

DERLEME

Review

Yazışma adresi

Correspondence address

Somayeh HÜRMÜZLÜ

Özel Klinik

Ankara, Türkiye

somaye.faraji88@gmail.com

Geliş tarihi / Received : 14 Ocak 2025

Kabul Tarihi / Accepted : 18 Ocak 2025

Bu makalede yapılacak atıf

Cite this article as

Hürmüzlü S., Aslan B.

Endodonti’de diş renk değişikliği:

genel bir bakış

Akd Diş Hek 2025;4(1): 47-62

ID

Somayeh HÜRMÜZLÜ

Özel Klinik

Ankara, Türkiye

ID

Berna ASLAN

Ankara Üniversitesi,

Diş Hekimliği Fakültesi,

Endodonti Anabilim Dalı

Ankara, Türkiye

Endodonti’de Diş Renk Değişikliği: Genel Bir Bakış

Dental Discoloration in Endodontics: an Overview

ÖZ

Diş hekimliğinde estetik dişlerin, dişeti, dudaklar ve yüz ile uyum içerisinde restore edilerek güzel bir gülüş sağlamayı amaçlar. Diş renkleşmeleri önemli bir estetik problemdir. Renkleşme gösteren dişler özellikle ön bölgede önemli estetik sorunlara neden olarak kişinin sosyal ve duygusal davranışlarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Günümüzde, güzel ve beyaz dişlere sahip olma isteği artmakta, bu da beraberinde estetik uygulamaların seçeneklerinin çoğalmasını sağlamaktadır. Bu uygulamalar; mekanik abrazyon, kompozit restorasyonlar, porselen laminalar, kompozit ve tam kronlar gibi restoratif teknikler ve beyazlatma işlemleridir. Renklenmiş dişlerin tedavisinde uygulanan vital ve devital beyazlatma işlemleri, porselen kronlar ve kompozit lamina restorasyonlarla karşılaştırıldığında daha konservatif bir yaklaşımdır. Endodonti bilim dalının ana konusu ağrının dindirilmesi ve dişte meydana gelen enfeksiyonun tedavisi olmakla birlikte, genellikle iç kaynaklı renkleşmelere bağlı olarak renk değişikliği gösteren dişlerin beyazlatılması, endodontistlerin günlük pratik uygulamalarından birisi haline gelmiştir. Diş renginin kimyasal bir ajan kullanılarak, mine ve dentin dokularındaki organik pigmentlerin oksidasyonu yoluyla açılması işlemine beyazlatma adı verilir. Diş renklenmelerinin giderilmesinde vital ve devital beyazlatma yöntemleri günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntemler intrakoronel ve ekstrakoronel beyazlatma olarak iki başlık altında da incelenebilir. Nekrotik pulpa dokusu, pulpa içi kanama veya pulpa odasında bırakılmış kök kanal dolgu maddeleri nedeniyle meydana gelen iç kökenli renklenmeler, protetik yaklaşımlara alternatif olarak kullanılan intrakoronel beyazlatma teknikleri ile kolay, ekonomik ve konservatif bir şekilde giderilebilmektedir. Bu işlemler sırasında bazı komplikasyonlarla karşılaşılabilir. Eğer beyazlatma işlemi için doğru yöntemler seçilirse ve uygun materyaller tercih edilirse, bu ve buna benzer komplikasyonların oluşma olasılığı azaltılıp, hasta isteğine cevap verebilecek başarılı tedavilerin gerçekleştirilmesi mümkün olabilir.

Anahtar Sözcükler

Endodonti, Renklenme, Beyazlatma

ABSTRACT

In dentistry, aesthetic teeth are restored in harmony with the gums, lips and face, aiming to provide a beautiful smile. Tooth discoloration is an important aesthetic problem. Discolored teeth can cause significant aesthetic problems, especially in the front region, and can negatively affect the person's social and emotional behaviors. Today, the desire to have beautiful and white teeth is increasing, which in turn increases the options for aesthetic applications. These applications are restorative techniques such as mechanical abrasion, composite restorations, porcelain laminates, composite and full crowns, and whitening procedures. Vital and devital whitening procedures applied in the treatment of discolored teeth are a more conservative approach compared to porcelain crowns and composite laminate restorations. Although the main subject of the endodontics branch of science is the relief of pain and the treatment of infection in the tooth, whitening of teeth that usually show color changes due to internal discolorations has become one of the current practical applications of endodontists. The process of lightening the tooth color by using a chemical agent through the oxidation of organic pigments in the enamel and dentin tissues is called whitening. Vital and devital bleaching methods are frequently preferred today for the removal of tooth discolorations. These methods can be examined under two headings as intracoronary and extracoronary bleaching. Internal discolorations caused by necrotic pulp tissue, intrapulpal hemorrhage or root canal filling materials left in the pulp chamber can be easily, economically and conservatively removed with intracoronary bleaching techniques used as an alternative to prosthetic approaches. Some complications may be encountered during these procedures. If the right methods are selected for the bleaching process and appropriate materials are preferred, the possibility of these and similar complications can be reduced and successful treatments that can meet the patient's wishes can be carried out.

Key Words

Endodontics, Discoloration, Bleaching

GİRİŞ

Dişlerin normal renklerinin bozularak farklı bir renk almasına “*diş renklenmesi*” denir. Dişin rengi, dentin rengi ve iç-dış kaynaklı renklenmelere bağlı olarak şekillenir. Mine, dentin ya da koronal pulpa yapısında meydana gelecek herhangi bir değişiklik dişin ışık iletimi özelliğini değiştirir. Beyazlatmanın başarısı birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, en önemlisi renklenme etyolojisinin iyi bir şekilde belirlenmesidir. Doğru bir tanı başarılı bir tedavi planlanması yapılmasını sağlayacaktır (1). Renklenmenin derecesi lokalizasyonu ve görünümü açısından büyük farklılıklar vardır. İç kaynaklı renklenmeler dişin yapısına dahil olmuşken, dış kaynaklı renklenmeler dişin yüzeyine bağlanır. Renklenme iç kaynaklı ve dış kaynaklı renk değişiklikleri kombinasyonu halinde olabilir ve diş minesini, dentini veya pupayı etkileyebilir. Diş renklenmeleri kalıtsal olabilir, hastanın davranışına, yaşına ve hastalığına bağlı olabilir veya dental ve tıbbi tedaviler nedeniyle iyatrojenik olarak ortaya çıkabilir (2,3).

Dış kaynaklı renklenmeler

Dış kaynaklı renklenmelerde, renklenmeye neden olan maddelerin diş yüzeylerine değişik kuvvetlerle çekilerek bağlanması söz konusudur. Renklenmeler daha yüzeyeldir. Beyazlatmanın başarısı minedeki lekenin renginden daha çok, renklenmenin ne kadar derinde olduğuna bağlıdır (3). Dış kaynaklı lekeler yiyecek, içecek veya sigara ile ilgili yüzeysel lekeler ve renk değişimleridir. Kahve veya çay gibi içeceklerin pigmentleri veya sigaradan kaynaklanan katran koyu, kahverengimsi renk değişimlerine neden olabilir. Portakal, havuç veya çikolatanın aşırı tüketimi yiyeceklerle ilgili renklemelere neden olabilir. Farklı bölgelerde yaşayan insanların farklı beslenme alışkanlıkları farklı renklenmelerin meydana gelmesine neden olabilir. Betel nut ve benzeri maddelerin devamlı bir şekilde çiğnenmesi dişlerde büyük ölçüde siyah renk değişimlerine neden olabilir. Asidik gıdalardan kaynaklanan demineralizasyon ve kötü ağız hijyeni daha pürüzlü diş yüzeyleri oluştursa, lekelenmenin etkileri hızlanabilir (4). Dış kaynaklı renklenmeler Nathoo (5) adlı araştırmacı tarafından 3’e ayırarak tanımlamıştır; (N1) renklenmeye neden olan maddenin rengi ile dişte oluşan renklenmenin rengi aynıdır. Çay, kahve ve şarap gibi içecekler renkli materyallerini (kromojen) direkt dişin yüzeyine biriktirerek diş renklenmesine neden olabilirler. Tükürük içinde bulunan demir, bakır gibi bazı metaller de diş yüzeylerine tutunarak renklenmeye neden olabilmektedirler, (N2) kromojen maddenin rengi dişe bağlandıktan sonra değişiklik göstermektedir. Örneğin, ağız hijyeninin iyi olmadığı kişilerde oluşan pelikülün renginin gün geçtikçe koyulaşmasıdır, (N3) dişlerdeki renklenmeye neden olan kromojen maddenin dişe bağlandığı sırada rensiz olduğu, ama zaman içerisinde oluşan kimyasal reaksiyonlar ile renginin değiştiği gözlenmektedir. Oluşan bu reaksiyonlara maillard ya da non-enzimatik reaksiyonlar denilmektedir. Örnek olarak, klorheksidin ve kalay floridin neden olduğu renklenmeler gösterilebilmektedir (6-8).

İç kaynaklı renklenmeler

Diş sert dokularının yapılarında veya kalınlıklarında gelişim esnasında meydana gelen herhangi bir değişim sonucu diş dokularının ışığı geçirme özelliklerini değiştirmeleri sonucunda meydana gelirler. İç renklenmeler diş formasyonu sırasında dişin yapısıyla ilişkilidir. Belirgin olarak bu renklenmelerinin birçoğu dentindedir ve eksternal beyazlatma yöntemleri ile tedavisi zordur (3). İç kaynaklı renklenmeler sistemik ve lokal nedenlerle oluşan renklenmeler olarak iki farklı grupta incelenirler (9).

Sistemik nedenlerle oluşan iç kaynaklı renklenmeler

İç renklenmelere neden olan sistemik etkenler arasında genetik nedenler, sistemik hastalıklar, florozis ve ilaç kullanımına bağlı renklenmeler yer almaktadır (4).

