

MODERN DİŞ HEKİMLİĞİNDE MATERYAL BİLİMİ VE KLİNİK UYGULAMALAR



Editör: ELİF ALKAN



BİDGE Yayınları

Modern Diş Hekimliğinde Materyal Bilimi ve Klinik Uygulamalar

Editör: ELİF ALKAN

ISBN: 978-625-8995-76-3

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2026-03-25

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

Modern Diş Hekimliğinde Materyal Bilimi ve Klinik Uygulamalar ile ilgili bölümlerin yer aldığı kitabımızın, meslektaşlarımıza, mesleğe yeni başlayan genç akademisyenlerimize, öğrencilerimize klinik açıdan katkıda bulunmasını diler, kitabın hazırlanmasında makaleleriyle büyük katkıda bulunan değerli yazarlarımıza ve emeği geçen yayın ekibine teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla.

Dr. Öğr. Üyesi ELİF ALKAN
MARMARA ÜNİVERSİTESİ

İÇİNDEKİLER

EKSİLTMEİ VE EKLEMELİ TEKNOLOJİLERLE ÜRETİLEN DENTAL MATERYALLERDE YÜZEY MODİFİKASYONU	1
--	---

HANDE FİLİZ

İNDİREKT ADEZİV RESTORASYONLARDA IMMEDIATE DENTIN SEALING	19
--	----

ERHAN AL

RESTORATİF DİŞ HEKİMLİĞİNDE FLORÜR SALAN MATERYALLERE GÜNCEL BİR BAKIŞ	31
---	----

GÜLBEN ÇOLAK, ÇİLEM BULUT

DİŞ HEKİMLİĞİNDE BEYAZLATMA UYGULAMALARI ..	52
---	----

KEMAL IŞIKLI

BÖLÜM 1

EKSİLTMEİ VE EKLEMELİ TEKNOLOJİLERLE ÜRETİLEN DENTAL MATERYALLERDE YÜZEY MODİFİKASYONU

HANDE FİLİZ¹

Giriş

Son yıllarda dijital teknolojilerin gelişmesi diş hekimliğinde tanı, tedavi planlaması ve restoratif uygulamaların gerçekleştirilme biçimini önemli ölçüde değiştirmiştir (Miyazaki et al., 2009). Özellikle eksiltmeli üretim (CAD-CAM) sistemlerinin klinik uygulamalara entegrasyonu ile restorasyonların üretiminde daha standartlaştırılmış ve öngörülebilir bir üretim süreci sağlanmıştır (Davidowitz & Kotick, 2011; Sulaiman, 2020). Eksiltmeli üretim sistemleri, restorasyonların dijital ortamda tasarlanmasına ve

¹ Uzm. Dt., Mersin Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0002-8100-6871

endüstriyel olarak üretilmiş blok materyallerden yüksek hassasiyetle frezelenmesine olanak tanımaktadır (Miyazaki et al., 2009).

Eksiltmeli üretim teknolojilerine ek olarak eklemeli üretim (üç boyutlu [3B] baskı) teknolojilerinin gelişmesi, dental materyallerin katmanlı üretim prensibine dayalı olarak üretimini mümkün hale getirmiştir (Revilla-León & Özcan, 2019; Javaid & Haleem, 2019). Bu üretim yaklaşımı, kompleks geometrilerin üretimine olanak sağlaması ve üretim sürecinde materyal kaybının azalması gibi avantajlar sunmaktadır (Revilla-León & Özcan, 2019). Bununla birlikte, farklı üretim teknikleri ile elde edilen dental materyallerin yüzey özellikleri ve mekanik performansları arasında farklılıklar olabileceği bildirilmiştir (Stawarczyk et al., 2013; Sulaiman, 2020).

Dental restorasyonların klinik başarısında yüzey özellikleri önemli bir rol oynamaktadır. Yüzey pürüzlülüğünün artması, bakteri adezyonu, plak birikimi ve renklenme gibi klinik problemlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Bollen et al., 1997). Özellikle dijital üretim yöntemleri ile elde edilen restorasyonların yüzey topografisinin üretim tekniğine bağlı olarak değişebileceği ve bu nedenle uygun yüzey modifikasyon yöntemlerinin uygulanmasının restorasyonların klinik performansını iyileştirebileceği bildirilmektedir (Revilla-León & Özcan, 2019; Sulaiman, 2020).

Bu bölümde, eksiltmeli ve eklemeli üretim teknolojileri ile üretilen dental materyallerde yüzey modifikasyonu; yüzey özellikleri, uygulanan modifikasyon yöntemleri ve bu işlemlerin materyallerin klinik performansı üzerindeki etkileri açısından güncel literatür ışığında ele alınacaktır.

Dijital Üretim Teknolojileri

Eksiltmeli Üretim

Eksiltmeli üretim teknolojileri, önceden hazırlanmış blok materyallerin frezeleme işlemi ile istenilen geometriye dönüştürülmesi prensibine dayanmaktadır. Eksiltmeli üretim süreci genellikle klinik verilerin dijital olarak elde edilmesi, restorasyonun bilgisayar ortamında tasarlanması ve bilgisayar kontrollü üretim sistemleri ile frezelenmesi aşamalarından oluşmaktadır (Miyazaki et al., 2009; Davidowitz & Kotick, 2011).

Eksiltmeli üretim teknolojileri sayesinde restoratif materyaller endüstriyel koşullarda yüksek derecede polimerize edilmiş bloklardan üretildiği için materyaller genellikle daha homojen bir yapı ve daha iyi mekanik özellikler göstermektedir (Sulaiman, 2020). Bu durum özellikle rezin kompozit bloklar ve hibrit seramik materyallerde daha homojen yapı ve stabil mekanik özellikler elde edilmesine katkıda bulunmaktadır (Stawarczyk et al., 2013).

Eklemleri Üretim

Eklemleri üretim teknolojileri, nesnelerin katmanlı üretim prensibine dayalı olarak oluşturulmasını sağlayan üretim yöntemleridir. Diş hekimliğinde en yaygın kullanılan eklemeli üretim teknikleri arasında stereolitografi (SLA) ve dijital ışık işleme (DLP) sistemleri yer almaktadır. SLA sistemlerinde lazer ışığı kullanılırken, DLP sistemlerinde projeksiyon temelli ışık kaynakları kullanılmaktadır (Revilla-León & Özcan, 2019).

Eklemleri üretim teknolojileri kompleks geometrilerin üretimine olanak sağlaması ve üretim sürecinde materyal kaybının minimal olması gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Ayrıca aynı üretim platformunda birden fazla restorasyonun aynı anda üretilebilmesi üretim verimliliğini artırmaktadır (Javaid & Haleem, 2019).

Bununla birlikte eklemeli üretim teknolojilerinde restorasyonlar katmanlı üretim prensibi ile oluşturulduğundan yüzeyde katman çizgileri meydana gelebilmektedir. Bu durum restorasyonların yüzey pürüzlülüğünü etkileyebilmekte ve klinik kullanım öncesinde polisaj veya yüzey modifikasyon işlemlerinin uygulanmasını gerektirebilmektedir. Eklemeli üretim teknolojileri, nesnelerin katmanlı üretim prensibine dayalı olarak oluşturulmasını sağlayan üretim yöntemleridir. Diş hekimliğinde en yaygın kullanılan eklemeli üretim teknikleri arasında stereolitografi (SLA)

ve dijital ışık işleme (DLP) sistemleri yer almaktadır. SLA sistemlerinde lazer ışığı kullanılırken, DLP sistemlerinde projeksiyon temelli ışık kaynakları kullanılmaktadır (Revilla-León & Özcan, 2019).

Eklemeli üretim teknolojileri kompleks geometrilerin üretimine olanak sağlaması ve üretim sürecinde materyal kaybının minimal olması gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Ayrıca aynı üretim platformunda birden fazla restorasyonun aynı anda üretilebilmesi üretim verimliliğini artırmaktadır (Javaid & Haleem, 2019). Eklemeli üretim teknolojilerinde restorasyonlar katmanlı üretim prensibi ile oluşturulduğundan yüzey özellikleri üretim sürecinden etkilenebilmektedir. Bu durum restorasyonların yüzey özelliklerini etkileyebilmektedir (Revilla-León & Özcan, 2019). Bu nedenle klinik kullanım öncesinde yüzeyin iyileştirilmesine yönelik polisaj ve yüzey modifikasyon işlemleri uygulanabilmektedir (Lask et al., 2025; Hojo et al., 2025).

Eksiltmeli ve Eklemeli Üretim Teknolojilerinde Kullanılan Dental Materyaller

Dijital üretim teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin çeşitliliği önemli ölçüde artmıştır. Eksiltmeli üretim teknolojilerinde genellikle rezin kompozit bloklar, hibrit seramikler ve polimer infiltre edilmiş seramik materyaller kullanılmaktadır (Sulaiman, 2020; Mainjot et

al., 2016). Rezin bazlı CAD-CAM blok materyaller, yüksek derecede polimerize edilmiş yapıları sayesinde geleneksel direkt rezin kompozitlere kıyasla daha iyi mekanik özellikler ve daha stabil fiziksel davranış göstermektedir (Awada & Nathanson, 2015).

Eksiltmeli üretimde kullanılan materyaller genel olarak cam matrisli seramikler, polikristalin seramikler, polimer bazlı materyaller ve hibrit materyaller olarak sınıflandırılabilir. Özellikle tam seramik ve seramik benzeri materyallerin gelişimiyle birlikte yalnızca estetik ve dayanıklılık değil, aynı zamanda elastik modül, aşınma davranışı ve yüzey işlenebilirliği gibi parametreler de materyal seçiminde önem kazanmıştır (Sulaiman, 2020).

Polimer infiltre edilmiş seramik ağ yapısına sahip materyallerde ise birbirine nüfuz eden seramik ve polimer fazlar bulunmaktadır. Bu iki fazlı yapı sayesinde materyaller, seramiklerin sertliği ile polimerlerin darbe absorbe edebilme özelliğini birlikte sunabilmektedir. Bu materyallerin elastik modül, sertlik ve kırılma tokluğu değerlerinin mine ve dentin arasında yer aldığı ve doğal diş dokusuna benzer aşınma davranışı gösterebildiği bildirilmiştir (Coldea et al., 2013; Mainjot et al., 2016).

Eklemeli üretim teknolojilerinde kullanılan dental materyallerin büyük çoğunluğunu fotopolimer rezinler oluşturmakta olup, bu materyaller kullanım amacına bağlı olarak geçici ve daimi restoratif uygulamalarda kullanılabilmektedir (Yüceer et al., 2025).

Ekllemeli üretim materyallerinin performansı yalnızca kimyasal kompozisyona değil, aynı zamanda üretim parametrelerine de bağlıdır. Özellikle baskı yönü, katman kalınlığı ve post-polimerizasyon işlemleri materyalin yüzey özellikleri, sertliği ve mekanik dayanımı üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (Tahayeri et al., 2018; Alharbi et al., 2016). Bu materyaller klinik kullanım alanlarına göre geçici restorasyon materyalleri, daimi restorasyon materyalleri ile ortodontik ve cerrahi rehber materyalleri olarak sınıflandırılabilir (Revilla-León & Özcan, 2019; Yüceer et al., 2025).

Dijital Üretim Teknolojilerinde Kullanılan Materyallerin Yüzey Özellikleri

Dental restorasyonların klinik başarısını etkileyen temel faktörlerden biri yüzey özellikleridir. Restoratif materyalin yüzey karakteri yalnızca estetik görünümü değil, aynı zamanda biyolojik uyumu, plak retansiyonunu ve uzun dönem klinik performansını da belirlemektedir. Bu nedenle restoratif materyallerin yüzey özelliklerinin değerlendirilmesi materyalin klinik başarısının öngörülmesinde önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir. Yüzey pürüzlülüğü dental materyallerde en sık incelenen yüzey parametrelerinden biridir. Yüzey pürüzlülüğünün artması plak birikimi, bakteri adezyonu ve ekstrinsik renklenme riskini artırabilmektedir. Literatürde belirli eşik değerlerin üzerindeki yüzey düzensizliklerinin bakteriyel kolonizasyon açısından daha

elverişli bir ortam oluşturduğu bildirilmiştir (Bollen et al., 1997). Bu nedenle restoratif materyallerin mümkün olduğunca düşük yüzey przllğne sahip olması periodontal sağlık ve restorasyonun estetik devamlılığı açısından önem taşımaktadır (Stawarczyk et al., 2013).

Dijital retim yöntemleri ile elde edilen restorasyonların yüzey topografisi üretim tekniğine bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Özellikle eklemeli üretim ile hazırlanan restorasyonlarda, katmanlı üretim sürecine bağlı olarak yüzey özelliklerinde farklılıklar ortaya çıkabilmektedir (Revilla-Len & zcan, 2019; Tahayeri et al., 2018).

Yüzey zelliklerinin değerlendirilmesinde przllğn yanı sıra yüzey sertliği de önemli bir parametredir. Yüzey sertliği materyalin aşınma direnci ve mekanik stabilitesi ile ilişkilidir. Özellikle dijital olarak üretilmiş rezin materyallerde polimerizasyon derecesi, monomer yapısı ve üretim sonrası uygulanan işlemler yüzey sertliğini doğrudan etkileyebilmektedir (Stawarczyk et al., 2013; Münchow et al., 2014).

Yüzey zellikleri aynı zamanda restoratif materyallerin optik performansını da etkilemektedir. Daha düzgün yüzeyler genellikle daha yüksek parlaklık değerleri göstermekte ve restorasyonun doğal diş dokusuna benzer optik özellikler sergilemesine katkıda bulunmaktadır. Buna karşılık yüzey przllğnn artması ışığın

düzensiz saçılmasına neden olarak parlaklığın azalmasına yol açabilmektedir (Jefferies, 2007; Sulaiman, 2020).

Bunlara ek olarak yüzey özellikleri restoratif materyallerin renk stabilitesini de etkileyebilmektedir. Pürüzlü yüzeyler pigmentlerin tutulmasına daha yatkın olduğundan yüzey düzensizlikleri arttıkça renk değişimi eğilimi de artabilmektedir. Bu nedenle dental materyallerde yüzey bütünlüğünün korunması uzun dönem estetik başarı açısından önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Lask et al., 2025).

Yüzey Modifikasyon Yöntemleri

Dijital üretim teknolojileri ile elde edilen dental restorasyonların yüzey özellikleri üretim yöntemi ve materyal kompozisyonuna bağlı olarak değişebilmektedir (Sulaiman, 2020). Üretim sürecinde ortaya çıkan mikro düzensizliklerin giderilmesi ve restorasyon yüzeyinin klinik kullanıma uygun hale getirilmesi amacıyla çeşitli yüzey modifikasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemler yüzey pürüzlülüğünü azaltmayı ve estetik görünümü iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Stawarczyk et al., 2013).

Polisaj Protokolleri

Polisaj protokolleri restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğünü azaltmak ve yüzey parlaklığını artırmak amacıyla uygulanan en yaygın yüzey modifikasyon yöntemlerinden biridir.

Uygun polisaj protokollerinin uygulanması yüzeyde oluşan mikro düzensizliklerin giderilmesine ve daha düzgün bir yüzey elde edilmesine katkı sağlamaktadır (Ergücü & Türkün, 2007). Polisaj protokolleri genellikle tek aşamalı ve çok aşamalı sistemler olarak sınıflandırılmaktadır. Çok aşamalı sistemlerde farklı abrasiv partikül boyutlarına sahip diskler veya lastikler ardışık olarak kullanılırken, tek aşamalı sistemlerde tek bir polisaj aracı ile yüzey işlemi gerçekleştirilmektedir (Jefferies, 2007). Literatürde yapılan çalışmalar, uygun polisaj işlemlerinin rezin bazlı restoratif materyallerde yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde azaltabildiğini göstermektedir. Bununla birlikte kullanılan polisaj sistemi ve materyalin kompozisyonu elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerini etkileyebilmektedir (Stawarczyk et al., 2013).

Yüzey Örtücüler

Yüzey örtücüler, rezin bazlı restorasyonlarda yüzey bütünlüğünü korumak ve aşınma, yüzey defektleri, parlaklık kaybı, marjinal renklenme ve lekelenme gibi klinik sorunları azaltmak amacıyla geliştirilmiştir (Halis et al., 2022). Bu düşük viskoziteli materyaller, restorasyon yüzeyindeki mikroskobik düzensizliklere nüfuz ederek ince bir koruyucu film tabakası oluşturmaktadır (Hojo et al., 2025). Bu sayede yüzey degradasyonunun azaltılması ve kompozit materyallerin optik özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenmektedir (Korkut et al., 2022). Yüzey örtücü uygulamalarının yüzey morfolojisi ve optik özellikler üzerinde

anlamlı değişiklikler oluşturduğu bildirilmiştir (Lask et al., 2025; Hojo et al., 2025). Uygulama sonrasında çoğu örtücünün yüzey pürüzlülüğünü azalttığı ve parlaklığı artırdığı, böylece özellikle eklemeli üretim sürecinde oluşan yüzey düzensizliklerinin kapatılmasına katkı sağladığı gösterilmiştir (Hojo et al., 2025; Sismanoğlu, 2026). Bununla birlikte, örtücü materyallerin performansının formölasyon ve kimyasal kompozisyona bağlı olarak değişiklik gösterebildiği ifade edilmektedir (Korkut, 2020).

