durumu önlemek adına yapılan çalışmalarda kan

örnekleri, mine-sement sınırının 4 mm altında olacak şekilde kök kanal sistemine enjekte edilmektedir (124, 144). Bu çalışmada da pulpa odasının kontaminasyonunu önlemek amacıyla kan örnekleri dental enjektör aracılığıyla doğrudan kanal içine enjekte edilmiştir. Kan pıhtısı oluşması için 15 dakika bekledikten sonra (124) koronal bariyere destek olması amacıyla kan pıhtısı üzerine rezorbe olabilen kollajen matriks yerleştirilmiştir (57).

Günümüzde TAP kullanımının azalmasına ve yerine kalsiyum hidroksit tercih edilmesine rağmen tedavi sonrası servikal renklenme oluşumu hâlâ devam etmektedir. Bu durumun, rejeneratif endodontik prosedürler sırasında koronal bariyer olarak kullanılan kalsiyum silikat simanlardan kaynaklanabileceği öne sürülmektedir. Tedavide en sık kullanılan kalsiyum silikat simanı ProRoot MTA (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, İsviçre) veya MTA türevi materyallerdir (54, 164). Ancak literatürde Biodentin (165, 166) ya da EndoSequence (Brasseler USA, Savannah, ABD) (167) gibi diğer kalsiyum silikat simanların kullanımı da bildirilmiştir. Diş renklenmesi mekanizmasına dair teoriler genellikle kalsiyum silikat simanların içeriğinde bulunan demir, bizmut ya da mangan gibi ağır metal oksitlerin oksidasyonunu içermektedir (168). İlk olarak renklenmenin, gri ProRoot MTA'nın içeriğinde bulunan demir ve mangan tarafından meydana geldiği ileri sürülmüştür (164). Bu durum yapılan tedaviler sonrası dişte gri tonlarında renk değişikliği meydana gelmesine sebep olmuştur (168, 169). Bu istenmeyen renk değişikliği, demir ile mangan içermeyen ve formülasyonu değiştirilmiş beyaz MTA'nın geliştirilmesine neden olmuştur (170). Ancak renk değişikliği gri MTA ile daha fazla olsa da her iki materyal de klinik olarak fark edilebilir kron renklenmesine neden olmuştur (164, 171). Bu bilgiler doğrultusunda çalışmada klinikte yaygın kullanım alanı olan beyaz ProRoot MTA tercih edilmiştir.

Rejeneratif endodontik tedavi sonrası renk değişikliğine dair literatürde artan sayıda çalışma bulunmasına rağmen oluşan renk değişikliğinin giderilmesine yönelik kanıtlar oldukça sınırlıdır (4, 172). Bu durumu azaltmak veya ortadan kaldırmak için kompozit rezin veneer ya da intrakoronal beyazlatma tedavi uygulamaları yapılabilmektedir (173). Diş beyazlatma işleminde özellikle kullanılan malzemenin seçimi, konsantrasyonu ve işlemin nasıl uygulanacağı klinisyenler için zorlayıcı olabilmektedir. Tedavi seçeneğinde ideal olarak basit, uygulanabilir ve minimal

invaziv bir prosedür olan diş beyazlatma tedavisi önerilmektedir (142). Literatürde hidrojen peroksit (174), karbamid peroksit (175) ve sodyum perborat (173) gibi farklı beyazlatma ajanlarının kullanıldığı çalışmalar mevcuttur.

Gökay ve ark. (176) tarafından yapılan bir çalışmada hem hidrojen peroksit hem de karbamid peroksit içeren beyazlatıcı ajanların ekstra radiküler bölgeye nüfuz edebildiği ancak %17 ve %10'luk karbamid peroksit jellerden kaynaklanan peroksit penetrasyonu seviyesinin, hidrojen peroksit ve sodyum perborat karışımına kıyasla anlamlı derecede daha düşük olduğu gösterilmiştir.

Lim ve ark. (177) %35'lik karbamid peroksit ve %35'lik hidrojen peroksit ajanlarını intrakoronal beyazlatmada eşit derecede etkili bulmuş ve her iki ajanı da 7 günlük ilk beyazlatma seansı sonrası sodyum perborata kıyasla anlamlı ölçüde daha etkili bulmuşlardır. İkinci bir 7 günlük beyazlatma uygulamasının ardından gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. %35'lik karbamid peroksit jelinin, sodyum perborat kadar güvenli ve %35'lik hidrojen peroksit kadar etkili olması nedeniyle intrakoronal beyazlatmada tercih edilen bir beyazlatma ajanı olarak kullanılabilceği sonucuna varmışlardır.

Arı ve ark.nın (87) intrakoronal beyazlatmada üç farklı sodyum perborat çeşidini kullandıkları çalışmalarında beyazlatmaya bağlı eksternal servikal kök rezorpsiyonunu önlemek veya en aza indirmek için sodyum perboratın hidrojen peroksit yerine distile su ile hazırlanması önerilmiştir. Attin ve ark. (83) yaptıkları çalışma sonucu, eksternal servikal kök rezorpsiyonu riskini artırabileceğinden walking bleaching tekniğinde %30'luk hidrojen peroksit kullanımını önermemektedir. Literatür verilerine dayanarak mevcut çalışmada %16'luk karbamid peroksit jel ve sodyum perborat beyazlatma ajanları kullanılmıştır.

Beyazlatma tedavilerinde daha etkili sonuçlar elde edebilmek için çeşitli lazer tipleri kullanılabilir (178). Sağlam ve ark. (109) sodyum perborat kullanarak intrakoronal beyazlatma yaptıkları çalışmalarında, lazer uygulamasının beyazlatma etkinliğini artırdığı ve Nd:YAG lazerle yapılan ışınlamanın diyot lazere göre daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Zhang ve ark. (16) tarafından yapılan vital beyazlatma çalışmasında KTP lazer, diyot lazer ve LED olmak üzere üç farklı ışık kaynağı ile başarı sağlandığı ancak 532 nm dalga boyundaki KTP lazerin, LED ve diyot lazere kıyasla anlamlı derecede daha etkili olduğu görülmüştür. Beyazlatma

ajanının aktivasyonu sırasında diyot lazer, intrapulpal sıcaklıkta anlamlı derecede daha fazla artışa neden olmuştur.

Shahabi ve ark.nın (179) aktivasyon sistemi olarak LED, KTP, diyot, Nd:YAG ve CO<sub>2</sub> lazer kullandığı vital beyazlatma çalışmalarında sonuçlar, tüm beyazlatma uygulamalarının sarılık indeksini azaltmada etkili olduğunu göstermiştir. Ancak KTP lazer ile aktive edilen beyazlatma, kontrol grubuna kıyasla %95 güven aralığında diğer tekniklerden anlamlı derecede daha etkili bulunmuştur.

Arce ve ark.nın (180) yaptığı literatür taramasında KTP lazerle yapılan vital diş beyazlatmasının; gerekli güvenlik önlemleri alındığında güvenli ve etkili bir yöntem olduğu, uygun şekilde kullanıldığında diş dokularının sertliğinde, pulpa canlılığında ve çevre dokularda herhangi bir değişikliğe yol açmadığı sonucuna varılmıştır.

Literatürde geçen bilgilere göre beyazlatma aktivasyon yöntemleri içerisinde KTP lazerin başarılı bir yöntem olduğu görülse de mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu vital beyazlatma tedavisi üzerine odaklanmış olup rejeneratif endodontik tedavi sonrası görülen renklenmeleri gidermede KTP lazer kullanımına dair yeterli veri bulunmamaktadır. Bu nedenle mevcut çalışmada, aktivasyon yöntemi olarak üretici firmanın önerileri doğrultusunda (1 W güçte ve sürekli modda 30 saniye) KTP lazer uygulanmıştır.