Genetik nedenler: İç renklenmeye neden olan genetik anomaliler arasında; amelogenesis imperfekta (Aİ), dentinogenesis imperfekta (Dİ), osteogenesis imperfekta ve dentin displazileri yer almaktadır. Aİ, herediter, otozomal dominant karakterde olan bu diş anomalisinde, mine oluşumu sırasında mineralizasyon veya matriks formasyonu esnasında kesinti meydana gelir. Genellikle bukkal yüzeyde küçük çukurcuklarla karakterizedir. Diş rengi hipomineralizasyon derecesi ile doğru orantılı olarak koyulaşmaktadır (10). Hem süt hem daimi dişlerin mineleri etkilenmektedir. Hipoplastik ve hipokalsifik olarak 2 tipi vardır. Hipoplastik tipte azalmış mine kalınlığı nedeniyle dişler meziodistal yönde kontakt göstermezler. Düzensiz mine yüzeyi olmakla birlikte mine parlak ve sert, ancak sarı renklidir. Hipokalsifik tipte ise minenin yetersiz kalsifikasyonlarından dolayı çabuk aşınmakta ve renk değiştirmekte, klinik olarak mat, sarı ve kahverengi renk gözlenmektedir. Radyografilerde minenin kalsifikasyonu yetersiz olduğu için, mine ve dentin benzer yoğunlukta izlenmektedir (11). Dİ, dentin defektleri genetik veya çevresel etkenlerle oluşabilir. Genetik olanlar izole veya sistemik bir bozuklukla birlikte meydana gelebilir. Sadece dentin ile alakalı olan durum, Dİ 2'dir (Herediter opalesan dentin). Her 2 dentisyon da etkilenir, süt dişlerinin etkilenmesi çoğunlukla daha ciddidir. Dişler çoğunlukla yeşilimsi-kahverengi renktedir, transillüminasyonda opalesan görünüm sergilerler. Pulpa odaları oblitere olmuştur, mine incedir. Mine yüzeyden kalkınca dentin açığa çıkar. Dentinin açığa çıkmasıyla pöröz dentinin kromojen bakterileri absorpsiyonuyla hızla kahverengi renkleşme olur. Dişler çürüğe yatkındırlar. Birçok dişte periapikal absele gözlenir (12). Osteogenesis imperfekta ile ilişkili Dİ 1'de ise kemik kırılabilirliği, mavi sklera deformasyonu, zayıf eklemler ve opalesan dentin görülür. Diş rengi; mavi, gri, sarı, kahverengi veya amber rengi tonlarında olabilir. Genetik aktarım dominant veya resesif geçişli olabilir. Resesif geçişli olan daha ciddidir ve kısa sürede ölümle sonuçlanır. Opalesan dişler dominant geçişli olan çeşidinde daha yaygındır. Mine kırılabilir, pulpa odası dentin ile dolmuştur ve dentisyonun tamamı etkilenmiştir (12). Dİ'nin üçüncü bir tipi ise (Brandywine, izole he-

rediter opalesan dentin), ilk kez Wiktop (12) tarafından tanımlanmıştır. Bu durumda dişlerin görünüşleri hem tip 1 hem tip 2 Dİ'ye benzer. Süt dişlenme döneminde birden çok pulpa ekspozu görülür. Radyografik olarak manto tabakasının oluşumundan sonra dentin üretimi durduğu için pulpa odası oldukça geniştir, dişler deniz kabuğuna benzerlik gösterirler (shell teeth). Dentin displazileri otozomal dominant bir dentin hastalığıdır; tip 1 dentin displazisinde süt ve daimi dentisyon normal şekil ve formundadır fakat nadiren translusent olabilirler. Radyografik olarak dişler konik apikal konstrikasyonlarla birlikte kısa köklere sahiptirler. Tip 2 dentin displazisinde birçok pulpa taşıyla birlikte deve dikenli şekilli pulpa odaları vardır (13).

Sistemik hastalıklarla ilgili nedenler

Diş gelişimi sırasında yaşanan yüksek ateş, diş yüzeyinde kronolojik mine hipoplazisine yol açarak bant tipi renk değişimlerine neden olabilir. Vitamin ve mineral eksiklikleri hipoplaziye neden olabilir. D vitamini eksikliği olan raşitizm, osteomalazi, kemiklerdeki gelişimsel anormalliklerden kaynaklanan beyaz hipoplazilere yol açabilir (14). C vitamini eksikliği (Skorbüt), A vitamini eksikliği ile bağlantılı olarak ve fosfor alımındaki bozukluklar mine hipoplazilerine neden olabilir. Dişte renk değişikliğine neden olan diğer sistemik hastalıklar arasında porfiriya, eritroblastozis fetalis, talasemi ve orak hücreli anemi bulunur. Konjenital eritropoietik porfiriya, hemoglobin işlevi için gerekli organik bileşikler olan porfirinlerin sentezindeki anormalliklerden kaynaklanan bir hastalıktır. Dişlerde kırmızı kahverengi renkleşme görülür ve etkilenen diş ultraviyole ışık altında kırmızı floresans gösterir (15). Eritroblastozis fetalis; yeni doğanların kan hastalığıdır, bebeğin ve annenin kan uyumsuzluğu nedeniyle eritrositlerin aglütinasyonu ve hemolizi oluşmaktadır. Dolaşımdaki kan pigmentleri süt dişlerini ve doğum sırasında kalsifiye olan daimi dişleri boyayabilmektedir. Dişler yeşilimsi-mavi, mavimsi-siyah veya kahverengi renklenmeler gösterebilmektedir (4,11). Hiperbilirubinemi; hepatit ya da kandaki bilirubin seviyesinin yüksek olması halinde süt dişlerinde yeşil pigmentasyonlar görülebilmektedir. Neonatal dönemde bilirubinin dental dokular gibi kalsifiye dokularda birikmesi sonucu meydana gelmektedir (16). Bazen karaciğer transplantasyonu yapılan hastalarda oluşan biliyatezi sonucunda daimi dişlerde de yeşil renkli pigment alanlara rastlanabilmektedir (17). Kafatasında ve uzun kemiklerde karakteristik bozukluklara neden olan talasemi (orak hücre anemisi); kırmızı kan hücresi malformasyonlarına neden olan oksijen taşıyan hemoglobin molekülünde bir anormallik gösteren kalıtsal bir kan hastalığıdır. Dişlerde mavi, yeşil ve kahverengi lekeler ile sonuçlanabilir (18).

Florozis

Minenin gelişimi sırasında aşırı flor alımına bağlı olarak ameloblastların flordan etkilenmesi sonucunda görülen mine hipoplazilerine florozis denilmektedir. Bu durum endemik olarak içme suyu kaynaklarından veya floridli gargaralardan, tabletlerden, diş macunlarından kaynakla-

nabilir. Ciddiyeti yaşa ve alınan doza bağlıdır. Endemik floroziste hem süt hem daimi dişler etkilenir (1). Çoğunlukla mine etkilenmiştir ve benekli alanlardan diffüz opak zımba deliği görüntüsüne kadar değişen görünümüdür. Minenin rengi kireç beyazından koyu kahve-siyaha doğru değişen görünümüdür. Kahverengi-siyah renkleşme çoğunlukla sürme sonrasıdır ve pöröz mine üzerine dış boyanma sonucu oluşmuştur (19). Florozis içme suyunun 1 ppm'den fazla flor içerdiği yerlerde oluşur (1).

İlaçlarla ilgili renklenmeler

Bazı ilaçların ve kimyasalların diş formasyonu esnasında kullanılması renklenmeye neden olur. İlaçlar ile ilgili en yaygın görülen renkleşme çeşidi tetrasiklin kullanımı sonrasında görülür. Renkleşme bilateral, her iki yarım çenede de birçok diş etkilenir (20). Tetrasiklin, idrar yolu enfeksiyonları, klamidya ve akne gibi hastalıkları tedavi etmek için kullanılan bir antibiyotiktir. 1950'lerden 1980'lerin başına kadar sıklıkla kullanılmıştır. Gelişim esnasında tetrasiklinlerin kullanılması kemik ve diş sert dokularında birikimlerine neden olur (21). Tetrasiklinlerin kemik ve diş sert dokularındaki hidroksi apatit kristallerinin yüzeylerinde kalsiyum iyonlarıyla kompleks oluşturmaları bildirilmiştir (22). Dentin mineye göre daha fazla boyanır. Tetrasiklin plasental bariyeri geçebilir, bu nedenle gebelik döneminin 29. haftasından sonuna kadar tetrasiklin kullanımından kaçınılmalıdır. Daimi dişlerin gelişiminin 12 yaşına kadar sürdüğü düşünüldüğünde bu yaşa kadar olan çocuklarda, emziren annelerde ve hamilelik şüphesi olan hastalarda, tetrasiklin kullanımından kaçınılmalıdır. Süt dişleri için kritik dönem anne karnında 4 aylıktan doğum sonrası 5 aylık olana kadardır. Daimi dişlerde ise doğumdan sonra 4. aydan itibaren 7 yaşına kadardır (1). Renk değişiklikleri kullanılan ilaç dozuna ve ilacın verildiği periyoda bağlıdır. Tetrasiklinden etkilenen dişler gri, sarımsı-kahverengi olurlar. Sürme esnasında görüntü daha vahimdir zamanla renklenmenin şiddeti azalır. Işığa maruz kalınca kahverengi olurlar. Özellikle küçük çocuklarda, tüm diş etkileyebilecek veya yatay çizgilerden oluşan bir desen olarak ortaya çıkabilecek gri veya kahverengi, derin, koyu lekeler neden olur. Tetrasiklin ürünlerinin değişik çeşitleri farklı renklerde renklenmeler yapar. Örneğin; klortetrasiklin silik gri renklenme yaparken oksitetrasiklin krem rengi boyanma yapar (23). Tetrasiklinin sentetik bir türevi olan minosiklin genç hastalarda akne tedavisinde uzun süre kullanılması nedeniyle renklenmeye neden olur (24,25).

Lokal nedenlerle oluşan iç kaynaklı renklenmeler

Pulpal hemoraji

Dental travma, pulpal kan damarlarının yırtılmasına ve ardından intrapulpal kanamaya ve kan bileşenlerinin dentin tübüllerine diffüzyonuna neden olabilir. Dentin tübüllerine penetre olan (26) ve artık pulpa dokusundaki eritrositler, hemoliz esnasında demir açığa çıkaran hemosiderin, hemin, hematin ve hematoidine dönüşürler (27,28). Bakteriler tarafından üretilen hidrojen sülfid, demirle birlikte

siyah ferrik sülfite dönüşür ve bu da gri renklenmeye neden olur. Kan ürünlerinin parçalanmasının yanında nekrotik pulpa dokusunun parçalanma ürünleri de renklenmeye neden olur (28). Pulpanın iyileşip iyileşmediğine veya nekrotik hale gelip gelmemesine bağlı olarak, renk değişikliği geri dönebilir veya kalıcı hale gelebilir. Pulpa canlılığı devam ederse, diş ilk rengine geri dönebilir, ancak pulpa nekrozunun meydana geldiği durumlarda, renk değişikliği kalıcı olabilir ve daha da koyulaşabilir (1).

Pulpa nekrozu

Pulpanın bakteriyel, mekanik ve kimyasal nedenlerle irritasyonu nekrozla sonuçlanabilir. Doku nekrozu sonucu oluşan, doku yıkım ürünleri ve dentin tübüllerine kan infiltrasyonu, dişte kahverengimsi gri renklenmeye sebep olur. Bazen renkleşme neredeyse mavi-siyah olabilir (29). Renklenmenin derecesi, pulpanın ne kadar uzun süredir nekroz olduğu ile ilgilidir. Bu tür renk değişikliğinin intrakoronal beyazlatmaya olumlu yanıt verme eğiliminde olduğu bildirilmiştir (2,28).

Pulpa dokusu artıkları

Kanal tedavisi esnasında giriş kavitesinin yetersiz hazırlanması, özellikle mezial ve distal pulpa boynuzlarını içermemesi durumunda koronal pulpa dokusu tamamen çıkarılamaz ve artık pulpa dokusu sonunda parçalanır ve diş yapısını renklendirebilir (3,26,27).