Kumlama ve Mekanik Yüzey İşlemleri

Kumlama, restoratif materyallerin yüzeyinde mikro retansiyon oluşturmak amacıyla uygulanan mekanik yüzey işlemlerinden biridir. Bu işlem sırasında yüksek basınç altında uygulanan abrazyon partikülleri, materyal yüzeyinde mikroskobik düzensizlikler oluşturarak yüzey alanını artırmakta ve adeziv bağlanma için uygun bir mikroretansif yapı sağlamaktadır (Blatz et al., 2003). Kumlama işlemi özellikle adeziv bağlantının güçlendirilmesi amacıyla seramik ve rezin bazlı restoratif materyallerde sıklıkla uygulanmaktadır. Bununla birlikte, uygulanan partikül boyutu ve basınç değerlerinin materyalin yüzey özellikleri ve bağlanma performansı üzerinde önemli etkileri olabileceği bildirilmektedir (Blatz et al., 2003; Kern, 2014).

Kimyasal Yüzey Modifikasyonları

Kimyasal yüzey işlemleri restoratif materyaller ile adeziv sistemler arasındaki bağlantıyı güçlendirmek amacıyla uygulanmaktadır. Bu işlemler arasında silanizasyon ve adeziv sistem uygulamaları yer almaktadır. Silan ajanları özellikle silika içeren materyallerde kimyasal bağ oluşumunu destekleyerek adeziv bağlantı dayanımının artırılmasına katkıda bulunmaktadır. Silan molekülleri materyal yüzeyindeki hidroksil grupları ile reaksiyona girerek siloksan bağları oluşturabilmektedir (Matinlinna & Vallittu, 2007). Kimyasal yüzey modifikasyonlarının uygulanması restorasyonların adeziv bağlantı dayanımını artırarak restoratif tedavilerin klinik performansını olumlu yönde etkileyebilmektedir (Kern, 2014).

Sonuç

Dijital üretim teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin üretim yöntemleri ve çeşitliliği artmıştır. Eksiltmeli ve eklemeli üretim teknolojileri restoratif uygulamalarda yüksek doğruluk ve üretim verimliliği sağlamaktadır. Ancak bu iki yöntem farklı üretim prensiplerine sahip olduğundan restorasyonların yüzey özellikleri materyal yapısı ve üretim tekniğine bağlı olarak değişebilmektedir. Eksiltmeli üretim ile hazırlanan materyaller daha homojen yapı gösterirken, eklemeli üretim materyallerinde katmanlı üretim nedeniyle yüzey düzensizlikleri daha belirgin olabilmektedir. Bu nedenle yüzey modifikasyon işlemleri klinik performans açısından kritik öneme

sahiptir. Sonuç olarak, yüzey modifikasyon yöntemleri materyal türü ve üretim tekniğine göre seçilmelidir.

Kaynakça

- Alharbi, N., Osman, R. B., & Wismeijer, D. (2016). Effects of build direction on the mechanical properties of 3D-printed complete coverage interim dental restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(6), 760–767.
- Awada, A., & Nathanson, D. (2015). Mechanical properties of resin-ceramic CAD-CAM restorative materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(4), 587–593.
- Blatz, M. B., Sadan, A., & Kern, M. (2003). Resin-ceramic bonding: A review of the literature. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 89(3), 268–274.
- Bollen, C. M., Lambrechts, P., & Quirynen, M. (1997). Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature. *Dental Materials*, 13(4), 258–269.
- Coldea, A., Swain, M. V., & Thiel, N. (2013). Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dental Materials*, 29(4), 419–426.
- Davidowitz, G., & Kotick, P. G. (2011). The use of CAD/CAM in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 55(3), 559–570.
- DeLong, R. (2006). In vitro wear testing of dental materials: Review, discussion, and current status. *Journal of Dentistry*, 34(9), 615–622.
- Ergücü, Z., & Türkün, L. Ş. (2007). Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. *Operative Dentistry*, 32(2), 185–192.

- Gale, M. S., & Darvell, B. W. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*, 27(2), 89–99.
- Halis, G., Koroğlu, A., Şahin, O., Dede, D. Ö., & Yılmaz, B. (2022). Effect of simulated toothbrushing on surface roughness of sealant agent coupled nanohybrid composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(6), 907–914.
- Hojo, F., Martins, T., Vieira-Junior, W., França, F., Turssi, C., & Basting, R. (2025). Coating agents for resin composites: Effect on color stability, roughness, and surface micromorphology subjected to brushing wear. *Operative Dentistry*, 50(1), 101–114.
- Javaid, M., & Haleem, A. (2019). Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 9(3), 179–185.
- Jefferies, S. R. (2007). The art and science of polishing. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 379–397.
- Kern, M. (2014). Bonding to oxide ceramics—Laboratory testing versus clinical outcome. *Journal of Adhesive Dentistry*, 16(1), 8–14.
- Korkut, B. (2020). Colorimetric assessment of surface sealants for discoloration of a nanofilled resin composite. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 10(4), 448–453.
- Korkut, B., Bud, M., Kukey, P., & Sancaklı, H. S. (2022). Effect of surface sealants on color stability of different resin composites. *Medicine and Pharmacy Reports*, 95(1), 71–76.
- Lask, M., Mayinger, F., Reymus, M., Meinen, J., & Stawarczyk, B. (2025). Impact of glazing, coating, and polishing on the color stability and surface properties of a 3D printed resin and two veneering composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 37(7), 1814–1826.

- Mainjot, A. K., Dupont, N. M., Oudkerk, J. C., Dewael, T. Y., & Sadoun, M. J. (2016). From artisanal to CAD-CAM blocks: State of the art of indirect composites. *Journal of Dental Research*, 95(5), 487–495.
- Matinlinna, J. P., & Vallittu, P. K. (2007). Silane based concepts on bonding resin composite to metals. *Dental Materials*, 23(4), 479–488.
- Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S., & Tamaki, Y. (2009). A review of dental CAD/CAM: Current status and future perspectives. *Dental Materials Journal*, 28(1), 44–56.
- Münchow, E. A., Correa, M. B., Ogliari, F. A., Piva, E., & Zanchi, C. H. (2014). Correlation between surface roughness and microhardness of experimental composites with varying filler concentration. *Operative Dentistry*, 39(3), E71–E80.
- Revilla-León, M., & Özcan, M. (2019). Additive manufacturing technologies used for processing polymers: Current status and potential application in prosthetic dentistry. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), 146–158.
- Sismanoğlu, S. (2026). Color and surface properties of conventional, injectable, and 3D-printed resin composites for anterior restorations: Influence of a surface sealant. *Odontology*. Advance online publication.
- Stawarczyk, B., Özcan, M., Trottman, A., Schmutz, F., Roos, M., & Hämmerle, C. H. F. (2013). Two-body wear rate of CAD/CAM resin blocks and their enamel antagonists. *Dental Materials*, 29(2), e21–e29.
- Sulaiman, T. A. (2020). Materials in digital dentistry: A review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(2), 171–181.
- Tahayeri, A., Morgan, M. C., Fugolin, A. P., Bompolaki, D., Athirasala, A., Pfeifer, C. S., et al. (2018). 3D printed versus conventionally

cured provisional crown and bridge dental materials. *Dental Materials*, 34(2), 192–200.

Yüceer, Ö. M., Kaynak Öztürk, E., Çiçek, E. S., Aktaş, N., & Bankoğlu GÜngör, M. (2025). Three-dimensional-printed photopolymer resin materials: A narrative review on their production techniques and applications in dentistry. *Polymers*, 17(3), 316.

BÖLÜM 2

İNDİREKT ADEZİV RESTORASYONLARDA IMMEDIATE DENTIN SEALING

Erhan AL¹

Giriş

İndirekt adeziv restorasyonların (seramik veya kompozit inlay/onlay/overlay, endokron ve adeziv parsiyel kuronlar gibi) uzun dönem başarısı; marjinal sızdırmazlık, restorasyon–diş ara yüzünün dayanıklılığı, biyolojik uyum ve hasta konforu gibi birbiriyle ilişkili hedeflere dayanır (Al-Dabbagh, 2021; Edelhoff vd., 2019). Preparasyon sırasında dentinin açığa çıkması, tübüllerin dış ortamla iletişimini artırarak hem hassasiyet açısından hem de adeziv bağlanmanın öngörülebilirliği açısından kritik bir kırılma noktası yaratır (Brännström vd., 1967; Magne vd., 2005). Klinik pratikte dentin yüzeyine bağlanma işlemi çoğu zaman simantasyon esnasında yapılır; ancak simantasyon günü, izolasyonun zorlaşabildiği, çalışma alanının sınırlı olduğu ve kontaminasyon riskinin arttığı bir zaman dilimidir (Magne vd., 2005; Qanungo vd., 2016). Buna ek olarak, geçici restorasyon ve ölçü süreçleri sırasında

¹ Araştırma Görevlisi, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Orcid: 0009-0008-9436-2681

dentin yüzeyi tükürük, kan, ölçü materyalleri, geçici simanlar ve çeşitli temizlik ajanlarıyla temas eder ve bu temas, dentin yüzeyinin kimyasal ve mikromorfolojik özelliklerini değiştirerek adeziv performansı etkileyebilir (Bachmann vd., 1997; Magne & Nielsen, 2009).

IDS, bu problemin çözümünü dentin sızdırmazlığını “daha erken ve daha kontrollü” bir zamanda sağlamada arar (Magne vd., 2005; Qanungo vd., 2016; Samartzi vd., 2021). Yani dentin yüzeyi, preparasyon tamamlanır tamamlanmaz ve henüz kontaminasyona uğramamışken adeziv sistem ile hibritize edilerek polimerize edilir. Böylece simantasyon esnasında dentin, çıplak bir yüzey olmaktan çıkar, rezinle kaplanmış, daha stabil ve daha az geçirgen bir bariyer haline gelir (Magne vd., 2005; Stavridakis vd., 2005).

Literatürde IDS, sıklıkla “rezin kaplama” (resin coating) yaklaşımıyla birlikte anılır. Bazı protokollerde yalnızca adeziv tabaka bırakılırken, bazı protokollerde polimerize adeziv üzerine ince bir akışkan kompozit tabakası eklenerek daha homojen ve mekanik olarak daha dayanıklı bir ara katman elde edilmeye çalışılır (Magne vd., 2005; Qanungo vd., 2016).

Immediate Dentin Sealing Nedir

IDS, preparasyon sonrası açığa çıkan dentinin, geçici restorasyon yapılmadan ve ölçü alınmadan önce bir adeziv sistem ile hibritize edilerek polimerize edilmesi ve böylece dentin yüzeyinin “rezin ile kaplanması” olarak tanımlanabilir. Literatürde IDS çoğu zaman “rezin kaplama” (resin coating) konseptiyle birlikte anılır (Qanungo vd., 2016; Samartzi vd., 2021). Rezinin yalnızca adeziv tabaka şeklinde uygulanması veya üzerine ince bir akışkan kompozit (flowable) katmanı eklenmesi protokoller arasında değişebilir (Magne vd., 2005; Qanungo vd., 2016). Bu ikinci yaklaşım, polimerize adeziv tabakanın daha homojen bir yüzeye dönüştürülmesini, oksijen inhibisyon tabakasının daha kontrollü

yönetimini ve simantasyon randevusunda mikromekanik tutunmaya daha elverişli bir ara yüz oluşturmayı amaçlar (Magne & Nielsen, 2009; Samartzi vd., 2021).

IDS'nin temel ayrımı, dentin sızdırmazlığının simantasyon gününe bırakılmamasıdır. Dolayısıyla IDS, indirekt restorasyonun adeziv simantasyonu öncesinde gerçekleştirilen bir “ön adezyon” adımı olarak düşünülebilir (Qanungo vd., 2016; Samartzi vd., 2021).

Immediate Dentin Sealingin Biyolojik ve Mekanik Dayanağı

IDS'nin biyolojik gerekçesi, dentin tübüllerinin erken dönemde kapatılması ve bunun pulpa–dentin kompleksini dış uyaranlardan kısmen izole etmesidir (Brännström vd., 1967; Magne vd., 2005). Dentin tübüllerinin açık kalması, hidrodinamik mekanizma üzerinden postoperatif hassasiyetle ilişkilendirilir. Preparasyon sonrası dentinin rezinle kaplanması, tübüler permeabilityyi azaltarak sıvı hareketlerini sınırlayabilir ve bu yolla hassasiyet riskini azaltabilir. Bu etki, geniş dentin maruziyeti olan parsiyel restorasyonlarda hasta konforu açısından özellikle önem kazanır (Josic vd., 2022; Magne vd., 2005).

Mekanik açıdan bakıldığında IDS, dentin–rezin ara yüzünün en uygun koşullarda oluşturulmasını amaçlar (Magne vd., 2005; Stavridakis vd., 2005). Preparasyon randevusu, operatörün adeziv uygulamaya daha fazla odaklanabildiği, saha kontrolünün görece daha kolay olduğu bir süreçtir. Dentin yüzeyinin uygun şekilde şartlandırılması, adezivin yeterli penetrasyonu, solventin doğru uzaklaştırılması ve polimerizasyonun etkinliği, hibrit tabakanın kalitesini belirler (De Munck vd., 2005; Van Meerbeek vd., 2011). IDS'nin gecikmiş dentin sızdırmazlığına kıyasla daha yüksek mikrogerilim bağ dayanımı sağlayabildiği ve gecikmiş restorasyon yerleştirmeyi destekleyebildiği deneysel çalışmalarla gösterilmiştir (Duarte vd., 2009; Magne vd., 2005; Stavridakis vd., 2005). Bununla birlikte bu potansiyel avantaj, yalnızca yüzeyin kontaminasyondan

korunması ve simantasyon günü uygun şekilde yeniden aktive edilmesiyle gerçekleşir (Bachmann vd., 1997; Stavridakis vd., 2005).

Immediate Dentin Sealing Endikasyonları

IDS, özellikle indirekt adeziv restorasyonlarda yaygın olarak gündeme gelir (Qanungo vd., 2016). Seramik veya indirekt kompozit inlay/onlay/overlay restorasyonlar, endokronlar ve adeziv parsiyel kuronlar; geniş dentin maruziyeti ve yüksek ara yüz kalitesi ihtiyacı nedeniyle IDS'den en fazla yarar görebilecek uygulamalardır (Al-Dabbagh, 2021; Edelhoff vd., 2019). Ayrıca postoperatif hassasiyet riskinin yüksek olduğu derin kavitelere veya dentin tübüllerinin yoğun olduğu bölgelerde IDS, biyolojik açıdan koruyucu bir adım olarak değerlendirilebilir (Josic vd., 2022).

Bununla birlikte IDS her koşulda uygulanabilir bir yöntem değildir. En önemli sınırlayıcı faktör izolasyondur. Rubber dam ile etkin izolasyonun sağlanamadığı, gingival kanamanın kontrol edilemediği veya subgingival marjinlerin bulunduğu vakalarda adeziv prosedürün güvenilir biçimde yürütülmesi zorlaşır (Perdigão vd., 2014; Van Meerbeek vd., 2011). IDS'nin bir diğer zayıf halkası, geçici restorasyon ve ölçü süreçleriyle olan etkileşimidir (Stavridakis vd., 2005). Oksijen inhibisyon tabakasının ölçü materyallerini etkileyebilmesi, geçici siman kalıntılarının yüzeyde film tabakası bırakabilmesi veya geçicinin sökümü sırasında rezin bariyerin mekanik olarak hasar görmesi gibi riskler, yöntemin avantajlarını sınırlayabilir (Bachmann vd., 1997; Stavridakis vd., 2005). Bu nedenle IDS'nin klinikte bir “varsayılan” adım değil, olgu seçimi ve iş akışı planlamasıyla birlikte ele alınması gereken bir protokol olduğu vurgulanmalıdır (Qanungo vd., 2016).

Materyal Seçimi ve Adeziv Stratejiler

IDS’de kullanılacak adeziv sistemin seçimi, hem dentin şartlandırma stratejisini hem de simantasyon gününde kullanılacak rezin simanla uyumu belirler (Perdigão vd., 2014; Van Meerbeek vd., 2011). Total-etch (etch-and-rinse) yaklaşımlar, fosforik asit ile dentinin demineralize edilmesini ve ardından adezivin infiltrasyonunu içerir. Bu yaklaşım yüksek bağ dayanımı potansiyeline sahip olmakla birlikte dentin nem yönetimi açısından teknik hassasiyet gerektirir (De Munck vd., 2005; Van Meerbeek vd., 2011). Aşırı kurutma kollajen ağının çökmesine, aşırı ıslak bırakma ise adezivin dilüe olmasına ve daha geçirgen bir ara yüz oluşmasına yol açabilir (De Munck vd., 2005; Van Meerbeek vd., 2011). Self-etch stratejilerde ise demineralizasyon ve infiltrasyon eş zamanlı ilerler; bu durum bazı klinisyenler tarafından daha “tahmin edilebilir” bir performansla ilişkilendirilir (Van Meerbeek vd., 2011). Mine marjinin bulunduğu olgularda selektif mine asitleme, self-etch sistemlerin mineye bağlanma kapasitesini güçlendirmek için sık tercih edilen bir tamamlayıcı adımdır (Cuevas-Suárez, 2019; Perdigão vd., 2014).

Universal adezivler, farklı modlarda kullanılabilmesi nedeniyle IDS’de pratik avantajlar sağlar; ancak simantasyon gününde seçilecek rezin simanın polimerizasyon tipi (ışıkla, dual-cure veya kimyasal) ve adezivin kimyasal yapısı birlikte değerlendirilmelidir (Cuevas-Suárez, 2019; Perdigão vd., 2014). Özellikle dual-cure simanlarda kimyasal başlatıcılarla bazı adeziv bileşenlerinin etkileşimleri, klinik protokol seçiminde belirleyici olabilir. Bu noktada üretici talimatlarına uyum ve sistemler arası uyumluluğun gözden geçirilmesi önem taşır (Perdigão vd., 2014; Van Meerbeek vd., 2011).