Diş ve restoratif materyallerin renginin ölçülmesi, klinik uygulamalar ve diş hekimliği araştırmaları gibi birçok önemli alanda kullanılmaktadır. Diş renginin ölçmesi amacıyla renk skalası kullanılarak yapılan görsel karşılaştırmalarla beraber spektrofotometre, kolorimetre, spektroyometre ve dijital görüntü analiz tekniği gibi enstrümantal ölçümler de kullanılmaktadır (113). Görsel yöntem, ticari olarak üretilmiş renk skalaları kullanılarak yapılır ancak bu yöntem; gözlemcinin yorumu, yorgunluk ve aydınlatma koşulları gibi çevresel etkenler nedeniyle birçok değişkenden etkilenmektedir (181). Enstrümantal renk seçimi, nesnel ve ölçülebilir olmasıyla daha hızlı sonuç veren bir yöntemdir ancak sınırlı erişilebilirliği klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmasını engellemektedir (181). Paul ve ark.nın (182) yaptığı bir çalışmada görsel renk seçimi yapılan 30 hastanın 8'inde (%26,6), spektrofotometre ile renk seçimi yapılan 30 hastanın 25'inde (%83,3) değerlerin tutarlı olduğu görülmüştür.

Kolorimetre ile renk ölçümünde diş yüzeyinin her bölgesinin aynı renkte olmaması ve ölçüm yaparken dişe temas eden ucun uygulanma basıncı ve tutulduğu açı ölçüm sonuçlarını etkilemektedir. Ayrıca bu cihazlar düz bir temas yüzeyinde ölçüm yapmak için tasarlanmıştır ancak diş yüzeyinin kavisli olması ölçümün doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini olumsuz etkileyebilmektedir (116). Goldstein ve Schmitt (183) yaptıkları çalışma sonucu cihazın hacimli ve konumlandırılması zor olduğunu belirtmişlerdir. Cihaz sabitlenerek kalibre edilse bile fiberoptik kablo değişikliğine, ortam sıcaklığına ve oda ışığına karşı duyarlı olduğundan güvenilirliğini düşük bulmuşlardır.

Literatürde, spektrometre kullanımı yüksek maliyeti ve ölçüm sırasında aydınlatma koşullarının ayarlanmasının zorluğu sebebiyle diğer enstrümantal yöntemlere göre daha az tercih edilmektedir (113).

Son yıllarda diş rengini belirlemede dijital görüntüleme sistemlerinin kullanımına olan ilgi artmıştır. Bu sistemlerin, temassız ölçüm yapabilmesi ve tüm diş yüzeyinin değerlendirilebilmesi gibi avantajları mevcuttur. Ancak bu yöntemde farklı aydınlatma koşullarında farklı diş renklerinin aynı görünmesine yol açan metamerizm olgusu potansiyel bir sorun teşkil edebilmektedir. Bu nedenle dijital görüntüleme için aydınlatma ve görüntüleme koşulları kritik öneme sahiptir (113).

Spektrofotometrik değerlendirme, renk değişimlerini tespit etmek için güvenilir ve geçerli bir yöntemdir. Cihazdan bağımsızdır ve renk ölçümleri sabit standartlar üzerinden sayısal olarak ifade edildiği için kullanıcı kaynaklı hatalar en aza indirgenmiştir (124). Dozic ve ark.nın (184) enstrümantal yöntemleri karşılaştırdığı bir çalışmada kolorimetre cihazı, spektrofotometre ve dijital kameraya kıyasla daha az güvenilir bulunmuştur. Spektrofotometre aynı çalışmada hem in vivo hem de in vitro koşullarda en güvenilir yöntem olarak belirtilmiştir. Kim-Pusateri ve ark.nın (131) yaptığı bir çalışmada spektrofotometre ve kolorimetreye yapılan tekrarlı ölçümlerde tüm cihazlarda benzer ve güvenilirliği yüksek sonuçlar elde edilmiştir ancak ölçümlerin doğruluğu açısından değerlendirildiğinde spektrofotometrenin kolorimetreye kıyasla anlamlı derecede daha yüksek performans sergilediği görülmüştür. İnsan gözü ve spektrofotometrenin karşılaştırıldığı in vitro bir çalışmada ise spektrofotometre %80 tekrarlanabilirlik gösterirken insan gözünün ortalama %45 oranında tekrarlanabilirlik gösterdiği saptanmıştır (185). Literatür bilgilerine

dayanarak çalışmada Vita Easysshade Advance spektrofotometre kullanılmıştır. Değerlerin doğruluğunu artırmak adına ölçümler günün aynı saatinde ve aynı ortamda yapılmıştır. Her ölçümden önce cihazın kalibrasyonu yapılmış, ardından her ölçüm üç kez tekrarlanarak elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır.

CIELab\* renk sistemi; ışık, görme ve renk değerlendirmelerinde kullanılan ve uluslararası standardizasyon kuruluşlarının standardı olarak kabul edilen bir renk uzayı modelidir. Renk değişiminin toplam büyüklüğünü sayısal olarak ifade eden Öklid mesafesi ( $\Delta E$ ), iki nesne arasındaki ya da farklı zaman dilimlerindeki renk farkını temsil eder (124). CIELab\* sisteminde her bir renk  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  koordinatları üzerinden tanımlanır.  $L^*$  (açıklık) değeri, siyah (0) ile beyaz (100) arasında değişen parlaklık düzeyini temsil eder.  $a^*$  değeri; negatif değerlerde yeşilliği, pozitif değerlerde ise kırmızılığı ifade ederken  $b^*$  değeri; negatif değerlerde maviliği, pozitif değerlerde ise sarılığı yansıtır (175). Kontrollü koşullar altında iki nesne yan yana yerleştirildiğinde insan gözüyle algılanabilen en küçük renk farkı yaklaşık 1  $\Delta E$  birimidir. Ancak klinik ortamlarda, insan gözünün bir renk farkını algılayabilmesi için farkın en az 3,3  $\Delta E$  birimi olması gerekmektedir. Karmaşık ağız içi ortamda ise 3,7  $\Delta E$  birimini aşan renk farkları genellikle çıplak gözle kolaylıkla fark edilmektedir (119). Yapay dişlerin doğal dişlerle renk uyumunun değerlendirildiği bir çalışmada; 1,9  $\Delta E^*$  birimi algılanabilirlik eşiği, 4,2  $\Delta E^*$  birimi ise kabul edilebilirlik eşiği olarak belirlenmiştir (186). Birçok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da  $\Delta E$  değerinin 3,3'ün üzerinde olması klinik olarak algılanabilir renk değişiminin göstergesi olarak kabul edilmiştir (13, 124, 175).

İn vitro saklama koşullarının diş rengini etkileyebileceği, özellikle kuru ortamda bekletilen dişlerin parlaklıklarında dehidratasyon sonucu artış görüldüğü bildirilmiştir (187). Bu nedenle örnekler çalışma boyunca %100 nemli ortamda bekletilmiştir.

Çalışmada, rejeneratif endodontik tedavi sonrası gözlenen koronal renklenmelerde sodyum perborat, karbamid peroksit ve bu ajanların KTP lazer ile aktivasyonunun beyazlatma etkinlikleri arasında anlamlı fark bulunduğu için çalışmanın sıfır hipotezi reddedilmiştir.