Restoratif materyaller

Amalgam veya altın gibi metalik dolgu malzemeleri renk değişimlerine neden olabilir. Altın dolgular, inleyler veya onlaylar, aynı zamanda pinler ve postlar çoğunlukla renk değişikliklerine neden olabilirler. Amalgam; içeriğindeki koyu renkli elementlerin dentini koyu griye dönüştürme potansiyeli nedeniyle en fazla renklenmeye neden olur. Ön dişlerde uygun yere yerleştirilmeyen metal pinler ve prefabrike postlar renklenmeye neden olabilir. Bu durumun sebebi, diş dokusu veya kompozitin altından metalin görünmesidir. Bu tip vakalarda, genellikle eski metalik restorasyonun daha estetik bir kompozit ile değiştirilmesi yeterli olur. Kompozit dolgularda mikrosızıntı da renklenmeye neden olur. Açık kenarlar kimyasalların restorasyonla kavite duvarı arasına sızmasına izin verir, bu da alttaki dentini renklendirir. Ayrıca, kompozitler zamanla renklenir ve kuronun rengini de değiştirir. Bu tip renklenmelerde genellikle eski restorasyonların yeni estetik restorasyonlarla değiştirilmesi yeterli olacaktır (30,3).

Kanal içi medikamanlar ve kök kanal dolgu maddeleri

Giriş kavitesi preparasyonu ve kemomekanik enstrümantasyon sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonları, medikamanlar ve kök kanal dolgusu için kullanılan bazı kanal dolgu maddeleri dişlerde renkleşmelere neden olabilir (30). Kök kanal tedavisinde kullanılan kanal dolgu maddeleri veya kanal patları özellikle pulpa odasında gingival marjının yukarısında bırakıldığında renklenmeye neden olurlar. Renkleşme çoğunlukla servikal üçlüde gözlenir; bunun

nedeni bu bölgedeki minenin ince, renksiz ve translusent bir yapıya sahip olmasındandır (31,32). Gümüş konlar eskiden kök kanal dolgusunda sıklıkla kullanılırlardı. Ancak, korozyona uğraması ve korozyon ürünlerinin diş ve çevre dokuları boyaması nedeniyle günümüzde artık tercih edilmemektedirler (33). Rezorsinol-formaldehid bazı ülkelerde halen kök kanal tedavisinde kullanılmaktadır. Bu materyallerin sitotoksik etkilerinin yanında pembeden koyu mora değişen renk değişikliği yaptığı bildirilmiştir (30). Kök kanal patları çoğunlukla, reaksiyona girmemiş bileşikler, nem çeken bazı komponentlerin korozyonu veya dentin ile kimyasal reaksiyon sonucu renklenmeye neden olurlar (31,34). Örneğin; AH 26 (Dentsply De Trey, Kontanz, Almanya) kök kanal patı, doldurucu ve radyopaklığı sağlayıcı olarak bizmut trioksit içerir. Zamanla kök kanalı içinde tetiklenen bir kimyasal reaksiyonla önce yeşil sonra siyaha dönüşen bizmut bileşikleri açığa çıkarır (35). AH 26 içindeki gümüşün de dentin ile reaksiyonu sonucu gri-siyah renkleşme oluşur (34). AH 26'nın modifiye edilmiş bir formülasyonu olan AH Plus (Dentsply De Trey) kök kanal patı, radyopaklığı sağlamak için bizmut-trioksit yerine zirkonyum oksit içerir. Bu madde uzun süreli renk stabilizasyonuna sahiptir ve bizmut gibi kimyasal reaksiyonlara girmez (35). MTA; pulpa kapaklaması ve perforasyonların tamiri gibi endodontide oldukça yaygın olarak kullanılan bir materyaldir. Ancak, gri MTA'nın diş ve çevre dokularda renklenmeye neden olduğu bildirilmiştir (36,37). Demir oksit içermeyen beyaz MTA estetik bölgelerde kullanılmak üzere geliştirilmiştir (38). Fakat, beyaz MTA'nın da gri renklenmeye neden olduğu ileri sürülmüştür (39,40). Kanal içi medikamanların endodontide; travmaya uğramış veya geniş periapikal lezyonlu dişlerin tedavileri, enflamatuvar kök rezorpsiyonu tedavisi, immatür dişlerde apeksifikasyon, rejenerasyon-revaskularizasyon tedavileri gibi klinik uygulamaları vardır (41-43). Bütün bu klinik uygulama avantajlarına rağmen bazı kanal içi medikamanlar özellikle diş kuronunda uzun süre bekletildiklerinde dişleri boyayabilir (30). Leder-mix patı ve üçlü antibiyotik patı gingival marjının üst kısmında giriş kavitesinden uzaklaştırılmadıkları takdirde en çok renklenmeye neden olan patlardır. Özellikle üçlü antibiyotik pat içerisinde bulunan ve bir tetrasiklin türevi olan minosiklinin, kök dentinindeki kalsiyum iyonlarını bağlayarak çözünmez bir kompleks oluşturarak ve sert doku yapısında koyu renk değişikliğine yol açtığı bildirilmiştir (44,45). Formokrezol ve iyodoform bazlı medikamanların da koronal renkleşme yaptığı bildirilmiştir (46,47), formokrezolün özellikle tekrarlayan uygulamalarda genellikle genç hastalarda dentin ve semente penetre olma özelliğinin olduğunu bildirmişlerdir. Bu difüzyonun formokrezolün küçük moleküllü yapısı ve genç hastalardaki geniş dentin kanallarına bağlı olduğu bildirilmiştir (30). Kök kanal irrigasyonu için kullanılan solüsyonlar da renklenmeye neden olabilirler. NaOCl en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonudur (47). NaOCl, diğer irrigasyon solüsyonlarıyla birlikte kullanıldığında kimyasal reaksiyona girerek farklı renklenmeler yapabilir (30). Vivacqua Gomes ve ark. (49) sodyum hipokloritin klorhek-

sidin ile birlikte kullanıldığında koyu kahverengi çökeltme yaptığını bildirmişlerdir. Sodyum hipoklorit ve klorheksidin solüsyonunun bir arada kullanılması sonucu koyu kahverengi renkleşme olduğu diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (50-52). Bu kahverengi çökeltme, dentini boyayabilir, pulpa odasının tabanına, giriş kavitesine ve kök kanal duvarlarına bağlanabilir (49,51,53). CHX ve EDTA arasındaki etkileşimi incelemişler ve beyaz-pembe bir çökeltme gözlemişlerdir. Ayrıca, bir tetrasiklin izomeri, bir deterjan ve asitten oluşan MTAD' in (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) son irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl'den sonra kullanıldığında ışık varlığında mavi renk oluştuğu bildirilmiştir. Bunun nedeninin MTAD içerisindeki doksisisiklinin NaOCl ile teması olduğu ileri sürülmüştür (54,55). NaOCl'den sonra son irrigasyon solüsyonu olarak BioPure MTAD kullanıldığında sarı çökeltme gözlemişlerdir.

Diş çürüğü

İlerleyen çürükler diş renginin bozulmasına neden olabilir. Çürüklerin erken evreleri beyaz, opak mine lezyonları ile karakterizedir. Çürük doku uzaklaştırılmazsa, lezyon ekzojen kaynaklardan pigmentler olarak kararabilir ve sıklıkla koyu kahverengi veya siyah bir renge dönüşebilir (56).

Kalsifik metamorfoz / distrofik kalsifikasyon

Kalsifik metamorfoz, travmadan kaynaklanabilir ve pulpanın mineralize doku ile obliterasyonu ile sonuçlanır. Odontoblastlar travmatik etki ile tahrip olabilir ve pulpa-daki yetişkin kök hücre popülasyonlarından gelen hücrelerle değiştirilebilir. Bu hücreler, reperatif dentinin hızlı bir şekilde birikmesini başlatabilir ve dişte sarımsı veya sarı-kahverengimsi renk değişimlerine neden olabilir. Ön dişler çoğunlukla etkilenir. Reperatif dentin, tüm pulpa odasını ve bazı durumlarda kök kanal sisteminin ana kısımlarını işgal edebilir ve bu da kronun translüsensisinin kaybına neden olabilir. Pulpanın kalan kalsifiye olmamış kısımlarının vital olup olmadığına ve kalsifikasyonun derecesine bağlı olarak endodontik tedavi endike olabilir, ancak uygulanması zor olabilir. Distrofik kalsifikasyonda, yaşlanan pulpada, genellikle perivasküler veya perinöral olarak lokalize kalsifikasyon odakları vardır (57,58).

Kök rezorpsiyonu

Servikal kök rezorpsiyonu mine-sement sınırında genellikle semptomsuz pembe renklenmeye neden olur. Rezorptif defektin granülasyon dokusu, karakteristik "pink spot" görünümünü veren ince mine tabakasının altından görülebilir (1).

Yaşlanma

Yaşlanmaya bağlı diş renklemeleri, renk değiştiren ajanların zamanla diş sert doku yapısına alınması nedeniyle oluşan fizyolojik bir sürecin sonucudur. İnsizal aşınma veya çatlaklar gibi yaşa bağlı değişiklikler daha kolay penetrasyon sağlar. Sekonder dentin birikimi ışık geçirmez özelliklerini etkiler ve dişlerin rengi koyulaşır (1).

Beyazlatmada kullanılan materyaller

Beyazlatma materyallerindeki aktif bileşen peroksit bileşimleridir. Günümüzde, sıklıkla kullanılan beyazlatma ajanları; hidrojen peroksit (H_2O_2), sodyum perborat ($NaBO_3$) ve karbamid peroksittir ($CH_6N_2O_3$). Ayrıca, sodyum perkarbonat ($2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$) da kullanılabilir. Bu materyaller toz, sıvı ya da jel formunda olabilirler. Hidrojen peroksit ve karbamid peroksit daha çok, ekstrakoronal beyazlatmada kullanılırken, sodyum perborat intrakoronal beyazlatma için tercih edilmektedir (59,60,61,65). Hem sodyum perborat hem de karbamid peroksit, sulu ortamda ayrıştığında hidrojen peroksiti serbest bırakmaktadır (61,62) ideal bir beyazlatma materyalinde bulunması gereken özellikleri tanımlamışlardır. Buna göre; beyazlatma materyali dişlere kolay uygulanabilmelidir, nötral pH'a sahip olmalıdır, dişleri etkili bir şekilde beyazlatabilmelidir, minimum miktarla, maksimum sonuç elde edilebilmelidir. Ayrıca, oral dokuları irrite etmemeli, diş sert dokularına zarar vermemeli, dişleri dehidrate etmemelidir. Hekim tarafından kolaylıkla kontrol edilebilmeli ve hastanın ihtiyaçları doğrultusunda farklı şekillerde uygulanabilmelidir.

Hidrojen Peroksit

Hidrojen peroksit, acı bir tadı olan, suda çözünebilir, renksiz bir sıvıdır. Çeşitli konsantrasyon seçeneği olan güçlü bir yükseltgendir fakat %30-35 arasında bulunan solüsyonları (süperoksil perhidrol) yaygın olarak kullanılmaktadır (57). Hidrojen peroksit serbest radikaller açığa çıkarabilen, okside edici ve stabil olmayan kimyasal bir bileşiktir. Yapısı bozulduğunda en kuvvetli serbest oksijen radikallerinden olan perhidroksil açığa çıkmaktadır. Saf likit formundaki hidrojen peroksitin yıkılmasını engellemek ve raf ömrünü uzatmak için hafif asidik olarak hazırlanmaktadır.

