

Diş Hekimliğinde

Farklı Tedavi Yaklaşımları

Editör
H. Melike BAYRAM

BİDGE Yayınları

Diş Hekimliğinde Farklı Tedavi Yaklaşımları

Editör: Doç. Dr. H. Melike Bayram

ISBN: 978-625-6707-02-3

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2023

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

“Diş Hekimliğinde Farklı Tedavi Yaklaşımları”, değerli akademisyen arkadaşlarımız ile birlikte hazırladığımız, belirli konularda rehber niteliğinde olacak bir kitaptır. Bildiğiniz üzere; Diş Hekimliği, sürekli gelişen ve değişen dinamik bir branştır. Tedavi yaklaşımımız geleneksel yöntemlerden çıkıp daha inovatif yöntemlere evrilmektedir. Gelişmeleri yakından takip eden değerli akademisyen arkadaşlarımız ile sunduğumuz bu kitapta diş hekimliğinin farklı alanlarına ait yenilikçi tedaviler hakkında fikir edineceksiniz. Ayrıca; bu kitap ile diş hekimliği alanında sayılı olan Türkçe kaynak açığını bir basamak da olsa azaltmak düşüncesindeyiz. Kitabımızda; Çocuklarda Bruksizm Tanı ve Tedavisi, Ortodontide Kök Hücrelerin Kullanımı, Diş Hekimliğinde Düşük Doz Lazer Tedavisi ve Kullanım Alanları, Beyazlatıcı Diş Macunlarının Kompozit Rezinlerde Yüzey Pürüzlülüğü, Renk Değişimi ve Mikrosertlik Üzerine Etkileri, Alveolar Mukozal Fenestrasyonda Tedavi Yaklaşımı, Endodontide Biyoseramikler Patlar, Kök Kanal Dolgu Patlarına Güncel Bakış ve Development and Evaluation of Endodontic Files and Movements konuları hakkında güncel bilgiler bulacaksınız. Katkı sağlamış olan bütün meslektaşlarıma derin şükranlarımı sunuyorum.

“Diş Hekimliğinde Farklı Tedavi Yaklaşımları” Kitabının akademisyenler ve araştırmacılar için ilgi çekici ve değerli olacağını düşünüyorum. Faydalı olması temennisiyile...

Saygılarımla,

Editör

Doç. Dr. H. Melike Bayram

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	3
İÇİNDEKİLER	4
Çocuklarda Bruksizm Tanı ve Tedavisi.....	6
Deniz Sıla ÖZDEMİR ÇELİK	6
Nihal ALTUNOK ÜNLÜ	6
Ortodontide Kök Hücrelerin Kullanımı	25
Lütfiye İrem ACAR.....	25
Sinem İNCE BİNGÖL	25
Diş Hekimliğinde Düşük Doz Lazer Tedavisi ve Kullanım Alanları	56
Necibe Damla ŞAHİN.....	56
Volkan ARIKAN.....	56

Beyazlatıcı Diş Macunlarının Kompozit Rezinlerde Yüzey Pürüzlülüğü, Renk Değişimi ve Mikrosertlik Üzerine Etkileri Hakkında Literatür Taraması	85
Nilgün AKGÜL	85
Ebru YILMAZ.....	85
Onur AKKURT	85
Alveolar Mukozal Fenestrasyonda Tedavi Yaklaşımı: Olgu Sunumu	116
Resül ÇOLAK	116
İsmail GÜL.....	116
Endodontide Biyoseramikler Patlar	125
Ceren TURAN GÖKDUMAN	125
İrem ÇETİNKAYA	125
Kök Kanal Dolgu Patlarına Güncel Bakış	143
Eda GÜRSU ŞAHİN	143
Development and Evaluation of Endodontic Files and Movements	225
Aybüke KARACA SAKALLI	225
Mügem Aslı EKİCİ	225
Bağdagül HELVACIOĞLU KIVANÇ	225

BÖLÜM I

Çocuklarda Bruksizm Tanı ve Tedavisi

Deniz Sıla ÖZDEMİR ÇELİK
Nihal ALTUNOK ÜNLÜ

Giriş

Bruksizm, dişlerin gıcırdatılması ve sıkılmasıyla karakterize, ritmik bir çiğneme kası aktivitesidir (Firmani & ark. 2015). Bruksizmin bu iki sirkadiyen belirtisi farklı patofizyolojik olaylara karşılık geldiğinden, uyanık bruksizm (diurnal) ile uyku bruksizmi (nokturnal) arasında bir ayrım yapılması önerilir (Grechi & ark. 2008). Etiyopatojenik açıdan bakıldığında bruksizm, eşlik eden herhangi bir tıbbi hastalık olmadığında primer/idiyopatik olarak, tıbbi hastalıklarla ilişkili olduğunda veya bazı ilaçların alımından kaynaklandığında sekonder/iyatrojenik olarak sınıflandırılabilir (Kato & ark. 2013)(Bahali, Yalcin, ve Avcı 2014). Bruksizm, uyku bozukluklarının yanı sıra vücut hareketleri, nefes alma sorunları, kas aktivitesinde artış ve kalp atış hızı bozuklukları ile birlikte ortaya çıkabilmektedir (Saczuk & ark. 2018). Bruksizm ile birlikte görülen

uyku bozuklukları arasında obstrüktif uyku apnesi, parasomniler, huzursuz bacak sendromu, mandibular miyoklonus ve hızlı göz hareketi bozuklukları yer almaktadır (Oliver & ark. 1997).

Çalışmalarda bildirilen çocuklarda nokturnal bruksizm prevalansı büyük farklılıklar göstermektedir. Ek olarak nokturnal bruksizmin yetişkinlere kıyasla çocuklarda daha yaygın olduğu gösterilmiştir (Beddis, Pemberton, ve Davies 2018), prevalans oranları %13 ila %49 arasında değişmektedir (Alfano, Bower, ve Meers 2018). Sousa tarafından yapılan bir çalışma, ergenlerde nokturnal bruksizmin görülme sıklığının %22,2 olduğunu ve çok değişkenli analize göre prevalansın erkek ergenlerde daha yüksek olduğunu göstermiştir (Sousa & ark. 2018). Başka bir çalışmada Manfredini ve ark. bruksizm görülme sıklığının %3,5 ila %40,6 arasında değiştiğini, cinsiyetten bağımsız olarak yaşla birlikte azalmanın gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Çalışmalar arasındaki sonuçlardaki farklılıklar temel olarak çocuklarda nokturnal bruksizm tanısı için güvenilir olmayan araçların kullanılmasıyla ilgili olabilir (Manfredini & ark. 2015). Ayrıca Alves ve ark. ebeveynlerin ve bakıcıların bruksizmin, özellikle de nokturnal bruksizmin etiyolojisi hakkında yetersiz bilgiye sahip olduklarını, bunun da yardım aramalarını zorlaştırabileceğini ve dolayısıyla yetişkinlikte bruksizmin ve komplikasyonlarının alevlenmesine katkıda bulunabileceğini belirtmiştir (Alves & ark. 2019).

Bruksizm Etiyolojisi

Çocukluk çağı bruksizmde çok sayıda etiyolojik faktör olabileceği görülmektedir (Insana & ark. 2013)(Şentürk ve Ulu Güzel 2022). Bruksizmin etiyolojisi tam olarak bilinmemektedir. Ancak lokal (okluzal interferensler), sistemik (santral sinir sistemi bozuklukları, astım, rinit), psikolojik (stres, anksiyete), nörokimyasallar (ilaçlar), kalıtsal faktörler, uyku bozuklukları gibi çeşitli faktörlerin etkili olduğu öne sürülmektedir (Weideman & ark. 1996).

Lokal Faktörler

Lokal faktörler arasında travmatik oklüzyon, dental travma, erken temas, yanlış restorasyonlar, dentigeröz kistler, süt ve kalıcı dişlerin atipik sürmesi yer alır. Malokluzyonlar, yanlış restorasyonlar, periodontal diş taşı, dişlerde mobilité, dudak deformiteleri, diş eti hiperplazisi ve oklüzal fizyolojiyle ilgili diğer faktörler bruksizmin ortaya çıkmasını kolaylaştırır (Alves, Alchieri, ve Barbosa 2013)(Lobbezoo ve Naeije 2001).

Maymunlar üzerinde yapılan bir çalışmada maymunların alt azı dişlerine yüksek amalgam dolgular yerleştirilmesinin hemen ardından bruksizm başladığı ve dolgulardaki yükseklik ortadan kalkana kadar bruksizmin devam ettiği görülüş ve sonuç olarak oklüzal düzensizliklerin bruksizmi tetiklediği sonucuna varılmıştır (Ramfjord 1961). Oklüzal bozukluklar ve prematür diş temaslarının asıl etiyolojik faktör olduğu üzerinde durulan birçok çalışma yapılmıştır ve oklüzal terapiyle bruksizm aktivitesinin azalmadığını bildiren çalışmalar mevcuttur (Rugh, Barghi, ve Drago 1984) (Clark & ark. 1999).

Karışık dişlenme döneminin tamamlanmasını takiben ısırma kuvvetlerinde farklılaşma, büyüme ve gelişimi takiben yüz profilinde büyüme yönlerine bağılı olarak bazı değışiklikler meydana gelmektedir. Bu dinamik olaylar sırasında meydana gelen kapanış bozuklukları sonucunda bruksizm görölme sıklığı artmaktadır (Barbosa & ark. 2008)(Marbach & ark. 2003)(Miguel & ark. 1992).

Genetik Faktörler

Bruksizm birden fazla genetik faktöre veya aileden öğrenilen bir davranışa bağılı olabilir (Lavigne & ark. 2008). Belirli bir motor davranış veya bozukluğun genetik temeline ilişkin ilk kanıt, genellikle ikizlerden oluşan bir popölasyondaki uyumdan veya ailesel dağılımdaki baskınlıktan elde edilir. Monozigotik ve dizigotik ikizlerde anketlere veya diş aşınma tahminlerine dayalı çalışmalar, bruksizmde yüksek bir genetik belirleyicinin olduğunu göstermektedir. Monozigotik ikizlerde ve dizigotik ikizlerde

çiğneme paterni için yüksek bir uyum oranı mevcuttur (Hublin & ark. 1998)(Lindqvist 1974). Öte yandan yakın zamanda yapılan bir ikiz çalışmasında temporomandibular eklemlle ilişkili belirti ve semptomlar için herhangi bir genetik belirleyici bulunamamıştır (Michalowicz & ark. 2000).

Bazı İlaçlar ve Kimyasallar

Bazı ilaçların ve kimyasalların bruksizm ataklarının sayısını artırabildiği defalarca kanıtlanmıştır. Bunlar arasında en sık bahsedilen bileşikler seçici serotonin geri alım inhibitörleri (örn. paroksetin, fluoksetin, sertralin), seçici norepinefrin geri alım inhibitörleri (örn. venlafaksin), antipsikotikler (örn. haloperidol), flunarizin, amfetaminler (örn. metilfenidat), 3',4'-metilfenidat (ecstasy), nikotin ve alkoldür (Carra, Huynh, ve Lavigne 2012).

Stres ve Kaygı

Çocuklar kardeşinin doğumu, tuvalet eğitimi veya okula başlaması gibi günlük yaşamındaki olaylardan etkilenmektedir. Bruksizmin nedenlerinin araştırıldığı bir ankete katılan ebeveynlerin %34'ü bruksizmi bu olaylardan birine bağlamıştır (OLIVEIRA & ark. 2015). Dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozuklukları, stres ve anksiyete nokturnal bruksizm olasılığını 4 kata kadar artırabilmektedir (Andersen & ark. 2010),(Manfredini ve Rossi 2013). Çocuğun aile ortamı da bruksizmde rol oynayabilir. Örneğin ebeveynlerin boşanması veya uykuya dalmakta zorluk (güvensizlik veya terkedilme duygusu nedeniyle) çocukta nokturnal bruksizm için etyolojide rol alabilmektedir. Kırılgan ve duygusal açıdan dengesiz çocuklar, kaygılarını nokturnal bruksizm yoluyla ifade etme eğiliminde olacaktır. Restrepo ve ark. çocuklarda bruksizm, yüksek düzeyde stres ve gergin kişilik özellikleri arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir (Restrepo & ark. 2008).

Havayolu Problemleri ve Uyku Bozuklukları

Obstrüktif uyku apnesi (OSA), uyku sırasında apne ve hipopneden sorumlu olan üst solunum yollarının tam veya (Manfredini ve Rossi 2013) kısmi tıkanmalarının tekrarlayan bir şekilde ortaya çıkmasıyla tanımlanır ve bruksizmin tetiklenmesinde en büyük risk faktörlerinden biridir (Ohayon, Li, ve Guilleminault 2001). Çocuklarda prevalansı %1 ila 5'tir ve esas olarak bademcik ve geniz eti dokularının en büyük olduğu yaş olan 2-8 yaş arası çocukları etkiler (Ohayon & ark. 2001). En sık görülen nedenler burun tıkanıklığı ve bademcik hipertrofisidir. Ferreira ve ark. çocuklarda OSA ile bruksizm arasında çok açık bir bağlantı olduğunu ortaya koymuştur. Üst solunum yolları seviyesindeki kasların serviko-kraniofasial yapısı ve işlevi, solunum havası akışlarının dinamiğinde büyük rol oynar (Alves & ark. 2019). Bruksizm çocuklarda OSA ile ilişkilendirilmiştir ancak neden-sonuç ilişkisi hala tartışmalıdır. Bruksizm ve OSA, mikro uyarılmaların eşlik eden aşamalarıdır ve aynı pozisyonlarda (sırtüstü pozisyon) meydana gelirler (Alves & ark. 2019). Bruksizm, uyku apnesi karşısında vücudun hayatta kalma refleksi olabilir. Alt çene hareketlerinin yeniden etkinleştirilmesi, kişinin daha iyi nefes alabilmesi için üst solunum yollarının açılmasına olanak tanıyacaktır. Çoğunlukla diş gıcırdatmayla belirginleşen bruksizm evrelerinin refleks dizisi, bu kontrolsüz "alt çene uyanmasının" sonucu olabilir. OSA'dan muzdarip kişiler uykuları sırasında daha sık uyanırlar ve mikro uyarılmaların sayısının arttığını görürler. Bruksizm, mikro uyarılmalarla bağlantılı bu fizyolojik tepkiler zincirinin bir parçasıdır ve OSA'lı bireylerde nokturnal bruksizm olaylarının sayısı artar (Carra & ark. 2012).

Archbold ve arkadaşlarının 2002 yılında yaptığı bir araştırmaya göre 1000 çocukta solunum sorunlarının prevalansının, diş gıcırdatmayan çocuklarda (%9), diş gıcırdatan çocuklara (%16) göre önemli ölçüde daha düşük olduğunu bulmuşlardır (Archbold & ark. 2002). 5 ila 18 yaşları arasındaki deneklerde, nokturnal bruksizm epizodlarının yarısından fazlası ensefalografik mikro uyarılmalarla ilişkilidir ve uyku aşamasından önceki derin uyku

aşamasında REM uykusunda (Rapid Eye Movement) ortaya çıkar (Carra & ark. 2012). Bu mikro uyarılmalar sırasında çiğneme kaslarının aktivitesi kolaylaştırılır, bu da nokturnal bruksizmi açıklar (genellikle iki saniyeden kısa sürer). Hipoksi bir uyarı sistemini aktive edecek ve daha fazla mikro uyarılmaya neden olacak, bu da uyku sırasında nokturnal bruksizm ataklarının sayısını artıracaktır.

Sistemik Faktörler ve Alerjiler

Bruksizme sebep olan sistemik faktörler arasında beslenme yetersizliği, Down sendromu, gastrointestinal bozukluklar, mental retardasyon ve serebral palsi gibi durumlar yer almaktadır (Ohayon & ark. 2001)(López-Pérez & ark. 2007).

Bağırsak parazitleri ile bruksizm arasında bir ilişkinin varlığı konusunda yaygın bir tartışma vardır. Bazı yazarlar bruksizmde parazitlerin rol oynayabileceğini öne sürerken (Pinkham 1994)(Tehrani & ark. 2010)(Brown 1969), bazıları ise bu ilişkiyi doğrulamamaktadır (Díaz-Serrano & ark. 2008)(Maryam, Leyli, ve Gholamreza 2013).

Alerjik bir çocuk uyku sırasında ağız boşluğundan nefes alır, bu da kuruluğa ve yutma ihtiyacının artmasına neden olur. Ancak yavaşlarsa bile, yutkunma, uyku sırasında kulak zarı boşluklarındaki basıncın dengelenmesini sağlayacak tek işlev olacaktır. Bu nedenle bruksizm, üstaki borusunu temizlemenin ve uyku sırasında bu baskıları yeniden dengelemenin bir yolu olarak karşımıza çıkmaktadır. Marks ve ark. alerjik çocuklarda uyku bruksizminin 3 kat daha yaygın olduğunu bulmuşlardır (Marks 1980).

Teşhis

Günümüzde çocuklarda bruksizm tanısı konusunda bir fikir birliğine varılamamıştır (Kampe & ark. 1997). Bruksizmin teşhisine yönelik yöntemlerin çoğu, diş aşınması ve kaygının değerlendirilmesi gibi dolaylıdır. Ancak bu semptomların varlığı bruksizme özgü değildir ve çok sayıda yanlış pozitif ve yanlış negatif sonuçla sonuçlanır (Andersen & ark. 2010). Bruksizmin teşhisinde

polisomnografi güvenilir bir araç olabilir, ancak yalnızca bruksizmin aktif evreleri sırasında doğru yanıtlar alınabilir. Polisomnografi kullanılarak yapılan muayene, çocukta bruksizmin olmadığı veya çok az olduğu bir günde yapılırsa tanı yanlış negatif olur.

Ebeveynlerden alınan bilgiler teşhiste yardımcı olabilmektedir. Aileler çocuklarının uykusu sırasında diş gıcırdatma olaylarını bildirebilir, böylece tanıya yol gösterebilir (Camoin & ark. 2017). Ancak ebeveynlerden alınan bilgiler ebeveynlerin geceleri çocuklarına yakın oldukları durumlarda doğrudur ki bu da nadiren olur. Ayrıca gıcırdatma olmadan sadece sıkma varlığında ebeveynler ses duymayabilirler (Huynh ve Guillemineault 2012).

Teşhis çeşitli unsurlara dayanmaktadır: ebeveynlerden alınan bilgiler, tıbbi öykü, intraoral ve ekstraoral muayene ve bazı durumlarda elektromiyografik (EMG) veya polisomnografik (PSG) kayıt (Camoin & ark. 2017). Bu yöntemler dişlerini gıcırdatan ya da dişlerini sıkkan bir çocuğu teşhis etmeyi mümkün kılan bir dizi belirti ve semptomun birleşimidir. Dişlerin gıcırdatılması sadece diş sıkmaya göre dişlerde daha fazla aşınma ile karakterize bir durumdur ve intraoral muayene sırasında diş aşınmalarının gözlenmesi tanı koymada faydalı olmaktadır. Bunlar esas olarak insizal kenarlarda ve kanin dişlerinin uç kısımlarında bulunan aşınma yüzeyleridir. Bu aşınma mutlaka simetrik değildir ancak her durumda karşılık gelen bir grup karşıt dişle ilgilidir. Ancak aşınma ve yıpranmanın varlığı sistematik olarak bruksizm tanısına yol açmamalıdır (Hublin & ark. 1998). Bazı diş aşınmaları, özellikle çocuklarda tükürüğün miktar ve kalitesindeki azalmayla ortaya çıkan eroziv olaylarla ilgili olabilir (Serra-Negra & ark. 2012). Aşındırıcı olaylar aynı zamanda endojen kökenli (örneğin gastroözofageal reflü hastalığının varlığı), ekzojen kökenli (meşrubatların düzenli tüketimi) veya karışık olabilir (De Oliveira & ark. 2016)(Richards 2016). Aşınma parlak, geniş olur ve tüm diş yüzeylerini (lingual ve bukkal) etkileyebilir (De Oliveira & ark. 2016). Bruksizm aktivitesinin değerlendirilmesi bir önceliktir. "Aktif" bruksizm olarak adlandırılan aşınma yüzeyleri, aşınma yüzeylerinin donuk ve içbükey olduğu eski bruksizmden farklı olarak parlaktır.

Bruksizmin önemli belirtileri (Carra & ark. 2012)(Serra-Negra & ark. 2012)(Andersen & ark. 2010):

- Genellikle karşıt diş grubunu içermeyen pürüzsüz, parlak erozyon alanlarıyla ilişkili olabilen aşınma
- Çiğneme kaslarının palpasyonu ile aranması gereken levator kaslarının hiperdansitesi
- Alveol ve bazal kemiğin ekzostozları
- Uyanma sırasında ağız açıklığının kısıtlanmasının eşlik edebildiği miyalji ve baş ağrısı
- Ebeveynlerin sorgulanması: çocuğun uyanırken sık sık dişlerini sıktığını gözlemlemeyle ilgili anekdotlar, geceleri gıcırdatma olayları, kaygılı bir mizaca sahip stresli çocuk
- Uyku bozuklukları
- Hipodiverjan yüz tipolojisi ve euryprosopus (kısa kare ve geniş yüz)
- Öte yandan, hiperdiverjan ve leptoprosopik tipolojisi (uzun yüz) olan, muhtemelen kulak burun boğaz (KBB) patolojileri olan ve oral ventilatör kullanan bir çocukta bruksizm görülebilir.

Bazı çocuklarda bruksizmin tanısı hala karmaşıktır (Huynh ve Guillemineault 2012). Çok nadir diş aşınması (Kampe & ark. 1997), palpasyonda kas hipertrofileri ve ekzostozlar, hipertonusun derecesini ve bunun parafonksiyonla ilişkili olup olmadığını değerlendirmek için masseter ve temporal kasların EMG'si veya PSG gibi ek incelemeleri teşvik etmelidir (Serra-Negra & ark. 2012). Ayırıcı tanı temel olarak çocuklarda sık görülen diş aşınması, erozyon ve kalıtsal displaziler (örneğin kusurlu amelogenesis, kusurlu dentinogenesis) ile ilgilidir (Lobbezoo ve Naeije 2001).

Tedavi Yaklaşımı

Günümüzde çocuklarda bruksizmin tedavisinde kanıtlanmış etkili bir yöntem bulunmamaktadır (Şentürk ve Ulu Güzel 2022). Klinisyenler arasında bruksizmin terapötik yönetimine ilişkin bir tartışma devam etmektedir. Çenelerin büyümesi ve gelişmesini sağlamak için dişlerin oklüzal yüzeylerinin üç ila beş yaşları arasında fizyolojik aşınmaya uğraması gerektiğine inanılmaktadır. Ek olarak, araştırmalar bruksizm görülme sıklığının yaklaşık dokuz ila on yaş arasında azaldığını göstermiştir, bu da bruksizimli çocukların çoğunun ergenlik ve yetişkinlikte bu aktiviteyi sergilemeyeceği inancını desteklemektedir (Firmani & ark. 2015),(Guaita ve Högl 2016). Diş hekimleri çocukları daimi dişlerdeki aşınma, baş ağrısı, kraniofasiyal ağrı, temporomandibular eklem bozuklukları veya ağız açıklığının azalması gibi bruksizmin belirti ve semptomları açısından gözlemlemelidir. Bruksizmin tedavisi zorludur ve hekim, ebeveyn ve çocuğun iş birliğini gerektirir. Şu anda bruksizm fizyoterapi ile tedavi edilebilmektedir (Salgueiro & ark. 2017)(Pihut & ark. 2016). Pediatrik hastalarda bruksizmin tedavisinde yaygın olarak kullanılan tedavi yöntemleri kinezyoterapi, masaj, kızılötesi terapi ve düşük seviyeli lazer tedavisidir (Salgueiro & ark. 2017). Bunlar arasında düşük seviyeli lazer tedavisi noninvaziv, uygun maliyetli, ağrısız bir yöntemdir ve akupunktur noktası başına daha kısa bir maruz kalma süresi gerektirir (Salgueiro & ark. 2017).

Bruksizmin dental tedavisi, dişleri patolojik aşınmaya karşı korumak için uyku sırasında oklüzal apareylerin kullanılmasını içerir. Raporlar ayrıca çocuklarda bruksizm insidansını azaltmak için çeneyi genişletmeyi amaçlayan ortodontik prosedürlerin uygulandığını göstermektedir (Bellerive & ark. 2015). Sınırlı veriler, süt dişleri veya karma dişlenme durumlarında oklüzal apareylerle tedavinin etkili olduğunu göstermektedir. Bu tür bir tedavinin alveoler sürecin kemik büyümesini bozabileceği ve sonuç olarak ortodontik kusurlara yol açabileceği gerçeğine rağmen (Firmani & ark. 2015)(Beddis & ark. 2018), oklüzal splint kas aktivitesini azaltabilir ve hastalara daha fazla konfor sağlayabilir. Bununla

birlikte oklüzal apareyler yetişkinlerde bruksizm tedavisinde yaygın olarak kullanılmasına rağmen çocuklar için aparey tedavisine dayalı spesifik bir strateji oluşturulmamıştır. Bu nedenle çocuklarda oklüzal aparey tedavisinin etkinliğini araştırmak için daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır (Nitecka-Buchta & ark. 2018).