IDS’nin “rezin kaplama” boyutunda, polimerize adeziv tabakasının üzerine ince bir akışkan kompozit katmanı eklenmesi

bazı protokollerde önerilir (Qanungo vd., 2016). Bu ek tabaka, daha uniform bir yüzey sağlayarak ölçü ve geçici restorasyon sırasında mekanik hasara karşı koruma sunabilir ve simantasyon gününde yüzeyin pürüzlendirilmesi için daha elverişli bir substrat yaratabilir (Magne vd., 2005). Buna karşın, katmanın kontrolsüz uygulanması preparasyon hacmini azaltarak restorasyonun oturmamasına veya siman boşluğunun istenmeyen şekilde değişmesine neden olabilir. Dolayısıyla bu adım, özellikle marjin bölgelerinde “en ince katman” hedefiyle yürütülmelidir (Qanungo vd., 2016; Stavridakis vd., 2005).

Preparasyondan Simantasyona IDS

IDS’nin klinik iş akışı, preparasyon randevusu ile simantasyon randevusunu bir bütün olarak ele alır (Magne vd., 2005; Qanungo vd., 2016). Preparasyon tamamlandığında ilk hedef, dentin yüzeyini kontaminasyondan koruyacak şekilde adeziv uygulamayı gerçekleştirmektir (Magne vd., 2005; Stavridakis vd., 2005). Bu aşamada ideal izolasyon rubber dam ile sağlanır (Perdigão vd., 2014). Yüzey temizliği, debris ve kontaminantların uzaklaştırılması için önemlidir; ancak dentinin aşırı kurutulması adeziv performansı olumsuz etkileyebileceğinden, kontrollü nem yönetimi esastır (De Munck vd., 2005; Van Meerbeek vd., 2011). Mine marjinin bulunduğu olgularda selektif mine asitleme yapılacaksa, asidin dentine taşmamasına özen gösterilir, ardından yıkama ve kontrollü kurutma ile adeziv uygulamasına geçilir (Cuevas-Suárez, 2019; Perdigão vd., 2014).

Adeziv uygulama aşamasında, üretici talimatlarının özellikle solvent buharlaştırma ve ışıkla polimerizasyon adımları kritik önem taşır (De Munck vd., 2005; Van Meerbeek vd., 2011). Yetersiz solvent uzaklaştırılması, daha geçirgen ve zayıf bir adeziv film tabakasına yol açabilir. Polimerizasyon sonrası yüzeyde kalan oksijen inhibisyon tabakası, bir yandan rezinler arası kimyasal

bağlanma için potansiyel bir avantaj sağlayabilirken, diğer yandan ölçü materyalleriyle etkileşime girerek istenmeyen sorunlar yaratabilir (Magne & Nielsen, 2009). IDS ile rezin kaplanmış yüzeyler ile ölçü materyalleri arasındaki etkileşimler deneysel olarak rapor edilmiş; hava ile kurutma ve pomza ile temizleme gibi adımların bazı ölçü materyalleriyle uyumu artırabildiği, bazı materyallerin ise bu protokolle dahi sorun çıkarabildiği bildirilmiştir (Bachmann vd., 1997; Magne & Nielsen, 2009). Klinik pratikte yüzeyin gliserin jel ile kapatılıp ek ışınlatma yapılması veya çok ince bir akışkan kompozit tabakasıyla yüzeyin kaplanması gibi yöntemlerle bu tabakanın etkisi azaltılabilir (Magne & Nielsen, 2009).

IDS sonrası marjin bölgelerinde taşkın rezin veya kalınlaşmalar varsa, restorasyonun oturmasını engellememesi için dikkatli bir bitim gerekir. Buradaki hedef, dentin üzerindeki rezin bariyeri tamamen kaldırmak değil; yalnızca restoratif uyumu bozacak fazlalıkları uzaklaştırmaktır (Stavridakis vd., 2005). Takiben ölçü veya intraoral tarama alınır ve geçici restorasyon hazırlanır (Qanungo vd., 2016). Geçici restorasyonun amacı, dokuları korumak, dişin pozisyonunu ve oklüzyonu sürdürmek ve hastaya konfor sağlamaktır; ancak geçici siman ve geçici materyal seçimi IDS yüzeyiyle uyumlu olmalı, yüzeyde kalıntı bırakma ve aşırı tutunma riskini artırmamalıdır (Bachmann vd., 1997; Stavridakis vd., 2005).

Simantasyon randevusunda en kritik adım, IDS ile kaplanmış dentin yüzeyinin kontaminasyonlardan arındırılması ve rezin simanla bağlanmaya uygun şekilde yeniden aktive edilmesidir (Stavridakis vd., 2005). Geçici restorasyon uzaklaştırıldıktan sonra yüzeyde geçici siman kalıntısı kalması, bağlanmayı olumsuz etkileyebilecek film tabakaları oluşturabilir (Bachmann vd., 1997; Stavridakis vd., 2005). Bu nedenle mekanik temizlik ve gerekli görüldüğünde kontrollü yüzey pürüzlendirme yöntemleri

uygulanabilir (Bachmann vd., 1997; Stavridakis vd., 2005). Buradaki amaç, IDS tabakasını tümüyle kaldırmak değil; rezin siman için taze, temiz ve reaktif bir yüzey elde etmektir (Qanungo vd., 2016). Ardından restorasyonun iç yüzey işlemleri materyale göre tamamlanır: seramiklerde uygun asitleme ve silanizasyon; indirekt kompozitlerde kumlama, silan veya uygun yüzey ajanları gibi. Son aşamada adeziv simantasyon gerçekleştirilir ve oklüzyon, marjinler ve konturlar kontrol edilerek restorasyon bitirilir (Qanungo vd., 2016; Stavridakis vd., 2005).

Komplikasyonlar ve Başarısızlık Nedenleri

IDS protokolünde başarısızlığa yol açabilecek problemler çoğunlukla kontaminasyon ve ara yüz yönetimi etrafında toplanır (Bachmann vd., 1997; Stavridakis vd., 2005). Geçici siman kalıntıları ve tükürük/kan kontaminasyonu, simantasyon gününde “rezin-kontamine rezin” ara yüzü oluşmasına neden olarak bağ dayanımını düşürebilir (Bachmann vd., 1997; Stavridakis vd., 2005). Bu nedenle geçici restorasyon söküldüğünde yüzey temizliğinin bir rutin hâline getirilmesi, klinik başarının temel koşullarından biridir. Ölçü materyalleriyle ilgili sorunlar ise genellikle oksijen inhibisyon tabakasının uygun yönetilmemesinden kaynaklanır; ölçü materyalinin polimerizasyonunun etkilenmesi veya ölçünün yüzeye yapışması gibi problemler, IDS sonrası yüzeyin ek polimerizasyonla stabilizasyonu veya ince rezin kaplama gibi önlemlerle azaltılabilir (Magne & Nielsen, 2009).

Bir diğer klinik risk, IDS ile eklenen rezin katmanların preparasyon geometrisini değiştirmesidir. Özellikle marjin bölgelerinde kontrolsüz kalınlık, restorasyonun tam oturmasına yol açabilir (Stavridakis vd., 2005). Bu nedenle katman kalınlığının minimal tutulması, taşkınların büyütülmeden uzaklaştırılması ve prova aşamalarında yüzeyin dikkatle izlenmesi önerilir (Qanungo vd., 2016; Stavridakis vd., 2005). Ayrıca geçici restorasyonun

sökümü veya prova sırasında yüzeyin mekanik olarak hasar görmesi, simantasyon sırasında boşluk veya kalın siman filmi oluşmasına neden olabilir. Bu tür durumlarda yüzeyin yeniden aktivasyonu, gerektiğinde kontrollü tazeleme ve adeziv protokolün tekrar değerlendirilmesi önem taşır (Qanungo vd., 2016; Samartzi vd., 2021).

SONUÇ

IDS ile ilgili çalışmalarda genel eğilim, uygun protokoller uygulandığında IDS'nin bağ dayanımı ve marjinal adaptasyon üzerinde olumlu etkiler gösterebileceği yönündedir (Duarte vd., 2009; Samartzi vd., 2021). Klinik sonuçlara odaklanan daha güncel sentez çalışmalarda ise IDS uygulanan indirekt restorasyonlarda komplikasyon oranlarının azalabileceği ve sağkalım/başarı oranlarının artabileceği rapor edilmiştir (Moghaddas vd., 2026). Bununla birlikte postoperatif hassasiyet açısından klinik çalışmaların meta-analizinde, IDS ile gecikmiş dentin sızdırmazlığı arasında belirgin bir fark saptanmadığı ve kanıt düzeyinin sınırlı olabileceği de bildirilmiştir (Josic vd., 2022). Elde edilen sonuçların; kullanılan adeziv sistem (self-etch, total-etch veya universal), rezin kaplama uygulanıp uygulanmaması, simantasyon simanının tipi (ışıkla veya dual-cure), geçici restorasyon süresi ve simantasyon gününde yüzeyin nasıl yeniden aktive edildiği gibi değişkenlere bağlı olarak farklılaşabildiği unutulmamalıdır (Perdigão vd., 2014; Qanungo vd., 2016; Van Meerbeek vd., 2011). Bu nedenle IDS, tek bir “ürün seçimi” meselesi değil, preparasyon randevusundan simantasyona uzanan ve iki randevuya yayılan bir klinik protokol yönetimi olarak anlaşılmalıdır (Samartzi vd., 2021).

IDS'nin en önemli katkısı, dentin sızdırmazlığını simantasyon gününün değişkenliklerinden mümkün olduğunca bağımsız hâle getirmesidir (Magne vd., 2005; Qanungo vd., 2016). Bu yönüyle IDS, indirekt adeziv restorasyonlarda dentin yüzeyini

erken dönemde stabilize eden ve klinisyene daha öngörülebilir bir ara yüz sunmayı amaçlayan rasyonel bir yaklaşımdır (Samartzi vd., 2021). Bununla birlikte klinik zaman yönetimi, ölçü süreçleriyle uyum ve operatörün protokole hâkimiyeti gibi faktörler, yöntemin gerçek dünyadaki başarısını belirler (Perdigão vd., 2014). Etkin izolasyon, oksijen inhibisyon tabakasının uygun yönetimi, geçici restorasyon sürecinde kontaminasyonun en aza indirilmesi ve simantasyon randevusunda yüzeyin temizlenip yeniden aktive edilmesi sağlandığında, IDS'nin ara yüz kalitesinin iyileştirilmesi açısından indirekt adeziv restorasyonlara anlamlı katkı sunması beklenir; buna karşın izolasyonun yetersiz olduğu veya ara yüz kontrolünün sağlanamadığı koşullarda potansiyel avantajlar kolaylıkla kaybolabilir (Josic vd., 2022; Magne & Nielsen, 2009; Stavridakis vd., 2005).

Kaynakça

- Al-Dabbagh, R. A. (2021). Survival and success of endocrowns: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(3), 415.e1-415.e9. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.01.011>
- Bachmann, M., Paul, S. J., Luthy, H., & Scharer, P. (1997). Effect of cleaning dentine with soap and pumice on shear bond strength of dentine-bonding agents. *Journal of Oral Rehabilitation*, 24(6), 433-438. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.1997.00110.x>
- Brännström, M., Lindén, L. Å., & Åström, A. (1967). The Hydrodynamics of the Dental Tubule and of Pulp Fluid. *Caries Research*, 1(4), 310-317. <https://doi.org/10.1159/000259530>
- Cuevas-Suárez, c. (2019). Bonding Performance of Universal Adhesives: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 21(1), 7-26. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a41975>

De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., & Van Meerbeek, B. (2005). A Critical Review of the Durability of Adhesion to Tooth Tissue: Methods and Results. *Journal of Dental Research*, 84(2), 118-132. <https://doi.org/10.1177/154405910508400204>

Duarte, S., De Freitas, C. R. B., Saad, J. R. C., & Sadan, A. (2009). The effect of immediate dentin sealing on the marginal adaptation and bond strengths of total-etch and self-etch adhesives. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 102(1), 1-9. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)00073-0](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)00073-0)

Edelhoff, D., Güth, J. F., Erdelt, K., Brix, O., & Liebermann, A. (2019). Clinical performance of occlusal onlays made of lithium disilicate ceramic in patients with severe tooth wear up to 11 years. *Dental Materials*, 35(9), 1319-1330. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.06.001>

Josic, U., Sebold, M., Lins, R. B. E., Savovic, J., Mazzitelli, C., Maravic, T., Mazzoni, A., & Breschi, L. (2022). Does immediate dentin sealing influence postoperative sensitivity in teeth restored with indirect restorations? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(1), 55-64. <https://doi.org/10.1111/jerd.12841>

Magne, P., Kim, T. H., Cascione, D., & Donovan, T. E. (2005). Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 94(6), 511-519. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.10.010>

Magne, P., & Nielsen, B. (2009). Interactions between impression materials and immediate dentin sealing. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 102(5), 298-305. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60178-5](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60178-5)

- Moghaddas, M. J., Majidinia, S., Shahri, A., Shooshtari, Z., Shirazi, A. S., Borouziyat, A., & Azizi, Z. (2026). The Effect of Immediate Dentin Sealing on the Marginal Adaptation and Microleakage of Indirect Restorations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Dental Journal*, 76(1), 104017. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2025.104017>
- Perdigão, J., Kose, C., Mena-Serrano, A., De Paula, E., Tay, L., Reis, A., & Loguercio, A. (2014). A New Universal Simplified Adhesive: 18-Month Clinical Evaluation. *Operative Dentistry*, 39(2), 113-127. <https://doi.org/10.2341/13-045-C>
- Qanungo, A., Aras, M. A., Chitre, V., Mysore, A., Amin, B., & Daswani, S. R. (2016). Immediate dentin sealing for indirect bonded restorations. *Journal of Prosthodontic Research*, 60(4), 240-249. <https://doi.org/10.1016/j.jpjor.2016.04.001>
- Samartzi, T.-K., Papalexopoulos, D., Sarafianou, A., & Kourtis, S. (2021). Immediate Dentin Sealing: A Literature Review. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry, Volume 13*, 233-256. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S307939>
- Stavridakis, M. M., Krejci, I., & Magne, P. (2005). Immediate dentin sealing of onlay preparations: Thickness of pre-cured Dentin Bonding Agent and effect of surface cleaning. *Operative Dentistry*, 30(6), 747-757.
- Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., J., D. M., & K.L., V. L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 17-28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.023>

BÖLÜM 3

RESTORATİF DİŞ HEKİMLİĞİNDE FLORÜR SALAN MATERYALLERE GÜNCEL BİR BAKIŞ

GÜLBEN ÇOLAK ¹
ÇİLEM BULUT ²

Giriş

Diş sert dokularının bütünlüğü, demineralizasyon ve remineralizasyon arasındaki dengenin korunmasına bağlıdır (Koldehoff & Schneider, 2021). Mine dokusu büyük ölçüde hidroksiapatitten oluşur ve ağırlığının %90'ından fazlasını kalsiyum ve fosfat içeren mineral yapı oluşturur. Diyetle alınan karbonhidratların oral bakteriler tarafından metabolize edilmesi sonucu ortaya çıkan organik asitler, plak pH'sını düşürerek mine yüzeyinde mineral çözünmesini başlatır. Bu süreç çürük oluşumu ve ilerlemesinin temel basamaklarından biridir (Kim et al., 2021). Klinik açıdan, pH $\geq$ 6,0 düşük çürük riski ile ilişkili görece güvenli bölge, pH 5,5–6,0 potansiyel olarak karyojenik bölge ve pH 4,0–5,5

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Orcid: 0000-0003-0786-9609

² Dr.Öğr.Üyesi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Orcid: 0000-0001-9436-8399

yüksek çürük riski taşıyan bölge olarak tanımlanır (al-Qarni et al., 2022). Bu nedenle ideal bir restoratif materyalin yalnızca fonksiyonel açıdan kabul edilebilir olması değil, aynı zamanda asidik ortamda iyon salımı yoluyla pH'ı hızla nötralize ederek mine dokusunu asit atağına karşı koruyabilmesi beklenmektedir (Islam et al., 2025; Kim et al., 2021). Özellikle yüksek asidik ortamlarda tükürüğün sağladığı doğal remineralizasyon tek başına yeterli olmayabilir. Bu nedenle iyon salımıyla çevre dokuyu destekleyebilen florür salan restoratif materyaller klinik açıdan ayrı bir önem taşır. Florür iyonu, demineralize mine yüzeyine adsorbe olarak, kalsiyum iyonlarının çökmesini sağlar ve remineralizasyonu hızlandırır. Bu sayede, mine dokusunu asidik çözünmeye karşı daha dirençli hale de getirir. (Epple et al., 2022; Islam et al., 2025).