Bu reaksiyon ortamın pH'sından ve ortamda bulunan çeşitli maddelerden etkilenebilmektedir. Bu reaksiyon için en etkili pH 9.5-10.8 'dir. Açığa çıkan kuvvetli serbest oksijen radikalleri dişlerin inorganik yapılarında bulunan renkli organik bileşiklerle reaksiyona girmekte ya da inorganik yapılar arasındaki boşluklara yayılmaktadır. Bu şekilde renkli bileşiklerin kimyasal yapıları bozularak renksiz yeni bileşikler oluşturmaktadır.

Ağızda bulunabilen bazı enzimler, reaksiyonu hiç serbest radikal oluşmayacak şekilde değiştirerek, hidrojen peroksitin beyazlatma özelliğini ortadan kaldırabilirler. Bu reaksiyon sonucunda serbest radikal oluşmaz ve hidrojen peroksit beyazlatma ajanı olarak etki edemez. Bu enzimler, vücudun oksijen toksisitesine karşı savunma sisteminin önemli bir parçasıdır. Bu nedenle beyazlatma ajanını uygularken, dişlerin kuru ve tükürükten izole olmaları gerekmektedir.

Yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksit solüsyonları dikkatli muhafaza edilmelidir, çünkü kararsız bir yapıları vardır, hızlıca oksijen açığa çıkarılır ve eğer soğuk kapalı ortamlarda bekletilmezlerse patlayabilirler (57). Ayrıca,

bunlar kostik kimyasallardır ve dokularla temasında yanık oluşturabilirler, bu nedenle oldukça dikkatli kullanılmalıdır (63).

Karbamid Peroksit

Karbamid peroksit, organik beyaz kristalli bir bileşiktir. Hidrojen peroksit ve üreden meydana gelir ve farklı konsantrasyonlarda kullanılabilir (9). Üre hidrojen peroksit olarak da bilinen karbamid peroksit piyasada %3-25 konsantrasyonlarda bulunur. Dişlerin beyazlatılmasında genellikle karbamid peroksitin %10-25'lik konsantrasyonları kullanılmaktadır. %10'luk karbamid peroksit, %3.6'lık hidrojen peroksite dönüşerek, üre, amonyak, CO_2 açığa çıkartır (11,64). Karbamid peroksit, Şekil 1.4'de görüldüğü gibi hidrojen peroksite dönüşmektedir (65).

Üre, doğal olarak vücutta bulunan tükürük bezlerinden salgılanan ve gingival sıvıda bulunan bir bileşik olarak; kendiliğinden veya bakteriyel metabolizma sonucu, karbondioksit ve amonyağa parçalanır, pH üzerine etkisi konsantrasyon ve uygulanan süreye bağlıdır (66). Karbamid peroksit yapısında bulunan üre; hidrojen peroksiti stabilize eder, hidrojen peroksitle kolay kırılabilen, gevşek bir bağ kurar (67) ve solüsyonun pH'sını yükseltir (68). Karbamid peroksit'in ticari preparatları, gliserin veya propilen glikol, fosforik veya sitrik asit ve tat verici katkı maddeleri içermektedir. Bazı preparatlarda suda çözünür poliakrilik asit polimeri olan karbopol, koyulaştırıcı ajan olarak ilave edilmiştir (61). Karbamid peroksit preparatları en çok eksternal beyazlatmada kullanılırlar, ancak bazı araştırmacılar (69,70,71), karbamid peroksit jeller ile devital dişlerin eksternal olarak beyazlatılmasında, başarılı klinik sonuçların elde edildiğini ifade etmişlerdir. Karbamid peroksitin muhtemel yan etkileri hidrojen peroksit ile ilişkili komplikasyonlardan daha az şiddetlidir çünkü indirekt hidrojen peroksit salınımının ortaya çıkması beklenmektedir (72-74). Karbamid peroksit jellerin beyazlatma etkinliğini gösterebilmeleri için ilk olarak aktif etkileri hidrojen peroksit parçalanmaları gerekmektedir (75,76). Karbamid peroksitin insanlarda karsinogenik olmadığı gösterilmiştir (77).

Sodyum perborat

Sodyum perborat; beyaz, kristal yapıda, kokusuz bir tozdur ve taze olduğunda %95 perborat ve %9,9 oksijen içerir. Kuru olduğunda stabildir. Bununla beraber asit ortamda, ılık havada veya suda sodyum metaborat, hidrojen peroksit ve serbest oksijen haline dönmektedir (11,62). Kristalizasyondaki su içeriğine bağlı olarak farklı formları vardır. Monohidrat, trihidrat veya tetrahidrat formları bulunmaktadır (78). Sodyum perboratın monohidrat, trihidrat veya tetrahidrat tiplerinin, su veya hidrojen peroksitle olan karışımlarının beyazlatma etkinliği birbirinden farklı olmadığı bildirilmiştir (79,80). Monohidrat, trihidrat ya da tetrahidrat formundaki sodyum perborat, 1907'den beri deterjanlarda hidrojen peroksit açığa çıkaran, okside edici ve beyazlatıcı ajan olarak kullanılmaktadır. Sodyum perborata su eklendikten sonra, hidrojen peroksit açığa çıkar.

Hidrojen peroksit de farklı radikallere ve iyonlara dekompoze olur (29).

Sodyum perboratın parçalanması (29). Açığa çıkan hidrojen peroksit; pH değeri, ışık etkisi ve ısı mevcudiyetine bağlı olarak değişik radikaller ya da iyonlar meydana getirebilir (81,82). Böylece perhidroksil radikalleri, etkili beyazlatma ajanlarının oluşturduğu alkalen ortamda ortaya çıkarlar (83,84). Sodyum perborat, konsantre hidrojen peroksit solüsyonlarına göre daha kolay kontrol edilir ve daha güvenilirdir. Bu yüzden intrakoronal beyazlatmada en fazla tercih edilen materyaldir (3).

Beyazlatmanın etki mekanizması

Diş beyazlatmasında kullanılan beyazlatma materyali, mine ve dentinin organik matriksi içine diffüze olur (84,85).

Beyazlatma materyalinde, eşlenmemiş elektronlara sahip serbest radikaller mevcuttur. Eşlenmemiş elektronlar aşırı derecede elektrofilik ve kararsızdırlar. Kararlı hale geçmek için diğer organik moleküller ile birleşirler ve diğer radikalleri oluştururlar. Bu radikaller doymamış bağlarla reaksiyona girerek, elektron çekimini bozar ve minenin organik moleküllerinin soğurma enerjisini değiştirirler. Işığı daha az yansıtan, daha basit moleküllerin oluşmasını sağlarlar ve bunun sonucunda da başarılı bir beyazlatma etkisi ortaya çıkmaktadır. Bu süreç hidrojen peroksitin, minenin veya inorganik tuzları arasındaki organik maddelerle tepkimeye girdiği zaman gerçekleşir (82). Kawamoto ve Tsujimoto'nun (86), yaptıkları bir çalışmada hidrojen peroksitin amino asitleri bozarak polipeptid zincirinin kopmasıyla dentinin organik içeriğini etkilediğini ve beyazlatmadan esas sorumlunun hidroksil iyonu olduğunu öne sürmüşlerdir. Beyazlatma maddeleri '*redoks reaksiyonu*' olarak da bilinen oksidasyon reaksiyonu ile çalışır (82). Bu redoks reaksiyonu, ısı, ışık ve pH'dan etkilenir (87). Beyazlatma ajanının pulpa odasına yerleştirilmesinin ardından renklenmiş madde kimyasal olarak azaltılarak renksiz maddeye dönüştürülür. Redoks reaksiyonunda okside edici ajanın (hidrojen peroksit) çiftleşmemiş elektronlara sahip serbest radikalleri vardır ve bunları vererek indirgenir, indirgeyici ajan (beyazlatılan madde) ise elektronları kabul ederek okside olur (88).

İntrakoronal beyazlatma yöntemleri

Vital olmayan dişlerde uygulanan bir beyazlatma yöntemidir. Etkili, kolay ve nispeten düşük maliyetli olduğu için sıklıkla tercih edilir. Özellikle kök kanal tedavisi yapılmış dişlerdeki renklenmelerin giderilmesi amacıyla yaygın kullanılan bu yöntem termokatalitik, walking bleach veya ikisinin kombinasyonu şeklinde uygulanabilir. Her iki yöntemin benzer sonuçlar verdiği gösterilmiştir (88,90,91). Ancak, walking bleach yöntemin hastanın klinikte daha az zaman geçirmesi, ayrıca hasta için daha rahat, güvenli ve daha az komplikasyonlu olması nedeni ile daha çok tercih edilir (3,92). Başarılı bir beyazlatma tedavisi esas olarak; etiyojoloji, doğru teşhis ve doğru beyazlatma tekniğinin seçimine bağlıdır (6,93). İntrakoronal

beyazlatma pulpa odası kaynaklı renklenmelerde, dentin renklenmeleri ile vital beyazlatma yöntemleriyle renklenmenin giderilmediği durumlarda endikedir. Yüzeysel mine renklenmeleri, defektli mine formasyonlarında, şiddetli dentin kayıplarında, çürük varlığında ve renklenmiş kompozit restorasyonlardan kaynaklanan renklenmelerde ise kontrendikedir (3).

Walking Bleach Beyazlatma Tekniği

Walking Bleach tekniği intrakoronal beyazlatma yapılan tüm vakalarda kullanılabilir (3,94). İlk olarak Prinz 1924 (95) yılında pulpa odasını temizlemek için sodyum perborat ve su karışımının ısıtılarak kullanılmasını önermiştir. Spasser 1961 (96) yılında sodyum perborat ve su karışımının kullanılmasını tekrar gündeme getirmiştir. 1963 yılında Nutting ve Poe (97) tarafından su yerine %30'luk hidrojen peroksitin kullanılmasıyla modifiye edilmiştir. Sodyum perboratın su veya alternatif olarak anestetik solüsyon ile karışımı, devital dişlerin intrakoronal beyazlatılması için en yaygın, en güvenilir ve en pratik beyazlatma uygulamasıdır (97,98). Bu tekniğe '*walking*' denilmesinin sebebi, beyazlatma işlemlerinin 3-7 gün arasında yapıyor olmasıdır (27). Beyazlatma etkinliğinin araştırıldığı birçok çalışmada, sodyum perboratla distile suyun ya da hidrojen peroksitin farklı konsantrasyonlardaki karışımları kullanılmıştır. Rotstein ve ark. (99) ve Weiger ve ark. (100) sodyum perboratın %3-30'luk hidrojen peroksit veya distile su ile karışımında etkinlik açısından bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Sodyum perboratın %30 hidrojen peroksit ile karıştırılması, servikal kök rezorpsiyon endişeleri nedeniyle daha az kullanılmaktadır, ancak daha iyi beyazlatma sonuçları elde etmek için daha güçlü kimyasal bileşikler gerektiren beyazlatmaya dirençli lekeler için bir seçenek olmaya devam etmektedir (29,97,101,102). Walking Bleach tekniğinde beyazlatma prosedürüne başlamadan önce, etiyojinin ve renklenmenin nedenlerinin tam olarak değerlendirilmesinden sonra bir tanı konulması gereklidir. Ayrıca, mevcut endodontik tedavi klinik ve radyografik olarak değerlendirilmeli, yetersiz kök kanal dolgusu semptom veya periapikal lezyon varlığında kök kanal tedavisi yenilenmelidir (4,11) İntrakoronal beyazlatma işlemlerinde mine-sement birleşimi hizasında kök kanal dolgusunun üzerine en az 2 mm kalığında koruyucu bariyer yerleştirilmesi önerilmektedir (103). Koruyucu bariyer olarak önerilen materyaller arasında cam iyonomer simanlar, IRM, Cavit ve Koltosol, kompozit rezinler, çinko oksit öjenol simanlar, polikarboksilat simanlar ve çinko fosfat simanlar kullanılması önerilmiştir (104-106); cam iyonomer siman, kompozit rezin ve çinko fosfat simanın intrakoronal beyazlatmada koruyucu bariyer olarak kullanıldığında, cam iyonomer siman grubunun en az sızıntı gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, Mair ve Joiner (107); hidrojen peroksit solüsyonunun, çalışmalarında kullandıkları üç farklı cam iyonomer simanın yapısındaki elementlerde çözünürlüğe neden olup olmadığını değerlendirmişler ve belirgin bir çözünme gözlemlenmemişlerdir. İntrakoronal beyazlatma işlemlerinde cam iyonomer siman koruyucu