İstenmeyen alışkanlıkları değiştirmek ve daha sağlıklı bir yaşam tarzı sağlamak için stresi azaltmak amacıyla psikolojik terapi gibi diğer tedaviler uygulanır. Farmakolojik tedavi stresi ve kaygıyı azaltmak ve uykunun kalitesini ve miktarını iyileştirmek için kullanılırken, cerrahi tedavi hava yolu tıkanıklığını gidermek için kullanılır (Firmani & ark. 2015)(Gomes & ark. 2018). Davranışsal stratejiler arasında biyolojik geri bildirim, rahatlama ve gelişmiş uyku hijyeni yer alır. Bunlardan biofeedback, hastalara davranışları hakkında anında bilgi vermeyi, farkındalıklarını ve tepki vermelerini sağlamayı amaçlar ve hem diurnal hem de nokturnal bruksizm için kullanılır. Biyogeribildirim stratejisinde kullanılan teknikler arasında işitsel, titreşimli veya elektriksel stimülasyondan gelen EMG geri bildirimi ve bir nokturnal bruksizm atağı sırasında hastayı uykudan uyandırmak için cihazların kullanımı yer alır (Beddis & ark. 2018). Uyku hijyeni önlemleri arasında yatak odasında iyi bir havalandırma ve sessizlik sağlanması, yatmadan önce dinlenme ve yatmadan önce kafeinden uzak durulması yer alır. Bu önlemler zihinsel stresin nokturnal bruksizm üzerindeki etkisini azaltmayı amaçlamaktadır ancak Lopez ve ark. tarafından 16 katılımcıyla yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, uyku hijyeni ve rahatlamanın nokturnal bruksizm üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı öne sürülmüştür (Valiente López & ark. 2015).

Adenotonsillektomi, Di Francesco ve arkadaşları tarafından bruksizm ve uyku apnesi sendromu ile ilişkili bademcik ve adenoid hipertrofisi ile başvuran çocuklarda önerilmiştir. Ameliyattan üç ay sonra bruksizm oranının %45'ten %11'e düştüğü görülmüştür. Bu çalışmada, üst hava yolu tıkanıklığı olan çocuklarda bruksizmin adenotonsillektomi sonrası önemli ölçüde azaltılabileceği öne sürülmüştür (DiFrancesco & ark. 2004).

Restrepo ve arkadaşları altı aylık bir süre boyunca "yönlendirilmiş kas gevşemesi" ve yeterlilik reaksiyonundan oluşan birleşik bir teknik önerdiler. Bu, çocukta endişeli tepkilere neden olan ebeveynlerin ve öğretmenlerin davranışlarını değiştirmekten oluşuyordu. Aynı zamanda, amacı çocuğa kasların gerginlik ve gevşeme durumlarını tanımayı öğretmek olan yönlendirilmiş bir kas gevşeme tekniği uygulandı. Çocukların kaygıları %65'ten fazla azaldı ve bruksizmlerindeki azalma anlamlıydı (Restrepo & ark. 2001).

Bildiğimiz kadarıyla botulinum toksini veya dopaminerjikler gibi farmakolojik tedaviler yalnızca yetişkinlerde araştırma konusu olmuştur ve hala etkili yöntemler değildir. Bu tedaviler, ilişkili nöropatik bozuklukları olan çocuklarda belirli semptomların çözümünde etkili görünebilir (Shim & ark. 2014). Son olarak Ghanizadeh, ebeveynler tarafından bildirilen uyku bruksizmi tedavisinde hidroksizinin plaseboya karşı etkili olduğunu göstermiştir (Ghanizadeh ve Zare 2013). Bu molekül iyi tolere edilmiş olarak tanımlansa ve herhangi bir ciddi yan etki kaydedilmemiş olsa bile, bir ay boyunca takip edilen sadece 15 denekten elde edilen bu sonuca dikkatli yaklaşmakta fayda vardır.

Sonuç

Çocuklarda bruksizm birçok etyolojik faktöre bağlı olarak ortaya çıkabilen bir durumdur. Kesin bir etyolojisi ve tedavi yöntemi bulunmamaktadır. Bruksizm tespit edilen bir çocukta etyolojiye yönelik bir tedavi planı oluşturulması oldukça önemlidir.

Kaynakça

Alfano, Candice A., Joanne L. Bower, and Jessica M. Meers. 2018. 'Polysomnography-Detected Bruxism in Children Is Associated With Somatic Complaints But Not Anxiety'. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 14(01):23–29. doi: 10.5664/jcsm.6872.

Alves, Anne C., João C. Alchieri, and Gustavo A. S. Barbosa. 2013. 'Bruxism. Masticatory Implications and Anxiety.' *Acta Odontologica Latinoamericana : AOL* 26(1):15–22.

Alves, Chirlene Lemos, Daniela Malagoni Fagundes, Priscilla Barbosa Ferreira Soares, and Meire Coelho Ferreira. 2019. 'Knowledge of Parents/Caregivers about Bruxism in Children Treated at the Pediatric Dentistry Clinic'. *Sleep Science* 12(03):185–89. doi: 10.5935/1984-0063.20190083.

Andersen, Monica, Taro Arima, Lene Baad-Hansen, Marta M. Barreiro, Gunnar E. Carlsson, Fernando Cifuentes, Sergio Fuster, Jorge Mario Galante, Carlos Gianoni, and Fernando Goldberg. 2010. *Bruxism: Theory and Practice*. Quintessence Publishing.

Archbold, Kristen Hedger, Kenneth J. Pituch, Parviz Panahi, and Ronald D. Chervin. 2002. 'Symptoms of Sleep Disturbances among Children at Two General Pediatric Clinics'. *The Journal of Pediatrics* 140(1):97–102.

Bahali, Kayhan, Ozhan Yalcin, and Ayse Avci. 2014. 'Atomoxetine-Induced Wake-Time Teeth Clenching and Sleep Bruxism in a Child Patient'. *European Child & Adolescent Psychiatry* 23(12):1233–35. doi: 10.1007/s00787-014-0607-y.

Barbosa, Taís de Souza, Luana Sayuri Miyakoda, Rafael de Liz Pocztaruk, Camila Pinhata Rocha, and Maria Beatriz Duarte Gavião. 2008. 'Temporomandibular Disorders and Bruxism in Childhood and Adolescence: Review of the Literature'. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 72(3):299–314. doi: 10.1016/j.ijporl.2007.11.006.

Beddis, H., M. Pemberton, and Stephen Davies. 2018. 'Sleep Bruxism: An Overview for Clinicians'. *British Dental Journal* 225(6):497–501. doi: 10.1038/sj.bdj.2018.757.

Bellerive, Audrey, Andrée Montpetit, Hicham El-Khatib, Maria Clotilde Carra, Claude Remise, Eve Desplats, and Nelly Huynh. 2015. 'The Effect of Rapid Palatal Expansion on Sleep Bruxism in Children'. *Sleep and Breathing* 19:1265–71.

Brown, Harold W. 1969. 'Basic Clinical Parasitology.' *Basic Clinical Parasitology*. (Edn 3).

Camoin, A., C. Tardieu, I. Blanchet, and J. D. Orthlieb. 2017. 'Le Bruxisme Du Sommeil Chez l'enfant'. *Archives de Pédiatrie* 24(7):659–66.

Carra, Maria Clotilde, Nelly Huynh, and Gilles Lavigne. 2012. 'Sleep Bruxism: A Comprehensive Overview for the Dental Clinician Interested in Sleep Medicine'. *Dental Clinics* 56(2):387–413.

Clark, Glenn T., Yoshihiro Tsukiyama, Kazuyoshi Baba, and Tatsutomi Watanabe. 1999. 'Sixty-Eight Years of Experimental Occlusal Interference Studies: What Have We Learned?' *The Journal of Prosthetic Dentistry* 82(6):704–13. doi: 10.1016/S0022-3913(99)70012-0.

Díaz-Serrano, Kranya Victoria, Carolina Brunelli Alvares da Silva, Sérgio de Albuquerque, Maria da Conceição Pereira Saraiva, and Paulo Nelson-Filho. 2008. 'Is There an Association between Bruxism and Intestinal Parasitic Infestation in Children?' *Journal of Dentistry for Children* 75(3):276–79.

DiFrancesco, Renata C., Paula Andreya S. Junqueira, Priscilla Maria Trezza, Maria Estela J. de Faria, Ronaldo Frizzarini, and Fabio Elias Zerati. 2004. 'Improvement of Bruxism after T & A Surgery'. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 68(4):441–45.

Firmani, Mónica, Milton Reyes, Nilda Becerra, Guillermo Flores, Mariana Weitzman, and Paula Espinosa. 2015. 'Sleep Bruxism in Children and Adolescents'. *Revista Chilena de Pediatría* 86(5):373–79.

Ghanizadeh, A., and S. Zare. 2013. 'A Preliminary Randomised Double-blind Placebo-controlled Clinical Trial of Hydroxyzine for Treating Sleep Bruxism in Children'. *Journal of Oral Rehabilitation* 40(6):413–17.

Gomes, Monalisa Cesarino, Erick Tassio Neves, Matheus Franca Perazzo, Emilly Gabrielle Carlos de SOUZA, Junia Maria Serra-Negra, Saul Martins Paiva, and Ana Flavia Granville-Garcia. 2018. 'Evaluation of the Association of Bruxism, Psychosocial and Sociodemographic Factors in Preschoolers'. *Brazilian Oral Research* 32.

Grechi, Tais H., Luciana V. V. Trawitzki, Claudia M. de Felício, Fabiana C. P. Valera, and Wilma T. Alnselmo-Lima. 2008. 'Bruxism in Children with Nasal Obstruction'. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 72(3):391–96. doi: 10.1016/j.ijporl.2007.11.014.

Guaita, Marc, and Birgit Högl. 2016. 'Current Treatments of Bruxism'. *Current Treatment Options in Neurology* 18:1–15.

Hublin, Christer, Jaakko Kaprio, Markku Partinen, and Markku Koskenvuo. 1998. 'Sleep Bruxism Based on Self-report in a Nationwide Twin Cohort'. *Journal of Sleep Research* 7(1):61–67. doi: 10.1046/j.1365-2869.1998.00091.x.

Huynh, N., and C. Guilleminault. 2012. 'Bruxisme Du Sommeil Chez Les Enfants'. *Odontologie et Médecine Du Sommeil. Paris: Ed Quintessence International* 125–32.

Insana, Salvatore P., David Gozal, Daniel W. McNeil, and Hawley E. Montgomery-Downs. 2013. 'Community Based Study of Sleep Bruxism during Early Childhood'. *Sleep Medicine* 14(2):183–88. doi: 10.1016/j.sleep.2012.09.027.

Kampe, T., G. Edman, G. Bader, T. Tagdae, and S. Karlsson. 1997. 'Personality Traits in a Group of Subjects with Long-standing Bruxing Behaviour'. *Journal of Oral Rehabilitation* 24(8):588–93.

Kato, Takafumi, Taihiko Yamaguchi, Kazuo Okura, Susumu Abe, and Gilles J. Lavigne. 2013. 'Sleep Less and Bite More: Sleep Disorders Associated with Occlusal Loads during Sleep'. *Journal of Prosthodontic Research* 57(2):69–81. doi: 10.1016/j.jpor.2013.03.001.

Lavigne, G. J., S. Khoury, S. Abe, T. Yamaguchi, and K. Raphael. 2008. 'Bruxism Physiology and Pathology: An Overview for Clinicians'. *Journal of Oral Rehabilitation* 35(7):476–94. doi: 10.1111/j.1365-2842.2008.01881.x.

Lindqvist, Berit. 1974. 'Bruxism in Twins'. *Acta Odontologica Scandinavica* 32(3):177–87. doi: 10.3109/00016357409002546.

Lobbezoo, F., and M. Naeije. 2001. 'Bruxism Is Mainly Regulated Centrally, Not Peripherally'. *Journal of Oral Rehabilitation* 28(12):1085–91. doi: 10.1046/j.1365-2842.2001.00839.x.

López-Pérez, Rubén, Patricia López-Morales, Gerardo Maupomé, and Gustavo Parés-Vidrio. 2007. 'Prevalence of Bruxism among Mexican Children with Down Syndrome'. *Down Syndrome Research and Practice* 12(1):45–49.

Manfredini, Daniele, Jari Ahlberg, Ephraim Winocur, and Frank Lobbezoo. 2015. 'Management of Sleep Bruxism in Adults: A Qualitative Systematic Literature Review'. *Journal of Oral Rehabilitation* 42(11):862–74. doi: 10.1111/joor.12322.

Manfredini, Daniele, and D. Rossi. 2013. 'Family and School Environmental Predictors of Sleep Bruxism in Children'. *Journal of Orofacial Pain* 27(2):135–41.

Marbach, J. J., K. G. Raphael, M. N. Janal, and R. Hirschhorn-Roth. 2003. 'Reliability of Clinician Judgements of Bruxism'.

Journal of Oral Rehabilitation 30(2):113–18. doi: 10.1046/j.1365-2842.2003.01146.x.

Marks, Meyer B. 1980. 'Bruxism in Allergic Children'. *American Journal of Orthodontics* 77(1):48–59. doi: 10.1016/0002-9416(80)90223-7.

Maryam, Hajenorouzali Tehrani, Sadri Leyli, and Mowlavi Gholamreza. 2013. 'Intestinal Parasites and Bruxism in Children'.

Michalowicz, B. S., B. L. Pihlstrom, J. S. Hodges, and T. J. Bouchard. 2000. 'No Heritability of Temporomandibular Joint Signs and Symptoms'. *Journal of Dental Research* 79(8):1573–78. doi: 10.1177/00220345000790080801.

Miguel, A. M., J. Montplaisir, P. H. Rompre, J. P. Lund, and G. J. Lavigne. 1992. 'Bruxism and Other Orofacial Movements During Sleep.' *Journal of Craniomandibular Disorders* 6(1).

Nitecka-Buchta, Aleksandra, Karolina Walczynska-Dragon, Jolanta Batko-Kapustecka, and Mieszko Wieckiewicz. 2018. 'Comparison between Collagen and Lidocaine Intramuscular Injections in Terms of Their Efficiency in Decreasing Myofascial Pain within Masseter Muscles: A Randomized, Single-Blind Controlled Trial'. *Pain Research and Management* 2018.

Ohayon, Maurice M., Kasey K. Li, and Christian Guilleminault. 2001. 'Risk Factors for Sleep Bruxism in the General Population'. *Chest* 119(1):53–61.

OLIVEIRA, Marcelo Tomás de, Sandra Teixeira BITTENCOURT, Karina MARCON, Samia DESTRO, and Jefferson Ricardo PEREIRA. 2015. 'Sleep Bruxism and Anxiety Level in Children'. *Brazilian Oral Research* 29(1):1–5. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2015.vol29.0024.

De Oliveira, Patricia Alves Drummond, Saul Martins Paiva, Mauro Henrique Nogueira Guimarães De Abreu, and Sheyla Márcia Auad. 2016. 'Dental Erosion in Children with Gastroesophageal Reflux Disease'. *Pediatric Dentistry* 38(3):246–50.

Oliver, R. G., A. Miles, M. Greenslade, and M. Harkness. 1997. 'Patient and Parent Opinion of the Use of Recycled Orthodontic Brackets: An International Comparison.' *British Journal of Orthodontics* 24(4):329–32. doi: 10.1093/ortho/24.4.329.

Pihut, Malgorzata, Ewa Ferendiuk, Michal Szewczyk, Katarzyna Kasprzyk, and Mieszko Wieckiewicz. 2016. 'The Efficiency of Botulinum Toxin Type A for the Treatment of Masseter Muscle Pain in Patients with Temporomandibular Joint Dysfunction and Tension-Type Headache'. *The Journal of Headache and Pain* 17(1):1–6.

Pinkham, Jimmy R. 1994. 'Pediatric Dentistry: Infancy through Adolescence'. (No Title).

Ramfjord, Sigurd P. 1961. 'Bruxism, a Clinical and Electromyographic Study'. *The Journal of the American Dental Association* 62(1):21–44. doi: 10.14219/jada.archive.1961.0002.

Restrepo, C. C., E. Alvarez, C. Jaramillo, C. Velez, and I. Valencia. 2001. 'Effects of Psychological Techniques on Bruxism in Children with Primary Teeth'. *Journal of Oral Rehabilitation* 28(4):354–60.

Restrepo, C. C., L. M. Vásquez, M. Alvarez, and I. Valencia. 2008. 'Personality Traits and Temporomandibular Disorders in a Group of Children with Bruxing Behaviour'. *Journal of Oral Rehabilitation* 35(8):585–93.

Richards, Derek. 2016. 'Impact of Diet on Tooth Erosion'. *Evidence-Based Dentistry* 17(2):40.

Rugh, J. D., N. Barghi, and C. J. Drago. 1984. 'Experimental Occlusal Discrepancies and Nocturnal Bruxism'. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 51(4):548–53. doi: 10.1016/0022-3913(84)90312-3.

Saczuk, Klara, Paulina Wilmont, Łukasz Pawlak, and Monika Łukomska-Szymańska. 2018. 'Bruxism: Aetiology and Diagnostics.

A Literature Review'. *Prosthodontics* 68(4):456–63. doi: 10.5114/ps/100523.

Salgueiro, Mônica da Consolação Canuto, Carolina Carvalho Bortoletto, Anna Carolina RattoTempestini Horliana, Ana Carolina Costa Mota, Lara Jansiski Motta, Pamella de Barros Motta, Raquel Agnelli MesquitaFerrari, Kristianne Porta Santos Fernandes, and Sandra Kalil Bussadori. 2017. 'Evaluation of Muscle Activity, Bite Force and Salivary Cortisol in Children with Bruxism before and after Low Level Laser Applied to Acupoints: Study Protocol for a Randomised Controlled Trial'. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 17:1–7.

Şentürk, Özge, and Kadriye Gökem Ulu Güzel. 2022. 'Çocuklarda Bruksizm: Derleme'. *Selcuk Dental Journal* 9(1):326–34. doi: 10.15311/selcukdentj.421783.

Serra-Negra, Júnia Maria, Saul Martins Paiva, Sheyla Márcia Auad, Maria Leticia Ramos-Jorge, and Isabela Almeida Pordeus. 2012. 'Signs, Symptoms, Parafunctions and Associated Factors of Parent-Reported Sleep Bruxism in Children: A Case-Control Study'. *Brazilian Dental Journal* 23:746–52.

Shim, Young Joo, Moon Kyu Lee, Takafumi Kato, Hyung Uk Park, Kyoung Heo, and Seong Taek Kim. 2014. 'Effects of Botulinum Toxin on Jaw Motor Events during Sleep in Sleep Bruxism Patients: A Polysomnographic Evaluation'. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 10(3):291–98.

Sousa, Heloísa Clara Santos, Marina de Deus Moura de Lima, Neusa Barros Dantas Neta, Raissa Quaresma Tobias, Marcoeli Silva de Moura, and Lúcia de Fátima Almeida de Deus Moura. 2018. 'Prevalência e Fatores Associados Ao Bruxismo Do Sono Em Adolescentes de Teresina, Piauí'. *Revista Brasileira de Epidemiologia* 21. doi: 10.1590/1980-549720180002.

Tehrani, Maryam Haje Norouzali, Nader Pestechian, Hoseinali Yousefi, Hajar Sekhavati, and Hajar Attarzadeh. 2010. 'The Correlation between Intestinal Parasitic Infections and Bruxism

among 3-6 Year-Old Children in Isfahan'. *Dental Research Journal* 7(2):51.

Valiente López, M., M. K. A. Van Selms, J. Van Der Zaag, H. L. Hamburger, and F. Lobbezoo. 2015. 'Do Sleep Hygiene Measures and Progressive Muscle Relaxation Influence Sleep Bruxism? Report of a Randomised Controlled Trial'. *Journal of Oral Rehabilitation* 42(4):259–65.

Weideman, C. L., D. L. Bush, F. L. Yan-Go, G. T. Clark, and J. A. Gornbein. 1996. 'The Incidence of Parasomnias in Child Bruxers versus Nonbruxers.' *Pediatric Dentistry* 18(7):456–60.

BÖLÜM II

Ortodontide Kök Hücrelerin Kullanımı

Lütfiye İrem ACAR¹
Sinem İNCE BİNGÖL²

Giriş

Ortodonti ve dentofasiyal ortopedi ile doku mühendisliği, ilk bakışta birbirinden bağımsız iki alan gibi görünse de her ikisinin de çok önemli ortak bir hedefi vardır: doku fonksiyonlarını iyileştirmek. Bu bağlamda, bilim sahnesinde yeri daha çok yeni olmasına rağmen, doku mühendisliği ve kök hücre kullanımının, tarihi çok daha eskilere dayanan ortodontik ve ortopedik tedavileri derinden etkileyeceğini öngörebilmek mümkündür.

Doku Mühendisliği ve Rejeneratif Dentofasiyal Tedaviler

Doku mühendisliği normal veya hasarlı doku ve organları onarma, rejenerasyonunu sağlama ve bir kısmını veya bütünü

¹ Dt., Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti AD.

² Dr. Öğr. Üyesi, Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti AD.

değiştirmeye yönelik çalışmalardan oluşan; sürekli ve büyük bir hızla gelişen interdisipliner bir bilim dalıdır. Bu amaçla fizik, kimya, biyoloji gibi temel bilimlerle mühendislik ve tıp ilkelerini birleştirir.

1

Rejeneratif dentofasiyal tedaviler, dentisyon ve dentisyonla ilişkili yapıların normal fonksiyon ve estetiğinin sağlanması ve korunmasını içeren tedaviler bütünüdür. Özellikle yarık dudak ve damak gibi maksillofasiyal defektlerin, kraniofasiyal ve dentofasiyal anomalilerin², temporomandibüler eklem hastalıkları ve defektlerinin onarımı, hızlandırılmış diş hareketi için³⁻⁴⁻⁵⁻⁶ ve ortodontik tedavi sırasında oluşabilecek periodontal hasarların önlenmesinde⁷⁻⁸⁻⁹⁻¹⁰ etkili olarak uygulanabilmektedir. Bu gibi amaçlarla, kök hücre¹¹, çeşitli biyomateryaller¹²⁻¹³, büyüme faktörleri¹⁴⁻¹⁵ ve doku mühendisliği sayesinde üretilmiş kemik ve yumuşak doku greftleri¹⁶ kullanılmaktadır.

Doku mühendisliği, greftlemelere ve nakillere alternatif bir yöntem olarak; hastaların kendi hücrelerini kullanır ve fonksiyonel doku ve hatta organlar oluşturmayı amaçlar. Bu yaklaşım diş ve çene-yüz rekonstrüksiyonunda giderek daha fazla kullanılmakta ve dişlerin, oral mukozanın, periodonsiyumun, temporomandibular eklem, kemiklerin, sinirlerin, tendonların ve kasların rekonstrüksiyonu için yeni bir alternatif sunmaktadır.¹⁷

Kök Hücre

1960'lerde James Till ve Ernest McCulloch tarafından kanser araştırmaları sırasında kök hücrelerin tesadüfen keşfi ve tanımlanması, bilim insanları ve genel popülasyon arasında hem büyük bir heyecan yaratmış hem de birçok tartışmanın doğmasına neden olmuştur. Öncesinde CFU (*colony forming unit*- koloni oluşturan ünite) olarak bilinen bu hücreler, 1963 itibarıyla HSCs (*blood forming stem cells*- hematopoetik kök hücreler) olarak adlandırılmaya başlandı.¹⁸

Kök hücreler kendi kendilerine çoğalabilen, çeşitli hücre türlerine dönüşebilen, farklılaşmamış veya kısmen farklılaşmış

hücrelerdir. Bir hücrenin yaşam döngüsündeki en eski, en prematür hücre gibi düşünülebilir.¹⁹ Hem embriyonik hem de yetişkin hayatta gözlemlenen tipleri vardır. Bir hücre, kök hücre olarak sayılabilmesi için şu üç temel özelliği içermelidir: ²⁰

Kendi kendine yenilenebilme: birçok sayıda hücre döngüsüne girebilirler (bölünebilir, proliferasyona uğrayabilirler).

Özelleşmemiş olma: Özelleşmiş fonksiyonları yerine getiremezler, herhangi bir doku hücrelerine ait karakterlere sahip değildirler.