Restoratif diş hekimliğinde kullanılan materyallerin klinik başarısı, yalnızca mekanik dayanımlarıyla değil, marjinal bütünlüğü koruyabilmeleri, çevre diş dokularıyla biyolojik uyum gösterebilmeleri ve sekonder çürük gelişimini sınırlandırabilmeleriyle de ilişkilidir. Uzun yıllar boyunca dental amalgam, fiziksel özellikleri ve dayanıklılığı nedeniyle yaygın olarak kullanılmış; ancak estetik yetersizlikleri, diş dokusunda renklenmeye yol açabilmesi ve biyolojik güvenliği ile ilgili tartışmalar nedeniyle günümüzde kullanım alanı belirgin biçimde daralmıştır (Abdallah & Aref, 2021a; Ge et al., 2023). Rezin kompozitler gelişmiş fiziksel, mekanik ve optik özellikleri sayesinde direkt restorasyonlarda önemli bir yer edinmiştir. Bununla birlikte, polimerizasyon büzülmesi, marjinal sızıntı, yüzey kaybı, bakteriyel adezyon ve sekonder çürüğü önlemedeki sınırlılıkları bu materyallerin başlıca dezavantajları arasında yer almaktadır (Ge et al., 2023). Cam iyonomer simanlar ise mine ve dentine kimyasal bağlanabilmeleri, florür salabilmeleri, diş dokularına yakın termal genleşme katsayıları ve biyouyumlulukları nedeniyle önemli

avantajlar sunmaktadır. Buna karşın özellikle konvansiyonel cam iyonomer simanlarda erken dönem nem hassasiyeti, düşük eğilme dayanımı, yüksek yüzey pürüzlülüğü ve sınırlı estetik özellikler gibi dezavantajlar klinik kullanım alanlarını kısıtlamaktadır (Islam et al., 2025). Bu nedenle son yıllarda, kompozitlerin estetik ve mekanik üstünlükleri ile cam iyonomerlerin florür salımı ve kimyasal adezyon gibi avantajlarını bir araya getirmeyi amaçlayan yeni nesil hibrit restoratif materyaller geliştirilmiştir (Manjunath et al., 2024).

Florür Salan Materyallerin Sınıflandırılması

Florür salan restoratif materyaller, kimyasal yapıları, sertleşme mekanizmaları ve biyolojik özellikleri bakımından farklılık göstermektedir. Bu nedenle bu materyaller sınıflandırılırken yalnızca florür salımı değil, kimyasal yapı, sertleşme mekanizması, biyolojik aktivite ve klinik davranış da dikkate alınmalıdır (Francois et al., 2020; Klee et al., 2020).

İlk grup cam iyonomer esaslı materyallerdir. Bu gruba konvansiyonel cam iyonomer simanlar, yüksek viskoziteli cam iyonomerler ve rezin modifiye cam iyonomerler girmektedir. Bu materyaller fluoroalüminosilikat cam ve asidik bileşen içerir; temel sertleşme mekanizmaları asit-baz reaksiyonuna dayanır. Resin modifiye cam iyonomerlerde ise buna ek olarak resin polimerizasyonu da bulunmaktadır (SK Sidhu, 2011).

İkinci grup florür salan kompozitlerdir ve kompomerler ile giomerler bu grupta yer almaktadır. Bu materyaller resin kompozit yapısında olup, florür salımı cam iyonomerlerde olduğu gibi klasik asit-baz reaksiyonuyla değil, su absorpsiyonu sonrasında gerçekleşen iyon salımı ile ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle bu materyaller iyon salan kompozitler olarak değerlendirilmektedir (Oleniacz-Trawińska et al., 2025; Rusnac et al., 2019).

Üçüncü grup ise yeni nesil florür salan hibrit materyallerdir. Günümüzde Activa BioActive Restorative, Cention N ve Surefil One

olarak bilinen materyaller bu gruba aittir. Bu materyaller yapısal olarak birbirine benzemekle birlikte, kimyasal özellikleri ve biyolojik davranışları açısından kendi içinde farklılık göstermektedir (Vallittu et al., 2018).

Cam İyonomer Esaslı Materyaller

Cam iyonomer esaslı materyaller, florür salan restoratif materyallerin temelini oluşturmaktadır. Bu materyallerde temel kimyasal reaksiyon asit-baz reaksiyonudur. Toz fazının içeriği üretici firmalara göre değişebilmekle birlikte, temel reaktif bileşeni fluoroalüminosilikat (FAS) cam partikülleridir. Likit faz ise esas olarak su ve poliakrilik asit içerir; bazı formülasyonlarda farklı poliasitler de yer alabilir ya da asidik gruplar toz faz içinde liyofilize halde bulunabilmektedir (SK Sidhu, 2011; Wilson & Kent, 1971).

Konvansiyonel CIS'lerde toz ve likit fazın karıştırılmasını takiben, likitte bulunan poliakrilik asidin protonları FAS cam partiküllerinin yüzeyine difüze olur ve cam yüzeyinde asit atağı başlatır. Bu süreçte cam yüzeyinden öncelikle iyonik türlerin çözünmesi gerçekleşir; başta kalsiyum, alüminyum ve florür iyonları ortama salınır ve böylece asit-baz reaksiyonunun erken evresi oluşur. Salınan kalsiyum iyonları erken dönemde, daha sonra açığa çıkan alüminyum iyonları ise ilerleyen aşamada poliakrilik asidin iyonize karboksilat gruplarıyla çapraz bağlar oluşturarak polikarboksilat tuz matriksinin sertleşmesine katkı sağlar. Eşzamanlı olarak, kısmen reaksiyona girmiş FAS cam partiküllerinin çevresinde gelişen silika açısından zengin jel tabakası, partikül-matriks bütünlüğünü destekler ve materyalin hidrolitik stabilitesinde rol oynar (Hurrell-Gillingham et al., 2003; Sharanbir Sidhu & Nicholson, 2016; Wilson & Kent, 1971). Konvansiyonel CIS'lerde çalışma süresi görece kısadır; buna karşın materyalin mekanik özellikleri tek aşamada değil, daha sonra da devam eden bir olgunlaşma süreci içinde gelişir. Klinik olarak kabul edilebilir dayanım değerlerine çoğu zaman ilk

24 saat içinde ulaşılabilse de, asit-baz reaksiyonunun ilerlemesi, iyonik çapraz bağlanmanın artması ve matriks organizasyonunun tamamlanması haftalar hatta aylar boyunca devam edebilir. Bu nedenle konvansiyonel CIS’lerde florür salımı, sertleşme sonrasında ortaya çıkan ikincil bir olay değil, materyalin asit-baz reaksiyonuna dayalı temel kimyasal yapısının doğal bir sonucudur (Sharanbir Sidhu & Nicholson, 2016).

Konvansiyonel CIS’lerde iyon salımı, materyalin ağız ortamıyla temasından sonra da devam eder. Kaviteye yerleştirilmesini izleyen erken dönemde genellikle belirgin bir başlangıç florür salım piki gözlenir. Sonrasında, zamanla azalan ancak düşük düzeyde devamlılık gösteren bir salım mevcuttur. Ayrıca bu materyaller, topikal florür kaynaklarıyla yeniden yüklenebilme ve sonrasında tekrar florür salabilme özelliğine sahiptir (SK Sidhu, 2011). Sürekli meydana gelen iyon alışverişi, florür rezervuarı gibi davranabilme ve evre sert diş dokularında remineralizasyona katkı sağlama potansiyeli birlikte değerlendirildiğinde, konvansiyonel CIS’ler biyolojik olarak aktif restoratif materyaller arasında yer almaktadır (Francois et al., 2020). Bununla birlikte, görece düşük eğilme dayanımı, sınırlı kırılma direnci ve oklüzal yük altında aşınmaya yatkınlık göstermeleri, bu materyallerin özellikle stres taşıyan kalıcı restorasyonlardaki kullanım alanını sınırlandırmaktadır (Pai et al., 2024).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar (YVCIS) konvansiyonel CIS’lerin mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu materyallerde temel reaksiyon mekanizması aynıdır. Sertleşme mekanizması, FAS doldurucular ile poliasit arasındaki asit-baz reaksiyonu ile gerçekleşmektedir ve ağız ortamında iyon alışverişi konvansiyonel CIS’lere benzer şekilde meydana gelmektedir. Ancak formülasyonunda yapılan değişikliklerle başlangıç sertleşme süresi kısaltılmış, erken dönem su dengesindeki değişimlere duyarlılık azaltılmış ve mekanik

özellikler belirgin biçimde iyileştirilmiştir. İlk sertleşme döneminde su dengesindeki değişimlere duyarlılığını azaltmak için, bu materyallerin fotopolimerize vernikler ile birlikte kullanılması önerilmektedir (Goldman et al., 2018; Mickenautsch, 2016; MOLINA et al., 2019).

Florür salımı bakımından YVCIS'lerin davranışı konvansiyonel CIS'lere benzerdir. Yerleştirildiklerinde bir salım piki görülür ve yeniden florür yüklenebilme özelliği korunur; ancak genel olarak konvansiyonel CIS'lerden daha az florür saldıkları bildirilmektedir. Buna rağmen, bu iyon salımı alttaki diş sert dokularda remineralizasyonu sağlayabilecek düzeydedir. Ayrıca bu YVCIS'lerin mekanik özelliklerindeki gelişmeler, endikasyonlarının da genişlemesini sağlamıştır. Sınıf I ve sınırlı sınıf II restorasyonlarda, servikal lezyonlarda, pedodonti vakalarında ve özel gereksinimli bireylerde kullanılabilir (G Nigam et al., 2009; Kumari et al., 2019).

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCIS), CIS'e resin bileşeni eklenmesiyle geliştirilmiş, ışıkla polimerize olan hibrit materyallerdir (Moberg et al., 2019). Bu materyallerde likit faza genellikle HEMA gibi metakrilat monomerleri ve kamforokinon gibi fotobaşlatıcılar eklenmiştir. Bu sayede sertleşme süresi kısalmakta, mekanik özellikler iyileşmekte ve erken dönemde su ya da tükürük kontaminasyonuna duyarlılık azalmaktadır. Ayrıca, RMCIS'lerde kullanılan silanize FAS partiküllerinin resin matris ile bağ kurabildiği ve bunun ağ yapısının güçlenmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir; ancak bu silanizasyonun iyon salımı üzerindeki etkisi henüz tam olarak açıklığa kavuşmamıştır (Guedes et al., 2015; Huang et al., 2002).

RMCIS'lerde sertleşme çift mekanizmalı bir süreçtir: bir yandan asit-baz reaksiyonu, diğer yandan ışıkla aktive olan resin polimerizasyonu gerçekleşir (LAGARDE et al., 2018). Asit-baz reaksiyonu sırasında FAS partikülleri kısmen çözünerek silisik jel

oluşmaktadır ve kalsiyum, alüminyum ile florür iyonları açığa çıkmaktadır. Aynı zamanda rezin monomerleri de polimerize olmaktadır ve sonuçta iki farklı ağın iç içe geçtiği bir yapı oluşmaktadır. Ancak bu iki reaksiyon her zaman tam uyum içinde ilerlemez; rezin polimerizasyonunun başlaması, asit-baz reaksiyonunu kısmen sınırlayabilir. Ayrıca hidrofilik HEMA varlığı da su absorpsiyonunu artırarak materyalin hidrolize duyarlılığını etkileyebilmektedir (Berzins et al., 2010; Roberts & Berzins, 2015).

RMCIS’lerde de kaviteye yerleştirildikten sonra, başlangıçta belirgin bir florür salım piki görülür, ancak bu salım zamanla giderek azalmaktadır. Bununla birlikte, genel olarak konvansiyonel ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlara göre daha az florür saldıkları bildirilmektedir (G Nigam et al., 2009; Kumari et al., 2019; Mousavinasab & Meyers, 2009). Bu durum çoğunlukla polimerize rezin matriksin dış ortamla iyon alışverişini sınırlamasıyla açıklanmaktadır. Mekanik açıdan özellikle eğilme dayanımları gelişmiş olsa da, yüksek stres altındaki bölgelerde aşınma dirençleri hâlâ sınırlıdır. Bu nedenle günümüzde daha çok sandviç tekniğinde ara baz olarak, servikal lezyonlarda ve kontrollü sertleşme istenen klinik durumlarda kullanılmaktadır (G Nigam et al., 2009).

Özetle, cam iyonomer esaslı materyaller florüsalan restoratif materyaller içinde biyolojik açıdan en belirgin grubu oluşturur. Bu grupta iyon salımı, rezin esaslı materyallerde olduğu gibi ikincil bir olay değil, doğrudan materyalin kimyasal yapısıyla ilişkilidir (Francois et al., 2020; LAGARDE et al., 2018).

Florür Salabilen Kompozitler

Florür salabilen kompozitler, rezin kompozit yapısında olup ayrıca ağız ortamı ile temas sonrasında belirli düzeyde iyon salabilen materyallerdir. Kompomerler ve giomerler iyon salabilen kompozit materyaller olarak bilinmektedir (Mousavinasab & Meyers, 2009). Her iki materyal de CIS’lerden farklı olarak asit-baz reaksiyonu ile

sertleşmez; temel sertleşme mekanizması rezin polimerizasyonudur. Bu nedenle bu materyallerde florür salımı, sertleşme reaksiyonunun doğrudan bir parçası değildir; polimerizasyon sonrasında su ile etkileşim sonucu gelişen ikincil bir olaydır (Oleniacz-Trawińska et al., 2025; Rusnac et al., 2019).

Kompomerler literatürde poliasit modifiye kompozit rezinler olarak da tanımlanmaktadır (Vallittu et al., 2018). Resin matriks yapıları, konvansiyonel resin kompozitlerde olduğu gibi monomer esaslıdır, ancak buna ek olarak yapılarında karboksilik asit grubu içeren fonksiyonel monomerler de bulunmaktadır. Formülasyonda su bulunmaması nedeniyle bu asidik gruplar başlangıçta dehidrate ve iyonize olmamış formdadır. Bu nedenle materyal sertleşmeden önce klasik cam iyonomer simanlardaki gibi belirgin bir asit-baz reaksiyonu gerçekleşmez. Polimerizasyon sonrasında bu fonksiyonel monomerler çapraz bağlı resin matriks ağına dahil olur. İnorganik fazda ise silanlanmış reaktif FAS cam doldurucular ile inert kuvars veya silika esaslı doldurucular birlikte yer alır (Nicholson, 2007). Kompomerlerde sertleşme ışıkla başlatılan resin polimerizasyonu ile gerçekleşir; bu sırada herhangi bir asit-baz reaksiyonu meydana gelmez (Young et al., 2004). Materyal ağız ortamında su absorbe ettikten sonra reaktif doldurucular üzerinden florür iyonu salımı başlar. Bu salım CIS'lere göre çok yavaş ve daha düşüktür. Birçok çalışmada, kompomerlerin kaviteye yerleştirilmesini izleyen erken dönemde daha yüksek florür saldı, ardından bu salımın giderek azalarak daha düşük düzeyde devam ettiği bildirilmiştir (Bansal & Bansal, 2015; Gururaj et al., 2013; Mousavinasab & Meyers, 2009). Ayrıca asidik ortamda florür salımı artabilmektedir ve dışarıdan uygulanan florür vernikleri, jel veya florürlü diş macunları ile yeniden florür yüklenebilmesi mümkün olabilmektedir (Oleniacz-Trawińska et al., 2025). Bununla birlikte, florür salımı sınırlıdır ve diş dokusuna adeziv sistem olmadan bağlanamazlar. Bu nedenle kompomerler, biyolojik olarak aktif

materyallerden ziyade iyon salan rezin esaslı restoratif materyaller olarak değerlendirilmektedir (Francois et al., 2020).

Giomerler ise kompozit rezin matriksi ile önceden reaksiyona girmiş cam doldurucuların bir araya getirilmesiyle elde edilen materyallerdir. Giomerlerde rezin matriks yapı, genellikle Bis-GMA gibi monomerlerden oluşur ve sertleşme reaksiyonu ışıkla polimerizasyon yoluyla gerçekleşmektedir (Colceriu Burtea et al., 2019). Giomerlerin ayırt edici özelliği, kompomerlerdeki gibi inaktif reaktif doldurucular yerine S-PRG olarak tanımlanan önceden aktive edilmiş cam partiküllerini içermeleridir. Bu sayede florür salımı için kompomerlerde olduğu gibi ek bir asidik aktivasyona ihtiyaç duyulmaz. Materyal su ile temas ettiğinde, S-PRG doldurucular üzerinden florür başta olmak üzere çeşitli iyonlar salınabilir; ayrıca yeniden florür yüklenebilme özelliği de göstermektedir (Rusnac et al., 2019). Giomerler estetik, yüzey bitirilebilirliği ve mekanik özellikler bakımından kompozitlere yakın materyaller olarak kabul edilirken, florür salımı ve koruyucu etkileri bakımından cam iyonomerlerle benzer bir materyal olarak değerlendirilmektedir (Tsujiimoto et al., 2017). Bununla birlikte, florür salım düzeyleri cam iyonomer esaslı materyallerden daha düşüktür ve bu nedenle biyolojik etkileri daha sınırlı kabul edilmektedir. Klinik olarak özellikle servikal lezyonlarda, pedodontide, pit ve fissür örtücülerde ve çürük riski yüksek hastalarda kullanım alanı vardır (Sunico et al., 2005; van Dijken, 2013).

Özetle, kompomerler ve giomerler florür salabiliseler de CIS'lerle aynı kimyasal ve biyolojik davranışı göstermez. Her iki grup da rezin esaslıdır. Florür salımı polimerizasyon sonrasında gerçekleşir ve çevresel koşullara bağlı olarak ortaya çıkar (Francois et al., 2020).