bariyer materyali olarak en çok tercih edilen materyaldir (108,109). Sodyum perborat inert bir sıvı (distile su veya anestetik solüsyon) veya hidrojen peroksit ile ıslak kum kıvamında karıştırılır, bir amalgam tabancası yardımıyla pulpa odasına taşınır ve plugger ile dikkatlice kondanse edilerek pulpa odasına yerleştirildikten sonra geçici dolgu ile kapatılır. Araştırmacılar geçici dolgu maddesinin iyi sızdırmazlık sağlamak için en az 3 mm kalınlığında yerleştirilmesi gerektiği bildirilmiştir (9). Renklenmenin derecesi ve kullanılan beyazlatma materyalinin etkinliğine bağlı olarak 3 ile 10 gün arasındaki bir süre sonunda işlemin tekrarlanması gerekebilir. Ayrıca, bu işlemin en fazla 3 kez tekrarlanması gerektiği, herhangi bir komplikasyona sebebiyet verilmemesi için sonuç elde edilmezse uygulamadan vazgeçilmesi gerektiği bildirilmiştir (4,9,27).

Termokatalitik Beyazlatma Tekniği

Termokatalitik teknik, oksitleyici ajanın pulpa odasına yerleştirilmesi ve ısı uygulaması aşamalarını içermektedir. Isı, ısıtıcı lambalarla, alevli enstrümanlarla ya da özellikle diş beyazlatma için üretilmiş elektrikli ısıtıcı cihazlarla sağlanır (3). Isı uygulamasının, hidrojen peroksitin beyazlatma özelliğini arttıran bir reaksiyon olduğu bildirilmiştir (59). Isı, ısıtılmış metal enstrümanlar kullanılarak veya özel üretilmiş ısı aplikatörleri yardımıyla da uygulanabilir (Touch'n Heat, System B, Analytic Technology, Orange, CA). Isı uygulaması beyazlatma ajanının pulpa odasına uygulamasının ardından 3-4 kez yapılır. Isı uygulamasının ardından bir köpürme meydana gelir ve karışımındaki oksijen serbest kalır (109). Termokatalitik tekniğin en önemli komplikasyonu sement ve periodontal ligamende oksitleyici ajanın ısı ile kombine kullanımına bağlı oluşan irritasyon sonucu muhtemel servikal kök rezorpsiyonudur (110). Bu yüzden beyazlatma esnasında ısıtma işlemleri sınırlı tutulmalıdır. Termokatalitik tekniğin diğer metodlardan daha etkili olmaması ve servikal kök rezorpsiyonu gibi istenmeyen durumlara sebebiyet vermesi nedeniyle rutin intrakoronel beyazlatma için önerilmemektedir (99,111,112).

İntrakoronel Beyazlatma Tedavilerinin Komplikasyonları

Beyazlatma uygulamaları, servikal rezorpsiyon riski, kuronal kırık, kimyasal yanıklar ve adeziv restorasyonlarla etkileşim gibi sert ve yumuşak dokular üzerinde lokalize olumsuz etkilere neden olabilir (3,4).

Servikal Kök Rezorpsiyonu

İntrakoronel beyazlatmanın en ciddi komplikasyonu servikal kök rezorpsiyonudur (113). Diş genellikle asemptomatiktir ve bu durum rutin radyografilerde tesadüfen tespit edilir (112). Fakat bazen beyazlatılmış dişlerde papilla şişebilir ya da dişte perküsyon hassasiyeti olabilir (110). Servikal kök rezorpsiyonu dişin kaybına neden olabilecek ciddi bir komplikasyondur (9). Bu konuyla ilgili ilk rapor 1979 yılında Harrington ve Natkin (110) tarafından bildirilmiştir. Servikal rezorpsiyon, travma veya intrakoronel beyazlatma sonucu oluşan inflamat-

uar orijinli eksternal rezorpsiyondur (90,114, servikal kök rezorpsiyon vakalarını araştırmış ve %24.1'inin ortodontik tedavi nedeniyle, %15.1'inin travma, %5.1'inin cerrahi (ör; transplantasyon ve periodontal cerrahi) ve %3.9'unun intrakoronel beyazlatma sonucu olduğunu bildirmiştir. Bu sebeplerden herhangi biri ve intrakoronel beyazlatmanın kombinasyonu sonucu %13.6 servikal rezorpsiyon oluşmuştur. Beyazlatma işlemleri ve travmanın kombinasyonu ise servikal rezorpsiyon için en önemli predispozan faktör olduğu ileri sürülmüştür (115). Beyazlatılmış dişlerdeki servikal rezorpsiyondan sorumlu mekanizma henüz tam olarak açıklanmamıştır. Hidrojen peroksitin dentin tübülleri, sement, periodontal ligamentten geçerek kemiğe ulaşması konusunda fikir ayrılıkları var. Harrington ve Natkin (110), hidrojen peroksitin direk olarak enflamatuvar rezorpsiyon sürecini başlattığını öne sürmüşlerdir. Hidrojen peroksit tek başına çok fazla aktif değildir ve insan vücudu hidrojen peroksiti tamponlama kapasitesine sahiptir (9,116). Fakat enflamasyon varlığında proenflamatuvar ajanlar redükte olmuş nikotinamid adenin dinükleotid fosfat oksidazı aktive ederler ve bunlar da hidrojen peroksitle reaksiyona giren süperoksitleri üretirler. Sonuç olarak hipokloröz asit, N-kloraminler ve reaktif hidroksil iyonlarının enflamasyonu başlatıp başlatmadığı tartışma konusudur (9). Beyazlatma ajanlarının dentinde yüzeyel doku değişikliklerine neden olduğu (60) ve asidik pH'ın muhtemelen dentinde asit etching etkisi yaparak, dentin tübüllerinin yüzeylerini kaplayan smear tabakasını kaldırıp dentin geçirgenliğinin artmasına neden oldukları ileri sürülmüştür (117). Bu durum hidrojen peroksitin dentin tübüllerine doğru fazla miktarda difüzyonuna izin verir. Hidrojen peroksitin seviyesi kritik seviyeye ulaşırsa yıkıcı servikal kök rezorpsiyonu oluşabilir. Halliwell ve ark. (118) hidrojen peroksitin 20 µmol/L den daha az olduğunda güvenli olduğunu, eğer 50 µmol/L'yi aşarsa tüm canlı hücreler için sitotoksik olduğunu vurgulamışlardır. İntrakoronel beyazlatma uygulamalarının en büyük dezavantajı olarak gösterilen servikal kök rezorpsiyonunu (119) önlemek için, beyazlatma işlemine başlamadan önce kanal dolgusunun üzerine mutlaka koruyucu bariyer materyali yerleştirilmesi (9), sodyum perboratın düşük konsantrasyondaki hidrojen peroksit ya da distile su ile karıştırılarak kullanılması (114) ve beyazlatma uygulamalarından sonra, geçici bir süre pulpa odasına kalsiyum hidroksit yerleştirilmesi (99,119) önerilmektedir. Ancak, bu koruyucu uygulamalardan kalsiyum hidroksitin, rezorpsiyonu önlemede beklenildiği kadar etkili olmadığı ileri sürülmüştür (99). Benzer şekilde, sodyum perboratın düşük konsantrasyondaki hidrojen peroksit ya da distile su ile kullanımının eksternal kök rezorpsiyonu problemini çözemediği de ileri sürülmüştür (114). Bu verilerin ışığında, kök kanal dolgusunun üzerine yerleştirilecek bariyer materyalinin örtücülük niteliği, yöntemin klinik başarısını etkileyecek önemli bir unsur olarak görülmektedir (99,104,108,119).

Adeziv Bonding Ajanının İnhibisyonu

Beyazlatma işlemini takiben pulpa odasındaki rezidüel peroksitlerin varlığı kompozit rezinlerin polimerizasyonunu ve dentin ve mineye bağlanma kuvvetini olumsuz etkiler. İntrakoronal beyazlatmadan sonra yapılacak daimi restorasyon için en önemli koşul, restorasyonun mikrosızıntısının engellenmesidir. Daimi restorasyon için kompozit rezin kompozit restorasyonlardan yararlanmak, diş ile restorasyon arasındaki örtücülüğü artırarak sızıntıyı azalacağı ileri sürülmüştür (120). Beyazlatma işlemini takiben daimi restorasyon için rezin kompozit restorasyonlar kullanıldığında, bonding işlemi beyazlatmadan hemen sonra yapılırsa, rezin kompozitin bağlanma özelliğinin olumsuz etkilendiği bildirilmiştir (121). Katalaz kullanımının, giriş kavitesinden artık peroksitlerin hızlı bir şekilde eliminasyonunu sağladığı düşünülmüştür (3,122), kompozit restorasyonun beyazlatma işleminden 10-14 gün sonra yapılmasını vurgulamışlardır.

Kimyasal Yanıklar

Sodyum perborat güvenilirdir, fakat %30'luk hidrojen peroksit yakıcıdır ve dokularla temasında kimyasal yanıklara ve dişetinde soyulmalara neden olabilir (63). Bu güçlü kimyasallar kullanıldığında, dokuların çeşitli koruyucular ile izolasyonu ve hekimin korunması önemlidir. İzolasyonda vazelin, gözlük, rubber-dam ve önlük kullanımı şarttır. Yanık oluşumu durumunda acilen bölge serum fizyolojik ile yıkanmalı ve yağlı bir krem ile dokuya masaj yapılmalıdır (3).