Farklılaşabilme: Spesifik hücre türlerine dönüşebilme potansiyeline (diferansiasyon) sahiptirler.

Farklılaşabilme Potansiyeline Göre Kök Hücreler

Farklılaşabilme (plastisite) özelliklerine göre kök hücreler, dört grupta incelenir. ²¹

Totipotent: Tüm hücre tiplerine dönüşebilen, tam bir birey oluşturabilecek kapasitedeki hücrelerdir. (ör: zigot)

Pluripotent: Blastokist evresindeki, embriyonik membran harici tüm hücrelere dönüşebilen kök hücrelerdir. Üç germ tabakasından köken alan hücreleri oluşturur. (ör: ICM- iç hücre kitlesi)

Multipotent: Tek bir germ tabakasında farklılaşmaya programlanmış, birden fazla tip, birbirine yakın hücre gruplarından yetişkin hücrelere dönüşebilen kök hücre tipidir. (ör: mezenşimal kök hücreler (MSCs))

Unipotent: Tek bir hücre tipine dönüşebilen hücrelerdir. Kendini yenileme kapasitesine sahip en az potent hücredir. (ör: kas ana hücresi)

Elde Edildikleri Doku ve Organlara Göre Kök Hücre Tipleri

İnsan kök hücreleri 3 ana kategoride incelenebilir:

Emrionik kök hücreler (ESCs): Blastokist'in ICM (iç hücre matriksi)'nden köken alırlar. Sınırsız bölünebilme ve yaşam döngüsüne sahiptirler.

Germinal kök hücreler (GSCs): Embriyonun primer germinal tabakalarından köken alır. Spesifik organ hücrelerinin üretimini yapacak projenitör hücreleri oluştururlar.

Somatik/yetişkin tip kök hücreler: Olgun (gelişiminin son aşamalarındaki) dokularda bulunurlar. Daha az bölünebilme potansiyeline sahiptirler.

Orofasiyal Kök Hücreler

Oral ve maksillofasiyal dokulardan elde edilen çeşitli tiplerdeki kök hücreler, multipotent somatik özelliğe sahiptirler. Kondrosit, myosit, osteoblast, adiposit gibi çeşitli tür hücrelere farklılaşabilirler. Bulundukları bölgeye göre, dental ve dental olmayan kaynaklı kök hücreler olmak üzere iki majör kategoriye ayrılırlar.²²

Dental Kaynaklı Kök Hücreler

Süt Dentisyon

Eksfoliye Süt Dişlerinden Elde Edilmiş Kök Hücreler (SHEDs): Yüksek farklılaşma kapasitesine ve immünespresif yeteneğe sahip kök hücrelerdir. DPSCs'den daha yüksek proliferasyona uğrayabilir. Adiposit, myosit, kondrosit, hepatosit, endotel hücreler, nöral hücreler, osteoblast ve odontoblastlara dönüşebilirler.²³

Daimî Dentisyon

Dental Pulpa Kök Hücreleri (DPSCs): Süt veya daimî dişlerin pulpalarından elde edilirler. Hem diş hekimliği hem de genel tıbbi uygulamalarda gelecekteki rejeneratif uygulamalar için önemli bir kaynak olarak kabul edilmektedirler. Adiposit, miyoblast, nöron,

hepatosit benzeri hücreler, kardiyomyosit, odontoblast, osteoblast, dentin-pulpa benzeri hücrelere dönüşme potansiyelleri vardır.²³⁻²⁴⁻²⁵

Apikal Papilla Kök Hücreleri (SCAPs): Olgunlaşmamış apekte bulunabilen mezenşimal kök hücrelerdir. Apeksogeneze neden olurlar. DPSCs'ten daha fazla bölünme kapasitesine sahiptir. Adipojenik, kondrojenik, nörojenik, hepatojenik, osteojenik ve odontojenik hücrelere dönüşebilirler.²⁶

Dental Folikül Kök Hücreleri (DFSCs): Gelişmekte olan diş germinin etrafını saran gevşek bağ dokusu kaynaklıdır. Adipozit, kardiyomyosit, kondrosit, nöron benzeri hücreler, dentin, osteoblast, sementoblast, periodonsiyum, alveolar kemik hücrelerine dönüşebilirler. Yüksek rejeneratif potansiyelleri sayesinde diş kökü rejenerasyonu ve kemik defekti onarımlarında klinik olarak öneme sahiptir.²⁷⁻²⁸

Periodontal Ligament Kök Hücreleri (PDLSCs): Alveolar kemik ve kök yüzeyinde bulunurlar. Sement ve periodontal bağ doku rejenerasyonunda önemli bir yere sahiplerdir. Adipozit, kollajen üreten hücreler, sement, Sharpey lifleri gibi hücrelere dönüşme potansiyeline sahiptir.²³

Dental Germ Projenitör Hücreleri (TGPCs): Dental gelişimin geç evrelerinde oluşurlar. İnsanlarda üçüncü molar diş germelerinin mezenşimlerinden elde edilir. Adipojenik, kondrojenik, nörojenik, hepatositik, osteojenik ve odontojenik hücrelere farklılaşabilir; vaskülarizasyon oluşumuna katkı sağlayabilirler.²⁹

Dental Olmayan Kaynaklı Kök Hücreler

Alveolar Kemikten Elde Edilen Mezenşimal Kök Hücreler (ABMSCs): Alveolar kemikten izole edilmişlerdir. In vivo olarak, ektopik kemik oluşumunu indükleyebilen hücrelerdir. Adipozit, kondroblast ve osteoblastlara dönüşebilirler.³⁰

Tükürük Bezlerinden Elde Edilen Kök Hücreler (SGDSCs): İnsan tükürük bezlerinden ayrıştırılmışlardır. Fonksiyonları hala

araştırılmaktadır. Adipozitler, kondrositler ve osteoblastlara farklılaşabilirler.³¹

Oral Mukozadan Elde Edilen Mezenşimal Kök Hücreler (OMSCs): Sağlıklı veya sağlıklı diş etinden, oral mukozalardan, periosteumdan izole edilen kök hücrelerdir. Çeşitli mezenşimal hücrelere farklılaşabilirler ve immünomodülatör özelliklere sahip olabilirler.³¹ Oral Epitelyal Kök Hücreler (OESC's), Gingivadan Elde Edilen Mezenşimal Kök Hücreler (GMSC's), Periosteumdan Elde Edilen Kök Hücreler (PSC's) olmak üzere 3 gruba ayrılırlar.

Kök Hücre İle Genel Diş Hekimliği Tedavileri İlişkisi

Rejeneratif Endodonti

Pıhtı Üretimi ile Kök-Kanal Revaskülarizasyonu: Fazla kuvvet kaynaklı staz ve nekroz veya enfeksiyon kaynaklı nekrotik kanal varlığında, fazla enstrümantasyon ile apeks kaynaklı kanama yaratılması ile revaskülarizasyon sürecinin başlatılması amaçlanır. İmmün yanıt oluşumu ve patojenlerin transmisyonu ile hastanın kendi kan hücrelerinin göçü sonucu rejeneratif süreç başlar.³²⁻³³ Mezenşimal kök hücrelerin odontoblastlara dönüşümü ile dentin benzeri materyal oluşturulur, yapay maddelerle doldurulan ve dayanıksızlaşan, kırılmanlaşan dişlerin önüne geçilmek için alternatif üretilmiş olur. Demarco ve arkadaşlarının³² 2017'de yayınlanan çalışmalarında, fazla enstrümantasyon ile kök ucu kapanmamış dişin apeksinde kan pıhtısı oluşumunun indüklenmesi ve MTA ile tıkanmasının ardından, apikal papilla kök hücrelerinin kanala migrasyonu sonucu kanal gelişiminin devam ettiği gösterilmiştir.

Kök Rezorbsiyonlarının Rejenerasyonu: Ortodontik olarak indüklenmiş enflamatuvar kök rezorbsiyonlarının tedavisinde, periodontal ligament kök hücrelerinden faydalanılabilir. Bu hücreler sementoblastik hücrelere dönüşür, rezorbsiyon lakünalarını tamir eder ve periodontal homeostazisin sağlanmasına yardımcı olurlar.

Amuk ve arkadaşlarının, mezenkimal kök hücreler (MSC) ve osteoprotegerin (OPG) gen transferi uygulamalarının ortodontik

olarak indüklenen inflamatuvar kök rezorpsiyonunun (OIIRR) inhibisyonu ve/veya onarımı üzerindeki terapötik etkilerini değerlendirmek ve karşılaştırmak amaçlı, 30 rat üzerinde yürüttükleri bir çalışmaları mevcuttur. Gen transferi (GT) yapılan grup, kök hücre (MSC) transferi yapılan grup, yalnızca ortodontik aparey kullanılan pozitif kontrol grubu ve hiç aparey kullanmayan negatif kontrol grubu olmak üzere 4 grup oluşturulmuştur. Aparey kullanan ilk 3 grupta 100 gr kuvvet 14 gün boyunca uygulanmıştır. Gen transferi yapılan ve kök hücre transferi yapılan gruplara 1.,6. ve 11. günlerde transferler gerçekleştirilmiştir. Periodontal ligamentte total hücre sayısı, osteoklast sayısı, rezorpsiyon lakünlerinin sayısı, rezorpsiyon alanlarının oranı, OPG, RANKL, Cox-2 gen ekspresyon seviyeleri ölçülmüştür. Sonuçlar, MSC enjeksiyonlarından sonra osteoklastik hücre sayısının, rezorpsiyon lakunalarının, rezorpsiyon alan oranının, RANKL'nin ve Cox-2'nin önemli ölçüde azaldığını ortaya koymuştur. GT grubu en düşük osteoklastik hücre sayısını, rezorpsiyon lakuna sayısını, rezorpsiyon alan oranını ve en yüksek OPG ekspresyonunu göstermiştir. Tüm bu sonuçlar birlikte alındığında, MSC'ler ve GT, ratlar üzerinde ortodontik tedavi sırasında OIIRR üzerinde belirgin inhibisyon ve/veya onarım etkileri göstermiştir.³⁴

Huang ve arkadaşlarının ortodontik diş hareketinde periodontal ligament kök hücrelerinin mekanobiyolojisini araştırdıkları makalelerine göre; ortodontik kuvvete yanıt veren periodontal ligament kök hücrelerinin diş hareketi sırasındaki rolü, in vivo olarak doğrulanmıştır.³⁵

Postnatal Kök Hücre Tedavisi: Cilt, bukkal mukoza ve kemikten izole edilen kök hücrelerin kök-kanal sistemine enjeksiyonu ile gerçekleştirilen tedavi yöntemidir.³⁶

Pulpa İmplantasyonu: Hücre kültürlerinde üretilen pulpa hücrelerinin implantasyonunu içerir. Yalnızca apikal kısma yerleştirildiklerinde başarılı sonuçlar elde edilmiş, koronal kanal sistemlerinde vaskülarite eksikliği nedeniyle tedaviye yanıt alınamamıştır.³⁶

Üç Boyutlu Hücre Konstrüksiyonu: Doğal pulpa hücrelerini birebir taklit edebilmek amacıyla, kök hücrelerin kesin konumlarına yerleştirilmesi ile uygulanan tedavi şeklidir. Koronal ve apikal asimetrliler, bu tekniğin başarısının önündeki en büyük engeldir.³⁶

Gen Tedavisi: Hedef proteini, hücre ekspresyonu yapılabilen hücrelere sokabilen terapötik bir proteini kodlayan genin (BMP-7) enjeksiyonu ile gerçekleşir.³⁷

Rejeneratif Periodontoloji

Kompleks fonksiyonel üniteler olan sement, alveolar kemik, gingiva ve periodontal ligametten oluşan periodonsiyum; ortodontik tedavi sırasında periodontal ataçman kaybı ve oral hijyenin tam olarak sağlanmasındaki zorluklar nedeniyle periodontitis riski ile karşı karşıyadır. Sonuç olarak istenmeyen diş migrasyonları gözlemlenebilir. Yönlendirilmiş doku rejenerasyonu ile defekt alanlarına epitelyal ve gingival hücre, otojen doku veya hayvandan elde edilen kemik partikülleri transferi ve biyolojik ajanların kullanımı ile efektif bir şekilde rejenerasyon stimüle edilebilir.³⁸

Büyüme ve farklılaşma faktörleri kullanılarak periodontal doku rejenerasyonu sağlanması, en yaygın olarak uygulanan doku mühendisliği faaliyetlerindendir. Bu amaçla, EMD (mine matriksinden elde edilen, ameloblastların içeren ve mine- periodontal ataçman formasyonunu sağlayan moleküller) ve kemik morfojenik proteinler BMP-2, BMP-6, BMP-7, BMP-12 ile büyüme faktörleri TGF- β , bFGF ve PDGF kullanılmaktadır.³⁹

Kramer ve arkadaşları, periodontal progenitor hücreler veya periodontal dokuya komşu mezenşimal kök hücrelerden, PDL benzeri dokunun üretilebileceğini kanıtlamışlardır.⁴⁰

Kawaguchi ve ark., kemik iliği kaynaklı mezenşimal kök hücrelerle, Sınıf III furkasyon defektlerinde periodontal doku rejenerasyonunu köpekler üzerinde göstermişlerdir.⁴¹

Mezenşimal kök hücrelerin periodontal defektler üzerinde kullanılması ile rejenerasyon sağlanabilmektedir. Bu amaçla dental pulpa kök hücreleri, apikal papilla kök hücreleri ve dental folikül kök hücreleri kullanılabilmektedir. En başarılı sonuçlar, lokal kök hücreler olan PDL projenitör hücrelerin kullanımıyla elde edilmiştir.⁴²

Ortodontik diş hareketi, belli sınırlar dahilinde gerçekleşir. Sınırlayıcılarının arasında alveolar kemiğin anatomisi, yumuşak dokunun basıncı, periodontal doku ataçmanları, nöromuskuler kuvvetler ve diş- dudak ilişkileri sayılabilir. Anteroposterior, vertikal ve transvers yönlerdeki milimetrik diş hareket miktarları, farklı tedavi çeşitlerine göre tutarsızlık zarfı (*envelope of discrepancy*) sınırları içerisinde ifade edilir. Bu sınırlara uyulmazsa diş eti çekilmeleri ve alveolar kemik dehissensleri gözlenebilir. Özellikle bukkal veya lingual kemik korteksleri ve bunları çevreleyen gingival dokular ince karakterli ise, örneğin linguale tipping ile kompenzasyona uğramış mandibular anterior dişlerin varlığında, fenestrasyon ve dehissens riski artar. Kök hücrelerin rejenerasyon özelliklerinden, bu alanda faydalanılabilir.⁴³

Wilcko ve arkadaşlarının PAOO (periodontal olarak indüklenmiş osteojenik ortodonti) çalışmalarının bir sonucu olarak da elde edilen osteojenik faktörler ile periodontal defektlerin tedavisinde de etkili sonuçlar elde edilebileceği gösterilmiştir.⁴⁴

Rejeneratif Oral ve Maksillofasiyal Cerrahi, Kraniyofasiyal Rekonstrüksiyon

Cerrahi alandaki çalışmalar temel olarak alveolar kemik augmentasyonu ve tempomandibular eklem defektlerinin giderilmesine yöneliktir. Alveolar augmentasyon için altın standart, otojen kemik greftlerinin kullanımıdır; ancak ekstra donör saha gereksinimi, greft alınan kemik sahanın kalite ve miktarı, ağrı,

morbidite gibi limitasyonlar içerir. Doku mühendisliğinin yaygınlaşması, bu dezavantajlar kaynaklı endişeleri geride bırakmamızı sağlayan, minimal invaziv bir seçenek sunmaktadır.⁴⁵

Kök hücrelerin etkin bir şekilde kullanımıyla kraniyofasiyal kemik defektlerinin onarımı da hayvan deneyleriyle kanıtlanmış, son zamanlarda insanlar üzerinde de çalışmalara başlanmıştır. Kaigler ve arkadaşları⁴⁶, kemik defekti olan 24 hastanın 12'sini GBR (yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu), kalan 12'sini TCR (doku tamir eden hücreler) kullanılarak tedavi ettikleri; TCR grubunda lineer radyografik kemik yükseklikleri daha fazla bulunmakla beraber GBR grubunda ilerleyen dönemde implant yüklenmesi sonrasında daha fazla rezidüel defekt gözledikleri bir çalışmaları mevcuttur.

Ortognatik cerrahi ve distraksiyon osteogenezis tedavilerinin sonuçlarını iyileştirmek, kemik sahalarının birleşmemesi gibi komplikasyonların risklerini azaltmak ve ossifikasyonu iyileştirmek, anjiyogenezi sağlamak ve iyileşmenin hızlandırılması için mezenşimal kök hücreler ve osteojenik projenitör hücrelerden yararlanılabilir. Wu ve arkadaşlarının⁴⁷, mezenşimal kök hücrelerin kullanımıyla yara iyileşmesi bölgesinde farklılaşma ve damarlanmada artış sağlanarak yara iyileşmesini hızlandırdığını belirttikleri bir çalışmaları mevcuttur.

Temporomandibular eklemin kartilaj tabakası, birçok hastalık ve defektten etkilenir. Avasküler bir doku olduğu için sınırlı iyileşme ve yenilenme kapasitesine sahiptir. Tedavisine yönelik işlemler, genellikle agresif ve tehlikeli cerrahi yöntemleri içerir. Hasarlı kartilajın çıkarılması ve yerine biyouyumlu bir materyalden üretilmiş, biyolojik modülatörler ve kök hücrelerle zenginleştirilmiş yeni bir kartilaj yerleştirilmesi, en güncel yaklaşımlardandır. Wu Y ve arkadaşları⁴⁸, kök hücreler ile kartilaj defektlarının onarılabileceğini ratlar üzerinde göstermiştir. Ratların TME diskleri ve kondilleri çıkarılmış, disklerde cerrahi olarak 2 mmlik perforasyonlar oluşturulmuş, perforasyon alanlarına TME'nin sinovyal sıvısından elde edilen kök hücreler fibrinle bezenip

yerleştirilmiştir. Kök hücre içeren kısımlarda hücre adezyonunda, proliferasyonunda ve kollajen üretiminde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Dental Rejenerasyon

Diş kaybı sonrası bütünüyle bir diş rejenerasyonu, en ideal tedavi yöntemi olarak düşünülebilir. Buna yönelik son dönemde birkaç çalışma mevcuttur.

Ikeda ve Tsuji'nin in vitro olarak, kök hücreler vasıtasıyla ürettikleri diş germelerinin alveolar kemiğe transplantasyonu sonrası yapının gelişip, erüpsiyona uğrayan ve fonksiyon gösteren bir dişe dönüştüğü bir çalışmaları vardır.⁴⁹

Benzer bir şekilde, Yang ve ark., dental germ hücrelerini plateletten zengin fibrin yataklarına ektikleri ve diş rejenerasyonu gözlemledikleri bir çalışma yürütmüşlerdir.⁵⁰

Oshima ve Tsuyi'nin, diş benzeri şekilli polimerik bir maddeyi kök hücrelerle çevreleyip kemik içine implante ettikleri bir çalışmaları mevcuttur.⁵¹

Tüm bu çalışmalar oldukça heyecan verici olmakla beraber, üretilen diş benzeri yapılar; düzgün kron formu, tamamlanabilmiş kök formu gibi bazı çok önemli unsurlardan yoksundurlar. Ayrıca henüz hiç insan hücreleri ile araştırma yapılmamış olması, bu konunun en büyük eksikliğidir.

Dental Olmayan Dokuların Rejenerasyonu

Fang ve ark.'nın, periodontal ligament kök hücrelerinden elde ettikleri kollajen liflerle, farelerin yüzlerindeki kırışıklıkları yok edebildikleri bir çalışmaları mevcuttur.⁵²

Otaki ve ark.'nın, dental pulpa kök hücreleriyle ürettikleri kemiğin immünsuprese fareleri hidroksiapatit/trikalsiyumfosfat tuzları için taşıyıcı olarak kullandıkları bir çalışmaları mevcuttur.⁵³

Nostral ve ark.'nın, dental pulpa kök hücrelerinden, hemisekte spinal kordlara greftlemeler yapıp fonksiyonel biyoaktivite elde edip, motor nöronları kurtardıkları bir çalışma mevcuttur.⁵⁴

Ortodonti ve Dentofasiyal Ortopedi Uygulamaları

Kraniyofasiyal Anomalilerin Tedavisi

Konjenital ve gelişimsel malformasyona sahip hastaların cerrahi tedavilerinde çeşitli zorluklar görülebilmektedir. Bu tür anomalilerin hem sert hem yumuşak dokuya yönelik tedavilerinde otojen, allojen ve protetik materyaller sıklıkla kullanılmaktadır. Bu süreçte yetersiz otojen greft miktarı, GVHD (*Graft Versus Host Disease*) gibi otoimmün yanıtlar, bulaşıcı hastalık riski, immunosupresyon, şekil düzensizlikleri, postoperatif ağrı, ek masraflar, uzun cerrahi süreleri ve enfeksiyon gibi çeşitli komplikasyonlar görülebilmektedir. Böyle komplikasyonların önüne geçilebilmesi için, kök hücre kaynaklı doku rejenerasyonu uygulamalarının kullanımı, güvenilir sonuçlar sunması bakımından faydalı olabilmektedir.⁵⁵

Gimbel ve arkadaşlarının⁵⁶, alveolar yarık defektli 69 hasta üzerinde maksiller segmentlerde ortodontik ekspansiyon yaptıkları bir çalışmaları mevcuttur. Yarıkların kapatılmasında kemik iliğinden aspirasyon ve kollajen matriks kullanılarak doku mühendisliği yapılan birinci grup (n=21), geleneksel olarak iliyak krest kemik grefti alınan ikinci grup ve minimal invaziv iliyak kemik greftlemesi yapılan üçüncü grup olmak üzere toplam 3 yöntem kullanılmış, donör sahanın ağrı düzeyleri karşılaştırılmıştır. Ağrı süresi ve şiddeti en düşük birinci grupta bulunmuş, donör saha morbiditesi de birinci grupta belirgin bir şekilde azalma gözlemlenmiştir.

Günümüzde, DDY (dudak damak yarığı) ve HFM (hemifasiyal mikrosomi) gibi kraniyofasiyal anomalilerin tedavilerinde kök hücrelerin kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. DDY'li hastalarda alveolün yeniden şekillendirilmesinde altın

standart, otojen kansellöz kemik greftlerinin kullanımıdır. Bu amaçla sıklıkla olarak anterior iliyak krest kullanılır. Doku mühendisliği çalışmaları sayesinde, alternatif bir yöntem olarak mezenşimal kök hücrelerin, yarık bölgesine transplante edildiğinde, yeni kemik formasyonu gözlemlenmiştir.⁵⁷⁻⁵⁸

Behnia ve arkadaşları⁵⁹, mezenşimal kök hücrelerinin kullanımıyla alveolar yarıkların sekonder kapatılmasına yönelik çalışmalarında başarılı sonuçlar elde etmiş, yarık bölgesinde kök hücrelerin kullanımının kapsamlı ek cerrahi ihtiyacını ortadan kaldırabileceğini belirtmişlerdir.