Khedmat ve ark. (175) yaptıkları çalışmada rejeneratif endodontik prosedür uyguladıkları dişlere %37'lik karbamid peroksit jel ile intrakoronal beyazlatma uygulamışlardır.  $\Delta L$  değerleri incelendiğinde dört beyazlatma seansı boyunca dişlerin parlaklığında artış görülürken beşinci seansta azalma görülmüştür. Bu durumun beyazlatma işlemi sırasında karbamid peroksitin dentin üzerindeki morfolojik etkileriyle açıklanabileceği ileri sürülmüştür. Karbamid peroksit; dentinde asit pürüzlendirmesine benzer bir görünüm oluşturur, dentin tübüllerinin çapını artırır, dentin demineralizasyonuna ve dentinin inorganik bileşiminde belirgin değişikliklere neden olmaktadır. Özkoçak ve ark.nın (188) çeşitli beyazlatma ajanları kullanarak yaptıkları intrakoronal beyazlatma çalışmalarında tüm ajanlarda  $\Delta L$  değerleri zamanla artmış ve ölçüm günleri (3. ve 7. gün) arasındaki fark tüm beyazlatma gruplarında anlamlı bulunmuştur. Sodyum perborat ile karbamid peroksit grupları arasında ve bu grupların kontrol grubu ile kıyaslamalarında 3. günde anlamlı fark bulunmamış, ancak 7. günde kontrol grubuna kıyasla anlamlı fark bulunmuştur. Bu durumun sodyum perborat ve karbamid peroksitin beyazlatıcı etki gösterebilmesi için önce hidrojen peroksit ardından da reaktif oksitleyici ürünlere ayrışmalarının zaman alması sebebiyle olduğu düşünülmektedir. Valera ve ark.nın (95) yaptıkları intrakoronal beyazlatma çalışmasında %16'lık karbamid peroksit jel ve sodyum perborat ajanlarının 7, 14 ve 21 günlük uygulamaları karşılaştırılmıştır. Deney grupları 7, 14 ve 21 günün sonunda istatistiksel olarak benzer beyazlatma sonuçları sergilemiştir. Ancak kontrol grubu ile karşılaştırıldığında her iki beyazlatma ajanı da anlamlı derecede daha yüksek beyazlatma etkisi göstermiştir. Mevcut çalışmada ortalama  $L^*$  değerleri göz önüne alındığında her grupta, ortalama  $L^*$  değeri rejeneratif endodontik prosedürler sonrası düşüş göstermiş, birinci ve ikinci beyazlatma seansından 7 gün sonra ise rejeneratif endodontik prosedürler sonrası  $L^*$  değerlerine kıyasla önemli ölçüde artmış ve başlangıç değerlerinin üzerine çıkmıştır. Spektrofotometrik bulgulara göre, daha yüksek  $L^*$  değerleri ile daha düşük  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri daha olumlu beyazlatma sonuçlarıyla ilişkilidir. Başka bir deyişle CIE Lab\* sisteminde parlaklıkta artış veya kırmızılık ya da sarılıkta azalma, beyazlama anlamına gelir (143). Yapılan çalışmada, tüm gruplarda beyazlatma prosedürünün sonunda başlangıç  $L^*$  değerlerinden daha yüksek  $L^*$  değeri elde edilmiştir. Shokouhinejad ve ark. (143) intrakoronal lazer uygulamaları yaptıkları çalışmalarında beyazlatma seansları

arasında mevcut çalışmaya benzer sonuçlar elde etmişlerdir ve beyazlatma prosedürleri sonunda ortalama  $L^*$  değerlerinin başlangıç  $L^*$  değerlerini yakaladığını ifade etmişlerdir.

Palma ve ark. (189) rejeneratif endodontik tedavide kullanılan kalsiyum silikat bazlı simanların 6 aylık renk stabilitelelerini değerlendirdikleri çalışmalarında akrilik dişleri; MTA/kan, MTA/serum fizyolojik, Biodentine/kan ve Biodentin/serum fizyolojik uygulamaları yaptıkları dört gruba ayırmışlardır. Altı ay sonunda, tüm gruplarda algılanabilir düzeyde renk değişimi ( $\Delta E > 3.3$ ) tespit edilmiş ve bu değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Fagogeni ve ark. (142) tarafından yapılan bir çalışmada sığır dişlerinde farklı materyaller kullanarak rejeneratif endodontik prosedürler uygulanmıştır. İskele (kan/PRF) ve koronal bariyerin uygulanmasından dört hafta sonra yapılan ölçümlerde kanal içi medikament uygulaması yapılmamış PRF-MTA Repair HP grubu dışında tüm gruplarda algılanabilir düzeyde renk değişimi ( $\Delta E > 3.3$ ) tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada da benzer şekilde çalışmaya dahil edilen tüm dişlerde  $T_0$ - $T_{180}$  zaman aralığında klinik olarak algılanabilir renk değişikliği gözlenmiştir ( $\Delta E > 3.3$ ) ve tüm dişlerin ortalama  $\Delta E$  değeri 5,88 olarak bulunmuştur.

KTP lazerin beyazlatmadaki etkinliği, beyazlatma jelindeki renkli ajanlarla ve diş üzerindeki lekelerle olan etkileşimine dayanmaktadır. KTP lazer, su ve hidroksiapatit tarafından zayıf şekilde emilirken hemoglobin ve melanin tarafından seçici olarak emilmektedir. Ancak kromoforun ışık emilim tepe noktası, KTP lazerin dalga boyuyla tam olarak örtüşmezse lazerin kullanımından elde edilen fayda azalabilmektedir. KTP lazer, beyazlatma jelinde fotokimyasal bir reaksiyon başlatarak daha fazla serbest radikal oluşumunu da teşvik etmektedir (15). Sağlam ve ark. (109) çalışmalarında Nd:YAG lazer uygulamasının, sodyum perborat kullanarak yapılan intrakoronal beyazlatmanın etkinliğini artırdığı ve Nd:YAG lazerin diyet lazere göre daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Papadopoulos ve ark. (108) Er,Cr:YSGG lazer uyguladıkları intrakoronal beyazlatma çalışmalarında ilk beyazlatma seansı sonrası geleneksel yöntemlere kıyasla anlamlı fark bulmuşken ikinci seans sonrasında gruplar arası anlamlı bir fark bulmamışlardır. Mevcut çalışmada da ortalama  $\Delta E$  değeri yönünden birinci beyazlatma seansı sonrası KTP lazer uygulanan grupların değerleri uygulanmayanlardan daha yüksek bulunmuştur. İkinci beyazlatma seansı sonrası ise

SP grubunun etkinliği sadece KP-KTP grubundan daha düşük bulunmuş istatistiksel olarak SP-KTP grubu ile anlamlı fark bulunmamıştır. KP grubu değerleri ise her iki lazer uygulama grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Tüm gruplarda birinci ve ikinci beyazlatma seansından 7 gün sonra ( $T_{180}-T_{b7}$  ve  $T_{180}-T_{b14}$ ) elde edilen ortalama  $\Delta E$  değerleri 3,3'ten büyük olup klinik olarak gözle görülebilir renk değişimi elde edilmiştir. Mevcut çalışmaya benzer şekilde Sağlam ve ark.nın (109) yaptıkları çalışmada sodyum perborat beyazlatma ajanının Nd:YAG ve diyot lazerle uygulamaları karşılaştırılmış ve tüm gruplarda 12 gün sonunda klinik olarak algılanabilir renk değişikliği meydana geldiği görülmüştür.

Lim ve ark. (177) yaptıkları intrakoronel beyazlatma çalışmasında 7 günlük beyazlatma seansı sonrası %35'lik karbamid peroksiti sodyum perborata kıyasla daha etkili bulmuşlardır. İkinci 7 günlük seansta ise karbamid peroksit ve sodyum perborat arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Mevcut çalışmada ise birinci ve ikinci beyazlatma seansları sonrası sodyum perborat ve karbamid peroksit grupları arasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür. Bu durumun yapılan tez çalışmasında daha düşük konsantrasyonda (%16) karbamid peroksit kullanımına bağlı olduğu dşnlmektedir.

Valera ve ark.nın (95) intrakoronel beyazlatmada %16'lık karbamid peroksit ve sodyum perborat ajanlarını karşılaştırdığı çalışmalarında 14. günde sodyum perborat grubunda dişlerin %93,3'nde, karbamid peroksit grubunda ise %60'ında orijinal renge dönüş sağlanmışken 21. günde sodyum perborat grubu değerleri aynı kalırken karbamid peroksit grubunda dişlerin %80'inde orijinal renge dönüş sağlanmıştır. Ancak gruplar arası istatistiksel fark bulunmamıştır. Mevcut çalışmada ise ilk beyazlatma seansı sonrası KP grubundaki dişlerin klinik olarak orijinal rengini yakaladığı görülürken diğer gruplardaki dişlerin ise orijinal renge göre algılanabilir olarak daha fazla beyazladığı görülmüştür ( $\Delta E > 3,3$ ;  $T_0-T_{b7}$ ) ve KP grubu ile SP-KTP grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Tüm gruplarda dişlerin orijinal rengine göre iki seanslık beyazlatma prosedürü sonrası klinik olarak algılanabilir renk farkı ( $\Delta E > 3,3$ ;  $T_0-T_{b14}$ ) meydana gelmiş ve dişler orijinal renklerine göre daha fazla beyazlamıştır.