Yeni Nesil Florür Salan Hibrit Materyaller

Son yıllarda florür salımı yaptığı bildirilen yeni nesil restoratif materyaller arasında özellikle Activa BioActive Restorative, Cention N ve Surefil One dikkat çekmektedir (Islam et al., 2025). Bu materyaller, rezin esaslı restoratif materyallerin mekanik ve estetik avantajları ile cam iyonomer esaslı materyallerin iyon salımı ve adezyon özelliklerini bir araya getirmeyi amaçlayan hibrit materyaller olarak değerlendirilebilir. Ancak bu materyallerin kimyasal yapıları, sertleşme mekanizmaları ve biyolojik davranışları birbirinden farklıdır (Vallittu et al., 2018).

Activa BioActive Restorative, üretici tarafından ‘biyoaktif kompozit’ olarak tanımlanmış olsa da, literatürde kimyasal yapısı ve sertleşme davranışı nedeniyle RMCIS’lere benzerlik göstermektedir (Garoushi et al., 2018; van Dijken et al., 2019). Yapısında yüksek molekül ağırlıklı poliakrilik asit, dimetakrilat esaslı rezin monomerler, fosfat fonksiyonlu asidik dimetakrilat monomerleri, az miktarda su ve silanize reaktif FAS cam doldurucular bulunmaktadır (Pai et al., 2024). Activa BioActive Restorative materyalin çift aşamalı eşzamanlı sertleşme mekanizması vardır. İlk olarak, poliakrilik asit ve fosfat içeren asidik monomerler reaktif cam fazını kısmen çözündürmeleriyle asit-baz reaksiyonunu başlatır ve buna bağlı olarak kalsiyum, alüminyum ve florür iyonları açığa çıkar. Aynı anda dimetakrilat esaslı monomerler de kimyasal başlatıcılar ve ışık aktivasyonu ile polimerize olarak rezin ağ yapısını oluşturmaktadır (Tohidkhah et al., 2022). Sonuçta materyalde, rezin polimerizasyonu ile oluşan ağ yapısı ile iyonik etkileşimlere dayalı fazın birlikte bulunduğu hibrit bir yapı ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, bu reaksiyonların CIS’ler kadar baskın ve tam tanımlanmış bir polikarboksilat matriksi oluşturduğu kesin değildir; ayrıca asit-baz reaksiyonu ile rezin polimerizasyonu arasındaki etkileşimin RMCIS’lerde olduğu gibi kısmen rekabetçi olabileceği düşünülmektedir (Francois et al., 2020).

Üretici firmanın talimatlarına göre, Activa BioActive Restorative hem adeziv sistem ile hem de adeziv uygulanmadan kullanılabildiği bildirilmektedir. Ancak adezivsiz uygulandığında dentine bağ dayanımının daha düşük olduğu ve mine ile dentin kenarlarında mikrosızıntının arttığı; adeziv sistem ile birlikte kullanıldığında ise marjinal sızdırmazlık ve bağlanma performansının daha iyi olduğu gösterilmiştir. Sonuç olarak, Activa BioActive Restorative, iyon salan hibrit bir materyal olarak değerlendirilebilmektedir ve klinik başarısı açısından adeziv sistem ile birlikte kullanımının daha uygun olduğu düşünülmektedir (Pai et al., 2024; Tohidkhah et al., 2022).

Cention N üretici firma tarafından ‘alkasit’ olarak adlandırılan, rezin kompozit ve cam iyonomer siman esas alınarak geliştirilmiş bir materyaldir. Organik matriksi dört farklı dimetakrilat monomerden oluşmakta olup Bis-GMA, HEMA ve TEGDMA içermemektedir (Abdallah & Aref, 2021a). Ayrıca yapısında poliakrilik asit türevleri ve su bulunmadığı için, cam iyonomer simanlarda görülen klasik asit-baz reaksiyonu ile sertleşmez. Cention N’nin temel sertleşme mekanizması, karıştırma ile başlayan kimyasal radikal polimerizasyonun ışık aktivasyonu ile tamamlanabildiği rezin polimerizasyonudur (Justen et al., 2024). Toz fazında ise baryum alüminyum silikat cam, ytterbiyum triflorür, kalsiyum-baryum-alüminyum florürosilikat cam, kalsiyum florürosilikat esaslı alkalin cam ve büzülme stresini azaltmaya katkı sağlayan izofiller yer almaktadır (Arora et al., 2022). Bu reaktif doldurucular sayesinde materyalden ağız ortamına florür, kalsiyum ve hidroksil iyonları açığa çıkmaktadır. İyon salımı ise sertleşme reaksiyonunun bir parçası olmayıp, materyalin ağız ortamında su absorpsiyonu sonrasında reaktif dolduruculardan iyon salınmasıyla ortaya çıkar. Bu iyon salımı, asidik ortamın nötralizasyonuna ve demineralizasyonun sınırlandırılmasına katkı sağlayabilir (Arora et al., 2022; Justen et al., 2024). Literatürde, Cention N’nin florür

salımının CIS'lerde daha yüksek olmadığı, buna karşın alkalizan etki ve kalsiyum salımı bakımından oldukça etkili olduğu bildirilmiştir (Abdallah & Aref, 2021b; Justen et al., 2024). Klinik kullanımda, adeziv sistem ile birlikte ya da adezivsiz uygulanabilen bir materyal olmakla birlikte, özellikle kavite retansiyonunun yetersiz olduğu durumlarda adeziv sistem ile kullanımının bağlanma dayanımında daha etkili olduğu gösterilmiştir (Arora et al., 2022).

Surefil One, kendinden adeziv hibrit restoratif materyal olarak geliştirilmiş olup, yapısal olarak RMCIS'lere benzemektedir. Materyalin bileşiminde modifiye poliasit sistemi (MOPOS), bifonksiyonel akrilat, akrilik asit, reaktif cam doldurucular, non-reaktif cam doldurucular, su, başlatıcılar ve stabilizatörler yer almaktadır. Surefil One hem asit-baz reaksiyonu hem de rezin polimerizasyonunun birlikte olduğu sertleşme mekanizmasına sahiptir. Materyalin içerdiği MOPOS ve akrilik asit gruplarının hidroksiapatitteki kalsiyum iyonlarıyla etkileşime girerek kimyasal bağlanmaya katkı sağlayabildiği; ayrıca smear tabakasına infiltrasyon ve yüzey demineralizasyonu yoluyla mikromekanik tutuculuğu destekleyebildiği bildirilmektedir (Alghamdi et al., 2024). Ayrıca materyalin su içermesi, ağız ortamıyla su ve iyon alışverişini kolaylaştırabilecek bir özellik olarak değerlendirilmektedir. Klinik bağlanma dayanımı açısından bakıldığında, mevcut in vitro veriler Surefil One'ın farklı dentin koşullarında kabul edilebilir düzeyde bağlanma performansı gösterebildiğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, biyolojik açıdan değerlendirildiğinde, Surefil One'ın bazı hücre kültürü çalışmalarında hücre metabolizmasını azaltabildiği ve özellikle pulpa dokusuna yakın uygulamalarda dikkatle değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Ohlsson et al., 2024). Bu nedenle Surefil One, bağlanma performansı ve kullanım kolaylığı açısından umut verici bir materyal olmakla birlikte, iyon salımının alttaki sert diş dokularında remineralizasyon oluşturup oluşturmadığı ve biyolojik

açından uzun dönemde etkilerinin belirlenmesi için daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır (Francois et al., 2020).

Sonuç

Florür salan restoratif materyaller, çevre diş dokularıyla iyon alışverişi kurabilmeleri nedeniyle restoratif diş hekimliğinde önemli bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte, bu materyaller tek bir grup olarak değerlendirilmemelidir. Kimyasal yapıları, sertleşme mekanizmaları, florür salım özellikleri ve biyolojik davranışları bakımından aralarında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Güncel veriler, cam iyonomer esaslı materyallerin florür salan materyaller içinde biyolojik açıdan en belirgin grubu oluşturduğunu; rezin esaslı florür salan kompozitlerin ise daha sınırlı iyon salımı nedeniyle ayrı değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir. Yeni nesil hibrit materyaller umut verici görünmekle birlikte, klinik konumlarının netleşmesi için daha güçlü ve uzun dönemli kanıtlara ihtiyaç vardır.

Kaynakça

- Abdallah, R. M. & Aref, N. S. (2021a). Development of Newly Formulated Nanoalumina-/Alkasite-Based Restorative Material. *International Journal of Dentistry*, 2021, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2021/9944909>
- Abdallah, R. M. & Aref, N. S. (2021b). Development of Newly Formulated Nanoalumina-/Alkasite-Based Restorative Material. *International Journal of Dentistry*, 2021, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2021/9944909>
- Alghamdi, A. A., Athamh, S., Alzhrani, R. & Filemban, H. (2024). Assessment of the Micro-Tensile Bond Strength of a Novel Bioactive Dental Restorative Material (Surefil One). *Polymers*, 16(11), 1558. <https://doi.org/10.3390/polym16111558>
- al-Qarni, F., Weir, M., Melo, M. A., Al-Dulaijan, Y., Almulhim, K. S. & Xu, H. H. K. (2022). Novel calcium phosphate ion-rechargeable and antibacterial adhesive to inhibit dental caries. *Clinical Oral Investigations*, 26(1), 313–323. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-04002-7>
- Arora, D., Jain, M., Suma Sogi, H. P., Shahi, P., Gupta, I. & Sandhu, M. (2022). In vivo evaluation of clinical performance of Centon N and glass ionomer cement in proximal restorations of primary molars. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 40(1), 23–29. https://doi.org/10.4103/jisppd.jisppd_108_21
- Bansal, R. & Bansal, T. (2015). A Comparative Evaluation of the Amount of Fluoride Release and Re-Release after Recharging from Aesthetic Restorative Materials: An in vitro Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research : JCDR*, 9(8), ZC11-4. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/11926.6278>

- Berzins, D. W., Abey, S., Costache, M. C., Wilkie, C. A. & Roberts, H. W. (2010). Resin-modified glass-ionomer setting reaction competition. *Journal of Dental Research*, 89(1), 82–86. <https://doi.org/10.1177/0022034509355919>
- Colceriu Burtea, L., Prejmorean, C., Prodan, D., Baldea, I., Vlassa, M., Filip, M., Moldovan, M., Moldovan, M.-A. L., Antoniac, A., Prejmorean, V. & Ambrosie, I. (2019). New Pre-reacted Glass Containing Dental Composites (giomers) with Improved Fluoride Release and Biocompatibility. *Materials (Basel, Switzerland)*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/ma12234021>
- Epple, M., Enax, J. & Meyer, F. (2022). Prevention of Caries and Dental Erosion by Fluorides—A Critical Discussion Based on Physico-Chemical Data and Principles. *Dentistry Journal*, 10(1), 6. <https://doi.org/10.3390/dj10010006>
- Francois, P., Fouquet, V., Attal, J.-P. & Dursun, E. (2020). Commercially Available Fluoride-Releasing Restorative Materials: A Review and a Proposal for Classification. *Materials*, 13(10), 2313. <https://doi.org/10.3390/ma13102313>
- G Nigam, A., Jaiswal, J., Murthy, R. & Pandey, R. (2009). Estimation of fluoride release from various dental materials in different media-an in vitro study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1033>
- Garoushi, S., Vallittu, P. K. & Lassila, L. (2018). Characterization of fluoride releasing restorative dental materials. *Dental Materials Journal*, 37(2), 293–300. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-161>
- Ge, K. X., Quock, R., Chu, C.-H. & Yu, O. Y. (2023). The preventive effect of glass ionomer cement restorations on secondary caries formation: A systematic review and meta-analysis. *Dental*

- Goldman, A., Frencken, J. E., De Amorim, R. G. & Leal, S. C. (2018). Replacing amalgam with a high-viscosity glass-ionomer in restoring primary teeth: A cost-effectiveness study in Brasilia, Brazil. *Journal of Dentistry*, 70, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.12.012>
- Guedes, O. A., Borges, Á. H., Bandeca, M. C., Nakatani, M. K., de Araújo Estrela, C. R., de Alencar, A. H. G. & Estrela, C. (2015). Chemical and structural characterization of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 16(1), 61–67. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1636>
- Gururaj, M., Shetty, R., Nayak, M., Shetty, S. & Kumar, C. V. (2013). Fluoride releasing and uptake capacities of esthetic restorations. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 14(5), 887–891. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1421>
- Huang, C., Kei, L., Wei, S. H. Y., Cheung, G. S. P., Tay, F. R. & Pashley, D. H. (2002). The influence of hygroscopic expansion of resin-based restorative materials on artificial gap reduction. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 4(1), 61–71.
- Hurrell-Gillingham, K., Reaney, I. M., Miller, C. A., Crawford, A. & Hatton, P. V. (2003). Devitrification of ionomer glass and its effect on the in vitro biocompatibility of glass-ionomer cements. *Biomaterials*, 24(18), 3153–3160. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(03\)00124-8](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(03)00124-8)
- Islam, M. S., Padmanabhan, V., Koniali, G., Alabdin, M. Z., Aryal Ac, S., Hashim, N. T., Elsayed, M. A. & Rahman, M. M. (2025). Fluoride Release, Recharge, and Mass Stability of Restorative

- Dental Materials: An In Vitro Study. *Dentistry Journal*, 13(10), 438. <https://doi.org/10.3390/dj13100438>
- Justen, M., Scheck, D., Münchow, E. A. & Jardim, J. J. (2024). Is Cention-N comparable to other direct dental restorative materials? A systematic review with network meta-analysis of in vitro studies. *Dental Materials*, 40(9), 1341–1352. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2024.06.014>
- Kim, M.-J., Lee, M.-J., Kim, K.-M., Yang, S.-Y., Seo, J.-Y., Choi, S.-H. & Kwon, J.-S. (2021). Enamel Demineralization Resistance and Remineralization by Various Fluoride-Releasing Dental Restorative Materials. *Materials*, 14(16), 4554. <https://doi.org/10.3390/ma14164554>
- Klee, J. E., Renn, C. & Elsner, O. (2020). Development of Novel Polymer Technology for a New Class of Restorative Dental Materials. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 22(1), 35–45. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a43995>
- Koldehoff, J. & Schneider, G. A. (2021). Effect of deproteinization treatments on the structure and mechanical properties of dental enamel. *Materialia*, 16, 101088. <https://doi.org/10.1016/j.mtla.2021.101088>
- Kumari, P. D., Khijmatgar, S., Chowdhury, A., Lynch, E. & Chowdhury, C. R. (2019). Factors influencing fluoride release in atraumatic restorative treatment (ART) materials: A review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 9(4), 315–320. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2019.06.015>
- LAGARDE, M., FRANCOIS, P., GOFF, S. LE, ATTAL, J.-P. & DURSUN, E. (2018). Structural and long-term mechanical properties from a resin-modified glass ionomer cement after various delays of light-activation. *Dental Materials Journal*, 37(6), 874–879. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-342>

- Manjunath, V., John, R. P., Doddawad, V. G., Gehlot, P. M., Achar, R. R. & Vadiraj, K. T. (2024). Measurement of Fluoride Ion Release From Restorative Material Using an Ion-Selective Electrode and Ultraviolet–Visible Light Spectrophotometer. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 14(6), 489–496. https://doi.org/10.4103/jispcd.jispcd_127_24
- Mickenausch, S. (2016). High-viscosity glass-ionomer cements for direct posterior tooth restorations in permanent teeth: The evidence in brief. *Journal of Dentistry*, 55, 121–123. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.10.007>
- Moberg, M., Brewster, J., Nicholson, J. & Roberts, H. (2019). Physical property investigation of contemporary glass ionomer and resin-modified glass ionomer restorative materials. *Clinical Oral Investigations*, 23(3), 1295–1308. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2554-3>
- MOLINA, G. F., FAULKS, D., MULDER, J. & FRENCKEN, J. E. (2019). High-viscosity glass-ionomer vs. composite resin restorations in persons with disability: Five-year follow-up of clinical trial. *Brazilian Oral Research*, 33. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2019.vol33.0099>
- Mousavinasab, S. M. & Meyers, I. (2009). Fluoride release by glass ionomer cements, compomer and giomer. *Dental Research Journal*, 6(2), 75–81.
- Nicholson, J. W. (2007). Polyacid-modified composite resins (“compomers”) and their use in clinical dentistry. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 23(5), 615–622. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.05.002>

- Ohlsson, E., Bolay, C., Arabulan, S., Galler, K. M., Buchalla, W., Schmalz, G. & Widbiller, M. (2024). In-vitro-cytotoxicity of self-adhesive dental restorative materials. *Dental Materials*, 40(4), 739–746. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2024.02.015>
- Oleniacz-Trawińska, M., Kotela, A., Kensy, J., Kiryk, S., Dobrzyński, W., Kiryk, J., Gerber, H., Fast, M., Matys, J. & Dobrzyński, M. (2025). Evaluation of Factors Affecting Fluoride Release from Compomer Restorative Materials: A Systematic Review. *Materials*, 18(7), 1627. <https://doi.org/10.3390/ma18071627>
- Pai, V. S., T V, P., B, V., Girish, P., R, S., Bhaskar, A. & Mazumdar, P. (2024). Comparative Evaluation of Microleakage in Class V Cavities Restored with Newer Bioactive Restorative Materials: Activa Bioactive Restorative and Activa Pronto. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 17(11), 1272–1276. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2958>
- Roberts, H. W. & Berzins, D. W. (2015). Early reaction kinetics of contemporary glass-ionomer restorative materials. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 17(1), 67–75. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a33526>
- Rusnac, M. E., Gasparik, C., Irimie, A. I., Grecu, A. G., Mesaroş, A. Ş. & Dudea, D. (2019). Giomers in dentistry – at the boundary between dental composites and glass-ionomers. *Medicine and Pharmacy Reports*, 92(2), 123–128. <https://doi.org/10.15386/mpr-1169>
- Sidhu, Sharanbir & Nicholson, J. (2016). A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*, 7(3), 16. <https://doi.org/10.3390/jfb7030016>