HFM ise, daha çok yumuşak doku greftlemeleri üzerinden tedavi edilen bir malformasyon türüdür. Bunun için kullandığımız greftler, otolog yağ greftleridir. Adipoz dokudan elde edilen stromal hücreler ile doku rejenerasyonu da alternatif tedavi yöntemi olarak son zamanlarda yaygınlaşmaktadır.⁶⁰⁻⁶¹⁻⁶²

Temporomandibuler Eklem Hastalıklarının Tedavisi

TME, hem osseöz hem de kartilajenöz kısımlar içeren, kompleks bir yapı bütünüdür. Dejeneratif kemik hastalıklarından olan TME defektlerinin tedavilerinde, kondrojenik ve osteojenik farklılaşma gösterebildikleri için, kök hücreler ile biyomühendislik uygulamalarından yararlanılabilir. Fibroblastlar, artiküler kartilaj, umbilikal kord kök hücreleri bu amaçlarla kullanılan kaynaklardandır.⁶³⁻⁶⁴

Büyüme gelişim döneminde mandibulanın önde konumlandırılması ile temporal fossada mezenşimal kök hücrelerin sayısında artış gözlenir, bu da kortikal kemik formasyonuna neden olur. Bu bölgeye kök hücrelerin enjeksiyonu ile, kemik formasyonu dış bir etkenle indüklenebilir mi? Bu sorunun cevabı, ilerleyen çalışmalarda incelenebilir.⁶⁵

TME’de travmalara bağlı yaralanmalar, tümörler, osteoartrit, romatoid artrid ve konjenital anomaliler gibi pek çok hastalık görülebilir. Ağrı, myalji, yapısal bozulmalar gibi dejeneratif TME

hastalıkları dediğimiz problemler de gözlenebilir. Bunların tedavisinde kaburgalardan alınan kemiklerle otojen greftleme ve alloplastik materyallerin kullanımı günümüzde yaygın olarak kullanılan tedavi seçenekleridir. Son çare ise mandibular eklem cerrahi olarak çıkarılmasıdır. Bu yöntemlerin hepsi, birçok istenmeyen yan etkiye sahiptir ve neredeyse hiçbir zaman hedeflenen sonuca ulaşamaz. Dislokasyon, donör alan yetersizliği, suboptimal biyouyumsuzluk, immun-rejeksiyon, enfeksiyon, aşınma ve morbidite gibi birçok komplikasyonla karşılaşma riski vardır. Bu dezavantajların önüne geçebilmek için, osteokondral dokunun biyomühendisliği kullanılabilir.⁶⁶⁻⁶⁷⁻⁶⁸⁻⁶⁹

Distraksiyon Osteogenezi

Distraksiyon osteogenezi (DO), endojen kemik dokusu mühendisliği olarak da bilinmektedir. Kraniofasial bölgede mandibula, orta yüz yapıları ve kranial kaide kemiklerinin uzatılmasında kullanılır. Bir osteotomi oluşturulmasını takiben, kesilmiş kemik parçaları arasına rijit bir distraktör sabitlenmesi ve belli aralıklarla çevirilerek aktive edilmesi prensibi ile çalışır. Kırık alanında iyileşme şu aşamalarla gerçekleşir: enflamasyon, tamir, remodelling aşamaları. Kırık alanında öncelikle bir hematoma görülür, büyüme faktörleri salınır. Fibroblastlar bölgeye göç eder ve TGF-beta ve diğer sitokinlerin salınımı ile granülasyon dokusu oluşur. Sonrasında osteoblastların da göçüyle yeni kemik formasyonu başlar. Mandibular hipoplazi, orta yüz hipoplazileri ve kraniosinostozis gibi anomalilerin tedavisinde kullanılır.⁷⁰ Uzun tedavi periyotları ile çalışılması, kemikler arası fibröz birleşme oluşumu ve hatta birleşmenin hiç oluşamaması gibi negatif yönleri vardır. Bunların önüne geçebilmek için, mezenşimal kök hücreler⁷¹⁻⁷²⁻⁷³⁻⁷⁴, kemik iliği, adipoz doku, gen transferleri⁷⁵, büyüme faktörleri⁷⁶ gibi yöntemler kullanılabilir. Demineralize kemik matriksi, PRP (plateletten zengin plazma) gibi materyallerin kullanıldığı çalışmalar literatürde mevcuttur.⁷⁷⁻⁷⁸ Kök hücrelerin kullanımıyla osteoblastik ve osteoklastik hücrelerin mobilizasyonu indüklenebilir. Kök hücreler ayrıca distraksiyon alanında kemik

rejenerasyonunu sağlayıp kemik dokunun konsolidasyonunu sağlayabilir. Bu alandaki deneysel çalışmaların peşisıra, insanlar üzerinde de yapılan bir klinik çalışma da mevcuttur.⁷⁹

Mezenşimal kök hücrelerin DO'da kullanımıyla oluşan kallus miktarında ve kemik mineral dansitesinde (BMD) artış⁷³; daha yüksek radyodensite ve daha büyük kallus formasyonu, trabeküllerde hacim artışı⁷²; biyomekanik güç ve toplam kompakt kemik yoğunluğunda artış⁷⁴; yeni kemik oluşumu miktarında artış⁷¹, kemik formasyonunda aktif çalışan hücrelerin sayısında artış⁷⁸ gözlemlenmiştir.

Qi M ve arkadaşlarının mezenşimal kök hücreleri distraksiyon alanına enjekte ettikleri ratlar üzerindeki çalışmaları sonucunda, hem daha geniş distraksiyon alanı, kortikal ve kansellöz kemik alanlarında hem de yeni trabeküler kemik kısmında artış gözlenmiş, kök hücresiz tedavi gören kontrol grubuna göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.⁷⁷

Alkaişi ve arkadaşlarının eksfoliyé süt dişlerinden elde edilen kök hücreleri kullanarak yürüttükleri benzer bir çalışmada, yeni kemik formasyonu, kemik sahaların birleşmesi ve maturasyon seviyelerinde kontrol grubuna göre daha başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.⁷¹

Hızlı Maksiller Ekspansiyon

İskeletsel maksiller transvers yetersizlik kaynaklı çapraz kapanışlar veya nonoklüzyon, diş-ark boyutu uyumsuzlukları gibi oklüzal uyumsuzluklar ve estetik problemler gözlemlenebilir. Bunların yanı sıra, hava yolu tıkanıklıkları, artmış nazal direnç, dil konumunda bozukluklar gibi hava yollarını daraltan oluşumlar hastalarda ağız solunumu ile sonuçlanabilir. Bu anomalilerin çözümü için maksiller ekspansiyon tedavileri, 1860'lardan beri uygulanmaktadır. Günümüzde oldukça basit bir işlem olarak görülmekle birlikte, oldukça tahmin edilebilir ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Ana hatlarıyla 3 yöntemle maksiller iskeletsel darlık çözülür: hızlı maksiller ekspansiyon (RME), yavaş maksiller

ekspansiyon (SME) ve cerrahi olarak asiste edilmiş maksiller ekspansiyon (SARPE).⁸⁰

RME, Emerson Angell tarafından 1860'ta ilk defa tanıtılmış, Haas sayesinde ise popülerliğini kazanmıştır.⁸¹ RME ile esas amaç maksillanın genişletilmesi olsa da, maksillanın ilişkide olduğu 10 kemikte de sekonder etkiler gözlemlenebilir. Apareyin kuvvet uygulaması ile periodontal ligamette kompresyon oluşur, alveolar kret bükülür, dişlerde tipping gözlemlenir ve başta midpalatal suture olmak üzere diğer tüm maksiller suturlarda bir açılma gözlemlenir. Transvers yönde ortodontik ve ortopedik kuvvetler uygulanır, bukkal segmentlerde laterale doğru tipping hareketi görülür. Yeterince yüksek kuvvet uygulanır ise palatal sutureda kırılma gözlemlenebilir.⁸²⁻⁸³

RME ile tedavi hedefi, yaklaşık 6 yaşında kaynaşmaya başlayan medial palatal sutureun kırılması ve histolojik olarak DO'ya benzer bir şekilde, yeni kemik formasyonunun oluşmasına dayanır. Oluşan boşluğa dolan kan hücreleri ve granüloz dokular sayesinde aktif kemik formasyonu gerçekleşir. Yeterli süre retansiyon uygulanmazsa, relaps gözlenir. Bu nedenle, kemik formasyonunun hızlandırılması ile tedavi ve retansiyon süreleri kısaltılabilir. Stabilite sağlanır ve relaps önlenir. Kök hücrelerin osteojenik hücrelere dönüşebilme kapasiteleri sayesinde, ilgili bölgeye enjeksiyonu ile istenen etkilerin elde edilebileceği düşünülmektedir.

Ekizer ve arkadaşlarının 19 rat üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında, kök hücrelerin lokal enjeksiyonu ile yeni kemik formasyonu, osteoblastlar ve yeni damar oluşumları gözlemlenmiştir.⁸⁴ İntermaksiller suturea kök hücre transplante ettikleri deney grubu (n=10) ve kontrol (n=9) olmak üzere ratlar iki gruba ayrılmış, her iki gruba da bir heliksli spring yardımıyla günde 50 cN kuvvet, 5 gün boyunca uygulanmıştır. Deney grubuna kuvvet uygulama süresinin sonunda kök hücre transplantasyonu gerçekleştirilmiştir. 10 günlük retansiyon süresinin sonunda midpalatal sutureda kemik formasyonu deney grubunda yeni kemik oluşumun indüklendiği gözlenmiş, retansiyon süresi kısalmıştır.

Alveolar Kemik Defektlerinin Onarımı

Çekimli ortodontik tedavi uyguladığımızda, çekim esnasında alveolar kemiğin özellikle bukkal bölgesinde kırıklar ve kemik kayıpları gözlenebilmektedir. Kök hücrelerin kullanımı ile bu tür defekt alanları onarılabilir, ilerleyen dönemde dehissens oluşumları ve periodontal yıkım riski azaltılabilir. Alveolar kret osteoplastisi gibi yöntemlerde kök hücrelerin başarılı bir şekilde kullanılabileceği, yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır.

D'aquino ve arkadaşlarının⁷⁹ yürüttüğü, bilateral mandibular 20 yaş dişleri çekilen 17 hastada, bir taraf kök hücre kullanılan taraf test tarafı olarak seçilirken, diğer taraf kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Test edilen tarafta bir ay içinde belirgin kemik rejenerasyonu başlamış, 3 aylık kontrol sürecinde ise test tarafında 2. molar dişin distalinde mine-sement seviyesine ulaşan kemik kazancı mevcutken kontrol tarafında kemik seviyesi belirgin olarak kökün ortasına yakın olarak görülmüştür. Bir yıllık kontrol filminde ise toplamda kazanılan vertikal ve anteroposterior kemik seviyelerinde, kontrol grubuna oranla daha fazla artış görülmektedir.

Ayrıca alveolar kemik remodelinginde de bölgesel sinyalizasyon, büyüme faktörleri ve sistemik hormon tedavileri için kök hücreler kullanılabilmektedir.⁸⁵

Hızlandırılmış Diş Hareketi

Ortodontik diş hareketi (ODH), dişlerin dentoalveolar kompleks içindeki konum değişikliklerini ifade eder. Ortodontik kuvvet uygulanması ile, Newton'un yasalarına göre dişlerde hareket elde edilir.

Dişler, kendilerine yüklenen kuvvete karşı, reseptör hücreler ve sinyal yollarını içeren biyolojik bir dizi reaksiyon gösterir. Alveolar kemik ve periodontal ligamentin gelen mekanik kuvvetler karşısında remodellinge uğraması ile ODH gerçekleşir. Kompresyon (basınç) alanlarında PDL'de sıkışma ve vaskülarizasyon kaybı görülür. Bunun sonucunda bölgesel nekroz gerçekleşir, çevre

dokulardan bu bölgeye osteoprogenitör hücreler göç eder ve osteoklastlara dönüşürler. Böylelikle yıkım gerçekleşir ve diş yıkım yönünde hareket eder. Benzer bir mantıkla, bölgeye kök hücrelerin enjeksiyonu ile yıkım olayları ve haliyle de diş hareketi hızlandırılabilir. Diş hareketinin hızlanması ile azalan tedavi süreleri sayesinde çürük ve periodontal hastalık riskinde, duyulan ağrıda ve kök rezorbsiyonu riskinde azalma görülebilir.⁸⁶

Amuk ve arkadaşlarının⁸⁷, ortodontik ark ekspansiyonu sırasında ve sonrasında periodontal ligamente mezenkimal kök hücre (MSC) transferinin ortodontik olarak indüklenen kök rezorpsiyonunun (OIRR) inhibisyonu ve/veya onarımı ve ortodontik diş hareketi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla 60 rat üzerinde bir çalışmaları mevcuttur. Ratlar tedavi edilmeyen kontrol grubu (n=20), ekspansiyon sırasında kök hücre enjeksiyonu yapılan grup (EMSC) (n=20) ve retansiyon döneminde kök hücre enjekte edilen grup (RMSC) (n=20) olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Her üç grupta da maksiller birinci molarlara günde 50 gr kuvvet uygulanarak 14 gün ekspansiyon yapılmış, retansiyon periyodu 20 gün tutulmuştur. Kök hücre enjeksiyonu ikinci ve üçüncü gruplara, 3 günde bir gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda kök rezorpsiyonunu önlemede retansiyon döneminde kök hücre enjeksiyonunun daha etkili olduğunu ancak buna yönelik daha fazla çalışma gerektiğini belirtilmiştir. Ekspansiyon sırasında PDL'ye kök hücre enjeksiyonunun ortodontik diş hareketini istatistiksel olarak anlamlı derecede hızlandırdığını bulmuşlardır.

Ortodontik diş hareketinin hızlandırılması yönünde başka doku mühendisliği araştırmaları da mevcuttur. Ma ve arkadaşlarının, anti-enflamatuvar etkiler ve G-protein-bağlı reseptör 120 (GPR120) yoluyla osteoklast oluşumunun inhibisyonu dahil olmak üzere insan sağlığı üzerinde bir dizi olumlu etkiye sahip bir omega-3 yağ asidi olan dokosaheksaenoik asit (DHA) kullanımı inceledikleri çalışmalarında; ortodontik kuvvetin, ortodontik diş hareketi sırasında osteoklast farklılaşmasını aktive eden tümör nekroz faktörü-a (TNF-a) ekspresyonunu indüklediğini bildirmişlerdir. Elde ettikleri veriler sonucunda, DHA'nın GPR120 aracılığıyla TNF-a

kaynaklı osteoklastogenezi ve kemik rezorpsiyonunu baskıladığını görmüşlerdir. TNF-a, ODH'de büyük bir öneme sahip olduğunu ve bu nedenle DHA, ODH'de TNF-a'nın neden olduğu osteoklast oluşumunu ve kemik rezorpsiyonunu da inhibe edeceğini belirtmişlerdir.⁸⁸

Küchler ve arkadaşları, D vitamini reseptör (VDR) genindeki farklı fizyolojik D vitamini konsantrasyonları (25(OH)D₃) ve tek nükleotid polimorfizmlerinin insan periodontal ligament (hPDL) fibroblastlarında simüle edilmiş ortodontik sıkışma gerilimi ile indüklenen gen ekspresyonu üzerine etkisi olup olmadığını araştırmışlardır. Sonuç olarak, PDL'de ortodontik olarak simüle edilmiş sıkışma gerilimi ve 25(OH)D₃'ün fizyolojik konsantrasyonlarının, PDL fibroblastlarında ortodontik diş hareketinin ve D vitamini ile ilişkili genlerin ekspresyonunu düzenlediklerini görmüşlerdir.⁸⁹

Sonuç

Günümüzde deneysel çalışmalarla gözlemleyebildiğimiz kadarıyla, doku mühendisliği ve özellikle kök hücre tedavileri, ortodontik tedaviler üzerinde iyileştirici birçok avantaja sahiptir. Bu, çok heyecan verici bir sürecin yalnızca başlangıç kısmı olarak yorumlanabilir.

EMD (mine-matriks türevleri) ve PDGF'nin (plateletlerden elde edilen büyüme faktörleri) kullanımı, periodontoloji ve endodontide halihazırda kullanılmakta olan rejeneratif tedavilerdendir. Bunlar gibi, klinik ortodonti pratiği de rejeneratif yöntemlerin kullanımına oldukça açıktır. Konjenital veya sonradan kazanılmış kraniyofasiyal anomaliler, dudak-damak yarıkları, orofasiyal deformiteler, temporomandibular eklem rejenerasyonları ve segmental diş hareketleri gibi birçok alanda doku mühendisliğinden ve kök hücrelerden yararlanmak olasıdır ve gelecekte daha da yaygınlaşacakları düşünülmektedir.

Referanslar

¹Fox, C.F. & Skalak, R. (1988). Tissue engineering: Proceedings of a workshop, held at Granlibakken, Lake Tahoe, California, February 26-29, 1988. New York: Liss; 1988.

²Wang, F. & Cai, X. & Shen, Y. & Meng, L. (2022). Cell-scaffold interactions in tissue engineering for oral and craniofacial reconstruction. *Bioact. Mater.* 2022, 23, 16–44. Doi: [10.1016/j.bioactmat.2022.10.029](https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2022.10.029)

³Abid, M. (2018). Can we move teeth faster? The effectiveness of different approaches. *Ann. Dent. Oral Health* 2018, 1, 1001.

⁴Almpani, K. & Kantarci, A. (2016). Nonsurgical methods for the acceleration of the orthodontic tooth movement. *Tooth movement. Front. Oral. Biol.* 2016, 18, 80–91. Doi: [10.1159/000382048](https://doi.org/10.1159/000382048)

⁵Kaklamanos, E.G. & Makrygiannakis, M.A. & Athanasiou, A.E. (2021). Could medications and biologic factors affect post-orthodontic tooth movement changes? A systematic review of animal studies. *Orthod. Craniofacial Res.* 2021, 24, 39–51. Doi: [10.1111/ocr.12411](https://doi.org/10.1111/ocr.12411)

⁶Holliday, L. & McHugh, K.P. & Zuo, J. & Aguirre, J.I. & Neubert, J.K. & Rody, W.J. Jr. (2017). Exosomes: Novel regulators of bone remodelling and potential therapeutic agents for orthodontics. *Orthod. Craniofacial Res.* 2017, 20, 95–99. Doi: [10.1111/ocr.12165](https://doi.org/10.1111/ocr.12165)

⁷Duan, X. & Tu, Q. & Zhang, J. & Ye, J. & Sommer, C. & Motoslavsky, G. & Kaplin, D. & Yang, P. & Chen, J. (2011). Application of induced pluripotent stem (iPS) cells in periodontal tissue regeneration. *J. Cell. Physiol.* 2011, 226, 150–157. Doi: [10.1002/jcp.22316](https://doi.org/10.1002/jcp.22316)

⁸Nagata, M. & Iwasaki, K. & Akazawa, K. & Komaki, M. & Yokoyama, N. & Izumi, Y. & Morita, I. (2017). Conditioned

medium from periodontal ligament stem cells enhances periodontal regeneration. *Tissue Eng. Part A* 2017, 23, 367–377. Doi:10.1089/ten.TEA.2016.0274

⁹Ma, Z. & Li, S. & Song, Y. & Tang, L. & Ma, D. & Liu, B. & Jin, Y. (2008). The biological effect of dentin noncollagenous proteins (DNCPs) on the human periodontal ligament stem cells (HPDLSCs) in vitro and in vivo. *Tissue Eng. Part A* 2008, 14, 2059–2068. Doi:10.1089/ten.tea.2008.0021

¹⁰Grimm, W.D. & Dannan, A. & Becher, S. & Gassmann, G. & Arnold, W. & Varga, G. & Ditmar, T. (2011). The ability of human periodontium-derived stem cells to regenerate periodontal tissues: A preliminary in vivo investigation. *Int. J. Periodontics Restor. Dent.* 2011, 31, 631.

¹¹Safari, S. & Mahdian, A. & Motamedian, S.R. (2018). Applications of stem cells in orthodontics and dentofacial orthopedics: Current trends and future perspectives. *World J. Stem Cells* 2018, 10, 66–77. Doi:[10.4252/wjsc.v10.i6.66](https://doi.org/10.4252/wjsc.v10.i6.66)

¹²Upadhyay, R.K. (2017). Role of Biological Scaffolds, Hydro Gels and Stem Cells in Tissue Regeneration Therapy. *Adv. Tissue Eng. Regen. Med. Open Access* 2017, 2, 121–135. Doi: [10.15406/atroa.2017.02.00020](https://doi.org/10.15406/atroa.2017.02.00020)

¹³Zhang, K. & Wang, S. & Zhou, C. & Cheng, L. & Gao, X. & Xie, X. & Sun, J. & Wang, H. & Weir, M.D. & Reynolds, M.A. (2018). Advanced smart biomaterials and constructs for hard tissue engineering and regeneration. *Bone Res.* 2018, 6, 31. Doi: 10.1038/s41413-018-0032-9

¹⁴Kim, S.G. & Zhou, J. & Solomon, C. & Zheng, Y. & Suzuki, T. & Chen, M. & Song, S. & Jiang, N. & Cho, S. & Mao, J.J. (2012). Effects of growth factors on dental stem/progenitor cells. *Dent. Clin. N. Am.* 2012, 56, 563–575. Doi: [10.1016/j.cden.2012.05.001](https://doi.org/10.1016/j.cden.2012.05.001)

¹⁵Lee, B.K. (2013). Growth factors in oral and maxillofacial surgery: Potentials and challenges. *J. Korean Assoc. Oral*

Maxillofac. Surg. 2013, 39, 255–256.
Doi: [10.5125/jkaoms.2013.39.6.255](https://doi.org/10.5125/jkaoms.2013.39.6.255)

¹⁶Janssen, N.G. & Weijs, W.L. & Koole, R. & Rosenberg, A.J. & Meijer, G.J. (2014) Tissue engineering strategies for alveolar cleft reconstruction: A systematic review of the literature. Clin. Oral Investig. 2014, 18, 219–226. Doi: [10.1007/s00784-013-0947-x](https://doi.org/10.1007/s00784-013-0947-x)

¹⁷Rai, R. (2015). Tissue engineering: Step ahead in maxillofacial reconstruction. J. Int. Oral Health 2015, 9, 138–142.

¹⁸ Science in the News, Harward University Special Edition on Stem Cells Blog (2014 Jan) Stem cells: a brief history and outlook

¹⁹Atala, A. & Lanza, R. (2012). Handbook of Stem Cells, Academic Press. p. 452. ISBN 978-0-12-385943-3.

²⁰ Shenghui, H. E. & Nakada, D. & Morrison, S. J. (2009). Mechanisms of stem cell self-renewal. Annual Review of Cell and Developmental, 25, 377–406.
Doi: [10.1146/annurev.cellbio.042308.113248](https://doi.org/10.1146/annurev.cellbio.042308.113248)

²¹ Avcılar, H. & Saraymen, B. & Özturan, O.Ö. & Köker, M.Y. (2017). Embriyonik Kök Hücreler ve İndüklenmiş Pluripotent Kök Hücreler. Doi: [10.21911/aai.22](https://doi.org/10.21911/aai.22)

²² Liu, J. & Yu, F. & Sun, Y. & Jiang, B. & Zhang, W. & Yang, J. & Xu, G.T. & Liang, A. & Liu, S. (2015). Concise reviews: Characteristics and potential applications of human dental tissue-derived mesenchymal stem cells. Stem Cells 2015, 33, 627–638.
Doi: [10.1002/stem.1909](https://doi.org/10.1002/stem.1909)

²³Zakrzewski, W. & Dobrzynski, M. & Szymonowicz, M. & Rybak, Z. (2019). Stemcells: Past, present and future. StemCell Res. Ther. 2019, 10, 1–22. Doi: [10.1186/s13287-019-1165-5](https://doi.org/10.1186/s13287-019-1165-5)

²³Pisciotta, A. & Carnevale, G. & Meloni, S. & Riccio, M. & De Biasi, S. & Gibellini, L. (2015). Human dental pulp stem cells (hDPSCs): Isolation, enrichment, and comparative differentiation of two sub-populations. BMC Dev. Biol. 2015, 15, 14. Doi: [10.1186/s12861-015-0065-x](https://doi.org/10.1186/s12861-015-0065-x)

²⁴Hollands, P. & Aboyeji, D. & Orcharton, M. (2018). Dental pulp stem cells in regenerative medicine. *Br. Dent. J.* 2018, 224, 747. Doi: [10.1038/sj.bdj.2018.348](https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2018.348)

²⁵Tsutsui, T.W. (2020). Dental Pulp Stem Cells: Advances to Applications. *Stem Cells Cloning Adv. Appl.* 2020, 13, 33–42. Doi: [10.2147/SCCAA.S166759](https://doi.org/10.2147/SCCAA.S166759)

²⁶Kang, J. & Fan, W. & Deng, Q. & He, H. & Huang, F. (2019). Stem Cells from the Apical Papilla: A Promising Source for Stem Cell-Based Therapy. *BioMed Res. Int.* 2019, 2019, 6104738. Doi: [10.1155/2019/6104738](https://doi.org/10.1155/2019/6104738)

²⁷Tian, Y. & Bai, D. & Guo, W. & Li, J. & Zeng, J. & Yang, L. & Jiang, Z. & Feng, L. & Yu, M. & Tian, W. (2015). Comparison of human dental follicle cells and human periodontal ligament cells for dentin tissue regeneration. *Regen. Med.* 2015, 10, 461–479. Doi: [10.2217/rme.15.21](https://doi.org/10.2217/rme.15.21)

²⁸Dave, J.R. & Tomar, G.B. (2018). Dental Tissue-Derived Mesenchymal Stem Cells: Applications in Tissue Engineering. *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 2018, 46, 429–468. DOI: [10.1615/CritRevBiomedEng.2018027342](https://doi.org/10.1615/CritRevBiomedEng.2018027342)

²⁹Paz, A.G. & Maghaireh, H. & Mangano, F.G. (2018). Stem Cells in dentistry: Types of intra- and extraoral tissue-derived stem cells and clinical applications. *Stem Cells Int.* 2018, 4313610. DOI: [10.1155/2018/4313610](https://doi.org/10.1155/2018/4313610)

³⁰Cao, C. & Tarlé, S. & Kaigler, D. (2020). Characterization of the immunomodulatory properties of alveolar bone-derived mesenchymal stem cells. *Stem Cell Res.* 2020, 11, 102. Doi: [10.1186/s13287-020-01605-x](https://doi.org/10.1186/s13287-020-01605-x)