Yapılan tez çalışmasında rejeneratif endodontik prosedürler sonrası oluşan renklenmeyi gidermek için uygulanan birinci ve ikinci beyazlatma seansları sonrasında elde edilen  $\Delta E$  değerleri arasında tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlı

fark görülürken iki seans arasındaki ( $T_{b7}-T_{b14}$ ) beyazlama miktarı klinik olarak algılanabilir eşğin altındadır ( $\Delta E < 3,3$ ). Khedmat ve ark. (175) %37'lik karbamid peroksitle yaptıkları intrakoronal beyazlatma çalışmasında mevcut tez çalışmasına benzer olarak beyazlatma seansları sonrası elde edilen ortalama  $\Delta E$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulmuşlardır.

Her ne kadar standartlaştırılmış koşullar sağlanmış olsa da in vitro çalışma modeli, klinik durumu tam anlamıyla yansıtmakta belirli kısıtlılıklara sahiptir. Klinik uygulamalarda restorasyon sınırlarında sızıntı olduğunda endodontik materyalin tükürük bileşenleri ve bakterilerle etkileşime girmesi söz konusu olabilir. Bu durum, in vivo ortamda farklı renklenme mekanizmalarına yol açabilir. İnsan dişlerinin kendi içindeki doğal renk farklılıkları çalışmada sınırlamalara neden olabilir. Ayrıca çekilmiş dişlerde kalan olası pulpa artıkları, in vitro bir araştırmanın sonuçlarını etkileyebilecek metodolojik bir faktör olarak belirtilmiştir (124).

Rejeneratif endodontik tedavi sonrası oluşan renklenmeleri gidermek için uygulanan yöntemlerde başarı sağlanmış olsa da uzun dönemdeki başarısı belirsizdir. Bu nedenle, daha uzun süreli takipleri içeren daha fazla sayıda randomize kontrollü klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Rejeneratif endodontik tedavi sonucu oluşan renk değişikliğini gidermede sodyum perborat ve karbamid peroksit beyazlatma ajanlarının KTP lazer ile aktivasyonunun etkinliğini spektrofotometrik analizle değerlendiren tez çalışmasından elde edilen bulgular ışığında;

1. Dişlerin parlaklığı ( $L^*$ ) rejeneratif prosedürler sonrası azalmış, tüm yöntemlerle birinci ve ikinci beyazlatma seansları sonrası anlamlı olarak artmıştır.
2. Çalışmada uygulanan tüm beyazlatma yöntemlerinde iki seansta elde edilen beyazlama miktarı tek seansta elde edilen beyazlama miktarından anlamlı olarak daha fazladır ancak iki seans arasındaki renk değişikliği miktarı klinik olarak algılanabilir eşik altındadır.
3. Dişlerin orijinal rengi göz önüne alındığında, tüm yöntemlerle birinci beyazlatma seansı sonrasında yeterli beyazlama sağlanmıştır.
4. Tüm yöntemlerde iki beyazlatma seansı sonrasında dişlerin orijinal renginden daha fazla beyazladığı görülmüştür.
5. Her iki beyazlatma ajanının KTP lazer ile aktivasyonu, tek seansta ajanların aktivasyonsuz uygulanmasına göre daha etkili beyazlama sağlamıştır.
6. İki seans beyazlatma prosedürü sonunda, sodyum perboratın KTP lazer ile aktivasyonu tek başına uygulanmasına göre üstünlük sağlamamıştır.
7. Karbamid peroksit beyazlatma ajanının KTP lazer ile aktivasyonu, her iki beyazlatma seansı sonrasında da tek başına uygulanmasına göre daha etkili beyazlama sağlamıştır.
8. Karbamid peroksit ve sodyum perborat beyazlatma ajanlarının tek başına uygulandığı veya KTP lazerle aktive edildiği yöntemler arasında beyazlatma etkinliği açısından fark bulunmamıştır.
9. Çalışmada kullanılan tüm beyazlatma yöntemleriyle dişlerin orijinal rengi göz önüne alındığında etkili beyazlama sağlanmıştır. Beyazlatma ajanlarının KTP lazer ile aktivasyonu tek seansta beyazlama sağlamak amacıyla tercih edilebilir. Her iki beyazlatma seansı sonrasında da dişlerin orijinal rengine göre daha parlak ve daha beyaz dişler elde edildiğinden beyazlatma ajanı pulpa odasında 7 günden daha kısa süre bekletilebilir.

**KAYNAKLAR**

1. Diogenes A, Henry MA, Teixeira FB, Hargreaves KM. An update on clinical regenerative endodontics. *Endodontic Topics*, 28(1):2-23, 2013.
2. Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM. Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *Journal of Endodontics*, 33(4):377-390, 2007.
3. Hameed MH, Gul M, Ghafoor R, Badar SB. Management of immature necrotic permanent teeth with regenerative endodontic procedures-a review of literature. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 69(10):1514-1520, 2019.
4. Fagogeni I, Metlerska J, Lipski M, Falgowski T, Maciej G, Nowicka A. Materials used in regenerative endodontic procedures and their impact on tooth discoloration. *Journal of Oral Science*, 61(3):379-385, 2019.
5. Shokouhinejad N, Khoshkhounejad M, Alikhasi M, Bagheri P, Camilleri J. Prevention of coronal discoloration induced by regenerative endodontic treatment in an ex vivo model. *Clinical Oral Investigations*, 22:1725-1731, 2018.
6. Felman D ve Parashos P. Coronal tooth discoloration and white mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*, 39(4):484-487, 2013.
7. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Pirmoazen S, Shamshiri AR, Dummer PM. Evaluation and comparison of occurrence of tooth discoloration after the application of various calcium silicate-based cements: an ex vivo study. *Journal of Endodontics*, 42(1):140-144, 2016.
8. Watts A ve Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *British Dental Journal*, 190(6), 2001.
9. Bersezio C, Martin J, Peña F, Rubio M, Estay J, Vernal R ve ark. Effectiveness and impact of the walking bleach technique on esthetic self-perception and psychosocial factors: a randomized double-blind clinical trial. *Operative Dentistry*, 42(6):596-605, 2017.
10. Serin Kalay T. Effects of intracoronal bleaching agents on the surface properties of mineral trioxide aggregate. *Odontology*, 107:465-472, 2019.

11. Carrasco LD, Pécora JD, Fröner IC. In vitro assessment of dentinal permeability after the use of ultrasonic-activated irrigants in the pulp chamber before internal dental bleaching. *Dental Traumatology*, 20(3):164-168, 2004.
12. Mohammadi N, Kimyai S, Navimipour EJ, Soleimanzadeh R, Bonab SS. Effect of acid etching and laser treatment of dentin surface on intracoronal bleaching efficacy. *Photomedicine and Laser Surgery*, 28(S2):S-51-S-55, 2010.
13. Gao Y, Zhao Z, Li L, Zhang K, Liu Q. In vitro evaluation of the effectiveness of bleaching agents activated by KTP and Nd: YAG laser. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 31:101900, 2020.
14. Fornaini C, Lagori G, Merigo E, Meleti M, Manfredi M, Guidotti R ve ark. Analysis of shade, temperature and hydrogen peroxide concentration during dental bleaching: in vitro study with the KTP and diode lasers. *Lasers in Medical Science*, 28:1-6, 2013.
15. Nguyen C, Augros C, Rocca J, Lagori G, Fornaini C. KTP and Er: YAG laser dental bleaching comparison: a spectrophotometric, thermal and morphologic analysis. *Lasers in Medical Science*, 30:2157-2164, 2015.
16. Zhang C, Wang X, Kinoshita JI, Zhao B, Toko T, Kimura Y ve ark. Effects of KTP laser irradiation, diode laser, and LED on tooth bleaching: a comparative study. *Photomedicine and Laser Surgery*, 25(2):91-95, 2007.
17. Gopikrishna V. *Grossman's Endodontic Practice*. 14<sup>th</sup> ed. Wolters Kluwer Health, Chennai, India, 2021.
18. Östby BN. The role of the blood clot in endodontic therapy an experimental histologic study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 19(3-4):323-353, 1961.
19. Nygaard-Ostby B ve Hjortdal O. Tissue formation in the root canal following pulp removal. *European Journal of Oral Sciences*, 79(3):333-349, 1971.
20. Iwaya Si, Ikawa M, Kubota M. Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. *Dental Traumatology*, 17(4):185-187, 2001.
21. Banchs F ve Trope M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *Journal of Endodontics*, 30(4):196-200, 2004.