- Sidhu, SK. (2011). Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject? *Australian Dental Journal*, 56(s1), 23–30. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01293.x>
- Sunico, M. C., Shinkai, K. & Katoh, Y. (2005). Two-year clinical performance of occlusal and cervical giomer restorations. *Operative Dentistry*, 30(3), 282–289.
- Tiskaya, M., Al-eesa, N. A., Wong, F. S. L. & Hill, R. G. (2019). Characterization of the bioactivity of two commercial composites. *Dental Materials*, 35(12), 1757–1768. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.10.004>
- Tohidkhah, S., Kermanshah, H., Ahmadi, E., Jalalian, B. & Ranjbar Omrani, L. (2022). Marginal microleakage and modified microtensile bond strength of Aactiva Bioactive, in comparison with conventional restorative materials. *Clinical and Experimental Dental Research*, 8(1), 329–335. <https://doi.org/10.1002/cre2.534>
- Tsujimoto, A., Barkmeier, W. W., Takamizawa, T., Latta, M. A. & Miyazaki, M. (2017). Depth of cure, flexural properties and volumetric shrinkage of low and high viscosity bulk-fill giomers and resin composites. *Dental Materials Journal*, 36(2), 205–213. <https://doi.org/10.4012/dmj.2016-131>
- Vallittu, P. K., Boccaccini, A. R., Hupa, L. & Watts, D. C. (2018). Bioactive dental materials—Do they exist and what does bioactivity mean? *Dental Materials*, 34(5), 693–694. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.03.001>
- van Dijken, J. W. V. (2013). A 6-year prospective evaluation of a one-step HEMA-free self-etching adhesive in Class II restorations. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 29(11), 1116–1122. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.08.205>

- van Dijken, J. W. V, Pallesen, U. & Benetti, A. (2019). A randomized controlled evaluation of posterior resin restorations of an altered resin modified glass-ionomer cement with claimed bioactivity. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 35(2), 335–343. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.11.027>
- Wilson, A. D. & Kent, B. E. (1971). The glass-ionomer cement, a new translucent dental filling material. *Journal of Applied Chemistry and Biotechnology*, 21(11), 313–313. <https://doi.org/10.1002/jctb.5020211101>
- Young, A. M., Rafeeka, S. A. & Howlett, J. A. (2004). FTIR investigation of monomer polymerisation and polyacid neutralisation kinetics and mechanisms in various aesthetic dental restorative materials. *Biomaterials*, 25(5), 823–833. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(03\)00599-4](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(03)00599-4)

BÖLÜM 4

DİŞ HEKİMLİĞİNDE BEYAZLATMA UYGULAMALARI

KEMAL IŞIKLI¹

Giriş

Estetik diş hekimliği son yıllarda hızla gelişen ve hastalar tarafından giderek daha fazla talep edilen bir alan haline gelmiştir. Modern toplumlarda bireylerin estetik görünümlerine verdikleri önem artmış ve bu durum diş hekimliğinde estetik tedavilere olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır (Rostamzadeh & Rahimi, 2025). Sağlıklı ve estetik bir gülümseme, dişlerin renk, form ve konum açısından birbiriyle uyumlu olması ile ilişkilidir (Sarver & Ackerman, 2003). Bu parametreler arasında diş rengi, estetik algıyı belirleyen temel unsurlardan biridir (Joiner, 2004).

Gülümseme estetiği, dişlerin formu, dizilimi, gingival konturlar ve özellikle diş rengi gibi birçok parametrenin uyumlu bir şekilde bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Bu parametreler arasında diş rengi,

¹ Uzm. Dt., Hacettepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, ORCID: 0009-0003-2620-6007

bireylerin estetik algısını en fazla etkileyen faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Diş renginden memnun olmama veya dişlerde meydana gelen renk değişiklikleri, hastaların estetik tedavi talebinde bulunmalarının en yaygın nedenlerinden biridir (Carey, 2014).

Diş beyazlatma uygulamaları, diş dokularında meydana gelen renk değişikliklerinin giderilmesi amacıyla kullanılan konservatif ve minimal invaziv tedavi yöntemleri arasında yer almaktadır. Günümüzde diş beyazlatma uygulamaları, estetik diş hekimliği içerisinde en sık uygulanan tedavi yöntemlerinden biri haline gelmiştir (Carey, 2014; Joiner, 2004). Hidrojen peroksit veya karbamid peroksit içeren beyazlatma ajanlarının kullanımı ile diş renginde belirgin açılma sağlanabilmekte ve estetik açıdan tatmin edici sonuçlar elde edilebilmektedir (Kwon & Wertz, 2015).

Diş beyazlatma uygulamalarının popülerliğinin artmasında estetik beklentilerin artması, medyanın etkisi, bireylerin daha genç ve sağlıklı bir görünüm elde etme isteği önemli rol oynamaktadır (Carey, 2014). Bununla birlikte beyazlatma uygulamasının başarısı yalnızca kullanılan ajanlara veya tekniklere bağlı değildir. Uygulamanın başarısını belirleyen en önemli faktörlerden biri, dişlerde meydana gelen renklenmenin etiyojisinin doğru şekilde belirlenmesidir (Sulieman, 2005).

Bu nedenle beyazlatma uygulamasına başlanmadan önce detaylı bir klinik değerlendirme yapılmalı, renklenmenin kaynağı belirlenmeli ve hastaya uygulanabilecek en uygun tedavi yöntemi planlanmalıdır (Greenwall, 2001). Doğru endikasyonlarla ve uygun tekniklerle uygulanan beyazlatma uygulamaları hem estetik hem de hasta memnuniyeti açısından başarılı sonuçlar sağlamaktadır (Carey, 2014).

Diş Renklenmeleri

Diş renklenmeleri, diş sert dokularında meydana gelen renk değişikliklerini ifade eden kompleks bir olgudur (Watts & Addy, 2001). Renklenmeler farklı etiyolojik faktörlere bağlı olarak ortaya çıkabilmekte ve diş yüzeyinde veya diş dokularının içerisinde lokalize olabilmektedir. Dişlerde meydana gelen renk değişiklikleri estetik açıdan önemli bir problem oluşturmakta ve hastaların estetik tedavi arayışına yönelmelerine neden olmaktadır (Hattab et al., 1999).

Diş renklenmelerinin sınıflandırılması genellikle renklenmenin olduğu bölge ve etiyolojik faktörler göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Bu doğrultuda diş renklenmeleri genel olarak üç ana grupta incelenmektedir; dış kaynaklı (eksternal) renklenmeler, iç kaynaklı (internal) renklenmeler ve lekenin içselleştirilmesi. Bu sınıflama, beyazlatma uygulamasının planlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü renklenmenin tipi ve lokalizasyonu uygulanacak tedavi yöntemini doğrudan etkilemektedir (Sulieman, 2005).

Diş Kaynaklı (Eksternal) Renklenmeler

Eksternal renklenmeler, diş yüzeyinde pigmentlerin neden olduğu renk değişiklikleridir. Bu renklenmeler genellikle mine yüzeyinde veya pelikül tabakasında meydana gelmektedir ve çoğu zaman profesyonel diş temizliği veya uygun oral hijyen uygulamaları ile giderilebilmektedir (Watts & Addy, 2001).

Eksternal renklenmelerin oluşumunda birçok farklı faktör rol oynayabilmektedir. En yaygın nedenler arasında kromojen içeren yiyecek ve içeceklerin tüketimi yer almaktadır (Sulieman, 2005). Kahve, çay, kırmızı şarap ve kola gibi içecekler diş yüzeyinde

pigment birikimine ve buna bağlı eksternal renklenmelere neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra tütün kullanımı da eksternal renklenmelerin önemli etiyolojik faktörlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Hattab et al., 1999).

Diş yüzeyinde oluşan biyofilm tabakası da pigmentlerin diş yüzeyine tutunmasını kolaylaştırarak renklenme oluşumuna sebep olmaktadır. Yetersiz ağız hijyeni, plak birikiminin artmasına ve dolayısıyla diş yüzeyinde daha belirgin renklenmelerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Marsh, 2006; Watts & Addy, 2001).

Eksternal renklenmeler ayrıca bazı kimyasal maddelere maruz kalma sonucu da meydana gelebilmektedir (Nathoo, 1997). Özellikle metal iyonları içeren maddeler, diş yüzeyinde karakteristik renk değişikliklerine yol açabilmektedir. Bu tür renklenmeler genellikle yüzeysel oldukları için profesyonel diş temizliği, polisaj veya uygun beyazlatma yaklaşımlarıyla giderilebilmektedir (Greenwall, 2001).

İç Kaynaklı (İnternal) Renklenmeler

İnternal renklenmeler, diş dokularının içerisinde meydana gelen renk değişikliklerini ifade etmektedir (Hattab et al., 1999). Bu tür renklenmeler genellikle mine veya dentin dokusunda meydana gelen yapısal değişikliklerden kaynaklanmaktadır ve eksternal renklenmelere kıyasla tedavi edilmesi daha zor olabilmektedir (Sulieman, 2005).

İnternal renklenmeler oluşum zamanına göre iki ana grupta incelenmektedir: Diş gelişimi sırasında meydana gelen renklenmeler ve diş gelişimi sonrasında meydana gelen renklenmeler (Hattab et al., 1999; Watts & Addy, 2001).

Diş gelişimi sırasında meydana gelen renklenmeler genellikle sistemik veya genetik faktörlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Mine hipoplazisi, florozis, amelogenezis imperfecta ve dentinogenezis imperfecta gibi gelişimsel anomaliler bu gruba örnek olarak verilebilir (Sulieman, 2005). Ayrıca çocukluk döneminde kullanılan bazı antibiyotikler, özellikle tetrasiklin grubu ilaçlar, diş gelişimi sırasında dentin dokusuna bağlanarak kalıcı renklenmelere neden olabilmektedir (Sánchez et al., 2004).

Diş gelişimi sonrasında meydana gelen renklenmeler ise travma, pulpa nekrozu, yaşlanma ve endodontik tedavi gibi faktörlere bağlı olarak oluşabilmektedir (Lenherr et al., 2012). Travma sonucu pulpa dokusunda meydana gelen kanama ve hemoglobın yıkım ürünleri dentin tübüllerine difüze olarak diş renginde koyulaşmaya neden olabilmektedir (Plotino et al., 2008).

Yaşlanma da diş rengini etkileyen önemli bir faktördür. Yaş ilerledikçe mine dokusu incelmekte ve dentin dokusu kalınlaşmaktadır. Dentin dokusunun doğal rengi daha sarı olduğu için bu durum dişlerin daha koyu ve sarı görünmesine neden olabilmektedir (Joiner, 2004; Ten Bosch & Coops, 1995).

Lekenin İçselleştirilmesi

Lekenin içselleştirilmesi, başlangıçta diş yüzeyinde oluşan eksternal renklenmelerin zamanla mine ve dentin dokusu içerisine penetrasyonu sonucu meydana gelmektedir. Bu durum genellikle diş yüzeyinde bulunan yapısal defektler veya mine geçirgenliğinin artması sonucu ortaya çıkmaktadır (Watts & Addy, 2001).

Diş yüzeyinde meydana gelen gelişimsel veya kazanılmış defektler, kromojenik maddelerin diş dokusuna diffüze olmasını kolaylaştırabilmektedir. Özellikle mine hipoplazisi, florozis ve mine

hipokalsifikasyonu gibi gelişimsel defektler diş yüzeyinde gözenekli yapı oluşmasına neden olarak pigmentlerin diş dokusuna penetrasyonunu artırmaktadır (Sulieman, 2005). Bunun yanı sıra kazanılmış defektler de lekenin içselleştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Diş aşınması, dişeti çekilmesi, dental çürükler ve restoratif materyaller gibi faktörler diş yüzeyinde yapısal değişikliklere neden olarak pigmentlerin dentin tübülleri aracılığıyla diş içerisine diffüze olmasına zemin hazırlayabilmektedir (Joiner, 2004; Watts & Addy, 2001).

Diş Renginin Değerlendirilmesi

Diş beyazlatma uygulamalarının planlanmasında en önemli aşamalardan biri diş renginin doğru ve objektif şekilde değerlendirilmesidir (Paravina et al., 2007). Tedavi öncesinde diş renginin doğru şekilde belirlenmesi, tedavi sonucunun değerlendirilmesi ve hasta memnuniyetinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle diş rengi değerlendirmesi hem subjektif (Vita Classical ve Vita 3D Master) hem de objektif (spektrofotometre, kolorimetre ve dijital görüntü analiz sistemleri) yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir (Chu et al., 2010; Paravina, 2009).

Diş rengi değerlendirilirken diş dokularının optik özellikleri dikkate alınmalıdır (Paravina & Powers, 2004). Diş renginin oluşumunda mine ve dentin dokularının ışık absorpsiyonu, yansımaları ve geçirgenliği önemli rol oynamaktadır. Mine dokusu yarı saydam bir yapıya sahip olup ışığın dentin dokusuna ulaşmasına izin vermektedir. Dentin dokusu ise daha opak ve pigment açısından zengin olduğu için diş renginin oluşumunda temel belirleyici faktör olarak kabul edilmektedir (Joiner, 2004).

Diş renginin değerlendirilmesi klinikte renk skalaları ve spektrofotometre yardımıyla yapılabilmektedir (Chu et al., 2010).

Renk Skalaları

Renk skalaları diş renginin klinik ortamda daha standart şekilde belirlenmesini sağlayan araçlardır. En yaygın kullanılan renk skalaları arasında Vita Classical ve Vita 3D Master renk sistemleri bulunmaktadır (Paravina, 2009).

Vita Classical renk skalasında diş renkleri dört ana grup altında sınıflandırılmaktadır: A (kırmızımsı kahverengi tonlar), B (kırmızımsı sarı tonlar), C (gri tonlar), D (kırmızımsı gri tonlar). Her grup içerisinde farklı yoğunluk derecelerine sahip renkler bulunmaktadır. Bu sistem diş renginin hızlı şekilde belirlenmesini sağlasa da renk aralıklarının sınırlı olması nedeniyle bazı durumlarda yetersiz kalabilmektedir (Paravina et al., 2007).

Vita 3D Master sistemi ise renk değerlendirmesinde daha sistematik bir yaklaşım sunmaktadır. Bu sistemde diş rengi üç temel parametreye göre değerlendirilmektedir:

- Value (parlaklık)
- Chroma (renk yoğunluğu)
- Hue (renk tonu)

Bu sistem sayesinde diş renginin daha hassas ve objektif şekilde değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir (Chu et al., 2010).

Dijital Renk Ölçüm Sistemleri

Teknolojik gelişmeler diş renginin daha objektif şekilde değerlendirilmesini sağlayan dijital sistemlerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Günümüzde spektrofotometreler, kolorimetreler

ve dijital görüntü analiz sistemleri diş renginin ölçülmesinde kullanılabilmektedir (Chu et al., 2010).

Spektrofotometreler diş yüzeyinden yansıyan ışığın dalga boylarını ölçerek diş rengini objektif şekilde belirleyebilmektedir. Bu cihazlar insan gözünden bağımsız ölçüm yapabildikleri için oldukça güvenilir sonuçlar sağlayabilmektedir. Dijital renk ölçüm sistemleri beyazlatma uygulamalarının etkinliğini değerlendirmede de önemli avantajlar sunmaktadır. Tedavi öncesi ve sonrası elde edilen ölçümler karşılaştırılarak diş rengindeki değişim objektif olarak değerlendirilebilmektedir (Kim-Pusateri et al., 2009).

Beyazlatma Ajanları ve Kimyasal Mekanizma

Diş beyazlatma uygulamalarında kullanılan ajanların büyük çoğunluğu oksidasyon reaksiyonları yoluyla etki göstermektedir. Bu ajanlar diş dokularına penetrasyon sağlayarak pigment moleküllerini parçalamakta ve daha küçük moleküllere dönüştürmektedir. Bu süreç sonucunda diş rengi daha açık hale gelmektedir (Kwon & Wertz, 2015).

Günümüzde diş beyazlatma uygulamalarında en yaygın kullanılan ajanlar: Hidrojen peroksit, karbamid peroksit ve sodyum perborattır. Bu ajanların her biri farklı konsantrasyonlarda ve farklı klinik uygulamalarda kullanılabilmektedir (Carey, 2014; Plotino et al., 2008).

Hidrojen Peroksit

Hidrojen peroksit diş beyazlatma uygulamalarında en yaygın kullanılan aktif ajanlardan biridir. Bu madde güçlü bir oksidan olup diş dokuları içerisinde serbest radikaller oluşturarak pigment moleküllerinin parçalanmasını sağlamaktadır. Hidrojen peroksit

özellikle ofis tipi beyazlatma uygulamalarında yüksek konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Klinik uygulamalarda genellikle %25–40 konsantrasyon aralığında kullanılmaktadır (Kwon & Wertz, 2015).

Hidrojen peroksitin beyazlatma etkisi pigment moleküllerinin oksidasyonu ile gerçekleşmektedir. Büyük ve koyu renkli pigment molekülleri oksidasyon reaksiyonları sonucunda daha küçük ve renksiz moleküllere dönüşmektedir. Bu süreç sonucunda diş rengi daha açık hale gelmektedir (Carey, 2014; Kwon & Wertz, 2015).