³¹Grawish, M.E. (2018). Gingival-derived mesenchymal stem cells: An endless resource for regenerative dentistry. *World J. Stem Cells* 2018, 10, 116–118. Doi: [10.4252/wjsc.v10.i9.116](https://doi.org/10.4252/wjsc.v10.i9.116)

³²Demarco G.T. & Kirschnick L.B. & Watson L.B. (2017). What is the clinical applicability of regenerative therapies in

dentistry?. RGO, Rev. Gaúch. Odontol.. 2017. Vol. 65(4):359-367. Doi: [10.1590/1981-863720170002000113112](https://doi.org/10.1590/1981-863720170002000113112)

³³Zhang W, & Yelick PC. (2010). Vital pulp therapy—Current progress of dental pulp regeneration and revascularization. *Int J Dent* 2010;2010:856087. Doi: [10.1155/2010/856087](https://doi.org/10.1155/2010/856087)

³⁴Amuk, N. G. & Kurt, G. & Baran, Y. & Seyrantepe, V. & Kartal Yandım, M. & Adan, A. & Akyıldız Demir, S. & Kiraz, Y. & Sönmez, M.F. (2017). Effects of cell-mediated osteoprotegerin gene transfer and mesenchymal stem cell applications on orthodontically induced root resorption of rat teeth. *European Journal of Orthodontics*, 39(3), 235-242. Doi: [10.1093/ejo/cjw054](https://doi.org/10.1093/ejo/cjw054)

³⁵Huang, H. & Yang, R. & Zhou, Y. (2018). Mechanobiology of periodontal ligament stem cells in orthodontic tooth movement. *Stem Cells Int*. 11:1–7 Doi: [10.1155/2018/6531216](https://doi.org/10.1155/2018/6531216)

³⁶Murray, P.E. & Garcia-Godoy, F. & Hargreaves, K.M. (2006). Regenerative endodontics: A review of current status and a call for action. *J Endod* 2007;33:377-90. Doi: [10.1016/j.joen.2006.09.013](https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.09.013)

³⁷Mammen, B. & Ramakrishnan, T. & Sudhakar, U. & Lakshmi, V. (2007) Principles of gene therapy. *Indian Journal of Dental Research* 2007;18:196-200. Doi: [10.4103/0970-9290.35832](https://doi.org/10.4103/0970-9290.35832)

³⁸Tavelli, L. & McGuire, M.K. & Zucchelli, G. & Rasperini, G. & Feinberg, S.E. & Wang H.L. (2020) Biologics-based regenerative technologies for periodontal soft tissue engineering. *J Periodontol*. 91(2):147–54 Doi: [10.1002/JPER.19-0352](https://doi.org/10.1002/JPER.19-0352)

³⁹Hynes, K. & Menicanin, D. & Gronthos, S. & Bartold, P.M. (2012). Clinical utility of stem cells for periodontal regeneration. *Periodontology* 2000, 59: 203-227 Doi: [10.1111/j.1600-0757.2012.00443.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2012.00443.x)

⁴⁰Kramer, P.R. & Nares, S. & Kramer, S.F. & Grogan, D. & Kaiser M. (2004). Mesenchymal stem cells acquire characteristics of

cells in the periodontal ligament in vitro. *J Dent Res* 2004;83:27-34.
Doi: [10.1177/154405910408300106](https://doi.org/10.1177/154405910408300106)

⁴¹Kawaguchi, H. & Hirachi, A & Hasegawa, N. & Iwata, T. & Hamaguchi, H. & Shiba, H. (2004). Enhancement of periodontal tissue regeneration by transplantation of bone marrow mesenchymal stem cells. *J Periodontol* 2004;75:1281-7.
Doi: [10.1902/jop.2004.75.9.1281](https://doi.org/10.1902/jop.2004.75.9.1281)

⁴²Grimm, W.D. & Dannan, A. & Becher, S. & Gassmann, G. & Arnold, W. & Varga, G. (2011). The ability of human periodontium-derived stem cells to regenerate periodontal tissues: a preliminary in vivo investigation. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 31:e94–101.

⁴³Black, C.R. & Goriainov, V. & Gibbs, D. & Kanczler, J. & Tare, R.S. & Oreffo, R.O. (2015) Bone Tissue Engineering. *Curr Mol Biol Rep*. 2015;1(3):132-140. Doi:10.1007/s40610-015-0022-2

⁴⁴Wilcko, M.T. & Wilcko, W.M. & Nabil, F. & Bissada. (2008). An Evidence-Based Analysis of Periodontally Accelerated Orthodontic and Osteogenic Techniques: A Synthesis of Scientific Perspectives, *Seminars in Orthodontics*, Volume 14, Issue 4, 2008, Pages 305-316, Doi: [10.1053/j.sodo.2008.07.007](https://doi.org/10.1053/j.sodo.2008.07.007)

⁴⁵Asatryan, G. & Pham, D. & Hardy, W. R. & James, A.W. & Peault, B. (2015). Stem cell technology for bone regeneration: current status and potential applications. *Stem Cells Cloning*. 8:39–48 Doi: [10.2147/SCCAA.S48423](https://doi.org/10.2147/SCCAA.S48423)

⁴⁶Kaigler, D. & Pagni, G. & Park, C.H. & Braun, T.M. & Holman, L.A. (2013). Yi E, et al. Stem cell therapy for craniofacial bone regeneration: a randomized, controlled feasibility trial. *Cell Transplant*. 22:767–77 Doi: [10.3727/096368912X652968](https://doi.org/10.3727/096368912X652968)

⁴⁷Wu, Y. & Chen, L. & Scott, P.G. & Tredget, E.E. (2007). Mesenchymal stem cells enhance wound healing through differentiation and angiogenesis. *Stem Cells*. 25 (10):2648–59. Doi: [10.1634/stemcells.2007-0226](https://doi.org/10.1634/stemcells.2007-0226)

⁴⁸Wu, Y. & Gong, Z. & Li, J. & Meng, Q. & Fang, W. & Long, X. (2014). The pilot study of fibrin with temporomandibular joint derived synovial stem cells in repairing TMJ disc perforation. *Biomed Res Int.* 2014;454021. Doi:[10.1155/2014/454021](https://doi.org/10.1155/2014/454021) DOI: [10.1155/2014/454021](https://doi.org/10.1155/2014/454021)

⁴⁹ Ikeda, E. Tsuji, T. (2008) Growing bioengineered teeth from single cells: potential for dental regenerative medicine. *Expert Opin Biol Ther* 8: 735-744. Doi: [10.1517/14712598.8.6.735](https://doi.org/10.1517/14712598.8.6.735)

⁵⁰ Yang, K.C. & Wang, C.H. & Chang, H.H. & Chan, W.P. & Chi, C.H. & Kuo TF (2012) Fibrin glue mixed with platelet-rich fibrin as a scaffold seeded with dental bud cells for tooth regeneration. *J Tissue Eng Regen Med* 6: 777-785. Doi: [10.1002/term.483](https://doi.org/10.1002/term.483)

⁵¹ Oshima, M. & Tsuji, T. (2014). Functional tooth regenerative therapy: tooth tissue regeneration and whole-tooth replacement. *Odontology* 102: 123-136 Doi: [10.1007/s10266-014-0168-z](https://doi.org/10.1007/s10266-014-0168-z)

⁵² Fang, D. & Seo, B.M. & Liu, Y. & Sonoyama, W. & Yamaza, T. & Zhang, C. (2007). Transplantation of mesenchymal stem cells is an optimal approach for plastic surgery. *Stem Cells* 2007;25:1021-8. Doi: [10.1634/stemcells.2006-0576](https://doi.org/10.1634/stemcells.2006-0576)

⁵³Otaki, S. & Ueshima, S. & Shiraishi, K. & Sugiyama, K. & Hamada, S. & Yorimoto, M. (2007). Mesenchymal progenitor cells in adult human dental pulp and their ability to form bone when transplanted into immunocompromised mice. *Cell Biol Int* 2007;31:1191-7. 110. Doi: [10.1016/j.cellbi.2007.04.001](https://doi.org/10.1016/j.cellbi.2007.04.001)

⁵⁴Nosrat, I.V. & Widenfalk, J. & Olson, L. & Nosrat, C.A. (2001). Dental pulp cells produce neurotrophic factors, interact with trigeminal neurons in vitro, and rescue motoneurons after spinal cord injury. *Dev Biol* 2001;238:120-32. DOI: [10.1006/dbio.2001.0400](https://doi.org/10.1006/dbio.2001.0400)

⁵⁵ Miura, M. & Miura, Y. & Sonoyama, W. & Yamaza, T. & Gronthos, S. & Shi, S. (2006). Bone marrow-derived mesenchymal

stem cells for regenerative medicine in craniofacial region. Oral Dis 2006; 12: 514-522 Doi: [10.1111/j.1601-0825.2006.01300.x](https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.2006.01300.x)

⁵⁶Gimbel, M. & Ashley, R.K. & Sisodia, M. & Gabbay, J.S. & Wasson, K.L. & Heller, J. & Wilson, L. & Kawamoto, H.K. & Bradley, J.P. (2007). Repair of alveolar cleft defects: reduced morbidity with bone marrow stem cells in a resorbable matrix. J Craniofac Surg 2007; 18: 895-901 Doi: [10.1097/scs.0b013e3180a771af](https://doi.org/10.1097/scs.0b013e3180a771af)

⁵⁷ Khojasteh A. & Kheiri, L. & Motamedian, S.R. & Nadjmi, N. (2015). Regenerative medicine in the treatment of alveolar cleft defect: A systematic review of the literature. J Craniomaxillofac Surg 2015; 43: 1608-1613 Doi: [10.1016/j.jcms.2015.06.041](https://doi.org/10.1016/j.jcms.2015.06.041)

⁵⁸ Pradel, W. & Lauer, G. (2012). Tissue-engineered bone grafts for osteoplasty in patients with cleft alveolus. Ann Anat 2012; 194: 545-548 DOI: [10.1016/j.aanat.2012.06.002](https://doi.org/10.1016/j.aanat.2012.06.002)

⁵⁹Behnia, H. & Khojasteh, A. & Soleimani, M. & Tehranchi, A. & Khoshzaban, A. & Keshel, S.H. & Atashi, R. (2009). Secondary repair of alveolar clefts using human mesenchymal stem cells. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2009; 108: e1-e6 DOI: [10.1016/j.tripleo.2009.03.040](https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.03.040)

⁶⁰Kølle ,S.F.T. & Fischer-Nielsen, A. & Mathiasen, A.B. & Elberg, J.J. & Oliveri, R.S. & Glovinski, P.V. & Kastrup, J. & Kirchhoff, M. & Rasmussen, B.S. & Talman, M.L. & Thomsen, C. & Dickmeiss, E. & Drzewiecki, K.T. (2013). Enrichment of autologous fat grafts with ex-vivo expanded adipose tissue-derived stem cells for graft survival: a randomised placebo-controlled trial. Lancet 2013; 382:1113-1120 Doi: [10.1016/S0140-6736\(13\)61410-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61410-5)

⁶¹ Tanikawa, D.Y.& Agüena, M. & Bueno, D.F. & Passos-Bueno, M.R. & Alonso N. (2013). Fat grafts supplemented with adipose-derived stromal cells in the rehabilitation of patients with craniofacial microsomia. Plast Reconstr Surg 2013; 132: 141-152 Doi: [10.1097/PRS.0b013e3182910a82](https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3182910a82)

⁶²Tabit, C.J. & Slack, G.C. & Fan, K. & Wan, D.C. & Bradley, J.P. (2012). Fat grafting versus adipose-derived stem cell therapy: distinguishing indications, techniques, and outcomes. *Aesthetic Plast Surg* 2012; Doi: [10.1007/s00266-011-9835-4](https://doi.org/10.1007/s00266-011-9835-4)

⁶³Ferreira, F. & Cunali, R. & Bonotto, D. & Farias, A.C. de & Cunali, P.A. (2014). Total temporomandibular joint alloplastic reconstruction. *Rev dor*. 2014;15:3:211-4.

⁶⁴Guevara, G. & Arturo, H. & Kelly, M. & Luiz, L. (2013). Temporomandibular Joint Total Replacement Stock Prosthesis-Current Available Knowledge A Literature Review. *J Surg Transplant Sci*. 2013;1:1-6.

⁶⁵Rabie, A.B. & Wong, L. & Hägg, U. (2003). Correlation of replicating cells and osteogenesis in the glenoid fossa during stepwise advancement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 123: 521-526; Doi: [10.1067/mod.2003.S0889540602570335](https://doi.org/10.1067/mod.2003.S0889540602570335)

⁶⁶Bailey, M.M. & Wang, L. & Bode, C.J. & Mitchell, K.E. & Detamore, M.S. (2007). A comparison of human umbilical cord matrix stem cells and temporomandibular joint condylar chondrocytes for tissue engineering temporomandibular joint condylar cartilage. *Tissue Eng* 2007; 13: 2003-2010; Doi: [10.1089/ten.2006.0150](https://doi.org/10.1089/ten.2006.0150)

⁶⁷Alhadlaq, A. & Mao, J.J. (2003) Tissue-engineered neogenesis of human- shaped mandibular condyle from rat mesenchymal stem cells. *J Dent Res* 2003; 82: 951-956 ; Doi: [10.1177/154405910308201203](https://doi.org/10.1177/154405910308201203)

⁶⁸Alhadlaq, A. & Elisseeff, J.H. & Hong, L. & Williams, C.G. & Caplan, A.I. & Sharma, B. & Kopher, R.A. & Tomkoria, S. & Lennon, D.P. & Lopez, A. & Mao, J.J. (2004). Adult stem cell driven genesis of human-shaped articular condyle. *Ann Biomed Eng* 2004; 32: 911-923 ; Doi: [10.1023/b:abme.0000032454.53116.ee](https://doi.org/10.1023/b:abme.0000032454.53116.ee)

⁶⁹Abukawa, H. & Terai, H. & Hannouche, D. & Vacanti, J.P. & Kaban, L.B. & Troulis, M.J. (2003). Formation of a mandibular

condyle in vitro by tissue engineering. *J Oral Maxillofac Surg* 2003; 61: 94-100; Doi: [10.1053/joms.2003.50015](https://doi.org/10.1053/joms.2003.50015)

⁷⁰ Brody-Camp, S. & Winters, R. (2023). Craniofacial Distraction Osteogenesis. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; July 24, 2023.

⁷¹Alkaisi, A. & Ismail, A.R. & Mutum, S.S. & Ahmad, Z.A. & Masudi, S. & Abd Razak, N.H. (2013). Transplantation of human dental pulp stem cells: enhance bone consolidation in mandibular distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg* 2013; 71: 1758.e1-1758.13; Doi: [10.1016/j.joms.2013.05.016](https://doi.org/10.1016/j.joms.2013.05.016)

⁷² Qi, M. & Hu, J. & Zou, S. & Zhou, H. & Han, L. (2006). Mandibular distraction osteogenesis enhanced by bone marrow mesenchymal stem cells in rats. *J Craniomaxillofac Surg*. 2006;34(5):283-289. Doi:10.1016/j.jcms.2006.02.002

⁷³ Kim, I.S. & Cho, T.H. & Lee, Z.H. & Hwang, S.J. (2013). Bone regeneration by transplantation of human mesenchymal stromal cells in a rabbit mandibular distraction osteogenesis model. *Tissue Eng Part A*. 2013;19(1-2):66-78. Doi:10.1089/ten.TEA.2011.0696

⁷⁴ Aykan, A. & Ozturk, S. & Sahin, I. (2013). Biomechanical analysis of the effect of mesenchymal stem cells on mandibular distraction osteogenesis. *J Craniofac Surg*. 2013;24(2):e169-e175. Doi:10.1097/SCS.0b013e31827c8706

⁷⁵ Ma, D. & Ren, L. & Yao, H. (2013). Locally injection of cell sheet fragments enhances new bone formation in mandibular distraction osteogenesis: a rabbit model. *J Orthop Res*. 2013;31(7):1082-1088. Doi:10.1002/jor.22336

⁷⁶ Lai, Q.G. & Yuan, K.F. & Xu, X. (2011). Transcription factor osterix modified bone marrow mesenchymal stem cells enhance callus formation during distraction osteogenesis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;111(4):412-419. Doi:10.1016/j.tripleo.2010.05.012

⁷⁷ Qi, M. & Hu, J. & Zou, S. & Zhou, H. & Han, L. (2006). Mandibular distraction osteogenesis enhanced by bone marrow mesenchymal stem cells in rats. *J Craniomaxillofac Surg*. 2006;34:283–289 ; Doi: [10.1016/j.jcms.2006.02.002](https://doi.org/10.1016/j.jcms.2006.02.002)

⁷⁸ Sunay, O. & Can, G. & Cakir, Z. & Denek, Z. & Kozanoglu, I. & Erbil, G. & Yilmaz, M. & Baran, Y. (2013). Autologous rabbit adipose tissue-derived mesenchymal stromal cells for the treatment of bone injuries with distraction osteogenesis. *Cytotherapy*. 2013;15:690–702 ; Doi: [10.1016/j.jcyt.2013.02.004](https://doi.org/10.1016/j.jcyt.2013.02.004)

⁷⁹ D'Aquino, R. & De Rosa, A. & Lanza, V. & Tirino, V. & Laino, L. & Graziano, A. (2009). Human mandible bone defect repair by the grafting of dental pulp stem/progenitor cells and collagen sponge biocomplexes. *Eur Cells Mater*. 2009;18:75–83. Doi: [10.22203/ecm.v018a07](https://doi.org/10.22203/ecm.v018a07)

⁸⁰ Agarwal, A. & Mathur, R. (2010). Maxillary Expansion. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2010;3(3):139-146. Doi:10.5005/jp-journals-10005-1069

⁸¹ Timms, D.J. (1999). The dawn of rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*. 1999;69(3):247-250. Doi:10.1043/0003-3219(1999)069<0247:TDORME>2.3.CO;2

⁸² Majourau, A. & Nanda, R. (1994). Biomechanical basis of vertical dimension control during rapid palatal expansion therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1994;106(3):322-328. Doi:10.1016/S0889-5406(94)70053-2

⁸³ Starnbach, H. & Bayne, D. & Cleall, J. & Subtelny, J.D. (1966). Facioskeletal and dental changes resulting from rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*. 1966;36(2):152-164. Doi:10.1043/0003-3219(1966)036<0152:FADCRF>2.0.CO;2

⁸⁴ Ekizer, A. & Yalvac, M.E. & Uysal, T. & Sonmez, M.F. & Sahin, F. (2015). Bone marrow mesenchymal stem cells enhance bone formation in orthodontically expanded maxillae in rats [published correction appears in *Angle Orthod*. 2015

Sep;85(5):901]. *Angle Orthod.* 2015;85(3):394-399.
Doi:10.2319/031114-177.1

⁸⁵ Jang, B. & Byeon, Y. & Lim, J. & Ryu, H. & Kim, W. & Koyama, Y. (2008). Implantation of canine umbilical cord blood-derived mesenchymal stem cells mixed with beta-tricalcium phosphate enhances osteogenesis in bone defect model dogs. *J Vet Sci* . 2008;9:4:387-93; Doi: [10.4142/jvs.2008.9.4.387](https://doi.org/10.4142/jvs.2008.9.4.387)

⁸⁶ Li, Y. & Jacox, L.A. & Little, S.H. & Ko, C.C. (2018). Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. *Kaohsiung J Med Sci.* 2018;34(4):207-214. Doi:10.1016/j.kjms.2018.01.007

⁸⁷ Gul Amuk N. & Kurt, G. & Karsli, E. (2020). Effects of mesenchymal stem cell transfer on orthodontically induced root resorption and orthodontic tooth movement during orthodontic arch expansion protocols: an experimental study in rats. *Eur J Orthod.* 2020;42(3):305-316. Doi:10.1093/ejo/cjz035

⁸⁸ Ma, J. & Kitaura, H. & Ogawa, S. (2023). Docosahexaenoic acid inhibits TNF- α -induced osteoclast formation and orthodontic tooth movement through GPR120. *Front Immunol.* 2023;13:929690. Published 2023 Jan 18. Doi:10.3389/fimmu.2022.929690

⁸⁹ Küchler, E.C. & Schröder, A. & Teodoro, V.B. (2021). The role of 25-hydroxyvitamin-D3 and vitamin D receptor gene in human periodontal ligament fibroblasts as response to orthodontic compressive strain: an in vitro study. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):386. Published 2021 Aug 6. Doi:10.1186/s12903-021-01740-8

BÖLÜM III

Diş Hekimliğinde Düşük Doz Lazer Tedavisi ve Kullanım Alanları

Necibe Damla ŞAHİN¹
Volkan ARIKAN²

Giriş

Düşük doz lazer (LLL) biyolojik sistemlerde non-termal etkiler gösteren özel bir lazer çeşididir (Farivar & ark., 2014). LLL; hücrelerimizle etkileşen enerjiyi oluşturduğu zaman birçok olumlu sonuç ortaya çıkarmaktadır. Noninvaziv, nonfarmasötik ve ekonomiktir (Sun & Tuner, 2004). LLLT (düşük doz lazer tedavisi) miliwatlar sayesinde lazer ışınının canlı dokuya uygulanması prosedürüne dayanan, ilgili bölgede yıkıma neden olmayan fotobiyolojik bir tedavi yöntemidir (Mester & ark., 1971; Andreas Schindl & ark., 2000).

¹ Dr.Öğr.Üyesi Necibe Damla ŞAHİN, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı

² Doc.Dr. Volkan ARIKAN, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı

Laserler hard ve soft lazerler olmak üzere ayrılırlar. Soft grup aynı zamanda düşük seviyeli lazer tedavisi, soğuk lazer, biyostimülasyon lazer, biyoregülasyon lazer, fotobiyomodülasyon, nontermal lazer, medikal lazer, iyileştirici lazer olarak da adlandırılır. Son olarak da fototerapi olarak adlandırılmış ve kabul görmüştür (Goyal & ark., 2013). Fototerapötik lazer tedavisi birincil avantajı olan cerrahi olmayan bir uygulama olmasının yanı sıra; doku iyileşmesini teşvik eder, ağrı hissini en aza indirir, iltihabı ve ödemi azaltır (Sun & Tuner, 2004). Bu lazer hücresel seviyede termal bir hasar oluşturmaz çünkü dokuda oluşturduğu etki biyokimyasaldır (Hawkins & Abrahamse, 2006).

LLLT’de büyük alanlar üzerinde daha küçük enerjiler kullanılır. Dokudaki etkileri esas olarak fotokimyasal ve fotobiyolojiktir. Bu etkiler selektif hücre artışı yoluyla ortaya çıkmaktadır (Goyal & ark., 2013). LLL çalışma prensibi vücut hücrelerine doğrudan biyostimülatif ışık enerjisi sağlamaktır. Hücresel fotoreseptörler (anten pigmentler ve sitokromoforlar) düşük seviyeli lazer ışığını emebilir ve hücrenin yakıtı olan ATP’yi anında üreten mitokondriye iletebilmektedirler (Passarella & ark., 1984). Yara iyileşmesinin ise LLL tedavisi ile elde edilen yararlardan en önemlisi olduğu belirtilmektedir (Coluzzi, 2004).

LLLT’ nin Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları

Dental Enfeksiyonlar:

Herhangi bir diş enfeksiyonunda; enfekte alanın lenfatik akışını artırmak için, inflamatuvar hücreleri azaltıp nötrofillerin bölgede çoğalmasını sağlayarak enfeksiyon bölgesinin iyileşmesini hızlandırmak için lazer uygulaması yapılabilir. Lazer uygulaması birçok durumda antibiyotik kullanımına engel oluşturmamakta ve antibiyotiklerin kan dolaşımına alınmasına yardımcı olmaktadır (Ross & Ross, 2008).

Lazerler; letal lazer fotosensitizasyon (LLP) olarak bilinen bir mekanizma ile bakterileri öldürürler. Düşük güçlü lazer cihazından

yayılan lazer radyasyonu; ‘toluidine blue O’ adı verilen bir boya maddesini aktive eder. Bu madde bakteri gibi belirli hücreler üzerinde letal etkiye sahiptir. Burns ve ark. yaptıkları bir çalışmada; karyojenik bakteriler olan streptococcus mutans ve sobrinus, lactobacillus casei ve actinomyces gibi bakterileri toluidine blue O kullanarak LLP yoluyla öldürmüşlerdir ve dental enfeksiyonlarda lazerin kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Burns & ark., 1993). Lopes ve ark.; endodontik apse, perikoronit gibi akut inflamatuvar tedaviler için de lazerin kullanımının başarılı olduğunu bildirmişlerdir (L. Lopes & ark., 2003).