22. Lenzi R ve Trope M. Revitalization procedures in two traumatized incisors with different biological outcomes. *Journal of Endodontics*, 38(3):411-414, 2012.
23. Chen X, Bao ZF, Liu Y, Liu M, Jin XQ, Xu XB. Regenerative endodontic treatment of an immature permanent tooth at an early stage of root development: a case report. *Journal of Endodontics*, 39(5):719-722, 2013.
24. Mohammadi Z. Strategies to manage permanent non-vital teeth with open apices: a clinical update. *International Dental Journal*, 61(1):25-30, 2011.
25. Flanagan TA. What can cause the pulps of immature, permanent teeth with open apices to become necrotic and what treatment options are available for these teeth. *Australian Endodontic Journal*, 40(3):95-100, 2014.
26. Hannahan JP ve Eleazer PD. Comparison of success of implants versus endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*, 34(11):1302-1305, 2008.
27. Vozza I, Barone A, Quaranta M, De Paolis G, Covani U, Quaranta A. A comparison between endodontics and implantology: an 8-year retrospective study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 15(1):29-36, 2013.
28. Murray PE. Platelet-rich plasma and platelet-rich fibrin can induce apical closure more frequently than blood-clot revascularization for the regeneration of immature permanent teeth: a meta-analysis of clinical efficacy. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 6:139, 2018.
29. Rafter M. Apexification: a review. *Dental Traumatology*, 21(1):1-8, 2005.
30. Garcia Godoy F ve Murray PE. Recommendations for using regenerative endodontic procedures in permanent immature traumatized teeth. *Dental Traumatology*, 28(1):33-41, 2012.
31. Pulp Therapy for Primary and Immature Permanent Teeth. [cited 13.01.2025]; Available from: [https://www.aapd.org/media/Policies\\_Guidelines/BP\\_PulpTherapy.pdf](https://www.aapd.org/media/Policies_Guidelines/BP_PulpTherapy.pdf)
32. Frank AL. Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *The Journal of the American Dental Association*, 72(1):87-93, 1966.
33. Citrome GP, Kaminski EJ, Heuer MA. A comparative study of tooth apexification in the dog. *Journal of Endodontics*, 5(10):290-297, 1979.

34. Binnie WH ve Rowe A. A histological study of the periapical tissues of incompletely formed pulpless teeth filled with calcium hydroxide. *Journal of Dental Research*, 52(5):1110-1116, 1973.
35. Javelet J, Torabinejad M, Bakland LK. Comparison of two pH levels for the induction of apical barriers in immature teeth of monkeys. *Journal of Endodontics*, 11(9):375-378, 1985.
36. Pisanti S ve Sciaky I. Origin of calcium in the repair wall after pulp exposure in the dog. *Journal of Dental Research*, 43(5):641-644, 1964.
37. Holland R, de Mello W, Nery MJ, Bernabe PF, de Souza V. Reaction of human periapical tissue to pulp extirpation and immediate root canal filling with calcium hydroxide. *Journal of Endodontics*, 3(2):63-67, 1977.
38. Heithersay GS. Stimulation of root formation in incompletely developed pulpless teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 29(4):620-630, 1970.
39. Heithersay GS. Calcium hydroxide in the treatment of pulpless teeth with associated pathology. *International Endodontic Journal*, 8(2):74-93, 1975.
40. Kleier DJ ve Barr ES. A study of endodontically apexified teeth. *Dental Traumatology*, 7(3):112-117, 1991.
41. Shin S, Albert J, Mortman R. One step pulp revascularization treatment of an immature permanent tooth with chronic apical abscess: a case report. *International Endodontic Journal*, 42(12):1118-1126, 2009.
42. McTigue DJ, Subramanian K, Kumar A. Case series: management of immature permanent teeth with pulpal necrosis: a case series. *Pediatric Dentistry*, 35(1):55-60, 2013.
43. Torabinejad M, Hong C, Ford TP, Kettering J. Antibacterial effects of some root end filling materials. *Journal of Endodontics*, 21(8):403-406, 1995.
44. Shabahang S, Torabinejad M, Boyne PP, Abedi H, McMillan P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *Journal of Endodontics*, 25(1):1-5, 1999.
45. Holden DT, Schwartz SA, Kirkpatrick TC, Schindler WG. Clinical outcomes of artificial root-end barriers with mineral trioxide aggregate in teeth with immature apices. *Journal of Endodontics*, 34(7):812-817, 2008.

46. Moore A, Howley MF, O'Connell AC. Treatment of open apex teeth using two types of white mineral trioxide aggregate after initial dressing with calcium hydroxide in children. *Dental Traumatology*, 27(3):166-173, 2011.
47. Shabahang S. Treatment options: apexogenesis and apexification. *Pediatric Dentistry*, 35(2):125-128, 2013.
48. Torabinejad M, Watson T, Ford TP. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *Journal of Endodontics*, 19(12):591-595, 1993.
49. Ford TRP, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *The Journal of the American Dental Association*, 127(10):1491-1494, 1996.
50. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *Journal of Endodontics*, 19(11):541-544, 1993.
51. Arens DE ve Torabinejad M. Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate: two case reports. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 82(1):84-88, 1996.
52. Kim S, Malek M, Sigurdsson A, Lin L, Kahler B. Regenerative endodontics: a comprehensive review. *International Endodontic Journal*, 51(12):1367-1388, 2018.
53. Bose R, Nummikoski P, Hargreaves K. A retrospective evaluation of radiographic outcomes in immature teeth with necrotic root canal systems treated with regenerative endodontic procedures. *Journal of Endodontics*, 35(10):1343-1349, 2009.
54. Kontakiotis EG, Filippatos CG, Tzanetakis GN, Agrafioti A. Regenerative endodontic therapy: a data analysis of clinical protocols. *Journal of Endodontics*, 41(2):146-154, 2015.
55. Law AS. Considerations for regeneration procedures. *Pediatric Dentistry*, 35(2):141-152, 2013.
56. Dos Reis Prado AH, Abreu LG, Fagundes RR, Oliveira SdC, Bottino MC, Ribeiro Sobrinho AP ve ark. Influence of ethylenediaminetetraacetic acid on

- regenerative endodontics: a systematic review. *International Endodontic Journal*, 55(6):579-612, 2022.
57. AAE Clinical Considerations for a Regenerative Procedure Revised [cited 06.01.2025]; Available from: <https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2021/08/ClinicalConsiderationsApprovedByREC062921.pdf>
  58. Tong HJ, Rajan S, Bhujel N, Kang J, Duggal M, Nazzal H. Regenerative endodontic therapy in the management of nonvital immature permanent teeth: A systematic review—outcome evaluation and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 43(9):1453-1464, 2017.
  59. Torabinejad M, Nosrat A, Verma P, Udochukwu O. Regenerative endodontic treatment or mineral trioxide aggregate apical plug in teeth with necrotic pulps and open apices: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 43(11):1806-1820, 2017.
  60. Galler K. Clinical procedures for revitalization: current knowledge and considerations. *International Endodontic Journal*, 49(10):926-936, 2016.
  61. Friedman S ve Mor C. The success of endodontic therapy—healing and functionality. *Journal of the California Dental Association*, 32(6):493-503, 2004.
  62. Soares PV, Santos-Filho PCF, Queiroz EC, Araújo TC, Campos RE, Araújo CA ve ark. Fracture resistance and stress distribution in endodontically treated maxillary premolars restored with composite resin. *Journal of Prosthodontics*, 17(2):114-119, 2008.
  63. Heyeraas K ve Berggreen E. Interstitial fluid pressure in normal and inflamed pulp. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 10(3):328-336, 1999.
  64. Magloire H, Christophe Maurin J, Lise Couble M, Shibukawa Y, Tsumura M, Thivichon-Prince B ve ark. Topical review. Dental pain and odontoblasts: facts and hypotheses. *Journal of Orofacial Pain*, 24(4):335, 2010.
  65. Nosrat A, Homayounfar N, Oloomi K. Drawbacks and unfavorable outcomes of regenerative endodontic treatments of necrotic immature teeth: a literature review and report of a case. *Journal of Endodontics*, 38(10):1428-1434, 2012.