Karbamid Peroksit

Karbamid peroksit ev tipi beyazlatma uygulamalarında en yaygın kullanılan ajanlardan biridir. Karbamid peroksit su ile temas ettiğinde hidrojen peroksit ve üreye ayrılmaktadır. Ev tipi beyazlatma sistemlerinde genellikle %10–16 karbamid peroksit içeren jel formülasyonları kullanılmaktadır. Bu ajanlar özel olarak hazırlanan plaklar aracılığıyla diş yüzeyine uygulanmaktadır. Karbamid peroksit sistemleri daha düşük konsantrasyonlarda kullanıldığı için diş hassasiyeti riski genellikle daha düşüktür. Bununla birlikte uygulama süresi ofis tipi beyazlatma uygulamalarına kıyasla daha uzun olabilmektedir (Kihn, 2007; Kwon & Wertz, 2015).

Sodyum Perborat

Sodyum perborat özellikle devital dişlerin beyazlatılmasında kullanılan bir ajan olarak bilinmektedir. Bu madde su ile temas ettiğinde hidrojen peroksit açığa çıkararak beyazlatma etkisi göstermektedir. Sodyum perborat genellikle walking bleach tekniğinde kullanılmaktadır. Bu teknikte beyazlatma ajanı pulpa odasına yerleştirilerek belirli bir süre diş içerisinde bekletilmektedir.

Bu yöntem özellikle travma sonrası renk değişikliği gösteren dişlerde başarılı sonuçlar sağlayabilmektedir (Plotino et al., 2008).

Beyazlatma Yöntemleri

Beyazlatma yöntemleri genel olarak ofis tipi, ev tipi ve kombine uygulamalar olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılmaktadır. Bunlara ek olarak, pulpa canlılığını kaybetmiş dişlerde uygulanan devital beyazlatma da ayrı bir grup olarak değerlendirilmektedir. Beyazlatma uygulamasının seçimi; renklenmenin etiyolojisi, dişin vital veya devital olması, renk değişikliğinin şiddeti, hastanın estetik beklentileri ve klinisyenin deneyimi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir (Carey, 2014; Kihn, 2007).

Ofis Tipi Beyazlatma

Ofis tipi beyazlatma, yüksek konsantrasyonda beyazlatma ajanlarının diş hekimi tarafından klinik ortamda uygulanması ile gerçekleştirilen bir yöntemdir. Bu yöntemde genellikle %25–40 hidrojen peroksit içeren ajanlar kullanılmaktadır. Bu teknik özellikle hızlı sonuç elde edilmesi gereken durumlarda tercih edilmektedir. Tek bir seansta bile diş renginde belirgin açılma sağlanabilmektedir. Bu nedenle estetik beklentisi yüksek olan hastalarda oldukça yaygın olarak uygulanmaktadır (Joiner, 2006).

Ofis tipi beyazlatma uygulamalarında genellikle aşağıdaki klinik protokol izlenmektedir:

1. Başlangıç diş renginin belirlenmesi,
2. Diş yüzeylerinin temizlenmesi,
3. Gingival dokuların izolasyonu,
4. Beyazlatma ajanının uygulanması,
5. Gerekirse ışık veya lazer aktivasyonu,

6. Jel uzaklaştırılması ve final renk değ erlendirmesi (Buchalla & Attin, 2007; Carey, 2014; Joiner, 2006)

Diş etlerinin korunması amacıyla gingival bariyer kullanılması son derece önemlidir. Yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksit yumuşak dokular ile temas ettiğinde irritasyona neden olabilmektedir (Li, 2011).

Bazı klinik uygulamalarda beyazlatma ajanının etkinliğini artırmak amacıyla ışık kaynakları kullanılmaktadır. Halojen ışıklar, LED sistemleri, plazma ark lambaları ve lazer sistemleri beyazlatma ajanlarının aktivasyonu için kullanılabilmektedir (Buchalla & Attin, 2007). Ofis tipi beyazlatma uygulamaları ile hızlı sonuç elde edilmektedir. Ayrıca beyazlatmanın klinisyen kontrolünde olması ve hasta uyumunun gerekmemesi diğer avantajlarındandır. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlu ajanların kullanılması nedeniyle postoperatif hassasiyet daha sık görülebilmektedir (Basting et al., 2012).

Ev Tipi Beyazlatma

Ev tipi beyazlatma uygulaması ilk olarak Haywood ve Heymann tarafından 1989 yılında tanımlanmıştır ve günümüzde en yaygın kullanılan beyazlatma tekniklerinden biri haline gelmiştir (Haywood & Heymann, 1989; Joiner, 2006). Bu yöntemde genellikle %10–16 karbamid peroksit içeren jel formülasyonları kullanılmaktadır. Beyazlatma ajanı, hastaya özel olarak hazırlanan şeffaf plaklar aracılığıyla diş yüzeyine uygulanmaktadır (Joiner, 2006; Kihn, 2007). Ev tipi beyazlatmada uygulama süresi kullanılan ajanın konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir.

Ev tipi beyazlatmanın klinik uygulama aşamaları řu şekildedir:

1. Hastadan  l   alınıp bir model elde edilmesi,

2. Plak hazırlanması,
3. Beyazlatma jelinin plağa yerleştirilmesi,
4. Plağın dişlere uygulanması,
5. Günlük kullanım süresinin belirlenmesi (Haywood & Heymann, 1989).

Ev tipi beyazlatma avantajları arasında daha düşük konsantrasyonlu ajanların kullanılması ve hassasiyet riskinin görece daha az olması yer almaktadır. Ancak bu yöntemin en önemli dezavantajı uygulama süresinin daha uzun olmasıdır. Ayrıca beyazlatmanın başarısı büyük ölçüde hastanın tedaviye uyumuna bağlıdır (Kihn, 2007).

Kombine Beyazlatma Uygulaması

Kombine beyazlatma uygulaması, ofis tipi ve ev tipi beyazlatma uygulamalarının birlikte kullanıldığı bir yaklaşımdır. Bu yöntemde süreç genellikle klinikte uygulanan başlangıç beyazlatması ile başlatılmakta ve ardından ev tipi beyazlatma ile sürdürülmektedir. Renk stabilitesini artırmak ve uygulamanın etkinliğini maksimize etmek, bu yaklaşımın temel amaçları arasında yer almaktadır. Kombine beyazlatma protokolünde genellikle ilk seansta yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksit uygulanmakta ve ardından hastaya ev tipi beyazlatma plakları verilerek beyazlatma devam ettirilmektedir (Kihn, 2007).

Devital Diş Beyazlatma

Pulpa canlılığını kaybetmiş dişlerde gözlenen renk değişikliklerinin giderilmesinde genellikle internal beyazlatma tekniklerinden yararlanılmaktadır. Bu teknikler endodontik tedavi görmüş dişlerde uygulanmaktadır. Devital diş beyazlatma uygulamaları arasında walking bleach, modifiye walking bleach, termokatalitik/devital power bleaching ve internal-external (inside–outside) teknikleri yer almaktadır (Coelho et al., 2020; Plotino et al., 2008; Rotstein, 2002).

Walking bleach tekniğinde, sodyum perborat ve su karışımı pulpa odasına yerleştirilmekte ve istenen beyazlatma sonucuna ulaşıncaya kadar belirli aralıklarla yenilenmektedir. Modifiye walking bleach tekniğinde ise sodyum perborata hidrojen peroksit eklenmektedir. Termokatalitik ya da devital power bleaching tekniğinde, yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksit pulpa odasına uygulanmakta ve ısı veya ışık ile aktive edilmektedir. Ancak bu yöntemin, özellikle ısı kullanımına bağlı olarak eksternal servikal rezorpsiyon riski taşıyabilmesi nedeniyle günümüzde daha sınırlı kullanıldığı bildirilmektedir. Inside–outside bleaching tekniği ise internal beyazlatma ile ev tipi beyazlatma yaklaşımının kombinasyonuna dayanmaktadır (Coelho et al., 2020; Plotino et al., 2008).

Hastanın Kendisinin Evde Uyguladığı Yöntemler (OTC – Tezgâh Üstü Ürünler)

Tezgâh üstü (reçetesiz satılan) (OTC) beyazlatma ürünleri, diş hekimi gözetimi olmadan diş lekelerini beyazlatmanın düşük maliyetli bir alternatifi olarak ortaya çıkmıştır. Süpermarketlerde, eczanelerde veya internet üzerinde mevcut farklı Tezgâh üstü ürünler arasında diş macunu, diş ipi, gargara, sakız, beyazlatma stripleri, LED ışıklı kitler bulunmaktadır (Demarco et al., 2009).

Diş beyazlatma iddiasında bulunan diş macunları, reçetesiz satılan ürünlerin büyük bir bölümünü oluşturur ve karbamid veya hidrojen peroksit gibi beyazlatma maddeleri nadiren içerirler. Bu tür diş macunlarının leke giderme yetenekleri, içerdikleri büyük miktarlardaki aşındırıcılara dayanır, bu aşındırıcılar dışsal yüzey lekelerini giderir. Diş beyazlatma diş macunlarının aktif bileşenleri, biyolojik filmdeki organik molekülleri parçalayan enzimleri içerir. Ayrıca, leke gidermeyi teşvik etmek için alümina, dikalsiyum fosfat dihidrat ve silika gibi aşındırıcılar da içeriklerine dahil edilir. Ancak,

diş macunlarının içerdikleri aşındırıcıların düzeyi, diş minesini fazla aşındırmamak için dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır (Joiner, 2010).

Optik modifiye edici diş macunları, mavi kovarın gibi pigmentler içerir, bu pigmentler diş yüzeyine ince, yarı şeffaf bir mavi pigment filmi biriktirerek dişlerin görünür rengini değiştirir. Bu film, anlık olarak gelen ışığın etkileşimini değiştirerek dişlerin daha parlak ve beyaz görünmesini sağlar. Son yıllarda aktif kömür, yüksek yüzey alanı sayesinde pigmentleri ve kromojenik maddeleri uzaklaştırma potansiyeli nedeniyle ilgi çekmektedir. Bu sebeple bazı beyazlatma iddiasında bulunan diş macunları formülasyonlarında aktif kömür içermektedir. Aktif kömür içeren diş macunlarının, yüksek yüzey alanları nedeniyle pigmentleri uzaklaştırabileceği öne sürülmektedir. Ancak bu ürünlerin beyazlatma etkinliğine ilişkin klinik kanıtlar sınırlıdır (Greenwall et al., 2019; Joiner, 2010).

Titanyum dioksit, son yıllarda beyazlatma ajanlarının etkinliğini artırmaya yönelik yardımcı bir bileşen olarak araştırılmaktadır. Özellikle ışıkla aktive edilen sistemlerde fotokatalitik özelliği sayesinde hidrojen peroksitin etkisini destekleyebileceği düşünülmektedir. Yapılan in vitro çalışmalarda, titanyum dioksit ilavesinin beyazlatma jellerinin performansını etkileyebileceği ve ofis tipi beyazlatma uygulamalarında temas süresini azaltmaya katkı sağlayabileceği bildirilmiştir (Cuppini et al., 2019; Vargas-Koudriavtsev et al., 2018). Ancak bu konuda mevcut veriler sınırlıdır ve klinik etkinliğin netleştirilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Son yıllarda, ağız bakım ürünleri üreten firmalar, beyazlatıcı özellik taşıdığı öne sürülen farklı ürünler geliştirmiştir. Beyazlatıcı diş ipi, interdental ve subgingival bölgelerdeki lekelerin azaltılmasını sağlamak amacıyla tanıtılmıştır. Lekelerin giderilme özellikleri, kompozisyondaki silikanın varlığıyla ilişkilendirilir, bu da diş ipinin

uygulanması sırasında interdental bölgede yüzeysel bir aşındırma sağlar. Bununla birlikte, beyazlatıcı diş ipinin etkililiğini sıradan beyazlatma yapmayan diş ipliği ile karşılaştıran klinik bir rapor mevcut değildir (Demarco et al., 2009).

Sodyum heksametafosfat içeren (%4,0-%7,5) sakız, Tezgâh üstü bir beyazlatma ürünü olarak tanıtılmıştır ve diş üzerindeki dış kaynaklı leke oluşumunu önlediği iddia edilmektedir. Bu konuyla ilgili sodyum heksametafosfat içeren (%4) bir sakızın leke oluşumunu engelleme üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla on iki haftalık klinik bir çalışma yapılmıştır ve sonuç olarak sodyum heksametafosfat içeren sakızın, sakız kullanılmayan bir tedaviye göre leke oluşumunu %33 azalttığı görülmüştür (Porciani et al., 2006).

Beyazlatma stripleri, özel plak kullanımını gerektirmeyen bir beyazlatma alternatifi olarak geliştirilmiştir. Bu ürünlerde aktif bileşen düşük konsantrasyonlarda (5.3 ila 6.5%) hidrojen peroksittir (HP). Beyazlatma ajanları içeren yapışkan şeritler ön dişlere yapıştırılır ve bunlar, günde bir veya iki kez, oldukça kısa süreler (30 dakika) boyunca aktif bileşeni serbest bırakır. Kullanımının kolay olması, nispeten düşük maliyeti ve iyi estetik sonuçları nedeniyle, striplerin kullanımı günümüzde daha popüler bir uygulama haline gelmiştir (Gerlach & Zhou, 2001).

Beyazlatıcı gargara ürünleri, piyasada sıkça gördüğümüz Tezgâh üstü ürünlerdendir ve üreticiler, lekeleri önleyebileceklerini iddia etmektedirler. Çeşitli kimyasalları içeren beyazlatıcı gargara formülasyonları, sodyum sitrat, sodyum heksametafosfat, peroksitler, enzimler ve pirofosfatlar gibi çeşitli bileşenleri içerir. Bu maddeler, yüzeydeki lekeyi beyazlatır veya aşındırır. Peroksit uzun zincirli organik molekülleri kısa zincirli bileşiklere parçalayarak beyazlatmayı mümkün kılar. Ancak, beyazlatıcı gargara içeriğine

peroksit eklemek güvenlik kısıtlamaları nedeniyle zordur, bu nedenle hidrojen peroksit düşük konsantrasyonlarda (%1 ila %2) eklenebilir (Demarco et al., 2009).

LED ışıklı kitler son zamanlarda eczanelerde veya internet üzerinde mevcut olan yeni bir üründür ve uyumlanabilen standart (universal) bir plaktan oluşur. Bu plağın içine yerleştirilen bir jel, kompakt bir LED ünitesi tarafından aktive edilir. Üretici, beyazlatma etkisinin ev tipi beyazlatma ile benzer olduğunu iddia etmektedir, ancak etken maddenin ne olduğunu açıklamamaktadır. Ayrıca, plağın uyumlamasında sorun yaşanılırsa yumuşak doku hasarına, oklüzyon sorunlarına veya tedavide uyumsuzluğa neden olabileceği unutulmamalıdır (Demarco et al., 2009).

Beyazlatmanın Endikasyonları ve Kontraendikasyonları

Beyazlatma uygulamaları için başlıca endikasyonlar şunlardır:

1. Yaşlanmaya birlikte meydana gelen renk değişiklikleri,
2. Florozis veya tetrasiklin kaynaklı renklenmeler,
3. Sigara, çay ve kahve gibi etkenlere bağlı dış kaynaklı renklenmeler,
4. Travmaya bağlı pulpal değişiklikler sonucu oluşan renklenmeler
5. Restoratif tedaviler öncesinde veya sonrasında estetik uyumun sağlanmasının gerekli olduğu durumlar.

Başlıca kontrendikasyonları ise şunlardır:

1. Peroksit alerjisi olan bireyler,
2. Çürük ve periapikal lezyonlu dişler,
3. Hamile bireyler,
4. Çatlak ve/veya dentini açıkta olan dişler,
5. Dişeti enflamasyonu bulunan, gingival resesyonu olan ve kök yüzeyi açığa çıkmış geriatrik bireyler.

Ayrıca, çok yüksek estetik beklentiye sahip hastalarda ve gülme hattında geniş restorasyon veya kron bulunan bireylerde beyazlatma uygulamaları dikkatli değerlendirilmelidir. (Canay & Cehreli, 2003; Haywood, 1992; Sulieman, 2004).

Beyazlatma Uygulamalarının Yan Etkileri ve Komplikasyonları

Diş beyazlatma uygulamaları genel olarak güvenli ve minimal invaziv estetik uygulamalar olarak kabul edilmekle birlikte bazı yan etkiler ve komplikasyonlar görülebilmektedir. Bu yan etkilerin çoğu geçici olup uygun klinik protokoller uygulandığında kolaylıkla kontrol altına alınabilmektedir. Beyazlatma uygulamalarına bağlı olarak en sık görülen komplikasyonlar diş hassasiyeti ve gingival irritasyondur (Li & Greenwall, 2013).

Beyazlatma ajanlarının diş dokuları üzerine etkileri kullanılan ajanın konsantrasyonu, uygulama süresi, diş yapısının geçirgenliği ve hastanın bireysel özellikleri gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir. Özellikle yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksit içeren ofis tipi beyazlatma ajanları daha hızlı sonuç sağlamakla birlikte yan etki görülme olasılığını artırabilmektedir (Li, 2011; Soares et al., 2014).

Diş Hassasiyeti

Diş beyazlatma uygulamalarında en sık karşılaşılan yan etki geçici dentin hassasiyetidir. Beyazlatma ajanlarının mine ve dentin dokularından diffüze olarak pulpa dokusuna ulaşabilmesi nedeniyle dişlerde hassasiyet oluşabilmektedir. Hidrojen peroksit molekülleri dentin tübüllerinden geçerek pulpa dokusuna ulaşabilmekte ve pulpal inflamatuvar yanıt oluşturabilmektedir. Bu durum özellikle

soğuk uyaranlara karşı geçici hassasiyet ile kendini gösterebilmektedir (Li, 2011).