Alveolar Osteitis:

Alveolar osteitis tedavisi palyatif bir tedavidir. Postoperatif 1-4 hafta sonucunda iyileşme meydana gelmektedir (Goyal & ark., 2013). Kaya ve ark. yaptıkları bir çalışmada; alveojel (öjenol) ve SaliCept (Acemannan) ile LLLT’yi alveolar osteitis tedavisinin başarısı açısından karşılaştırdıkları çalışmada LLLT uygulanan hastalarda iyileşme süresinin istatistiksel olarak anlamlı derecede düştüğü sonucuna varmışlardır (Kaya & ark., 2011). Osteitis ağrısının LLLT uygulaması ile nasıl azaldığının mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır. Ancak bazı çalışmalar; LLLT’nin inflamasyonun güçlü mediatörlerinin, prostoglandin ve siklooksijenaz üretimini inhibe ederek inflamasyonu azaltmaya yardımcı olduğuna işaret etmektedir (Bjordan & ark., 2006; Honmura & ark., 1993). LLLT’nin yara iyileşmesi üzerine etkileri; keratinosit hareketliliğini artırmasına, erken epitelizeasyonu teşvik etmesine, fibroblast çoğalmasını artırmasına, matriks sentezini ve neovaskülarizasyonu artırmasına bağlanmıştır (Jorkjend & Skoglund, 1990).

ALHarthi ve ark. alveolar osteitis tanısı konulan hastalarda post operatif ağrıyı değerlendirdikleri bir çalışmada; mekanik küretaj ve alveojel uygulamalarını takiben uygulanan LLL’nin post operatif ağrıyı azaltmada önemli derecede etkili olduğu sonucuna varmışlardır (SS & ark., 2023). Yine aynı şekilde Nejat ve ark., üçüncü molar cerrahisi sonrası alveolar osteitis oluşma insidansının

önlenmesi için düşük doz lazer uygulamasının etkinliğinin değerlendirildiği çalışmaları; lazer uygulanan grupta kontrol grubuna göre alveolar osteitis insidansının ve postoperatif ağrının azaldığı sonucuna varılmıştır (Nejat & ark., 2021).

Postekstraksiyon ve Kemik İyileştirme Tedavisi:

Bölgeye çekim öncesi ve sonrası lazer uygulanmasının analjezi etkisi ve çekim sonrası kanama kontrolü üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. LLL uygulaması sonucunda postoperatif ağrıda azalma ve iyileşmenin hızlanması beklenmektedir (Takeda, 1988; Verplanken, 1987).

Gururaj ve ark. yaptıkları bir çalışmada mandibular üçüncü molar çekimleri için uygulanan düşük doz lazerin analjezik ve antienflamatuar etkinliği araştırılmıştır. Çalışma grubuna çekim seansında 810 nm, takip eden gün 660 nm dalga boyunda lazer uygulanmış, kontrol grubuna ise lazer uygulaması yapılmamıştır. Ağrı ile iyileşme, 7. ve 24. günlerde değerlendirilmiş iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu bildirilmiştir. Düşük doz lazer uygulaması yara iyileşmesini hızlandırdığı sonucuna varılmıştır (Gururaj & ark., 2022). Aynı şekilde Eroğlu ve Keskin Tunç yaptıkları bir çalışmada; postoperatif olarak tek doz uygulanan LLLT'nin hastaları rahatlattığı ve konforu artırdığı sonucuna varmışlardır (Eroglu & Keskin Tunc, 2016).

Elbay ve ark. süt dişi çekiminden sonra uygulanan LLLT'nin postoperatif ağrı üzerindeki etkisini değerlendirmek için yaptıkları randomize klinik çalışmaya; bilateral süt molar dişi çekilen 37 çocuk hastayı dahil etmişlerdir. Çekimi takiben bölgeye intraoral olarak 180 saniye boyunca GaAlAs lazer (810nm) uygulamışlardır. Çekilen kontralateral dişe (kontrol grubu) ise lazer aktivasyonu yapılmamıştır. Çocuklar ve ebeveynler tarafından ilk 3 akşam postoperatif ağrı değerlendirmesi yapılmış, ebeveynler çocuklarına analjezik verip vermediklerini bildirmişlerdir. Kontrol grubunda ilk iki akşam LLLT grubuna göre daha yüksek ağrı skorları bildirilmiştir ancak aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı

bulunmamıştır. İlk akşam kontrol grubundaki çocuklara daha fazla analjezik verilmiş takip eden iki günde ise oranlar eşit olarak bildirilmiştir. Bu çalışmanın verilerine göre çekilen süt molar dişlerini takiben uygulanan LLLT'nin postoperatif ağrıyı önemli ölçüde etkilemediği sonucuna varılmıştır (U. S. Elbay & ark., 2016).

Analjezi:

LLLT birçok pedodontist tarafından süt dişlerinin restorasyonlarında ağrı kesici olarak kullanılmaktadır ve en yaygın kullanım alanlarından biridir (Goyal & ark., 2013). Lazer ışınlaması; pulpanın C liflerinin iletimini azaltır, serotonin ve endorfinin salınmasını stimüle eder, ağrı hissiyatının azaltılmasında etkili olan oksijenasyonu ve lenfatik drenajı artırır (Hagiwara & ark., 2008; Pozza & ark., 2008). Bjordal ve ark. ağrıyı azaltma konusunda düşük doz lazer tedavisinin mekanizmasını açıklamak adına çalışmalar yayınlamışlardır. Bu çalışmaların sonucu olarak; düşük doz lazer tedavisi sonucunda prostoglandin F2 (PGF2), tümör nekrozis faktör (TNF), interlökin 1 (IL-1), plazminojen aktivatörü, COX2 seviyelerinin azaldığı ve dolayısıyla enflamatuvar yanıtın değişebileceği ortaya koyulmuştur (Bjordal & ark., 2006).

LLLT'nin analjezik etkisi birçok çalışmaya konu olmuştur. Maia ve ark. gerçekleştirmiş oldukları bir çalışmada; temporomandibular ekleminde ağrı şikâyeti olan hastalara LLLT uygulanması yapmış ve bu hastaların ağrılarının azaldığı rapor edilmiştir (Maia & ark., 2012). Asnaashari ve ark. nonfarmakolojik ve noninvaziv bir tedavi olan LLLT' nin endodontik tedavide ağrı kesici etkisini değerlendirmek için bir çalışma yapmışlardır. 80 hasta randomize olarak LLLT ve plasebo gruplarına ayrılmış ve lazer grubundaki dişlere tek sefer olmak üzere 80 saniye boyunca diyet lazer (808nm, 100mW) uygulanmıştır. Endodontik tedaviden 4,8,12 ve 48 saatlerde; lazer grubu ile plasebo grubu karşılaştırıldığında postoperatif ağrıda önemli derecede azalma gözlenmiştir. Çalışmanın sonucunda LLLT'nin endodontik tedavi sonrası oluşan ağrıyı azaltma konusunda önemli bir nonfarmakolojik yöntem olduğu sonucuna varılmıştır (Asnaashari & ark., 2011).

Dentin Hipersensitivitesi:

Dentin hipersensitivitesi, çeşitli uyaranlara yanıt olarak çıplak dentinde kısa süreli ve keskin bir ağrı olarak ortaya çıkar. Dentin hipersensitivitesini tedavi etmek için birçok desensitize ajan kullanılmaktadır ancak reversible pulpitis gibi daha komplike vakalarda lazer tedavisinden yardım alınabilmektedir (Asnaashari & Safavi, 2013). Dentin hipersensitivitesi için LLL; kron tepesine ya da kök apeksine uygulandığı zaman etkisini göstermektedir (Sandford & Walsh, 1994). Hücresel düzeyde mekanizması tam bilinmemektedir ancak; terapötik etkinin en önemli bileşeni olarak, periferel sinirlerden kaynaklanan sinyallerin inhibe olduğu düşünülmektedir (Tsuchiya & ark., 1994).

Pesevska ve ark. mekanik temizlik sonrası dentin hassasiyeti oluşan 15 hastada geleneksel flor uygulaması ve LLLT'yi karşılaştırmışlardır. 3. seans sonunda LLLT uygulanan grupta %86,6, flor grubunda ise %26,6 oranında hassasiyette azalma olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar LLL tedavisinin periodontal tedavi sonrası oluşacak dentin hassasiyetini gidermek için kullanılabilecek etkili bir tedavi yöntemi olduğunu ileri sürmüşlerdir (Pesevska & ark., 2010). Aynı şekilde Tolentino ve ark. yaptıkları çalışmada da dentin hassasiyeti görülen hastalara düşük doz lazer uygulaması ile 3 ay sonrasında dentin hassasiyetinin azaldığı görülmüştür (Tolentino & ark., 2022). Moosavi ve ark. LLLT'nin beyazlatma sonrası oluşan dentin hassasiyeti üzerindeki etkisini değerlendirdikleri bir çalışmada LLLT'nin dentin hassasiyetini azaltmak için uygun bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır (Moosavi & ark., 2016).

Temporomandibular Bozukluklar:

LLLT; uzun süreli tedavi sonrası oluşan kas ağrıları gibi akut ve basit vakalardan kronik TME vakalarına kadar birçok vakada ağrıyı ve inflamasyonu azaltmaya yardımcı olmakta, kas trismusunu önemli ölçüde gidermektedir (Goyal & ark., 2013). Kobyashi ve Kubota yaptıkları bir çalışmada LLLT'nin; kasların gerilimini

azaltıp mikrosirkülasyonu artırarak gergin kasların rahatlamasını sağladığını ve dolayısı ile duyuşal sinir uçlarında intramuskular basıncın normale dönmesini sağladığını bildirmişlerdir (Kobayashi & Kubota, 1999).

Oz ve ark. miyofasial ağrı disfonksiyon sendromundan şikayetçi 20 hastada LLL tedavisi uygulamıştır. Araştırmacılar, lazer tedavisinin miyofasial ağrısı olan hastalarda; ağrının düzenlenmesi ve mandibular hareketlerin rahatlaması konusunda oklüzal splintler kadar etkili olduğunu bildirmişlerdir (Oz & ark., 2010). Marini ve ark. da benzer şekilde, lazer tedavisi uygulanan hastalarda mandibula fonksiyonlarının düzeldiğini sonucuna varmışlardır. Aktif ve pasif ağız açıklığı ile lateral hareketlerde LLLT sonrasında iyileşme gözlendiğini bildirmişlerdir (Marini & ark., 2010). Fikackova ve ark. temporomandibular eklem artraljisi ve myofasial ağrısı olan hastaları LLLT ile tedavi etmişler ve temporomandibular eklem ağrısı için LLLT'nin etkili bir tedavi olduğunu sonucuna varmışlardır (Fikackova & ark., 2007).

Carvalho ve ark. temporomandibular eklem rahatsızlığı olan hastalarda yaptıkları bir çalışmada da LLLT ve plasebo grubunu karşılaştırmışlar, lazer uygulanan grupta plasebo grubuna göre maksimum ağız açıklığında artış olduğunu ve orofasial bölgedeki ağrılarda azalma olduğunu, LLLT'nin hastalarda konforu artırdığını belirtilmiştir (Carvalho & ark., 2023).

Rekürrent Aftöz Ülser:

Rekürrent aftöz stomatit (RAS), çok sık görülen ülseratif ağız hastalıklarından biridir ve hastalığın tek belirtisi ağız mukozasıyla sınırlı tekrarlayan ülserlerdir. Lokal ve semptomatik tedavi günümüzde kabul görmektedir (Cui & ark., 2016).

Anand ve ark. kliniklerine başvuran, rekürrent aftöz stomatit teşhisi koydukları iki hastaya LLL uygulamışlar ve sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Hastalardan biri 8 yıldan beri ağırlı rekürrent ülser semptomlarından şikayetçidir ve 7 yıldır tedavi aldığını fakat yine de 2-3 ayda lezyonların tekrarlandığını belirtmiştir. Tek seans

uygulanan lazer tedavisinden sonra; 2 hafta boyunca 2 günde bir hastalar kontrol edilmiştir. Hastalar; önceki dönemlere göre iyileşme sürelerinin kıaldığını ve ağrılarının daha hızlı bir şekilde geçtiğini belirtmişlerdir. Lezyonların 3-4 gün içerisinde tamamen iyileştiği ve 1 yıllık takip süreleri boyunca rekürrens görülmediği bildirilmiştir (Anand & ark., 2013). Tezel ve ark. rekürrent aftöz ülser gözlenen 20 hastada NdYAG lazer kullanmışlar ve sonuçlarını incelemişlerdir. Hastalar lazer tedavisinden sonra ağrı ve fonksiyonel komplikasyonların önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca geleneksel ilaç tedavisine kıyasla daha hızlı iyileşme gözlediklerini belirtmişlerdir (Tezel & ark., 2009).

Fekrazad ve ark. rekürrent aftöz ülser görülen 138 hastada düşük doz lazer tedavisi ve plasebo tedavisini karşılaştırmak için yaptıkları bir çalışmada ise; LLLT uygulanan hastalarda plasebo grubuna göre hissedilen ağrıda önemli derecede azalma ve lezyon boyutunda küçülme görülmüştür (Fekrazad & ark., 2023). Aynı şekilde Ghali ve ark. da yaptıkları bir çalışmada düşük doz lazer tedavisinin çok yaygın olarak kullanılmasa da rekürrent aftöz ülser tedavisinde ağrıyı azaltmada ve lezyonu küçültmede çok etkili bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir (Ghali & Abdulhamed, 2021).

Oral Liken Planus:

Oral liken planus oral mukozanın yaygın bir kronik inflamatuvar durumudur. Tedavisinde en yaygın olarak kullanılan yöntem topikal veya sistemik steroidlerin kullanımıdır (Sanjay & ark., 2022). Jajarm ve ark. yaptıkları bir çalışmada eroziv-atrofik liken planus bulunan 15 hastaya LLLT uygulamışlar ve sonuç olarak lazer uygulamasının oral liken planus tedavisinde herhangi bir yan etkisi olmaksızın topikal kortikosteroidlerle eşit derecede etki gösterdiğini bildirmişlerdir (Jajarm & ark., 2011). Aynı şekilde Cafaro ve ark. da oral liken planus bulunan 13 hastada LLLT uygulaması sonucunda lezyonlarda belirgin bir azalma olduğu ve hiçbir yan etki göstermeden ağrıda da azalma olduğunu belirtmişlerdir (Cafaro & ark., 2010).

Panchal ve ark. oral liken planus semptomları gösteren 60 hastada yaptıkları bir çalışmada; bir gruba sadece topikal steroid uygulamışlar, diğer gruba ise steroid tedavisine ek olarak düşük doz lazer ilave etmişlerdir. Hastaların ağrı ve yanma semptomları değerlendirildiğinde lazer uygulanan grupta diğer gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede semptomlarda azalma olduğunu bildirmişlerdir (Panchal & ark., 2023). Sanjay ve ark. yaptıkları bir çalışmada hastaları 3 gruba ayırarak; ilk gruba sadece steroid, ikinci gruba sadece düşük doz lazer ve üçüncü gruba steroid ve lazer kombinasyonu uygulamışlardır. Hem steroid hem lazer grubunda liken planus bulgularında iyileşme ve ağrı şiddetinde azalma görülmüş, ancak kombine tedavi uygulanan grupta daha etkili sonuçların elde edildiği bildirilmiştir (Sanjay & ark., 2022). Bununla birlikte bazı araştırmacılar oral liken planusun prekanseröz bir lezyon türü olması nedeniyle ve LLLT sonucu hücre büyümesinin uyarılması tehlikeli olabileceğinden, LLLT'nin bu lezyonlarda kullanımının sakıncalı olduğunu belirtmişlerdir (Boras & ark., 2013).

Herpes Simpleks Enfeksiyonları:

Herpes simpleks virüsün neden olduğu dudak enfeksiyonları (herpes labialis); yetişkinlerde ve ergenlerde en yaygın görülen enfeksiyonlardandır. Semptom aralıkları; hafif rahatsızlıktan aşırı ağrıya kadar olabilmektedir. Yumuşak doku lazerleri bu enfeksiyonlarda asiklovire benzer etkiye sahiptir (A. Schindl & Neumann, 1999).

Sanchez ve ark. düşük doz lazerin herpes simpleks lezyonlarındaki etkinliğini değerlendirmek için yaptıkları bir çalışmada asiklovir ile lazeri karşılaştırmışlardır. Hem başlangıç iyileşmesi hem de nüks döneminin uzunluğu açısından LLLT oldukça başarılı bulunmuştur (Muñoz Sanchez & ark., 2012). Bu bulgular lazer grubunun iyileşme süresini asiklovire göre yarıya indirdiğini bildiren Honarmand ve ark. çalışması ile de desteklenmektedir (Honarmand & ark., 2017).

Schindl ve Neumann rekürrent perioral herpes bulunan 50 hastada düşük doz lazer tedavisinin etkilerini incelemiştir. Çalışmada, LLLT 6 ay boyunca ayda en az 1 kez olacak şekilde hastalara uygulanmıştır. Kontrol grubuna ise iki hafta boyunca her gün lazerle plasebo tedavisi uygulanmıştır. Aynı yazarlar çalışmalarında lazer tedavisi uygulanan 10 hastada lokal rekürrent herpes lezyonu oluşmasının insidansının önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir (A. Schindl & Neumann, 1999). De Carvalho ve ark. yaptıkları çalışmada ise hastalara 10 hafta boyunca haftada 1 kez olmak üzere LLLT uygulamışlardır. İlaç tedavisi uygulanan hastalara göre; herpes lezyonlarının, ödem ve inflamasyonun azaldığı gözlenmiş ancak ağrı şiddetinde ve tekrarlanma periyodunda anlamlı bir azalma görülmediği bildirilmiştir (de Carvalho & ark., 2010).

Yanan Ağız Sendromu:

Yanan ağız sendromu, mukozal değişiklikler olmadan gelişen ağız içi yanma hissidir. Kronik bir durumdur ve genelde idiyoPATİKTİR. Hiçbir neden veya mekanizma tanımlanamamakta ve etkili bir tedavi önerilememektedir. Çeşitli terapötik yaklaşımlar uygulanmış fakat hiçbir soruna kesin bir çözüm getirememiştir. Bu durum anksiyeteye, ağrı algısının değişmesine ve dolayısıyla etkilenen hastaların yaşam kalitesinin düşmesine neden olmaktadır (Balcheva & ark., 2020).

Yang ve Huang (2011) yanan ağız sendromundan şikayetçi 17 hastaya LLLT uygulamışlardır. Tedavi sonrasında ağrı skorlarında ortalama %47,6 oranında azalma olduğu bildirilmiştir. Aynı şekilde Kato ve ark. yanan ağız sendromlu 11 hastaya 3 hafta boyunca haftada 1 kez olmak üzere LLLT uygulamışlardır. Yanma belirtilerinin tedavi öncesi semptomlarla karşılaştırıldığında anlamlı derecede (%80) azaldığı sonucuna varmışlardır (Kato & ark., 2010). Dos Santos ve ark. da; LLLT'yi 10 hafta boyunca haftada 1 kez olmak üzere 10 hastaya uygulamışlar, son seansın bitiminde tüm hastalar %58'e varan oranlarla yanma şikayetlerinde azalma olduğunu ifade etmişlerdir (dos Santos Lde & ark., 2011). Mederios

ve ark. yanan ağız semdromu bulunan hastalarda transkutanoz elektriksel sinir uyarımı (TENS) ve LLLT'nin etkisini karşılaştırmışlardır. Hastalar 8 hafta boyunca her hafta tedavi için çağırılmış ve VAS skorları değerlendirilmiştir. Tedavi seansları boyunca her iki grupta da ağrı değerlerinin azaldığı gözlenmiş, lazer grubunda tedaviye yanıtın daha başarılı olduğu bildirilmiştir (Medeiros & ark., 2023).

Mukositis:

Radyoterapi veya kemoterapi uygulanan hastalarda mukozitis gelişebilmektedir (Wong & Wilder-Smith, 2002). Mukozitis ağrılıdır ve onkoloğu tedavi dozunu ve seansını azaltmaya zorlayabilir. Lazer ışığı mukozitis şiddetini azaltabilir ve tedaviden önce profilaktik olarak da kullanılabilir (Bensadoun & ark., 1999).

Yapılan bir çalışmada araştırmacılar; kanser tedavisi gören 80 hastaya LLLT uygulamışlar ve mukozitis tedavisinde LLLT'nin etkili olduğu sonucuna varmışlardır (Kuhn-Dall'Magro & ark., 2022). De Castro ve ark. baş ve boyun bölgesi karsinomları nedeniyle kemoterapi ve radyoterapi gören 75 hastaya LLL uygulamışlar ve bu uygulamayı plasebo ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre LLL uygulaması yapılan hasta grubunda 3 ve 4. seviye oral mukozitis oluşma oranı plaseboya kıyasla anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Ayrıca radyoterapi sırasında, mukozitis oluşumu nedeniyle tedaviye plansız ara verilmek zorunda kalınan hasta sayısının da plaseboya oranla LLL grubunda daha düşük olduğu gözlenmiştir (de Castro & Guindalini, 2010). Cowen ve ark. da radyoterapi ve kemoterapiye maruz kalan 30 hastanın mukozitis belirtilerini LLLT ile elimine etmişler ve oral mukozitisin bulgularının LLL tedavisi gören hastalarda önemli derecede azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca lazer uygulanmış hastalarda ağrı skorlarında ve kserostomi bulgularında da azalma gözlenmiş, lazer uygulanmayan hastalara göre ise yutma kabiliyetlerinin arttığı bildirilmiştir (Cowen & ark., 1997).

Kserostomi:

Hiposalivasyon ve kserostomisi bulunan hastalarda LLLT'nin etkinliğini değerlendirmek için birçok çalışma yapılmıştır. Vidovic ve ark. LLLT uyguladıkları 17 hastada tükürük akış oranının önemli derecede arttığını rapor etmişlerdir. Tükürük akış oranı başlangıçta 0.6 +/- 0.3 ml/5min iken; 1.1 +/- 0.8 ml/5min 'e yükselmiştir (Vidovic Juras & ark., 2010). Loncar ve ark. da düşük doz lazeri hem parotis hem de submandibular bezlere uyguladığında tükürük akışını arttırdığını belirtmişlerdir (Loncar & ark., 2011). Aynı şekilde Simoes ve ark., 60 yaşında şjögren sendromlu bir hastada LLLT'yi; parotis, submandibular ve sublingual bezlere haftada 3 kez olmak 8 ay boyunca uygulamışlardır. Bu tedavinin kserostomi için etkili sonuçlar doğurduğunu bildirmişlerdir (Simoes & ark., 2009). Yapılan başka bir çalışmada kserostomisi bulunan hastalar LLLT ve plasebo grubu olarak ikiye ayrılmışlardır. LLLT uygulanan grupta kserostomi bulgularında önemli derecede iyileşme gözlenmiştir ve araştırmacılar lazerin etkisinin 1 yıl boyunca devam ettiğini bildirmişlerdir (Ferrandez-Pujante & ark., 2022). Hiposalivasyon görülen diyabetik hastada yapılan bir çalışmada ise major tükürük bezlerine yapılan diyet lazer uygulaması ile de ağız kuruluğu semptomlarının azaldığı gözlenmiştir (Wibawa & ark., 2018).

Parestezi:

Oral cerrahi prosedürler sırasında çeşitli sinir hasarları gelişebilmektedir. Cerrahi operasyonlar sırasında en sık etkilenen sinir inferior alveolar sinirdir. Sagittal osteotomiler sırasında üçüncü molar dişlerin çıkartılması %5,5-%100 oranında inferior alveolar sinire zarar verebilmektedir (Boras & ark., 2013).

Miloro ve Repasky, LLLT'nin mandibular ramus bölgesindeki sagittal osteomiden sonra nörosensoriyel iyileşme üzerine önemli etkisi olduğunu bulmuşlardır (Miloro & Repasky, 2000). Khullar ve ark. da yaptıkları çalışmada bu durumu desteklemişlerdir (Khullar & ark., 1996). Ozen ve ark. da benzer şekilde 3.molar cerrahisinden sonra parestezisi olan 4 hastayı başarılı bir şekilde tedavi etmişlerdir.

LLLT'yi; 20 seans boyunca her seferinde 90 sn uygulamışlardır. Bütün hastalarda nörosensiriyal iyileşme olduğu bildirilmiştir (Ozen & ark., 2006).

Trigeminal Nevralji:

Trigeminal nevroalji; esas olarak periyodik, unilateral, keskin, elektrik çarpması şeklinde, trigeminal sinir dallarının geçtiği yerler boyunca görülür ve yüz yıkama, traş olma, konuşma, diş fırçalama gibi günlük aktivitelerle tetiklenmektedir (Cheshire & Wharen, 2009).