66. Chen MH, Chen KL, Chen CA, Tayebaty F, Rosenberg P, Lin L. Responses of immature permanent teeth with infected necrotic pulp tissue and apical periodontitis/abscess to revascularization procedures. *International Endodontic Journal*, 45(3):294-305, 2012.
67. Chueh LH, Ho YC, Kuo TC, Lai WH, Chen YHM, Chiang CP. Regenerative endodontic treatment for necrotic immature permanent teeth. *Journal of Endodontics*, 35(2):160-164, 2009.
68. Kim JH, Kim Y, Shin SJ, Park JW, Jung IY. Tooth discoloration of immature permanent incisor associated with triple antibiotic therapy: a case report. *Journal of Endodontics*, 36(6):1086-1091, 2010.
69. Reynolds K, Johnson J, Cohenca N. Pulp revascularization of necrotic bilateral bicuspid using a modified novel technique to eliminate potential coronal discoloration: a case report. *International Endodontic Journal*, 42(1):84-92, 2009.
70. Petrino JA, Boda KK, Shambarger S, Bowles WR, McClanahan SB. Challenges in regenerative endodontics: a case series. *Journal of Endodontics*, 36(3):536-541, 2010.
71. Berman L ve Hargreaves K. *Cohen's Pathways of the Pulp*. 12<sup>th</sup> ed. Elsevier, St. Louis, Missouri, 2021.
72. Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *The Journal of the American Dental Association*, 128:6S-10S, 1997.
73. Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Somma F. Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *Journal of Endodontics*, 34(4):394-407, 2008.
74. Sulieman M. An overview of tooth discoloration: extrinsic, intrinsic and internalized stains. *Dental Update*, 32(8):463-471, 2005.
75. Andreasen FM. Transient apical breakdown and its relation to color and sensibility changes after luxation injuries to teeth. *Dental Traumatology*, 2(1):9-19, 1986.
76. Wei SH ve Ingram M. Analyses of the amalgam-tooth interface using the electron microprobe. *Journal of Dental Research*, 48(2):317-320, 1969.

77. Kahler B ve Rossi Fedele G. A review of tooth discoloration after regenerative endodontic therapy. *Journal of Endodontics*, 42(4):563-569, 2016.
78. Heymann HO ve Ritter AV. Additional conservative esthetic procedures. In: Ritter AV, Boushel LW, Walter R, editors. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 7<sup>th</sup> ed. Elsevier; St. Louis, Missouri 63043, p. 264-305, 2019.
79. Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G. Porcelain veneers: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 28(3):163-177, 2000.
80. Goldstein RE. In-office bleaching: where we came from, where we are today. *The Journal of the American Dental Association*, 128:11S-15S, 1997.
81. Fasanaro TS. Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discolorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 4(3):71-78, 1992.
82. Zimmerli B, Jeger F, Lussi A. Bleaching of nonvital teeth. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 120(4):306-313, 2010.
83. Attin T, Paque F, Ajam F, Lennon A. Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique. *International Endodontic Journal*, 36(5):313-329, 2003.
84. Dahl J ve Pallesen U. Tooth bleaching—a critical review of the biological aspects. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 14(4):292-304, 2003.
85. Badole GP, Warhadpande MM, Bahadure RN, Badole SG. Aesthetic rehabilitation of discoloured nonvital anterior tooth with carbamide peroxide bleaching: Case series. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 7(12):3073, 2013.
86. Gurgan S, Bolay S, Alacam R. Antibacterial activity of 10% carbamide peroxide bleaching agents. *Journal of Endodontics*, 22(7):356-357, 1996.
87. Arı H ve Üngör M. In vitro comparison of different types of sodium perborate used for intracoronary bleaching of discoloured teeth. *International Endodontic Journal*, 35(5):433-436, 2002.
88. Rotstein I ve Friedman S. pH variation among materials used for intracoronary bleaching. *Journal of Endodontics*, 17(8):376-379, 1991.

89. Zoya A, Tewari R, Mishra S, Faisal S, Ali S, Kumar A ve ark. Sodium percarbonate as a novel intracoronar bleaching agent: assessment of the associated risk of cervical root resorption. *International Endodontic Journal*, 52(5):701-708, 2019.
90. Rotstein I. Tooth Discoloration and Bleaching of Non-Vital Teeth. In: Rotstein I, Ingle J, editors. *Ingle's Endodontics 7*. PMPH USA; Raleigh, North Carolina, p. 1203-1214, 2019.
91. Alaçam T. *Endodonti. Özyurt Matbaacılık*, Ankara, 2012.
92. Feiz A, Khoroushi M, Gheisarifar M. Bond strength of composite resin to bleached dentin: effect of using antioxidant versus buffering agent. *Journal of Dentistry (Tehran)*, 8(2):60, 2011.
93. Tran L, Orth R, Parashos P, Tao Y, Tee CW, Thomas VT ve ark. Depletion rate of hydrogen peroxide from sodium perborate bleaching agent. *Journal of Endodontics*, 43(3):472-476, 2017.
94. Warren MA, Wong M, Ingram III TA. An in vitro comparison of bleaching agents on the crowns and roots of discolored teeth. *Journal of Endodontics*, 16(10):463-467, 1990.
95. Valera MC, Camargo CHR, Carvalho CAT, Oliveira LDd, Camargo SEA, Rodrigues CM. Effectiveness of carbamide peroxide and sodium perborate in non-vital discolored teeth. *Journal of Applied Oral Science*, 17:254-261, 2009.
96. Perrine G, Reichl RB, Baisden M, Hondrum S. Comparison of 10% carbamide peroxide and sodium perborate for intracoronar bleaching. *General Dentistry*, 48(3):264-270, 2000.
97. Settembrini L, Gultz J, Kaim J, Scherer W. A technique for bleaching nonvital teeth: inside/outside bleaching. *The Journal of the American Dental Association*, 128(9):1283-1284, 1997.
98. Dahlstrom S, Heithersay G, Bridges T. Hydroxyl radical activity in thermocatalytically bleached root-filled teeth. *Dental Traumatology*, 13(3):119-125, 1997.
99. Heller D, Skriber J, Lin LM. Effect of intracoronar bleaching on external cervical root resorption. *Journal of Endodontics*, 18(4):145-148, 1992.