Kuronal Kırık

Beyazlatma tedavisinin dişin kırılma riskini artırıp artırmadığı, tedavinin prognozu açısından önemlidir. Özellikle ısıtın kullanıldığı intrakoronal beyazlatma işlemleri sonrasında, mine ve dentinin kurumasına bağlı olarak koronal diş yapısının kırılma riskinin artmasından bahsedilmiştir (3). Ancak, sodyum perborat ve %30'luk hidrojen peroksit karışımının kullanıldığı bir çalışmada intrakoronal beyazlatmadan sonra dentin kırılma riskinde artış olmadığı ileri sürülmüştür (123). *İn vitro* diğer bir çalışmada ise dişlere endodontik tedaviyi takiben, üç seans termokatalitik beyazlatma ve 3 seans walking bleach tekniği uygulanmıştır. Sonuç olarak, beyazlatma uygulanan örneklerin kırılma direnci, sağlam dişlerin kırılma direncine benzer bulunmuştur. Ancak, Chng ve ark. (124) ise %30 hidrojen peroksit yalnız ya da sodyum perborat ile kombine kullanıldığında gerilme ve makaslama kuvveti gibi dentinin biyomekanik özelliklerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu, ayrıca dentin tübüllerine penetre olan peroksitin oksidatif stresi artırarak dişin fraktüre direncini etkilediğini ileri sürmüşlerdir (125), çeşitli beyazlatma ajanlarının endodontik tedavi anterior dişlerin fraktür direncine etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, beyazlatma ajanının dentin sertliğini azalttığını ve pinli restorasyonların uygulanması sırasında fraktüre neden olacağını ileri sürmüşlerdir. Pöbbe ve ark. (126), LED lazer sistemle aktive edilen %38 hidrojen peroksit'yi kullanarak endodontik olarak tedavi edilmiş dişlerin fraktür

direncini değerlendirmişler ve iki ya da daha fazla beyazlatma seansı yapılan endodontik tedavi dişlerin fraktür direncinin azaldığını bildirmişlerdir. Beyazlatma tedavisi uygulanacak olan kanal tedavi dişlerde renklenmiş dentinin uzaklaştırılması ile dişin zayıflayabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle şiddetli renklenmiş dentinin, dişin daha fazla zayıflamasını önlemek için dikkatli bir şekilde uzaklaştırılması gerekmektedir. Hastalar tedavi gören dişlerinin aşırı oklüzal kuvvetlere maruz kalmaması konusunda uyarılmalıdır. Bununla birlikte beyazlatma tedavisi uygulanmış dişin restorasyonunda uygun olmayan oklüzal ilişkinin varlığı ya da restoratif materyalin polimerizasyonu esnasında oluşan streslerinde diş zayıflatıldığı bildirilmiştir (127).

Beyazlatmanın prognozu

İntrakoronal beyazlatma tekniği birçok vakada etkili ve konservatif bir yaklaşımdır. Beyazlatmanın prognozu ile ilgili birçok klinik vaka raporu olmasına rağmen bu vakaların uzun dönem gözlemini bildiren çalışma sayısı daha azdır. Ayrıca, birçok vaka raporu beyazlatmanın hemen ardından optimal sonuçlar vermektedir (128-131). Fakat araştırmalar, zaman içerisinde değişen derecede renk değişiminde geri dönüş olduğunu da göstermektedir (59,127,132). Hidrojen peroksitle beyazlatma sonucu oluşan oksidasyon ürünlerinin kimyasal olarak indirgenmesine bağlı olarak yeniden renkleşme oluşabilir. Renkte geriye dönüş beyazlatılmış ve restore edilmiş kaviteye sıvı sızıntısından dolayı da olabilir (59,127). Ayrıca, beyazlatma işleminden sonra yapılan koronal restorasyondaki örtücülüğün yetersiz olması mikroorganizmalar veya onların toksinlerinin kavite duvarı boyunca ya da kök kanal dolgusundaki boşluklar nedeniyle periapikal dokulara ulaşması tedavinin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilir (133). İntrakoronal beyazlatmadan sonra yapılan daimi restorasyon için en önemli koşul estetik restorasyonun mikrosızıntıyı engellemesidir. Kompozit rezin restorasyonların, diş ve restorasyon arasındaki kapaticılığı artırarak sızıntıyı azalttığı ileri sürülmüştür (120).

Feiglin (134), 20 vakada termokatalitik yöntem kullanılarak yaptıkları çalışmada 1 yıl sonunda %80 başarı bildirilirken, 6 yıl sonunda %45 başarı bildirilmişlerdir. Restoratif materyallerden kaynaklanan renklenmelerde uygulanan beyazlatma işleminin prognozu şüphelidir (34). Bakır, gümüş, iyot gibi metalik iyonların neden olduğu renkleşmelerin beyazlatma uygulamaları ile giderilmesi oldukça zordur (2,9,59).

Brown, travma ve nekroze pulpa kaynaklı renklenmelerin medikamanlar ve restorasyon kaynaklı renklenmelerle karşılaştırıldığında %95 oranında vakaların başarılı şekilde beyazlatma tedavisine cevap verdiğini bildirmiştir. Bazı çalışmalar genç hastalardaki geniş dentin kanalları ve beyazlatma ajanlarının bu kanallardan kolay difüzyonu sebebiyle beyazlatma tedavilerine daha iyi cevap alındığını bildirmişlerdir (9,59). Kök kanal medikamanları, kök kanal dolgu maddeleri ve amalgam gibi metalik

restorasyonlardan kaynaklı diş renklemeleri kötü prognoza sahiptir. Çünkü bunların beyazlatılmaları oldukça zordur ve ürünlerin dental dokulara difüze olmaları sebebiyle nüks oluşma ihtimalleri oldukça yüksektir (9,34,58).

Konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalar

Beyazlatma materyallerinde bulunan hidrojen peroksitin radiküler penetrasyonunun değerlendirildiği birçok çalışma yayınlanmıştır. Rotstein ve ark. (99) %30'luk hidrojen peroksit ile farklı sement defektleri ve lokasyonlarının radiküler penetrasyona etkisini ortodontik nedenle çekilmiş tek köklü premolar dişlerde değerlendirdikleri çalışmalarında; mine-sement birleşimi ve kökün orta kısmında yapay defekt oluşturmuşlar ve defektsiz dişlerle penetrasyon değerlerini demir tiyosiyanat yöntemi kullanarak karşılaştırmışlardır. Rotstein (135), diğer bir çalışmada, mine-sement birleşimi ve radiküler sementte defekti olmayan tek köklü premolar insan dişlerini kullanarak beyazlatma esnasında penetre olan hidrojen peroksitin miktarının belirlenmesi amacıyla in vitro bir çalışma modeli oluşturmuş; dişin mezial, distal, bukkal ve lingualinde dört noktada sementi kaldırmıştır. Dentin ve sementten hidrojen peroksitin penetrasyonunu demir tiyosiyanat yöntemi kullanarak değerlendirmiştir. Mine-sement birleşiminin tipiyle intrakoronal beyazlatmada hidrojen peroksit penetrasyonu arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan bir çalışmada, tek köklü mandibular premolar dişler kullanılmıştır (136). Pulpa odasına %30'luk hidrojen peroksit yerleştirilmiş, 24 saat sonra bidistile su içerisindeki hidrojen peroksit miktarını belirlemek üzere demir tiyosiyanat yöntem kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Vachon ve ark. (137) intrakoronal beyazlatmada kullanımı tavsiye edilen karbamid peroksit penetrasyonunun değerlendirildiği bir çalışmada; Lee ve ark. (138); %35 karbamid peroksit jel, %35 hidrojen peroksit jel ve sodyum perborat+distile su karışımını yapay olarak renklendirilmiş insan dişlerinde kullanarak pH değişimi ve hidrojen peroksitin ekstradiküler penetrasyon miktarını demir okside edilmiş ksenol orange yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Gökay ve ark. (138), farklı konsantrasyona sahip karbamid peroksit jellerinin ekstradiküler peroksit penetrasyonlarını karşılaştırmak ve değerlendirmek için yapmış oldukları çalışmalarında ortodontik nedenle çekilmiş tek köklü premolar dişleri kullanmışlardır. Sodyum perborat ve %30 hidrojen peroksit karışımı ile %10-17-37'lik karbamid peroksit jeller pulpa odasında 24 saat

bekletilmiş ve demir tiyosiyanat yöntemini kullanılarak karşılaştırılmıştır. Madhu ve ark. (139), sodyum perboratın su ve %30 hidrojen peroksitle karışımını ve %10 karbamid peroksit jel'i, üst keser dişlerde intrakoronal olarak uygulayarak, demir tiyosiyanat yöntemini kullanarak ekstradiküler peroksit salınım miktarını karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Rokaya ve ark. (140), yaptıkları çalışmada alt birinci küçük azı dişlerin kök yüzeyinde mine-sement birleşiminin hemen altında dört semental dentin defekti hazırlayarak hidrojen peroksitin ekstradiküler salınımını titrasyon metodunu kullanarak değerlendirmişlerdir. Zoya ve ark. (141), sodyum perborat ve sodyum perkarbonatın farklı formlarını, distile su ve hidrojen peroksitle karıştırarak, tek köklü alt küçük azı dişlerde intrakoronal olarak uygulayarak, demir tiyosiyanat yöntemini kullanmış ve spektrofotometrik analiz yaparak salınan ekstradiküler hidrojen peroksit salınımını değerlendirmişlerdir. Karayil ve ark. (142), tek köklü küçük azı dişlere, farklı konsantrasyonlarda karbamid peroksit jel ve sodyum perborat + hidrojen peroksit karışımını intrakoronal olarak uygulamışlar, demir tiyosiyanat yöntemini kullanarak ve spektrofotometrik analiz yaparak, ekstradiküler peroksit salınımını değerlendirmişlerdir.

Yazarların Katkıları

Fikir/Kavram: S.H., B.A.; Tasarım: S.H., B.A.; Veri Toplama ve Değerlendirme: S.H., B.A.; Kaynak taraması: S.H., B.A.; Makale yazımı: S.H., B.A.; Eleştirel değerlendirme: S.H., B.A.

Finansman veya Mali Destek

Bu çalışma için herhangi bir maddi destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarların çıkar çatışması yoktur.

Finansman veya Mali Destek

Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için gerekmemektedir.

Bu derleme Somayeh Hürmüzlü'nün uzmanlık tez çalışmasından üretilmiştir.