Vernon ve ark. trigeminal nevroaljisi bulanan 61 yaşındaki bir kadın hastayı LLL uygulayarak tedavi etmeyi amaçlamışlardır. Lazer; hastaya tedavinin başında her gün ilk 5 günden sonra ise 2 günlük aralıklarla uygulanmıştır. Toplamda 20 seanslık tedavinin sonucunda hasta herhangi bir ağrı şikayeti bildirmemiştir. LLLT'nin trigeminal nevroaljide ağrıyı hafifletici bir etkisi olduğu bildirilmiştir (Vernon & ark., 2008). Yapılan başka bir çalışmada; trigeminal nevroaljili 16 hastaya 5 hafta boyunca haftada 1 kez LLL tedavisi uygulanmıştır. Bu tedavi periyodundan sonra 10 hastada ağrı kalmamış, 2 hastada ağrı belirgin şekilde azalmış ve 4 hastada ağrı seviyesinde herhangi bir değişiklik olmamıştır. Araştırmacılar tarafından yapılan 1 yıllık takibin sonucunda 6 hastanın hiçbir şikâyeti kalmadığı gözlenmiştir (Eckerdal & Bastian, 1996).

İmplant:

LLLT; implant yerleştirilmesi sırasında ağrı hissini etkili bir şekilde azaltabilmekte, implantın osteointegrasyonunu hızlandırmaya yardımcı olmakta ve implant etrafındaki kemiğin kalitesini artırmaktadır (Goyal & ark., 2013). Lazerin etkinliği implant yerleştirildikten hemen sonra ya da takip eden 2 hafta boyunca en yüksektir. Bir doz kızılötesi lazer postoperatif ağrı ve ödemi azaltmak için uygulanabilir. Eğer hasta birkaç kez lazer tedavi görmeyi kabul ederse osteointegrasyon da güçlenecektir (Khadra, 2005). Yapılan bir çalışmada kızılötesi lazer ışının implantın

yükleme süresi boyunca oluşan matur kemik miktarı üzerine etkisi araştırılmıştır. LLLT uygulanan grup kontrol grubu ile kıyaslandığında; matur kemiğin daha iyi dağılım ve organizasyon gösterdiği bildirilmiştir (C. B. Lopes & ark., 2007).

Mide Bulantısı ve Kusma:

Mide bulantısı tedavisi için akupunktur tedavisinde kullanılan iğnelerin yerine lazer uygulanabilmektedir. Bilek üzerinde Pericard 6 (P6) olarak adlandırılan noktaya uygulanan 3-4 J lazer enerjisinin çocuk hastalarda öğürme refleksini azalttığı bildirilmiştir (Schlager & ark., 1998). Pericard 6 (P6) noktası parasempatik sinir sistemini baskılayan üç noktadan biridir. Bu noktalara akupunktur ya da lazer uygulanması anksiyeteyi azaltmakta ve insanları yatıştırılmaktadır (Goyal & ark., 2013).

Elbay ve ark. yaptıkları bir çalışmada LLLT'nin öğürme çocuklarda refleksini azalttığı bildirilmektedir. Çalışma; maksiller molar bölgenin bilateral radyografik muayenesi gereken, orta veya çok şiddetli öğürme refleksi olan 25 çocuk ile yürütülmüştür. Öğürme refleksinin; kontrol grubuna göre P6 noktasına LLL uygulanan hasta grubunda azaldığı görülmüş, önceden radyograf çekirtmekte zorlanan hastaların LLLT'den sonra toleransının arttığı ve iki grup arasında öğürme refleksi skorları açısından anlamlı bir fark bulunduğu belirtilmiştir (M. Elbay & ark., 2016). Yapılan başka bir çalışmada postoperatif kusmada P6 akupunktur noktasına uygulanan lazer ışınlamasının etkisi araştırılmıştır. Kusma insidansı LLL uygulanan grupta, plasebo grubuna göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Ağrısız olarak uygulanan bu lazer yönteminin hastalar tarafından oldukça kabul gördüğü bildirilmiştir (Schlager & ark., 1998).

Periodontoloji:

LLLT; ağrıya ve rahatsızlığa neden olan inflamatuvar kimyasalların modülasyonunu sağlamak ve ağrıyı azaltmakta, bununla birlikte yumuşak dokuların daha hızlı rejenerasyonunu

sağlamak için fibroblastları da uyarmaktadır. LLLT; periodontal cerrahi, periodontitis, gingivektomi gibi tedavilerde kullanılan cerrahi lazerlerle birlikte uygulandığında daha iyileşmiş klinik sonuçların elde edilmesine katkıda bulunmaktadır (Goyal & ark., 2013).

Periodontoloji alanında yapılan birçok çalışmada LLLT konusunda çok olumlu sonuçlar elde edilmiştir . Yapılan çalışmalarda; cep derinliklerinde önemli derece azalma olduğu ve ayrıca LLLT uygulanan grupta yumuşak dokuda daha iyi iyileşme, kontur ve renk elde edildiği (Amorim & ark., 2006), diabetes mellitus ve periodontal rahatsızlığı olan hastaları geleneksel periodontal tedavi ile birlikte LLL kullanarak tedavi eden araştırmacılar histopatolojik bulgulardan yola çıkarak iyileşme, kollajenizasyon ve gingival lamina propria'nın homojenizasyonunda artış gözlemlendiği sonucuna varmışlardır (Obradovic & ark., 2013). Igic ve ark. kronik gingivitis bulunan ergenlik çağındaki 140 hastaya LLLT ve konvansiyonel tedavi uygulamışlar ve plak indeksleri ile kanama indekslerinin tedavi öncesi ve sonrası değerleri arasında anlamlı bir fark olduğunu ifade etmişlerdir. Lazer ile tedavi edilen grupta farkın daha belirgin olduğunu belirtmişlerdir (Igic & ark., 2012).

Ortodonti:

Ortodontik tedavi çoğu hasta için uzun ve ağrılıdır. LLLT; diş hareketlerinin hızını artırmaya neden olan osteoblastları stimüle eder. Ayrıca ortodontik hareket boyunca diş üzerindeki basınçtan kaynaklanan ağrı ve inflamasyonu da azalmaktadır (Goyal & ark., 2013).

Sousa ve ark. yaptıkları bir çalışmada; LLL uygulanmış dişlerde uygulanmamış dişlere göre diş hareketlerinde belirgin bir artış gözlenmiştir. Ancak kemik rezorpsiyonunda iki grup arasında anlamlı bir fark izlenmemiştir. Aynı yazarlar; ortodontik tedavi ile birlikte lazer kullanımının ortodontik tedavi süresini kısaltabileceğini bildirmişlerdir (Sousa & ark., 2011). Altan ve ark.

da LLLT'nin osteoblastik ve osteoklastik hücre proliferasyonunu stimüle ederek kemik remodelinginin aşamalarını hızlandırdığını bildirmişlerdir (Altan & ark., 2012).

Xiaoting ve ark. ise yaptıkları bir çalışmada LLLT'nin ortodontik aparey kullanan hastalarda analjeziklerle karşılaştırıldığında ağrının azaltılmasına etkili olduğunu ancak kullanılan analjezik çeşidi ne olursa olsun (ibuprofen, asetominofen, aspirin) daha etkili olduğunu bildirmişlerdir (Xiaoting & ark., 2010).

Vital Pulpa Tedavileri:

Geçmişten günümüze yapılan çalışmalar doku onarımı üç ana aşaması olan hücre proliferasyonu, doku matürasyonu ve inflamasyonun LLLT'den pozitif olarak etkilendiğini bildirmişlerdir (Enameka ve ark. 2004). Söz konusu etkilerin pulpa dokusunda incelendiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Utsunomiya yaptığı bir çalışmada pulpayı histolojik olarak inceleyerek LLLT'nin biyolojik etkilerini araştırmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre; LLLT'nin pulpanın iyileşmesini, lektin ve kollajen ekspresyonunu hızlandırdığı sonucuna varmıştır (Utsunomiya, 1998). LLLT uygulaması ile diş pulpasında fibroblast oluşumunun arttığı ve aynı zamanda alkalin fosfataz aktivitesinde, kollajen ve osteokalsin üretiminde de artış olduğu bildirilmiştir (Ohbayashi & ark., 1999).

LLLT'nin açık yara tedavileri gibi istisnalar dışında kontakt modda kullanılmaktadır. Nonkontakt olarak kullanılması gereken durumlarda 2-4 mm mesafeden uygulanmalıdır (Sun & Tuner, 2004). Ampute edilmiş pulpanın da bu sınıfa girmesi, uygulamanın nonkontakt modda yapılmasını gerektirmektedir.

Dişlere LLL uygulamasının; pulpa hücrelerinde biyomodulasyon aktivitesine neden olduğunu, daha az yoğun inflamasyon süreci oluşturduğunu ve reaksiyonel dentin yapımını stimüle ettiğini bildiren çalışmalar vardır (Ferreira & ark., 2006; Kurumada, 1990). Yapılan birçok direk kuafaj ve amputasyon çalışmasında ise LLLT'nin geleneksel materyallere alternatif olarak kullanılabileceği, klinik ve radyografik başarıları açısından

sonuçların benzer bulunduğu bildirilmiştir (Bidar & ark., 2016; Golpayegani & ark., 2009; Marques & ark., 2015; Neto & ark., 2013; Uloopi & ark., 2016).

Düşük Doz Lazer Uygulanırken Dikkat Edilecek Hususlar:

LLL uygulamalarında da diğer lazer uygulamalarındaki gibi hekim, hasta ve personeli oluşabilecek olası tehlikelerden korumak için bir takım tedbirler alınmalıdır (Sun & Tuner, 2004):

1- Tiroid bezinin üstüne gelecek şekilde uygulanmamalıdır.

2- Bazı bireylerde LLLT halsizlik, bitkinlik oluşturmaktadır. Bu durumun bir kontrendikasyon yaratmadığı düşünülse de bu şikayetleri bildiren hastalarda uzun süreli LLLT önerilmemektedir.

3- Direkt olarak göze temasından kaçınılmalı ve uygulama sırasında odadaki tüm bireyler koruyucu gözlük kullanmalıdır.

KAYNAKLAR:

Altan, B. A., Sokucu, O., Ozkut, M. M., & Inan, S. (2012). Metrical and histological investigation of the effects of low-level laser therapy on orthodontic tooth movement. *Lasers Med Sci*, 27 (1), 131-140. doi:10.1007/s10103-010-0853-2

Amorim, J. C., de Sousa, G. R., de Barros Silveira, L., Prates, R. A., Pinotti, M., & Ribeiro, M. S. (2006). Clinical study of the gingiva healing after gingivectomy and low-level laser therapy. *Photomed Laser Surg*, 24 (5), 588-594. doi:10.1089/pho.2006.24.588

Anand, V., Gulati, M., Govila, V., & Anand, B. (2013). Low level laser therapy in the treatment of aphthous ulcer. *Indian J Dent Res*, 24 (2), 267-270. doi:10.4103/0970-9290.116691

Asnaashari, M., Mohebi, S., & Paymanpour, P. (2011). Pain reduction using low level laser irradiation in single-visit endodontic treatment. *Journal of lasers in medical sciences*, 2 (4), 139.

Asnaashari, M., & Safavi, N. (2013). Application of low level lasers in dentistry (endodontic). *Journal of lasers in medical sciences*, 4 (2), 57.

Balcheva, M., Balcheva, G., Panov, V., Madjova, C., & Publishing, I. O. P. (2020, Sep 21-24). *Low-level laser therapy in cases of burning mouth syndrome*. Paper presented at the 21st International Conference and School on Quantum Electronics - Laser Physics and Applications (ICSQE), Electr Network.

Bensadoun, R. J., Franquin, J. C., Ciais, G., Darcourt, V., Schubert, M. M., Viot, M., . . . Demard, F. (1999). Low-energy He/Ne laser in the prevention of radiation-induced mucositis. A multicenter phase III randomized study in patients with head and neck cancer. *Support Care Cancer*, 7 (4), 244-252.

Bidar, M., Moushekhian, S., Gharechahi, M., Talati, A., Ahrari, F., & Bojarpour, M. (2016). The Effect of Low Level Laser

Therapy on Direct Pulp Capping in Dogs. *J Lasers Med Sci*, 7 (3), 177-183. doi:10.15171/jlms.2016.31

Bjordal, J. M., Johnson, M. I., Iversen, V., Aimbire, F., & Lopes-Martins, R. A. (2006). Low-level laser therapy in acute pain: a systematic review of possible mechanisms of action and clinical effects in randomized placebo-controlled trials. *Photomed Laser Surg*, 24 (2), 158-168. doi:10.1089/pho.2006.24.158

Boras, V. V., Juras, D. V., Rogulj, A. A., Pandurić, D. G., Verzak, Ž., & Brailo, V. (2013). Applications of low level laser therapy. In *A Textbook of Advanced Oral and Maxillofacial Surgery: InTech*.

Burns, T., Wilson, M., & Pearson, G. J. (1993). Sensitisation of cariogenic bacteria to killing by light from a helium-neon laser. *J Med Microbiol*, 38 (6), 401-405. doi:10.1099/00222615-38-6-401

Cafaro, A., Albanese, G., Arduino, P. G., Mario, C., Massolini, G., Mozzati, M., & Broccoletti, R. (2010). Effect of low-level laser irradiation on unresponsive oral lichen planus: early preliminary results in 13 patients. *Photomed Laser Surg*, 28 Suppl 2, S99-103. doi:10.1089/pho.2009.2655

Carvalho, F. R., Barros, R. Q., Gonçalves, A. S., Muragaki, S. P., Pedroni, A. C. F., Oliveira, K., & Freitas, P. M. (2023). Photobiomodulation Therapy on the Palliative Care of Temporomandibular Disorder and Orofacial/Cervical Skull Pain: Preliminary Results from a Randomized Controlled Clinical Trial. *Healthcare (Basel)*, 11 (18). doi:10.3390/healthcare11182574

Cheshire, W. P., Jr., & Wharen, R. E., Jr. (2009). Trigeminal neuralgia in a patient with spontaneous intracranial hypotension. *Headache*, 49 (5), 770-773. doi:10.1111/j.1526-4610.2009.01403.x

Coluzzi, D. J. (2004). Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am*, 48 (4), 751-770, v. doi:10.1016/j.cden.2004.05.003

Cowen, D., Tardieu, C., Schubert, M., Peterson, D., Resbeut, M., Faucher, C., & Franquin, J. C. (1997). Low energy Helium-Neon laser in the prevention of oral mucositis in patients undergoing bone marrow transplant: results of a double blind randomized trial. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 38 (4), 697-703.

Cui, R. Z., Bruce, A. J., & Rogers III, R. S. (2016). Recurrent aphthous stomatitis. *Clinics in dermatology*, 34 (4), 475-481.

de Carvalho, R. R., de Paula Eduardo, F., Ramalho, K. M., Antunes, J. L., Bezinelli, L. M., de Magalhaes, M. H., . . . de Paula Eduardo, C. (2010). Effect of laser phototherapy on recurring herpes labialis prevention: an in vivo study. *Lasers Med Sci*, 25 (3), 397-402. doi:10.1007/s10103-009-0717-9

de Castro, G., Jr., & Guindalini, R. S. (2010). Supportive care in head and neck oncology. *Curr Opin Oncol*, 22 (3), 221-225. doi:10.1097/CCO.0b013e32833818ff

dos Santos Lde, F., Carvalho Ade, A., Leao, J. C., Cruz Perez, D. E., & Castro, J. F. (2011). Effect of low-level laser therapy in the treatment of burning mouth syndrome: a case series. *Photomed Laser Surg*, 29 (12), 793-796. doi:10.1089/pho.2011.3016

Eckerdal, A., & Bastian, L. (1996). Can low reactive-level laser therapy be used in the treatment of neurogenic facial pain? A double-blind, placebo controlled investigation of patients with trigeminal neuralgia. *LASER THERAPY*, 8 (4), 247-251.

Elbay, M., Tak, O., Sermet Elbay, U., Kaya, C., & Eryilmaz, K. (2016). The use of low-level laser therapy for controlling the gag reflex in children during intraoral radiography. *Lasers Med Sci*, 31 (2), 355-361. doi:10.1007/s10103-016-1869-z

Elbay, U. S., Tak, O., Elbay, M., Ugurluel, C., & Kaya, C. (2016). Efficacy of Low-Level Laser Therapy in the Management of Postoperative Pain in Children After Primary Teeth Extraction: A Randomized Clinical Trial. *Photomed Laser Surg*, 34 (4), 171-177. doi:10.1089/pho.2015.4045

Eroglu, C. N., & Keskin Tunc, S. (2016). Effectiveness of Single Session of Low-Level Laser Therapy with a 940 nm Wavelength Diode Laser on Pain, Swelling, and Trismus After Impacted Third Molar Surgery. *Photomed Laser Surg*, 34 (9), 406-410. doi:10.1089/pho.2016.4101

Farivar, S., Malekshahabi, T., & Shiari, R. (2014). Biological effects of low level laser therapy. *Journal of lasers in medical sciences*, 5 (2), 58.

Fekrazad, R., Gholami, G. A., Eshkevari, P. S., Nokhbatolfoghahaei, H., & Mohaghegh, S. (2023). Management of recurrent aphthous ulcers with therapeutic Nd:YAG laser, using two different methods. *Dental and Medical Problems*, 60 (3), 467-472. doi:10.17219/dmp/147048

Ferrandez-Pujante, A., Pons-Fuster, E., & López-Jornet, P. (2022). Efficacy of Photobiomodulation in Reducing Symptomatology and Improving the Quality of Life in Patients with Xerostomia and Hyposalivation: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 11 (12), 12. doi:10.3390/jcm11123414

Ferreira, A. N., Silveira, L., Genovese, W. J., de Araujo, V. C., Frigo, L., de Mesquita, R. A., & Guedes, E. (2006). Effect of GaAlAs laser on reactional dentinogenesis induction in human teeth. *Photomed Laser Surg*, 24 (3), 358-365. doi:10.1089/pho.2006.24.358

Fikackova, H., Dostalova, T., Navratil, L., & Klaschka, J. (2007). Effectiveness of low-level laser therapy in temporomandibular joint disorders: a placebo-controlled study. *Photomed Laser Surg*, 25 (4), 297-303. doi:10.1089/pho.2007.2053

Ghali, H. G. H., & Abdulhamed, B. S. (2021). Treatment of recurrent minor aphthous stomatitis using diode laser (940 nm). *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*, 28 (2), E99-E112. doi:10.47750/jptcp.2022.864

Golpayegani, M. V., Ansari, G., Tadayon, N., Shams, S., & Mir, M. (2009). Low-level laser therapy for pulpotomy treatment of primary molars. *Journal of Dentistry of Tehran University of Medical Sciences*, 6 (4), 168-174.

Goyal, M., Makkar, S., & Pasricha, S. (2013). Low level laser therapy in dentistry. *Int J Laser Dent*, 3 (3), 82-88.

Gururaj, S. B., Shankar, S. M., Parveen, F., Chidambar, C. K., Bhushan, K., & Prabhudev, C. M. (2022). Assessment of Healing and Pain Response at Mandibular Third Molar Extraction Sites with and Without Pre- and PostOperative Photobiomodulation at Red and Near-Infrared Wavelengths: A Clinical Study. *J Pharm Bioallied Sci*, 14 (Suppl 1), S470-s474. doi:10.4103/jpbs.jpbs_675_21

Hagiwara, S., Iwasaka, H., Hasegawa, A., & Noguchi, T. (2008). Pre-Irradiation of blood by gallium aluminum arsenide (830 nm) low-level laser enhances peripheral endogenous opioid analgesia in rats. *Anesth Analg*, 107 (3), 1058-1063. doi:10.1213/ane.0b013e31817ee43e

Hawkins, D., & Abrahamse, H. (2006). Effect of multiple exposures of low-level laser therapy on the cellular responses of wounded human skin fibroblasts. *Photomed Laser Surg*, 24 (6), 705-714. doi:10.1089/pho.2006.24.705

Honarmand, M., Farhadmollashahi, L., & Vosoughirahbar, E. (2017). Comparing the effect of diode laser against acyclovir cream for the treatment of herpes labialis. *J Clin Exp Dent*, 9 (6), e729-e732. doi:10.4317/jced.53679

Honmura, A., Ishii, A., Yanase, M., Obata, J., & Haruki, E. (1993). Analgesic effect of Ga-Al-As diode laser irradiation on hyperalgesia in carrageenin-induced inflammation. *Lasers Surg Med*, 13 (4), 463-469.

Igic, M., Kesic, L., Lekovic, V., Apostolovic, M., Mihailovic, D., Kostadinovic, L., & Milasin, J. (2012). Chronic gingivitis: the prevalence of periodontopathogens and therapy efficiency. *Eur J*

Clin Microbiol Infect Dis, 31 (8), 1911-1915. doi:10.1007/s10096-011-1520-7

Jajarm, H. H., Falaki, F., & Mahdavi, O. (2011). A comparative pilot study of low intensity laser versus topical corticosteroids in the treatment of erosive-atrophic oral lichen planus. *Photomed Laser Surg*, 29 (6), 421-425. doi:10.1089/pho.2010.2876

Jorkjend, L., & Skoglund, L. A. (1990). Effect of non-eugenol- and eugenol-containing periodontal dressings on the incidence and severity of pain after periodontal soft tissue surgery. *J Clin Periodontol*, 17 (6), 341-344.

Kato, I. T., Pellegrini, V. D., Prates, R. A., Ribeiro, M. S., Wetter, N. U., & Sugaya, N. N. (2010). Low-level laser therapy in burning mouth syndrome patients: a pilot study. *Photomed Laser Surg*, 28 (6), 835-839. doi:10.1089/pho.2009.2630

Kaya, G. Ş., Yapıcı, G., Savaş, Z., & Güngörmüş, M. (2011). Comparison of Alvogyl, SaliCept Patch, and Low-Level Laser Therapy in the Management of Alveolar Osteitis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 69 (6), 1571-1577. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2010.11.005>

Khadra, M. (2005). The effect of low level laser irradiation on implant-tissue interaction. In vivo and in vitro studies. *Swed Dent J Suppl* (172), 1-63.

Khullar, S. M., Brodin, P., Barkvoll, P., & Haanaes, H. R. (1996). Preliminary study of low-level laser for treatment of long-standing sensory aberrations in the inferior alveolar nerve. *J Oral Maxillofac Surg*, 54 (1), 2-7; discussion 7-8.

Kobayashi, M., & Kubota, J. (1999). Treatment of temporomandibular joint (TMJ) pain with diode laser therapy. *LASER THERAPY*, 11 (1), 11-18.

Kuhn-Dall'Magro, A., Zamboni, E., Fontana, T., Dogenski, L. C., De Carli, J. P., Dall'Magro, E., & Fornari, F. (2022). Low-level

Laser Therapy in the Management of Oral Mucositis Induced by Radiotherapy: A Randomized Double-blind Clinical Trial. *J Contemp Dent Pract*, 23 (1), 31-36.

Kurumada, F. (1990). [A study on the application of Ga-As semiconductor laser to endodontics. The effects of laser irradiation on the activation of inflammatory cells and the vital pulpotomy]. *Ou Daigaku Shigakushi*, 17 (3), 233-244.

Loncar, B., Stipetic, M. M., Baricevic, M., & Risovic, D. (2011). The effect of low-level laser therapy on salivary glands in patients with xerostomia. *Photomed Laser Surg*, 29 (3), 171-175. doi:10.1089/pho.2010.2792

Lopes, C. B., Pinheiro, A. L., Sathaiah, S., Silva, N. S. D., & Salgado, M. A. (2007). Infrared laser photobiomodulation (λ 830 nm) on bone tissue around dental implants: a Raman spectroscopy and scanning electronic microscopy study in rabbits. *Photomedicine and laser surgery*, 25 (2), 96-101.

Lopes, L., Lopes, A., Tuner, J., & Calderhead, R. (2003). The use of laser therapy in the treatment of inflammation through lymphatic drainage. *Lasers Med Sci*, 18, O208.

Maia, M. L., Bonjardim, L. R., Quintans Jde, S., Ribeiro, M. A., Maia, L. G., & Conti, P. C. (2012). Effect of low-level laser therapy on pain levels in patients with temporomandibular disorders: a systematic review. *J Appl Oral Sci*, 20 (6), 594-602.

Marini, I., Gatto, M. R., & Bonetti, G. A. (2010). Effects of superpulsed low-level laser therapy on temporomandibular joint pain. *Clin J Pain*, 26 (7), 611-616. doi:10.1097/AJP.0b013e3181e0190d

Marques, N. C., Neto, N. L., Rodini Cde, O., Fernandes, A. P., Sakai, V. T., Machado, M. A., & Oliveira, T. M. (2015). Low-level laser therapy as an alternative for pulpotomy in human primary teeth. *Lasers Med Sci*, 30 (7), 1815-1822. doi:10.1007/s10103-014-1656-7

Medeiros, C. K. S., Serrao, M., de Lima, A. A. S., da Silveira, E. J. D., & de Oliveira, P. T. (2023). Comparative analysis of photobiomodulation therapy and transcutaneous electrical nerve stimulation for burning mouth: a randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 9. doi:10.1007/s00784-023-05232-7

Mester, E., Spiry, T., Szende, B., & Tota, J. G. (1971). Effect of laser rays on wound healing. *Am J Surg*, 122 (4), 532-535.