100. Hahn P, Schondelmaier N, Wolkewitz M, Altenburger MJ, Polydorou O. Efficacy of tooth bleaching with and without light activation and its effect on the pulp temperature: an in vitro study. *Odontology*, 101:67-74, 2013.
101. Buchalla W ve Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser—a systematic review. *Dental Materials*, 23(5):586-596, 2007.
102. Richman M. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *Journal of Dental Medicine*, 12:12-18, 1957.
103. Cameron J. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*, 9(7):289-292, 1983.
104. Ciucchi B, Khettabi M, Holz J. The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of the smear layer: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 22(1):21-28, 1989.
105. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dental Clinics*, 48(4):751-770, 2004.
106. Maiman TH. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature*, 187(4736):493-494, 1960.
107. Verma SK, Maheshwari S, Singh RK, Chaudhari PK. Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, 3(2):124-132, 2012.
108. Papadopoulos A, Dionysopoulos D, Strakas D, Koumpia E, Tolidis K. Spectrophotometric evaluation of the effectiveness of Er, Cr: YSGG laser-assisted intracoronar tooth bleaching treatment using different power settings. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 34:102272, 2021.
109. Sağlam BC, Koçak MM, Koçak S, Türker SA, Arslan D. Comparison of Nd: YAG and diode laser irradiation during intracoronar bleaching with sodium perborate: color and Raman spectroscopy analysis. *Photomedicine and Laser Surgery*, 33(2):77-81, 2015.
110. Kuştarıcı A, Siso Ş, Akdemir N, Kırmalı Ö. Microleakage of composite restorations after application of different KTP laser energy densities. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(3):119-125, 2012.

111. Walsh LJ, Liu JY, Verheyen P. Tooth discolouration and its treatment using KTP laser-assisted tooth whitening. *Journal of Oral Laser Applications*, 4(1):7-21, 2004.
112. Kahramanoğlu E ve Özkan YK. Diş hekimliğinde estetik ve renk. *Cumhuriyet Dental Journal*, 16(4):339-347, 2013.
113. Joiner A ve Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*, 67:S3-S10, 2017.
114. Keyf F, Uzun G, Altunsoy S. Diş hekimliğinde renk seçimi. *Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 33:52-58, 2009.
115. Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 24(2):166-173, 1970.
116. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 88(6):585-590, 2002.
117. Chang JY, Chen WC, Huang TK, Wang JC, Fu PS, Chen JH ve ark. Evaluating the accuracy of tooth color measurement by combining the Munsell color system and dental colorimeter. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 28(9):490-494, 2012.
118. Munsell AH. A pigment color system and notation. *The American Journal of Psychology*, 23(2):236-244, 1912.
119. Chang JY, Chen WC, Huang TK, Wang JC, Fu PS, Chen JH ve ark. Evaluation of the accuracy and limitations of three tooth-color measuring machines. *Journal of Dental Sciences*, 10(1):16-20, 2015.
120. Abdulsamee N ve Nagi P. Contemporary Understanding of Colors in Aesthetic Dentistry: Review. *EC Dental Science*, 19(2):1-18, 2020.
121. Vadher R, Parmar G, Kanodia S, Chaudhary A, Kaur M, Savadhariya T. Basics of color in dentistry: A review. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 13(9):78-85, 2014.
122. Douglas RD ve Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 79(3):254-260, 1998.
123. Yuan JCC, Brewer JD, Monaco Jr EA, Davis EL. Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 98(2):110-119, 2007.

124. Chen SJ, Karabucak B, Steffen JJ, Yu YH, Kohli MR. Spectrophotometric analysis of coronal tooth discoloration induced by tricalcium silicate cements in the presence of blood. *Journal of Endodontics*, 46(12):1913-1919, 2020.
125. Bayındır F ve Wee AG. Diş rengi seçiminde bilgisayar destekli sistemlerin kullanımı. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi (Clinical Dentistry and Research)*, 30(3):40-46, 2006.
126. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 80(6):642-648, 1998.
127. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*, 38:e2-e16, 2010.
128. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *Journal of Dentistry*, 37:e15-e20, 2009.
129. Pustina-Krasniqi T, Shala K, Staka G, Bicaj T, Ahmedi E, Dula L. Lightness, chroma, and hue distributions in natural teeth measured by a spectrophotometer. *European Journal of Dentistry*, 11(01):036-040, 2017.
130. Pan Q ve Westland S. Tooth color and whitening—digital technologies. *Journal of Dentistry*, 74:S42-S46, 2018.
131. Kim Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(3):193-199, 2009.
132. Olms C ve Setz JM. The repeatability of digital shade measurement—a clinical study. *Clinical Oral Investigations*, 17(4):1161-1166, 2013.
133. Guerra F, Mazur M, Corridore D, Pasqualotto D, Nardi GM, Ottolenghi L. Evaluation of the esthetic properties of developmental defects of enamel: a spectrophotometric clinical study. *The Scientific World Journal*, 2015(1):878235, 2015.
134. Elamin HO, Abubakr NH, Ibrahim YE. Identifying the tooth shade in group of patients using Vita Easyshade. *European Journal of Dentistry*, 9(02):213-217, 2015.

135. Stephen J. Use of a reflectance spectrophotometer in evaluating shade change resulting from tooth-whitening products. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 15:S42-S48, 2003.
136. Raoufi S ve Birkhed D. Effect of whitening toothpastes on tooth staining using two different colour-measuring devices—A 12-week clinical trial. *International Dental Journal*, 60(6):419-423, 2010.
137. Miyajiwala JS, Kheur MG, Patankar AH, Lakha TA. Comparison of photographic and conventional methods for tooth shade selection: A clinical evaluation. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 17(3):273-281, 2017.
138. Khurana R, Tredwin C, Weisbloom M, Moles D. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *British Dental Journal*, 203(12):675-680, 2007.
139. Müdüroğlu R, Kıvrak TÇ, Nağacı A. Renk Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem ve Cihazlar. *Cumhuriyet Dental Journal*, 21(1):61-69, 2018.
140. Santos LGPD, Chisini LA, Springmann CG, Souza BDM, Pappen FG, Demarco FF ve ark. Alternative to avoid tooth discoloration after regenerative endodontic procedure: a systematic review. *Brazilian Dental Journal*, 29(5):409-418, 2018.
141. Conde M, Chisini L, Sarkis Onofre R, Schuch H, Nör J, Demarco F. A scoping review of root canal revascularization: relevant aspects for clinical success and tissue formation. *International Endodontic Journal*, 50(9):860-874, 2017.
142. Fagogeni I, Metlerska J, Falgowski T, Górski M, Lipski M, Nowicka A. Effectiveness of teeth whitening after regenerative endodontics procedures: an in vitro study. *Journal of Clinical Medicine*, 11(23):7016, 2022.
143. Shokouhinejad N, Khoshkhounejad M, Hamidzadeh F. Evaluation of the Effectiveness of Laser-Assisted Bleaching of the Teeth Discolored due to Regenerative Endodontic Treatment. *International Journal of Dentistry*, 2022(1):3589609, 2022.
144. Shokouhinejad N, Razmi H, Farbod M, Alikhasi M, Camilleri J. Coronal tooth discoloration induced by regenerative endodontic treatment using different scaffolds and intracanal coronal barriers: a 6-month ex vivo study. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 44(3), 2019.

145. Camargo MA, Marques MM, de Cara AA. Morphological analysis of human and bovine dentine by scanning electron microscope investigation. *Archives of Oral Biology*, 53(2):105-108, 2008.
146. Schilke R, Lisson JA, Bauß O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Archives of Oral Biology*, 45(5):355-361, 2000.
147. Kwon Y, Huo M, Kim K, Kim S, Kim Y. Effects of hydrogen peroxide on the light reflectance and morphology of bovine enamel. *Journal of Oral Rehabilitation*, 29(5):473-477, 2002.
148. Llena C, Iglesias-Diaz M, Ciscar-Muñoz P, Bataller-Martínez AB, Melo M, Sanz JL. Tooth Bleaching of Discolorations Caused by Hydraulic Cements in Regenerative Endodontic Treatment: A 3-Year In Vitro Study. *Materials*, 15(21):7845, 2022.
149. Siqueira Jr JF, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 26(6):331-334, 2000.
150. Martin DE, De Almeida JFA, Henry MA, Khaing ZZ, Schmidt CE, Teixeira FB ve ark. Concentration-dependent effect of sodium hypochlorite on stem cells of apical papilla survival and differentiation. *Journal of Endodontics*, 40(1):51-55, 2014.
151. Báez V, Corcos L, Morgillo F, Imperatrice L, Gualtieri AF. Meta-analysis of regenerative endodontics outcomes with antibiotics pastes and calcium hydroxide. The apex of the iceberg. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 12(1):90-98, 2022.
152. Hoshino E, Kurihara-Ando N, Sato I, Uematsu H, Sato M, Kota K ve ark. In-vitro antibacterial susceptibility of bacteria taken from infected root dentine to a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline. *International Endodontic Journal*, 29(2):125-130, 1996.
153. Pekpinarli B, Kaval ME, Cogulu D, Ilhan B, Sorsa T, Tervahartiala T ve ark. The effect of calcium hydroxide and double antibiotic paste on radiographic outcomes and periapical MMP-8 levels in regenerative endodontic procedures:

- a randomized clinical trial. *Journal of Applied Oral Science*, 32:e20240122, 2024.
154. Takushige T, Cruz E, Asgor Moral A, Hoshino E. Endodontic treatment of primary teeth using a combination of antibacterial drugs. *International Endodontic Journal*, 37(2):132-138, 2004.
  155. Ruparel NB, Teixeira FB, Ferraz CC, Diogenes A. Direct effect of intracanal medicaments on survival of stem cells of the apical papilla. *Journal of Endodontics*, 38(10):1372-1375, 2012.
  156. Narang I, Mittal N, Mishra N. A comparative evaluation of the blood clot, platelet-rich plasma, and platelet-rich fibrin in regeneration of necrotic immature permanent teeth: a clinical study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 6(1):63-68, 2015.
  157. Dianat O, Mashhadi Abas F, Paymanpour P, Eghbal MJ, Haddadpour S, Bahrololumi N. Endodontic repair in immature dogs' teeth with apical periodontitis: blood clot vs plasma rich in growth factors scaffold. *Dental Traumatology*, 33(2):84-90, 2017.
  158. Hargreaves KM, Giesler T, Henry M, Wang Y. Regeneration potential of the young permanent tooth: what does the future hold? *Pediatric Dentistry*, 30(3):253-260, 2008.
  159. Jadhav G, Shah N, Logani A. Revascularization with and without platelet-rich plasma in nonvital, immature, anterior teeth: a pilot clinical study. *Journal of Endodontics*, 38(12):1581-1587, 2012.
  160. Bezgin T, Yilmaz AD, Celik BN, Kolsuz ME, Sonmez H. Efficacy of platelet-rich plasma as a scaffold in regenerative endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, 41(1):36-44, 2015.
  161. Shah N, Logani A, Bhaskar U, Aggarwal V. Efficacy of revascularization to induce apexification/apexogenesis in infected, nonvital, immature teeth: a pilot clinical study. *Journal of Endodontics*, 34(8):919-925, 2008.
  162. Wang Q, Lin X, Lin Z, Liu G, Shan X. Expression of vascular endothelial growth factor in dental pulp of immature and mature permanent teeth in human. *Shanghai Journal of Stomatology*, 16(3):285-289, 2007.

163. Galler K, Krastl G, Simon S, Van Gorp G, Meschi N, Vahedi B ve ark. European Society of Endodontology position statement: Revitalization procedures. *International Endodontic Journal*, 49(8):717-723, 2016.
164. Žižka R, Šedý J, Gregor L, Voborná I. Discoloration after regenerative endodontic procedures: A critical review. *Iranian Endodontic Journal*, 13(3):278, 2018.
165. Chaniotis A. Treatment options for failing regenerative endodontic procedures: report of 3 cases. *Journal of Endodontics*, 43(9):1472-1478, 2017.
166. Bakhtiar H, Esmaeili S, Tabatabayi SF, Ellini MR, Nekoofar MH, Dummer PM. Second-generation platelet concentrate (platelet-rich fibrin) as a scaffold in regenerative endodontics: a case series. *Journal of Endodontics*, 43(3):401-408, 2017.
167. Bukhari S, Kohli MR, Setzer F, Karabucak B. Outcome of revascularization procedure: a retrospective case series. *Journal of Endodontics*, 42(12):1752-1759, 2016.
168. Możyńska J, Metlerski M, Lipski M, Nowicka A. Tooth discoloration induced by different calcium silicate-based cements: a systematic review of in vitro studies. *Journal of Endodontics*, 43(10):1593-1601, 2017.
169. Bortoluzzi EA, Araújo GS, Tanomaru JMG, Tanomaru-Filho M. Marginal gingiva discoloration by gray MTA: a case report. *Journal of Endodontics*, 33(3):325-327, 2007.
170. Dammaschke T, Gerth HU, Züchner H, Schäfer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dental Materials*, 21(8):731-738, 2005.
171. Ioannidis K, Mistakidis I, Beltes P, Karagiannis V. Spectrophotometric analysis of coronal discolouration induced by grey and white MTA. *International Endodontic Journal*, 46(2):137-144, 2013.
172. Venkataraman M, Singhal S, Tikku AP, Chandra A. Comparative analysis of tooth discoloration induced by conventional and modified triple antibiotic pastes used in regenerative endodontics. *Indian Journal of Dental Research*, 30(6):933-936, 2019.

173. D'Mello G ve Moloney L. Management of coronal discoloration following a regenerative endodontic procedure in a maxillary incisor. *Australian Dental Journal*, 62(1):111-116, 2017.
174. Akbulut MB, Terlemez A, Akman M, Buyukerkmen B, Guneser MB, Eldeniz AU. Tooth discoloration effects of calcium silicate based barrier materials used in revascularization and treatment with internal bleaching. *Journal of Dental Sciences*, 12(4):347-353, 2017.
175. Khedmat S, Ahmadi E, Meraji N, Fallah ZF. Colorimetric comparison of internal bleaching with and without removing mineral trioxide aggregate (MTA) on induced coronal tooth discoloration by MTA. *International Journal of Dentistry*, 2021(1):8319986, 2021.
176. Gökay O, Zıraman F, Çalı Asal A, Saka O. Radicular peroxide penetration from carbamide peroxide gels during intracoronal bleaching. *International Endodontic Journal*, 41(7):556-560, 2008.
177. Lim M, Lum S, Poh R, Lee G, Lim K. An in vitro comparison of the bleaching efficacy of 35% carbamide peroxide with established intracoronal bleaching agents. *International Endodontic Journal*, 37(7):483-488, 2004.
178. Mohammadi Z. Laser applications in endodontics: an update review. *International Dental Journal*, 59(1):35-46, 2009.
179. Shahabi S, Assadian H, Nahavandi AM, Nokhbatolfoghahaei H. Comparison of tooth color change after bleaching with conventional and different light-activated methods. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 9(1):27, 2017.
180. Arce C, Araya C, De Moor R. Potassium-titanyl-phosphate (KTP) Laser and Dental Bleaching. Literature review. *Journal of Oral Research*, 2(3):153-157, 2013.
181. Partovi M, Al-Havvaz AH, Soleimani B. In vitro computer analysis of crown discoloration from commonly used endodontic sealers. *Australian Endodontic Journal*, 32(3):116-119, 2006.
182. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle C. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of Dental Research*, 81(8):578-582, 2002.

183. Goldstein GR ve Schmitt GW. Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 69(6):616-619, 1993.
184. Dozić A, Kleverlaan CJ, El Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *Journal of Prosthodontics*, 16(2):93-100, 2007.
185. Horn DJ, Bulan Brady J, Hicks ML. Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade. *Journal of Endodontics*, 24(12):786-790, 1998.
186. Alghazali N, Burnside G, Moallem M, Smith P, Preston A, Jarad FD. Assessment of perceptibility and acceptability of color difference of denture teeth. *Journal of Dentistry*, 40:e10-e17, 2012.
187. Ruyter I, Nilner K, Möller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental Materials*, 3(5):246-251, 1987.
188. Ozkocak I, Hekim M, Gokturk H, Adem K, Comert O. The assessment of different bleaching agents' efficiency on discoloured teeth using image-processing methods. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 31:101901, 2020.
189. Palma PJ, Marques JA, Falacho RI, Correia E, Vinagre A, Santos JM ve ark. Six-month color stability assessment of two calcium silicate-based cements used in regenerative endodontic procedures. *Journal of Functional Biomaterials*, 10(1):14, 2019.