1. Watts A, Addy M. Tooth discoloration and staining: a review of the literature. *Br Dent J.* 2001; 190: 309-16.
2. Amer M. Intracoronal tooth bleaching – a review and treatment guidelines. *Aust Dent J.* 2023; 68: S141-S152.
3. Walton JR, Torabinejad M, Principles and Practice of Endodontics, 4. Ed., Philadelphia: WB Saunders Com., 2009, p391-404.
4. Kohli MR, Yamaguchi M, Setzer FC, Karabucak B. Spectrophotometric analysis of coronal tooth discoloration induced by various bioceramic cements and other endodontic materials. *J Endod.* 2015; 41: 1862-6.
5. Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *J Am Dent Assoc.* 1997; 128: 6S-10S.
6. Eriksen HM, Nordb H, Kantanen H, Ellingsen JE. Chemical plaque control and extrinsic tooth discoloration. A review of possible mechanisms. *J Clin Periodontol.* 1985; 12: 345-50.
7. Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *J Am Dent Assoc.* 1997; 128: 6S-10S.
8. Görgül G, Dolar K, Uçtaşlı M, Tinaz C, Cankaya F, Kınoglu T. Evaluation of coronal microleakage of four different glass-ionomer cements in endodontically treated teeth. *J Marmara Univ Dent Fac.* 1996; 2: 546-50.
9. Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Samma F. Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *J Endod.* 2008; 34: 394-407.
10. Witkop CJ. Inherited defects in tooth structure. *J Oral Pathol.* 1988; 17: 547-53.
11. Haywood VB. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence Int.* 1992; 23: 471-88.
12. Witkop CJ. Amelogenesis imperfecta, dentinogenesis imperfecta and dentin dysplasia revisited: problems in classification. *Birth Defects Orig Artic Ser.* 1971; 7: 153-84.
13. Shields ED, Bixler D, El-Kafrawy AM. A proposed classification for heritable human dentine defects with a description of a new entity. *Arch Oral Biol.* 1973; 18: 543-53.
14. Fearne JM, Bryan EM, Elliman AM. Enamel defects in the primary dentition of children born weighing less than 2000 g. *Br Dent J.* 1990; 168: 433-7.
15. Fayle SA, Pollard MA. Congenital erythropoietic porphyria--oral manifestations and dental treatment in childhood: a case report. *Quintessence Int.* 1994; 25: 551-4.
16. Joshi NS, Jun I, Wang N. Direct admissions for neonatal hyperbilirubinemia: safe, high value care. *Hosp Pediatr.* 2024; 14: E273-5.
17. Sommer S, Magagnin K, Kramer PF, Tovo MF, Bervian J. Green teeth associated with neonatal hyperbilirubinemia caused by biliary atresia: review and case report. *J Clin Pediatr Dent.* 2010; 35: 199-202.
18. Almuallem Z, Busuttil-Naudi A. Molar incisor hypomineralisation (MIH) - an overview. *Br Dent J.* 2018; 225: 601-9.
19. Aoba T, Fejerskov O. Dental fluorosis: chemistry and biology. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2002; 13: 155-70.
20. Tredwin CJ, Naik S, Lewis NJ, Scully C. Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching) products: Review of adverse effects and safety issues. *Br Dent J.* 2006; 200: 371-6.
21. Weyman J. Tetracyclines and the teeth. *Practitioner.* 1965; 195: 661-5.
22. Walton RE, O'Dell NL, Lake FT, Shimp RG. Internal bleaching of tetracycline-stained teeth in dogs. *J Endod.* 1983; 9: 416-20.
23. Moffitt JM, Cooley RO, Olsen NH, Hefferren JJ. Prediction of tetracycline-induced tooth discoloration. *J Am Dent Assoc.* 1974; 88: 547-52.
24. Cohen S, Parkins FM. Bleaching tetracycline-stained vital teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1970; 29: 465-71.
25. Patel K, Cheshire D, Vance A. Oral and systemic effects of prolonged minocycline therapy. *Br Dent J.* 1988; 185: 560-2.
26. Davis MC, Walton RE, Rivera EM. Sealer distribution in coronal dentine. *J Endod.* 2002; 28: 464-6.
27. Hattab FN, Qudeimat MA, Al-Rimawi HS. Dental discoloration: an overview. *J Esthet Dent.* 1999; 11: 291-310.

28. Attin T, Hannig C, Wiegand A, Attin R. Effect of bleaching on restorative materials and restorations-a systematic review. *Dent Mater.* 2004; 20: 852-61.
29. Attin T, Paque F, Ajam F, Lennon AM. Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique. *Int Endod J.* 2003; 36: 313-29.
30. Ahmed HMA, Abbott PV. Discoloration potential of endodontic procedures and materials: a review. *Int Endod J.* 2012; 45: 883-97.
31. Parsons JR, Walton RE, Ricks-Williamson L. In vitro longitudinal assessment of coronal discoloration from endodontic sealers. *J Endod.* 2001; 27: 699-702.
32. Partovi M, Al-Havvaz AH, Soleimani B. In vitro computer analysis of crown discolouration from commonly used endodontic sealers. *Aust Endod J.* 2006; 32: 116-9.
33. Zielke DR, Brady JM, del Rio CE. Corrosion of silver cones in bone: a scanning electron microscope and microprobe analysis. *J Endod.* 1975; 11: 356-60.
34. van der Burgt TP, Plasschaert AJ. Tooth discoloration induced by dental materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1985 ; 60: 666-9.
35. Athanassiadis B, Abbott PV, Walsh LJ. The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent J.* 2007; 52: S64-82.
36. Naik S, Hegde AM. Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy agent in primary molars: an in vivo study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2005; 23: 13-6.
37. Bortoluzzi EA, Araújo GS, Tanomaru JMG, Tanomaru-Filho M. Marginal gingiva discoloration by gray MTA: a case report. *J Endod.* 2007; 33: 325-7.
38. Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2005; 31: 101-3.
39. Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTA. *J Endod.* 2006; 32: 569-72.
40. Holt DM, Watts JD, Beeson TJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. The anti-microbial effect against enterococcus faecalis and the compressive strength of two types of mineral trioxide aggregate mixed with sterile water or 2% chlorhexidine liquid. *J Endod.* 2007; 33: 844-7.
41. Banchs F, Trope M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J Endod.* 2004; 30: 196-200.
42. Jung RE, Holderegger C, Sailer I, Khraisat A, Suter A, Hämmerle CHF. The effect of all-ceramic and porcelain-fused-to-metal restorations on marginal peri-implant soft tissue color: a randomized controlled clinical trial. *Int J Period Rest Dent.* 2008; 28: 357-65.
43. Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J.* 2009; 42: 288-302.
44. Kim ST, Abbott PV, Mc Ginley P. The effects of Ledermixpaste on discoloration of immature teeth. *Int Endod J.* 2000; 33: 233-7.
45. Kim JH, Kim Y, Shin SJ, Park JW, Jung IY. Tooth discoloration of immature permanent incisor associated with triple antibiotic therapy: a case report. *J Endod.* 2010; 36: 1086-91.
46. Lenherr P, Allgayer N, Weiger R, Filippi A, Attin T, Krastl G. Tooth discoloration induced by endodontic materials: a laboratory study. *Int Endod J.* 2012; 45: 942-9.
47. Gutiérrez JH, Guzmán M. Tooth discoloration in endodontic procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1968; 26: 706-11.
48. Dankert J, Gravenmade EJ, Wemes JC. Diffusion of formocresol and glutaraldehyde through dentin and cementum. *J Endod.* 1976; 2 : 42-6.
49. Vivacqua-Gomes N, Ferraz CCR, Gomes BPFA, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally condensed gutta-percha root fillings. *Int Endod J.* 2002; 35: 791-5.
50. Basrani BR, Manek S, Sodhi RN, Fillery E, Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *J Endod.* 2007; 33: 966-9.
51. Bui TB, Baumgartner JC, Mitchell JC. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. *J Endod.* 2008; 34: 181-5.

52. Akisue E, Araki AT, Michelotto AL, Moura-Netto C, Gavini G. Effect of chemical and Er:YAG laser treatment on bond strength of root canal resin-based sealers. *Lasers Med Sci.* 2013; 28: 253-8.
53. Rasimick BJ, Nekich M, Hladek MM, Musikant BL, Deutsch AS. Interaction between chlorhexidine digluconate and EDTA. *J Endod.* 2008; 34: 1521-3.
54. Torabinejad M, Shabahang S, Aprecio RM, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *J Endod.* 2003; 29: 400-3.
55. Tay FR, Pashley DH, Loushine RJ, Doyle MD, Gillespie WT, Weller RN, King NM. Ultrastructure of smear layer-covered intraradicular dentin after irrigation with BioPure MTAD. *J Endod.* 2006; 32 : 218-21.
56. Hon L, Mohamed A, Lynch E. Reliability of colour and hardness clinical examinations in detecting dentine caries severity: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep.* 2019; 9: 6533.
57. Walton RE, Torabinejad M. Principles and Practice of Endodontics. Philadelphia: WB Saunders, 1989, s.:385-39
58. Watts A, Addy M. Tooth discoloration and staining: a review of the literature. *Br Dent J.* 2001; 190: 309-16.
59. Brown G. Factors influencing successful bleaching of the discolored root-filled tooth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965; 20: 238-44.
60. Howell RA. Bleaching discoloured root-filled teeth. *Br Dent J.* 1980; 148: 159-62.
60. Rotstein I, Danker E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod.* 1996; 22: 23-6.
61. Rotsteini A, Li Y. Tooth Discoloration and Bleaching. In: Ingle's Endodontics, Ed.: Ingle JJ, K. Bakland JC. Baumgartner, 6th Ed., Hamilton: BC Decker Inc., 2008, p.: 1383-99.
62. Garg N, Garg A. Textbook of Endodontics. 1th Ed., New Delhi, India: Jaypee Brothers Medical Publishers, 2007; p. 386-98.
63. Walsh LJ. Safety issues relating to the use of hydrogen peroxide in dentistry. *Aust Dent J.* 2000; 45: 257-69.
64. Dahl JE, Pallesen U. Tooth bleaching-a critical review of the biological aspects. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2003; 14: 292-304.
65. Goldstein RE, Garber DA. Complete Dental Bleaching. Chicago, Quintessence Inc. Publishing, 2008, p. 6-10.
66. Moss HB, Vanyukov M, Yao JK, Kirillova GP. Salivary cortisol responses in prepubertal boys: the effects of parental substance abuse and association with drug use behavior during adolescence. *Biol Psychiatry.* 1999; 45: 1293-9.
67. Daudi A, O'Brien JA. Detection of hydrogen peroxide by DAB staining in arabidopsis leaves. *Bio Protoc.* 2012; 2: E263.
68. Archambault G. Caution, informed consent remain important as home bleaching grows Dentist. 1990; 68:16-22.
69. Putter H, Jordan RE. The 'walking' bleach technique. *J Esthet Dent.* 1989; 1: 191-3.
70. Swift EJ. Treatment of a discolored, endodontically treated tooth with home bleaching and composite resin. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1992; 4: 19-21.
71. Frazier KB. Nightguard bleaching to lighten a restored, non-vital discolored tooth. *Comp Contin Educ Dent.* 1998; 19: 810-3.
72. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int.* 1989; 20: 173-6.
73. Perrine GA, Reichl RB, Baisden MK, Hondrum SO. Comparison of 10% carbamide peroxide and sodium perborate for intracoronary bleaching. *Gen Dent.* 2000; 48: 264-70.
74. Yui KCK, Rodrigues JR, Mancini MNG, Balducci I, Gonçalves SEP. Ex vivo evaluation of the effectiveness of bleaching agents on the shade alteration of blood-stained teeth. *Int Endod J.* 2008; 41: 485-92.
75. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching: how safe is it? *Quintessence Int.* 1991; 22: 515-23.
76. Kaneko J, Inoue S, Kawakami S, Sano H. Bleaching effect of sodium percarbonate on discolored pulpless teeth in vitro. *J Endod.* 2000; 26: 25-8.
77. Woolverton CJ, Haywood VB, Heymann HO. Toxicity of two carbamide peroxide products used in nightguard vital bleaching. *Am J Dent.* 1993; 6: 310-4.
78. Weiger R, Kuhn A, Löst C. Radicular penetration of hydrogen peroxide during intra-coronal bleaching with various forms of sodium perborate. *Int Endod J.* 1994; 27: 313-7.