Browning ve ark.'nın çalışmasında, beyazlatma uygulaması sırasında hastaların %47'sinde hassasiyet geliştiği ve bu hassasiyetin olguların büyük kısmında kısa süreli olduğu bildirilmiştir (Browning et al., 2007). Croll, beyazlatma sonrası görülen hassasiyetin hidrojen peroksit uygulaması sırasında dentin tübüllerinde oksijen kabarcıklarının oluşmasından kaynaklandığını öne sürmüştür. Oluşan bu gaz, dentinal sıvı hareketlerine neden olarak intradental sinirlerin aktivasyonuna yol açar (Croll, 2003).

Diş hassasiyetini azaltmak amacıyla çeşitli klinik yaklaşımlar uygulanabilmektedir. Bunlar arasında: Potasyum nitrat içeren desensitizan ajanların kullanımı, florür uygulamaları, daha düşük konsantrasyonlu beyazlatma ajanlarının tercih edilmesi ve uygulama süresinin kısaltılması sayılabilir (Carey, 2014; Wang et al., 2015).

Gingival İritasyon

Beyazlatma uygulamaları sırasında görülebilen bir diğer yan etki gingival dokularda meydana gelen irritasyondur. Bu durum genellikle beyazlatma ajanının yumuşak dokular ile temas etmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksit içeren ajanlar gingival dokularda geçici beyazlaşma ve irritasyon oluşturabilmektedir. Ancak bu durum genellikle kısa süre içerisinde kendiliğinden iyileşmektedir. Bu nedenle ofis tipi beyazlatma uygulamalarında gingival dokuların rezin bariyerler ile izole edilmesi son derece önemlidir (Li & Greenwall, 2013).

Beyazlatmanın Diş Dokuları Üzerine Etkileri

Beyazlatma ajanlarının diş sert dokuları üzerindeki etkileri uzun yıllardır araştırılmaktadır. Yapılan çalışmalar, beyazlatma ajanlarının mine ve dentin dokuları üzerinde bazı mikromorfolojik ve fiziksel değişikliklere neden olabileceğini göstermektedir. Beyazlatma ajanlarının mine yüzeyi üzerindeki etkileri, kullanılan ajanın konsantrasyonuna, pH değerine ve uygulama süresine bağlı olarak değişebilmektedir. Bazı çalışmalarda beyazlatma ajanlarının mine yüzeyinde hafif mineral kaybı, yüzey pürüzlülüğünde artış veya mikrosertlikte azalma oluşturabileceği bildirilmiştir (Alkahtani et al., 2020; Cavalli et al., 2010). Bununla birlikte, bu değişikliklerin çoğu hafif düzeyde olup klinik açıdan sınırlı öneme sahiptir ve tükürüğün doğal remineralizasyon kapasitesi sayesinde zamanla kısmen geri kazanılabilmektedir. Ayrıca florür içeren veya florür/kalsiyum ile güçlendirilmiş ajanların mine yüzeyinde oluşabilecek olası mineral kayıplarını azaltabildiği bildirilmektedir (Cavalli et al., 2010).

Beyazlatma ajanlarının dentin tübüllerinden diffüze olarak pulpa dokusuna ulaşabildiği bilinmektedir. Bu nedenle beyazlatma ajanlarının pulpa dokusu üzerindeki potansiyel etkileri uzun yıllardır araştırılmaktadır. Araştırmalar hidrojen peroksitin pulpa dokusunda geçici inflamatuvar yanıt oluşturabileceğini göstermektedir. Ancak bu etkilerin genellikle reversibl olduğu ve uygun konsantrasyonlar ile kontrollü protokoller uygulandığında pulpal riskin sınırlı kaldığı bildirilmektedir. Bu nedenle uygun konsantrasyonlarda ve kontrollü şekilde uygulanan beyazlatma uygulamaları pulpa sağlığı açısından güvenli kabul edilmektedir (Dias et al., 2023; Soares et al., 2014).

Beyazlatmanın Restoratif Materyaller Üzerine Etkileri

Beyazlatma ajanlarının restoratif materyaller üzerindeki etkileri de klinik açıdan önemli bir konudur. Kompozit rezinler, cam iyonomer simanlar ve porselen restorasyonlar beyazlatma ajanlarından farklı şekillerde etkilenebilmektedir. Araştırmalar beyazlatma ajanlarının kompozit restorasyonların renk stabilitesini etkileyebileceğini göstermektedir (Canay & Cehreli, 2003). Bununla birlikte beyazlatma uygulaması sonrası mevcut restorasyonların rengi diş rengindeki değişim ile uyumsuz hale gelebilmektedir. Bu nedenle beyazlatma uygulaması planlanırken hastadaki restorasyonlar dikkatle değerlendirilmelidir. Gerekli durumlarda beyazlatma uygulaması tamamlandıktan sonra restorasyonların yenilenmesi önerilebilmektedir (Attin et al., 2004).

Güncel Yaklaşımlar ve Yeni Beyazlatma Teknolojileri

Diş beyazlatma alanındaki güncel yaklaşımlar, yalnızca diş rengini açma etkinliğini artırmaya değil, aynı zamanda postoperatif hassasiyetin azaltılmasına, mine yüzeyinin korunmasına ve tedavi sonuçlarının klinik olarak daha öngörülebilir hale getirilmesine odaklanmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, beyazlatma ajanlarının kimyasal özellikleri, yardımcı biyomateryaller, ışık aktivasyon sistemleri ve kombine tedavi protokolleri üzerinde yoğunlaşmıştır.

Ofis tipi beyazlatmada kullanılan nötr pH'lı hidrojen peroksit jellerinin, asidik jeller ile benzer beyazlatma etkinliği gösterirken daha düşük düzeyde diş hassasiyetine yol açabildiği bildirilmektedir. Bu nedenle güncel formülasyon geliştirmelerinde, etkinliği korurken biyolojik yan etkileri azaltan ürünler ön plana çıkmaktadır (Loguercio et al., 2017).

Beyazlatma sonrası mine dokusunun korunmasına yönelik olarak remineralizasyon yaklaşımları da önem kazanmıştır. Florür içeren ajanlara ek olarak, üzüm çekirdeği ekstresi içeren hidrojellerin beyazlatılmış mine üzerinde olumlu remineralizasyon etkileri gösterebildiği ve doğal destekleyici ajanlar arasında değerlendirilebileceği belirtilmektedir (Nagi et al., 2019).

Teknoloji destekli uygulamalar içinde ışık ve lazerle aktive edilen beyazlatma sistemleri dikkat çekmektedir. İn vitro koşullarda; LED, diyet lazer, Nd:YAG lazer, CO₂ lazer ve KTP lazer ile aktive edilen sistemlerin etkili olduğu; özellikle KTP lazerle aktive edilen beyazlatmanın daha yüksek verimlilik gösterebildiği ifade edilmektedir. Bununla birlikte bu sistemlerin klinik üstünlüğü, güvenlik ve maliyet açısından dikkatli değerlendirilmelidir (Buchalla & Attin, 2007; Shahabi et al., 2018).

Sonuç

Diş beyazlatma uygulamaları estetik diş hekimliğinde önemli bir yere sahip olan minimal invaziv yöntemlerdir. Uygun hasta seçimi, doğru tedavi planlaması ve uygun klinik protokoller ile uygulandığında oldukça başarılı estetik sonuçlar elde edilebilmektedir. Günümüzde ofis tipi ve ev tipi beyazlatma teknikleri klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte beyazlatma uygulamasının başarısı büyük ölçüde renklenmenin etiolojisinin doğru şekilde belirlenmesine ve uygun tedavi yönteminin seçilmesine bağlıdır. Son yıllarda geliştirilen yeni teknolojiler, beyazlatmanın etkinliğini artırmayı ve yan etkileri azaltmayı amaçlamaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalar beyazlatma uygulamalarının daha güvenli ve daha etkili hale gelmesine katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Alkahtani, R., Stone, S., German, M., & Waterhouse, P. (2020). A review on dental whitening. *Journal of Dentistry*, *100*, 103423. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103423>
- Attin, T., Hannig, C., Wiegand, A., & Attin, R. (2004). Effect of bleaching on restorative materials and restorations—a systematic review. *Dental Materials*, *20*(9), 852-861. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.04.002>
- Basting, R. T., Amaral, F., França, F., & Flório, F. (2012). Clinical comparative study of the effectiveness of and tooth sensitivity to 10% and 20% carbamide peroxide home-use and 35% and 38% hydrogen peroxide in-office bleaching materials containing desensitizing agents. *Operative Dentistry*, *37*(5), 464-473.
- Browning, W. D., Blalock, J. S., Frazier, K. B., Downey, M. C., & Myers, M. L. (2007). Duration and timing of sensitivity related to bleaching. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *19*(5), 256-264; discussion 264. https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2007.00123_1.x
- Buchalla, W., & Attin, T. (2007). External bleaching therapy with activation by heat, light or laser—A systematic review. *Dental Materials*, *23*(5), 586-596. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.03.018>
- Canay, S., & Cehreli, M. C. (2003). The effect of current bleaching agents on the color of light-polymerized composites in vitro. *Journal of Prosthetic Dentistry*, *89*(5), 474-478. <https://doi.org/10.1016/s0022391303001689>

- Carey, C. M. (2014). Tooth whitening: what we now know. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 14, 70-76.
- Cavalli, V., Azevedo Rodrigues, L. K., Paes-Leme, A. F., Brancalion, M. L., Arruda, M. A. Z., Bittencourt Berger, S., & Giannini, M. (2010). Effects of bleaching agents containing fluoride and calcium on human enamel. *Quintessence International*, 41(8) 703.
- Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., & Paravina, R. D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*, 38, e2-e16.
- Coelho, A. S., Garrido, L., Mota, M., Marto, C. M., Amaro, I., Carrilho, E., & Paula, A. (2020). Non-Vital Tooth Bleaching Techniques: A Systematic Review. *Coatings*, 10(1), 61. <https://doi.org/10.3390/coatings10010061>
- Croll, T. P. (2003). Bleaching sensitivity. *Journal of the American Dental Association*, 134(9), 1172. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2003.0344>
- Cuppini, M., Leitune, V. C. B., Souza, M., Alves, A. K., Samuel, S. M. W., & Collares, F. M. (2019). In vitro evaluation of visible light-activated titanium dioxide photocatalysis for in-office dental bleaching. *Dental Materials Journal* 38(1), 68-74. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-199>
- Demarco, F. F., Meireles, S. S., & Masotti, A. S. (2009). Over-the-counter whitening agents: a concise review. *Brazilian Oral Research*, 23(suppl 1), 64-70.
- Dias, S., Casqueiro, L., Pereira, R., Silveira, J., Mata, A., & Marques, D. (2023). Hydrogen peroxide diffusion through

- dental tissues—In vitro study. *Materials*, 16(16), 5552.
<https://doi.org/10.3390/ma16165552>
- Gerlach, R. W., & Zhou, X. (2001). Vital bleaching with whitening strips: summary of clinical research on effectiveness and tolerability. *Journal of Contemporary Dental* 2(3), 1-16.
- Greenwall, L. (2001). *Bleaching techniques in restorative dentistry: An illustrated guide*. CRC Press.
- Greenwall, L. H., Greenwall-Cohen, J., & Wilson, N. H. F. (2019). Charcoal-containing dentifrices. *British Dental Journal*, 226(9), 697-700. <https://doi.org/10.1038/s41415-019-0232-8>
- Hattab, F. N., Qudeimat, M. A., & Al-Rimawi, H. S. (1999). Dental discoloration: An overview. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 11(6), 291–310
- Haywood, V. B. (1992). History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence International* 23(7), 471-488.
- Haywood, V. B., & Heymann, H. O. (1989). Nightguard vital bleaching. *Quintessence international*, 20(3).
- Joiner, A. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32, 3-12.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>
- Joiner, A. (2006). The bleaching of teeth: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 34(7), 412-419.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2006.02.002>

- Joiner, A. (2010). Whitening toothpastes: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 38, e17-e24.
- Kihn, P. W. (2007). Vital tooth whitening. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 319-331.
- Kim-Pusateri, S., Brewer, J. D., Davis, E. L., & Wee, A. G. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(3), 193-199.
- Kwon, S. R., & Wertz, P. W. (2015). Review of the mechanism of tooth whitening. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(5), 240-257.
- Lenherr, P., Allgayer, N., Weiger, R., Filippi, A., Attin, T., & Krastl, G. (2012). Tooth discoloration induced by endodontic materials: a laboratory study. *International Endodontic Journal*, 45(10), 942-949.
- Li, Y. (2011). Safety Controversies in Tooth Bleaching. *Dental Clinics of North America*, 55(2), 255-263. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2011.01.003>
- Li, Y., & Greenwall, L. (2013). Safety issues of tooth whitening using peroxide-based materials. *British Dental Journal*, 215(1), 29-34.
- Loguercio, A. D., Servat, F., Stanislawczuk, R., Mena-Serrano, A., Rezende, M., Prieto, M. V., Cereño, V., Rojas, M. F., Ortega, K., Fernandez, E., & Reis, A. (2017). Effect of acidity of in-office bleaching gels on tooth sensitivity and whitening: A two-center double-blind randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 21(9) 2811-2818. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2083-5>

- Marsh, P. D. (2006). Dental plaque as a biofilm and a microbial community – implications for health and disease. *BMC Oral Health*, 6(1), S14. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-6-S1-S14>
- Nagi, S. M., Hassan, S. N., Abd El-Alim, S. H., & Elmissiry, M. M. (2019). Remineralization potential of grape seed extract hydrogels on bleached enamel compared to fluoride gel: An in vitro study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 11(5), e401-e407. <https://doi.org/10.4317/jced.55556>
- Nathoo, S. A. (1997). The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *The Journal of the American Dental Association*, 128, 6S-10S.
- Paravina, R. D. (2009). Performance assessment of dental shade guides. *Journal of Dentistry*, 37, e15-e20.
- Paravina, R. D., Johnston, W. M., & Powers, J. M. (2007). New shade guide for evaluation of tooth whitening—colorimetric study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 19(5), 276-283.
- Paravina, R., & Powers, J. M. (2004). Esthetic Color Training in Dentistry: Pageburst Retail. Elsevier Science Health Science Division
- Plotino, G., Buono, L., Grande, N. M., Pameijer, C. H., & Somma, F. (2008). Nonvital tooth bleaching: A review of the literature and clinical procedures *Journal of Endodontics*, 34(4), 394-407. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.12.020>
- Porciani, P. F., Grandini, S., Perra, C., & Grandini, R. (2006). Whitening effect by stain inhibition from a chewing gum

with sodium hexametaphosphate in a controlled twelve-week single-blind trial. *Journal of Clinical Dentistry*, 17(1), 14.

Rostamzadeh, M., & Rahimi, F. (2025). Aesthetic dentistry and ethics: a systematic review of marketing practices and overtreatment in cosmetic dental procedures. *BMC Med Ethics*, 26(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s12910-025-01169-6>

Rotstein, I. (2002). Tooth discoloration and bleaching. In J. I. Ingle & L. K. Bakland (Eds.), *Endodontics* (5th ed., pp. 845–860). BC Decker.

Sánchez, A. R., Rogers, R. S., III, & Sheridan, P. J. (2004). Tetracycline and other tetracycline-derivative staining of the teeth and oral cavity. *International Journal of Dermatology*, 43(10), 709–715.

Sarver, D. M., & Ackerman, M. B. (2003). Dynamic smile visualization and quantification: Part 1. Evolution of the concept and dynamic records for smile capture. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(1), 4-12. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(03\)00306-8](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(03)00306-8)

Shahabi, S., Assadian, H., Mahmoudi Nahavandi, A., & Nokhbatolfoghahaei, H. (2018). Comparison of tooth color change after bleaching with conventional and different light-activated methods. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 9(1), 27–31. <https://doi.org/10.15171/jlms.2018.07>

Soares, D. G., Basso, F. G., Hebling, J., & de Souza Costa, C. A. (2014). Concentrations of and application protocols for hydrogen peroxide bleaching gels: Effects on pulp cell

- viability and whitening efficacy. *Journal of Dentistry*, 42(2), 185–198.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.10.021>
- Sulieman, M. (2004). An overview of bleaching techniques: I. History, chemistry, safety and legal aspects. *Dental Update*, 31(10), 608-610, 604-612, 616.
<https://doi.org/10.12968/denu.2004.31.10.608>
- Sulieman, M. (2005). An overview of tooth discoloration: Extrinsic, intrinsic and internalized stains. *Dental Update*, 32(8), 463-471.
- Ten Bosch, J., & Coops, J. (1995). Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *Journal of Dental Research*, 74(1), 374-380.
- Vargas-Koudriavtsev, T., Durán-Sedó, R., & Herrera-Sancho, Ó.-A. (2018). Titanium dioxide in dental enamel as a trace element and its variation with bleaching. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 10(6), e537.
- Wang, Y., Gao, J., Jiang, T., Liang, S., Zhou, Y., & Matis, B. A. (2015). Evaluation of the efficacy of potassium nitrate and sodium fluoride as desensitizing agents during tooth bleaching treatment—A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 43(8), 913-923.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.03.015>
- Watts, A., & Addy, M. (2001). Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *British Dental Journal*, 190(6), 309-316. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4800959>