79. Ari H, Ozcan E, Yildirim C. Farklı sodyum perborat tiplerinin endodontik olarak tedavi edilmiş ve kompozit ile restore edilmiş dişlerin kırılma direnci üzerine etkisi. *Cumhuriyet Dent J.* 2011; 11: 5-9.
80. Holmstrup G, Palm AM, Lambjerg-Hansen H. Bleaching of discolored root- filled teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1988; 4: 197-201.
81. Feinman RA. Reviewing vital bleaching and chemical alterations. *J Am Dent Assoc.* 1991; 122: 55-6.
82. Frysh H. Chemistry of Bleaching. In Goldstein RE and Garber DA Eds. *Complete Dental Bleaching*, Quintessence Book, Chicago, 1995, p. 25-32.
83. Robert A. Floyd D. The effect of peroxides and free radicals on body tissues. *JADA.* 1997; 128: S37-40.
84. Bowles WH, Ugwuneri Z. Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures. *J Endod.* 1987; 13: 375-7.
85. Fuss Z, Szajkis S, Tagger M. Tubular permeability to calcium hydroxide and to bleaching agents. *J Endod.* 1989; 15: 362-4.
86. Kawamoto K, Tsujimoto Y. Effects of the hydroxyl radical and hydrogen peroxide on tooth bleaching. *J Endod.* 2004; 30: 45-50.
87. Sulieman M, Addy M, Rees JS. Development and evaluation of a method in vitro to study the effectiveness of tooth bleaching. *J Dent.* 2003; 31: 415-22.
88. McEvoy SA. Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth. II. Current techniques and their clinical application. *Quintessence Int.* 1989; 20: 379-84.
89. Heithersay GS, Dahlstrom SW, Marin PD. Incidence of invasive cervical resorption in bleached root-filled teeth. *Aust Dent J.* 1994; 39: 82-7.
90. Heithersay GS. Invasive cervical resorption: an analysis of potential predisposing factors. *Quintessence Int.* 1999; 30: 83-95.
91. Arı H, Özcan E, Yıldırım C. Farklı sodyum perborat tiplerinin endodontik olarak tedavi edilmiş ve kompozit ile restore edilmiş dişlerin kırılma direnci üzerine etkisi. *Cumhuriyet Dent J.* 2009; 11: 5-9.
92. Çalışkan K. *Endodontide Tanı ve Tedaviler*. İzmir, Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti., 2006, s57.
93. Rotstein I. Bleaching nonvital and vital discolored teeth. In: *Pathways of The Pulp*, Ed.: S. Cohen, R. C. Burns, 7th Ed., St Louis: Mosby Co., 1998, p. 674.
94. Greenwall-Cohen J, Greenwall LH. The single discoloured tooth: vital and non-vital bleaching techniques. *Br Dent J.* 2019; 226: 839-49.
95. Spasser HF. The walking bleach: 35 years later. *Dent Today.* 1996; 15: 114-6.
96. Prinz JF. A modified stethoscope to assist in the identification of tooth coloured restorations. *Med Sci Law.* 1994; 34: 51-3.
97. Nutting EB, Poe GS. Chemical bleaching of discolored endodontically treated teeth. *Dent Clin North Am.* 1967; 15: 655-62.
98. Holmstrup G, Palm AM, Lambjerg-Hansen H. Bleaching of discoloured root-filled teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1988; 4: 197-201.
99. Rotstein I, Torek Y, Misgav R. Effect of cementum defects on radicular penetration of 30% H2O2 during intracoronary bleaching. *J Endod.* 1991; 17: 230-3.
100. Weiger R, Kuhn A, Löst C. Radicular penetration of hydrogen peroxide during intra-coronal bleaching with various forms of sodium perborate. *Int Endod J.* 1994; 27: 313-7.
101. Boksman L, Jordan RE, Skinner DH. Non-vital bleaching-internal and external. *Aust Dent J.* 1983; 28: 149-53.
102. Muller CJ, Van Wyk CW. The amelo-cemental junction, *J Dent Assoc S Afr.* 1984; 39: 799-802.
103. Steiner DR, West JD. A method to determine the location and shape of an intracoronary bleach barrier. *J Endod.* 1994; 20: 304-6.
104. McInerney ST, Zillich R. Evaluation of internal sealing ability of three materials. *J Endod.* 1992; 18: 376-8.
105. Sakalli B, Basmaci F, Dalmazrak O. Evaluation of the penetration of intracoronary bleaching agents into the cervical region using different intraorifice barriers. *BMC Oral Health.* 2022; 30: 266.
106. Roy D, Katak R, Gogoi S, Seal M. Evaluation of peroxide release during nonvital bleaching using three different coronal barriers: an in vitro study. *J Conserv Dent Endod.* 2024; 27: 920-4.

107. Mair L, Joiner A. The measurement of degradation and wear of three glass ionomers following peroxide bleaching *J Dent*. 2004; 32: 41-5.
108. Oliveira LD, Carvalho CAT, Hilgert E, Bondioli IR, Araujo MA, Valera MC. Sealing evaluation of the cervical base in intracoronal bleaching. *Dent Traumatol*. 2003; 19: 309-13.
109. Rotstein I. Intracoronal bleaching of non-vital teeth. In: *Bleaching Techniques in Restorative Dentistry*, Ed.: L. Greenwall, 1st Ed., London, UK: Martin Dunitz Ltd., 2001, p. 159-72.
110. Harrington GW, Natkin E. External resorption associated with bleaching of pulpless teeth. *J Endod*. 1989; 5: 344-8.
111. Cvek M, Lindvall AM. External root resorption following bleaching of pulpless teeth with oxygen peroxide. *Endod Dent Traumatol*. 1985; 1: 56-60.
112. Trope M. Cervical root resorption. *J Am Dent Assoc*. 1997; 128: S56-9.
113. MacIsaac AM, Hoen CM. Intracoronal bleaching: concerns and considerations. *J Can Dent Assoc*. 1994; 60: 57-64.
114. Friedman S, Komorowski R, Maillet W, Nguyen HQ, Torneck CD. Susceptibility of Nd:YAG laser-irradiated root surfaces in replanted teeth to external inflammatory resorption. *Endod Dent Traumatol*. 1998; 14: 225-31.
115. Heithersay GS. Invasive cervical resorption. *Endod Topics*. 2004; 7: 73-92.
116. Halliwell B, Clement MV, Ramalingam J, Long LH. Hydrogen peroxide. Ubiquitous in cell culture and in vivo. *Life* 2000; 50: 251-7.
117. Carrasco LD, Fröner IC, Corona SAM, Pécora JD. Effect of internal bleaching agents on dentinal permeability of non-vital teeth. *Dent Traumatol*. 2003; 19: 85-9.
118. Clément MV, Ramalingam J, Long LH, Halliwell B. The in vitro cytotoxicity of ascorbate depends on the culture medium used to perform the assay and involves hydrogen peroxide. *Antioxid Redox Signal*. 2001; 3: 157-63.
119. MacIsaac AM, Hoen CM. Intracoronal bleaching: concerns and considerations *J Can Dent Assoc*. 1994; 60: 57-64.
120. Jordan RE, Suzuki M, Davidson DF. Clinical evaluation of a universal dentin bonding resin: preserving dentition through new materials. *Am Dent Assoc*. 1993; 124: 71-6.
121. Demarco FF, Freitas JM, Silva MP, Justino LM. Microleakage in endodontically treated teeth: Influence of calcium hydroxide dressing following bleaching. *Int Endod J*. 2001; 34: 495-500.
122. Settembrini L, Gultz J, Kaim J, Scherer W. A technique for bleaching nonvital teeth: inside/outside bleaching. *J Am Dent Assoc*. 1997; 128: 1283-4.
123. Glockner K, Hulla H, Ebeleseder K, Städtler P. Five-year follow-up of internal bleaching. *Braz Dent J*. 1999; 10: 105-10.
124. Chong HK, Palamara JE, Messer HH. Effect of hydrogen peroxide and sodium perborate on biomechanical properties of human dentin. *J Endod*. 2002; 28: 62-7.
125. Buchalla W, Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser-a systematic review. *Dent Mater*. 2007; 23: 586-96.
126. Pobbe P, Viapiana R, Souza-Gabriel AE, Marchesan MA, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YTC, Silva RG. Coronal resistance to fracture of endodontically treated teeth submitted to light-activated bleaching *J Dent*. 2008; 36: 935-9.
127. Baratieri LN, Ritter AV, Monteiro S, Caldeira de Andrada MA, Cardoso Vieira LC. Nonvital tooth bleaching: guidelines for the clinician. *Quintessence Int*. 1995; 26: 597-608.
128. Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Somma F. Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. 2008; 34: 394-407.
129. Glockner K, Hulla H, Ebeleseder K, Städtler P. Five-year follow-up of internal bleaching *Braz Dent J*. 1999; 10: 105-10.
130. Anitua E, Zabalegui B, Gil J, Gascon F. Internal bleaching of severe tetracycline discolorations: four-year clinical evaluation. *Quintessence Int*. 1990; 21: 783-8.
131. Higashi C, Rauski RD, Gomes JC, Loguercio AD, Reis A. One-year follow-up of non-vital discolored teeth after bleaching with an association of techniques: a case report. *Gen Dent*. 2007; 55: 676-82.
132. Rotstein I. Role of catalase in the elimination of residual hydrogen peroxide following tooth bleaching. *J Endod*. 1993; 19: 567-9.

133. Galvan RR, West LA, Liewehr FR, Pashley DH. Coronal microleakage of five materials used to create an intracoronar seal in endodontically treated teeth. *J Endod*. 2002; 28: 59-61.
134. Feiglin B. A 6-year recall study of clinically chemically bleached teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1987; 63: 610-3.
135. Rotstein I. In vitro determination and quantification of 30% hydrogen peroxide penetration through dentin and cementum during bleaching. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1991; 72: 602-6.
136. Koulaouzido E, Lambrianidis T, Belles P, Lyrourdis Papadopoulos C. Role of cemento-enamel junction on the radicular penetration of 30% hydrogen peroxide during intracanal bleaching in vitro. *Endod Dent Traumatol*. 1996; 12: 146-50.
137. Vachon C, Vanek P, Friedman S. Internal bleaching with 10% carbamide peroxide in vitro. *Pract Periodontics Aesthet Dent*. 1998; 10: 1145-8.
138. Lee GP, Lee MY, Lum SOY, Poh RSC, Kim KC. Extraradikular diffusion of hydrogen peroxide and pH changes associated with intracoronar bleaching of discoloured teeth using different bleaching agents. *Int Endod J*. 2004; 37: 500-6.
139. Gökay O, Zıraman F, Çalı Asal A, Saka OM. Radicular peroxide penetration from carbamide peroxide gels during intracoronar bleaching. *Int Endod J*. 2008; 41: 556-60.
140. Madhu K, Hegde S, Mathew S, Lata D, Bhandi SH, N S. Comparison of radicular peroxide leakage from four commonly used bleaching agents following intracoronar bleaching in endodontically treated teeth - an in vitro study. *J Int Oral Health*. 2013; 5: 49-55.
141. Rokaye ME, Beşr K, Mahram AH, Pedir SS, Baroudi K. Evaluation of extraradikular diffusion of hydrogen peroxide during intracoronar bleaching using different bleaching agents. *Int J Dent*. 2015; 21: E1-7.
142. Zoya A, Tewari RK, Mishra SK, Faisal SM, Ali S, Kumar A, Moin S. Sodium percarbonate as a novel intracoronar bleaching agent: assessment of the associated risk of cervical root resorption. *Int Endod J*. 2019; 52: 701-8.
143. Nathan KB, Nadig RR, Job TV, Nithin PV, Karthik R, Choudary S. Radicular peroxide penetration from different concentrations of carbamide peroxide gel during intracoronar bleaching - an in vitro study. *J Contemp Dent Pract*. 2019; 20: 587-92.