Miloro, M., & Repasky, M. (2000). Low-level laser effect on neurosensory recovery after sagittal ramus osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 89 (1), 12-18.

Moosavi, H., Arjmand, N., Ahrari, F., Zakeri, M., & Maleknejad, F. (2016). Effect of low-level laser therapy on tooth sensitivity induced by in-office bleaching. *Lasers Med Sci*, 31 (4), 713-719. doi:10.1007/s10103-016-1913-z

Muñoz Sanchez, P. J., Capote Femenías, J. L., Díaz Tejeda, A., & Tunér, J. (2012). The effect of 670-nm low laser therapy on herpes simplex type 1. *Photomed Laser Surg*, 30 (1), 37-40. doi:10.1089/pho.2011.3076

Nejat, A. H., Eshghpour, M., Danaeifar, N., Abrishami, M., Vahdatinia, F., & Fekrazad, R. (2021). Effect of Photobiomodulation on the Incidence of Alveolar Osteitis and Postoperative Pain following Mandibular Third Molar Surgery: A Double-Blind Randomized Clinical Trial. *Photochem Photobiol*, 97 (5), 1129-1135. doi:10.1111/php.13457

Neto, N. L., Fernandes, A. P., Marques, N. C. T., Machado, M. A. A. M., Abdo, R. C. C., & Oliveira, T. M. (2013). Pulpotomies with low-level laser therapy in human primary teeth: a report of two cases. *International Journal of Laser Dentistry*, 3 (3), 105.

Obradovic, R., Kesic, L., Mihailovic, D., Antic, S., Jovanovic, G., Petrovic, A., & Pesevska, S. (2013). A histological evaluation of a low-level laser therapy as an adjunct to periodontal therapy in

patients with diabetes mellitus. *Lasers Med Sci*, 28 (1), 19-24. doi:10.1007/s10103-012-1058-7

Ohbayashi, E., Matsushima, K., Hosoya, S., Abiko, Y., & Yamazaki, M. (1999). Stimulatory effect of laser irradiation on calcified nodule formation in human dental pulp fibroblasts. *J Endod*, 25 (1), 30-33. doi:10.1016/s0099-2399(99)80395-1

Oz, S., Gokcen-Rohlig, B., Saruhanoglu, A., & Tuncer, E. B. (2010). Management of myofascial pain: low-level laser therapy versus occlusal splints. *J Craniofac Surg*, 21 (6), 1722-1728. doi:10.1097/SCS.0b013e3181f3c76c

Ozen, T., Orhan, K., Gorur, I., & Ozturk, A. (2006). Efficacy of low level laser therapy on neurosensory recovery after injury to the inferior alveolar nerve. *Head & Face Medicine*, 2 (1), 3.

Panchal, K. G., Gupta, E., Kumar, A., Samir, P. V., Devika, G. S., Awasthi, V., & Singh, R. (2023). Comparing the Effectiveness of Low-Level Laser Therapy and Topical Steroid Therapy Combination Regimen With Routine Topical Steroid Therapy in the Management of Oral Lichen Planus Symptomatic Patients. *Cureus Journal of Medical Science*, 15 (8), 11. doi:10.7759/cureus.44100

Passarella, S., Casamassima, E., Molinari, S., Pastore, D., Quagliariello, E., Catalano, I. M., & Cingolani, A. (1984). Increase of proton electrochemical potential and ATP synthesis in rat liver mitochondria irradiated in vitro by helium-neon laser. *FEBS Lett*, 175 (1), 95-99.

Pesevska, S., Nakova, M., Ivanovski, K., Angelov, N., Kesic, L., Obradovic, R., . . . Nares, S. (2010). Dentinal hypersensitivity following scaling and root planing: comparison of low-level laser and topical fluoride treatment. *Lasers Med Sci*, 25 (5), 647-650. doi:10.1007/s10103-009-0685-0

Pozza, D. H., Fregapani, P. W., Weber, J. B., de Oliveira, M. G., de Oliveira, M. A., Ribeiro Neto, N., & de Macedo Sobrinho, J.

B. (2008). Analgesic action of laser therapy (LLLT) in an animal model. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 13 (10), E648-652.

Ross, G., & Ross, A. (2008). Low level lasers in dentistry. *Gen Dent*, 56 (7), 629-634.

Sandford, M., & Walsh, L. (1994). Thermal effects during desensitisation of teeth with gallium-aluminiumarsenide lasers. *Periodontology*, 15, 25-30.

Sanjay, C. J., Patil, K., Guledgud, M. V., Deshpande, P., Doggalli, N., & Panda, R. (2022). Evaluation of Efficacy of Three Treatment Modalities in the Management of Symptomatic Oral Lichen Planus-A Prospective Comparative Study. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 34 (1), 11-16. doi:10.4103/jiaomr.jiaomr_173_21

Schindl, A., & Neumann, R. (1999). Low-intensity laser therapy is an effective treatment for recurrent herpes simplex infection. Results from a randomized double-blind placebo-controlled study. *J Invest Dermatol*, 113 (2), 221-223. doi:10.1046/j.1523-1747.1999.00684.x

Schindl, A., Schindl, M., Pernerstorfer-Schön, H., & Schindl, L. (2000). Low-intensity laser therapy: a review. *Journal of investigative medicine: the official publication of the American Federation for Clinical Research*, 48 (5), 312-326.

Schlager, A., Offer, T., & Baldissera, I. (1998). Laser stimulation of acupuncture point P6 reduces postoperative vomiting in children undergoing strabismus surgery. *Br J Anaesth*, 81 (4), 529-532.

Simoes, A., Platero, M. D., Campos, L., Aranha, A. C., Eduardo Cde, P., & Nicolau, J. (2009). Laser as a therapy for dry mouth symptoms in a patient with Sjogren's syndrome: a case report. *Spec Care Dentist*, 29 (3), 134-137.

Sousa, M. V., Scanavini, M. A., Sannomiya, E. K., Velasco, L. G., & Angelieri, F. (2011). Influence of low-level laser on the

speed of orthodontic movement. *Photomed Laser Surg*, 29 (3), 191-196. doi:10.1089/pho.2009.2652

SS, A. L., Ali, D., Alamry, N. Z., Alshehri, M. K., Divakar, D. D., & BinShabaib, M. S. (2023). Photobiomodulation for Managing "Dry Socket": A Randomised Controlled Trial. *Int Dent J*, 73 (2), 267-273. doi:10.1016/j.identj.2022.06.002

Sun, G., & Tuner, J. (2004). Low-level laser therapy in dentistry. *Dent Clin North Am*, 48 (4), 1061-1076, viii. doi:10.1016/j.cden.2004.05.004

Takeda, Y. (1988). Irradiation effect of low-energy laser on alveolar bone after tooth extraction. Experimental study in rats. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 17 (6), 388-391.

Tezel, A., Kara, C., Balkaya, V., & Orbak, R. (2009). An evaluation of different treatments for recurrent aphthous stomatitis and patient perceptions: Nd:YAG laser versus medication. *Photomed Laser Surg*, 27 (1), 101-106. doi:10.1089/pho.2008.2274

Tolentino, A. B., Zeola, L. F., Fernandes, M. R. U., Pannuti, C. M., Soares, P. V., & Aranha, A. C. C. (2022). Photobiomodulation therapy and 3% potassium nitrate gel as treatment of cervical dentin hypersensitivity: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*, 26 (12), 6985-6993. doi:10.1007/s00784-022-04652-1

Tsuchiya, K., Kawatani, M., Takeshige, C., & Matsumoto, I. (1994). Laser irradiation abates neuronal responses to nociceptive stimulation of rat-paw skin. *Brain Res Bull*, 34 (4), 369-374.

Uloopi, K. S., Vinay, C., Ratnaditya, A., Gopal, A. S., Mrudula, K. J., & Rao, R. C. (2016). Clinical Evaluation of Low Level Diode Laser Application For Primary Teeth Pulpotomy. *J Clin Diagn Res*, 10 (1), Zc67-70. doi:10.7860/jcdr/2016/13218.7140

Utsunomiya, T. (1998). A histopathological study of the effects of low-power laser irradiation on wound healing of exposed

dental pulp tissues in dogs, with special reference to lectins and collagens. *J Endod*, 24 (3), 187-193. doi:10.1016/s0099-2399(98)80181-7

Vernon, L. F., Kneebone, W. J., & CNC, D. (2008). Low-Level Laser Therapy for Trigeminal Neuralgia.

Verplanken, M. (1987). Stimulation of wound healing after tooth extraction using low-intensity laser therapy. *Revue belge de medecine dentaire*, 42 (5), 134.

Vidovic Juras, D., Lukac, J., Cekic-Arambasin, A., Vidovic, A., Canjuga, I., Sikora, M., . . . Ledinsky, M. (2010). Effects of low-level laser treatment on mouth dryness. *Coll Antropol*, 34 (3), 1039-1043.

Wibawa, A., Sucharitakul, J., Dansirikul, R., Pisarnurakit, P. P., Bhuridej, P., & Arirachakaran, P. (2018). Low-Level Laser Therapy to the Major Salivary Glands Increases Salivary Flow and MUC5B Protein Secretion in Diabetic Patients with Hyposalivation: A Preliminary Study. *Makara Journal of Health Research*, 22 (1), 14-21. doi:10.7454/msk.v22i1.8547

Wong, S. F., & Wilder-Smith, P. (2002). Pilot study of laser effects on oral mucositis in patients receiving chemotherapy. *Cancer J*, 8 (3), 247-254.

Xiaoting, L., Yin, T., & Yangxi, C. (2010). Interventions for pain during fixed orthodontic appliance therapy. A systematic review. *Angle Orthod*, 80 (5), 925-932. doi:10.2319/010410-10.1

Yang, H. W., & Huang, Y. F. (2011). Treatment of burning mouth syndrome with a low-level energy diode laser. *Photomed Laser Surg*, 29 (2), 123-125. doi:10.1089/pho.2010.2787

BÖLÜM IV

Beyazlatıcı Diş Macunlarının Kompozit Rezinlerde Yüzey Pürüzlülüğü, Renk Değişimi ve Mikrosertlik Üzerine Etkileri Hakkında Literatür Taraması

**Nilgün AKGÜL
Ebru YILMAZ
Onur AKKURT**

Giriş

Diş rengi ve dentofasiyal görünüm hasta için estetik memnuniyetin önemli faktörlerinden biridir. Güncel araştırmalar, farklı popülasyonlarda %17 ila %53 oranında bireyin diş renginden memnun olmadığını ortaya koymuştur. (Kovacevic Pavicic et al., 2019; Yilmaz et al., 2021) Hastaların daha çekici bir gülümseme elde etmek için daha parlak ve daha beyaz diş talebi, diş beyazlatma ürünleri ve kompozit rezinlerde hızlı gelişmelere yol açmıştır. Diş beyazlatma, oldukça estetik ve popüler bir dental işlemdir. (Yilmaz et al., 2021) Ancak diş beyazlatmanın, dental hassasiyet ve gingival irritasyon gibi risk ve komplikasyonlarının yanı sıra, hastalarda mine

yüzeyinde artmış pürüzlülük ve minenin demineralizasyon riski gibi bazı endişeler de vardır. Bunun yanı sıra mevcut restorasyonların yapısının bozulması ve renk uyumsuzluğu oluşma ihtimali de bu tedavinin olumsuz yanlarından bazıları olarak dikkat çekmektedir. Beyazlatma ajanlarının diş macunlarına katılmaları ile birlikte hastalar bu ürünleri popüler bir şekilde tercih etmeye başlamışlardır. (Bekdaş & HUBBEZOĞLU, 2023; Rostamzadeh et al., 2021)

Beyazlatıcı diş macunları, genellikle profesyonel bir diş hekiminden tavsiye alınmadan kullanılan düşük maliyetli reçetesiz ürünlerdir. (Devila et al., 2020) Bu ürünlerin beyazlatıcı etkileri, materyalin yapısında bulunan aşındırıcı içerikler (örn. hidratlı silika, kalsiyum karbonat, alümina, perlite) ile ekstrinsik lekelerin giderilmesi, optik değiştiriciler (örn. mavi covarine) ve kimyasal aktivatörlerin (örn. hidrojen peroksit ve pirofosfatlar) diş rengini açması yoluyla sağlanmaktadır. (Dayı & Öcal, 2023; Dursun et al., 2023; Farghal & Elkafrawy, 2020; Naser Alavi et al., 2023; Rostamzadeh et al., 2021; Salama et al., 2020) Bu materyallerin sürekli kullanımları minenin parlaklığını artırabilir, ancak aynı zamanda diş yapısının aşırı aşınmasına ve kaybına neden olabilir. (Vertuan et al., 2020)

Güncel çalışmalar, beyazlatıcı ajan olarak diş macunlarının yapısına katılan aktif karbonun bir çok avantajı nedeniyle dikkat çekici olduğunu göstermektedir. Aktif karbon içeren beyazlatıcı diş macunları, üreticiler tarafından detoksifiye edici faydası, antiseptik ve antifungal etkisi veya geleneksel diş macunlarına organik alternatifler olduğu ileri sürülerek piyasadaki yerini almıştır. (Vaz et al., 2019) Yapılan çalışmalarda aktif karbonun gözenekli yapıda olması ve renklendirici materyallerin emilimi için büyük bir yüzey alanı ($>1000 \text{ m}^2/\text{g}$) sağlaması nedeniyle dişlerdeki lekeleri yüksek oranda giderdiğinden bahsedilmiş ve bu etki bilimsel olarak kanıtlanmamış olmasına rağmen, aktif karbon içeren ticari ürünlerin %96'sı dişleri etkili bir şekilde beyazlatılabileceği iddia edilmiştir. (Epple et al., 2019; Rostamzadeh et al., 2021)

Diş macunlarının yapısında yer alan peroksit; macun bileşiminde düşük konsantrasyonlarda kullanılmakta ve tükürük akışıyla birlikte bu konsantrasyon iyice azalmaktadır. Buna ek olarak diş yapısıyla kısa süreli teması da bu macunların etkinliğini tartışmalı hale getirmiştir. Bu konuyla ilgili olarak yapılmış olan bir çalışmada %1 hidrojen peroksit içeren bir diş macunu, silika içeren ancak peroksit içermeyen geleneksel bir diş macunuyla karşılaştırılmış silika içeren diş macununa göre dişlerdeki renklenmeyi önemli ölçüde azalttığı ve diş parlaklığını artırdığı bildirilmiştir. (Epple et al., 2019)

Kompozit rezinler; dişlere şekil, fonksiyon ve estetik görünümünü yeniden kazandırabilme yetenekleri nedeniyle oldukça tercih edilen materyallerdir. (Binhasan et al., 2022; Mehrgan et al., 2021; Telatar & Bedir, 2021; Torso et al., 2021). Farklı renk seçeneklerinin olması ve minimal invaziv çalışmaya imkan sağlaması gibi özellikleri de giderek daha fazla kullanılmasına neden olmuştur. (Binhasan et al., 2022; Ebrahimzadeh et al., 2022)

Dişlerdeki restorasyonlar, intraoral olarak farklı çevresel koşullara maruz kaldığında değişime uğrayabilmektedir. Restorasyonun fiziksel özelliklerindeki değişim, klinik dayanıklılığını da etkilemektedir. (Mathew et al., 2018)

Herhangi bir restoratif materyalin uzun ömürlülüğünü etkileyen önemli faktörlerden biri de mikrosertliktir. Sertlik, malzemenin mukavemeti ve rijitliğiyle bağlantılı olduğu sürece restorasyonların klinik dayanıklılığı üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Yüzey mikrosertliği, polimerizasyon derecesiyle pozitif korelasyon nedeniyle polimerizasyon yeterliliğini dolaylı olarak ölçmek için de kullanılmıştır. Düşük yüzey sertliği ile restorasyon çizilmeye karşı savunmasız kalacak ve restorasyonların başarısızlığı artacaktır. (Roopa et al., 2016)

Hastaların %80'inden fazlası zaman geçtikçe kompozit restorasyonlu dişleri ile diğer dişler arasındaki renk uyumsuzluğundan şikayet etmektedir. (Ebrahimzadeh et al., 2022; Greenwall-Cohen et al., 2019; Mehrgan et al., 2021) Yapılan

çalışmalar kompozit rezinlerin bileşimi ve fiziksel özelliklerinin mineye göre farklılık gösterdiğini aynı zamanda bu materyallerin beyazlatıcı diş macunlarıyla fırçalanmaktan etkilenebildiğini göstermektedir. (Mehrgan et al., 2021; Rostamzadeh et al., 2021) Bunun yanında ideal bir beyazlatıcı diş macunu, istenmeyen lekeleri gidermeli, diş yapısı ve restorasyonlar üzerinde minimal etkiye sahip olmalıdır. (Elmarakby et al., 2020; Naiboğlu & Koşar, 2023; Salama et al., 2020) Diş beyazlatıcı ajanlar hem diş yapısı hem de restoratif malzemelerin yüzey özelliklerini değiştirebilirler. Bu nedenle diş beyazlatma gerektiren hastaların farklı türde restorasyonlara sahip olabileceğinden dolayı, farklı türdeki estetik restorasyonlar üzerindeki diş beyazlatmanın etkisi her zaman göz önünde bulundurulmalıdır. (Silva Costa et al., 2009)

Renk stabilitesi, restoratif materyaller için önemli bir özelliktir. Kompozit restorasyonlardaki renk değişikliği, rutin olarak maruz kalınan içsel ve dışsal faktörlere bağlı olarak değişmektedir. İçsel faktörler; organik matriks bileşimi, doldurucu partiküllerinin boyutu ve içeriğinden etkilenebilirler. (Espíndola-Castro, 2020; Garcia et al., 2023; Tavas et al., 2023; Yazkan et al., 2023) Dışsal faktörlere örnek olarak ise nikotin, hastanın diyeti ve nüfusun yaygın olarak tükettiği kahve, çay, meyve suları ve kırmızı şarap gibi içecekler örnek verilebilir. (Backes et al., 2020; Borges et al., 2014; Colak & Katirci, 2023; Ramadan et al., 2020) Diş yüzeyindeki bu ekstrinsik lekeleri giderebilmek için ise beyazlatmayı sağlayan diş macunlarının kullanımı oldukça yaygındır. Beyazlatıcı diş macunlarının yapısında trisodyum fosfat, alümina, kalsiyum karbonat, perlit, hidratlı silika, sodyum bikarbonat ve kalsiyum pirofosfat gibi aşındırıcı ajanlar yer alabilir. Bu nedenle de beyazlatıcı diş macunları, diş yüzeyi ve restoratif materyallerin aşınmasını ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyebilen göreceli dentin aşındırıcı etkiye (RDA) sahiptir. (Dayı & Öcal, 2023; Philpotts et al., 2005; Ramadan et al., 2020)

Beyazlatıcı Diş Macunlarının Kompozit Rezinlerde Yüzey Pürüzlülüğü, Renk Değişimi Ve Mikrosertlik Üzerine Etkileri

Tablo 1. Beyazlatıcı Diş Macunlarının Kompozit Rezinlerde Yüzey Pürüzlülüğü, Renk Değişimi Ve Mikrosertlik Üzerine Etkileri Hakkında Literatür Taraması

Yazar	Kullanılan Beyazlatıcı Diş Macunları	Kullanılan Direkt Restorasyon Materyalleri	Araştırılan Parametreler, Yapılan Testler Ve Kullanılan Cihazlar	Sonuç Ve Öneriler
1. Garcia ve ark., 2023	Geleneksel Diş Macunu Colgate Total 12 Clean Mint (Colgate-Palmolive, São Bernardo Do Campo, SP, Brezilya), Aktif Karbon İçeren Diş Macunu Bianco Dental Carbon Pro Esmalte (Bianco Oral Care, Raymounds Eireli Ind.SP, Brezilya) Hidrojen Peroksit İçeren Diş Macunu Colgate Luminous	Aura Bulk Fill (SDI Limited, Bayswater, Victoria, Avustralya)	Yüzey Pürüzlülüğü , Renk, Parlaklık Profilometre (Mitutoyo Surfitec SJ-410, São Paulo, SP, Brezilya), Spektrofotometre (CM 700D, Minolta, Osaka, Japonya), Parlaklık Ölçer (Novo-Curve, Rhopoint Instruments,	Beyazlatıcı diş macunları yüzey pürüzlülüğün de artışa neden oldu, ancak normal diş macunundan daha fazla artırmadı. Tüm diş macunları parlaklığı azalttı ve kahve ile renklendirme, kullanılan diş macunu türüne bakılmaksızın bulk-fill kompozitte daha fazla renk değişikliğine neden oldu.

	White Advanced (Colgate- Palmolive, São Bernardo Do Campo, SP, Brezilya)		Hastings, İngiltere)	
2. Rostamza deh ve ark., 2021	Colgate Optic White (Colgate-Pal molive Company, New York, NY, ABD) Colgate Total Whitening (Colgate-Pal molive Company, New York, NY, ABD) Perfect White Black (Beverly Hills Formula, İrlanda) Bencer Charcoal (Sormeh Company Tehran, İran)	Spectrum TPH 3 Submikron-Hi brid Kompozit (DENTSPLY Detrey, Milford, DE, ABD)	Renk Değişimi Spektrofoto metre (Easyshade VITA Zahnfabrik Co Badsackinge n Almanya)	İki hafta boyunca diş fırçalama kompozitin renk parametreleri ni üzerinde anlamalı bir değişikliğe neden olmadı. Ancak, macunlar arasında kıyaslama yapıldığında kömür içerikli diş macunlarının kullanımı sonrası diş rengi önemli ölçüde daha açık hale geldi ve renk maviye ve yeşile doğru kaydı. Ayrıca, Colgate Optic White ‘ın uygulanmasın dan sonra da renk önemli ölçüde daha açık hale

				geldi ve dişteki sarılık azaldı.
3. Mehrgan ve ark., 2021	Hidrojen Peroksit içerikli Colgate Optic White (Colgate Palmolive Company New York ABD), Aşındırıcı içeren Colgate Total Whitening (Colgate Palmolive Company New York ABD), Aktif Kömür Bileşeni İçeren Perfect White Black (Beverly Hills Formula Company Dublin, İrlanda), Aktif Kömür Bileşeni İçeren Bencer Charcoal (Sormeh Company Tehran İran)	Spectrum TPH (Dentsply Sirona Inc Charlotte North Carolina ABD)	Renk Değerlendir mesi Spektrofoto metre (Easysshade VITA Zahnfabrik Co Badsackingen Almanya)	alışmanın sınırları dahilinde, sonuçlar 30 gün boyunca ardışık olarak, (Colgate Optic White hariç) beyazlatıcı diş macunlarında n hiçbirinin kahve çözeltisiyle oluşan renk değişikliğini algılanabilirlik eşiğinin altına indiremediğini ortaya koydu. Dolayısıyla, Colgate Optic White kullanımı, kompozit restorasyonun da renk değişikliği yaşayan ve aynı zamanda kahve tüketimi olan bireyler için daha yararlı olabilir.

4. Ramadan ve ark., 2020	Hidratlı Silika İçeren Diş Macunu Signal Complete (Unilever Mashrek, Mısır)	Filtek Z350 Rezin Kompozit (3M ESPE, Almanya)	Mikrosertlik , Yüzey Pürüzlülüğü , Renk Kararlılığı	Sonuçlar, rezin kompozitin daha yüksek mikro sertliğe, daha düşük yüzey pürüzlülüğün e ve cam iyonomere göre daha fazla renk kararlılığına sahip olduğunu ortaya koydu. Diş macununun etkisi açısından; trisodyum fosfat içeren diş macunu, test edilen tüm gruplar arasında daha yüksek mikro sertlik, daha düşük yüzey pürüzlülüğü ve daha fazla renk kararlılığı kaydetti. Diğer yandan, 8 hafta boyunca (2240 döngü) fırçalama, mikro sertlikte önemli bir
	Kalsiyum Karbonat İçeren Diş Macunu Colgate (Muttentz , İsviçre) Trisodyum Fosfat İçeren Diş Macunu Close Up (Unilever, Mashrek ,Mısır)	Nano Dolgulu Equia Forte Cam İyonomer (GC İllionis, ABD)	Vickers Mikro Sertlik Test Cihazı (Lanzhou Huayin Test Aletleri Co, Ltd. Çin), Yüzey Profilometre si (TR220 Pürüzlülük Test Cihazı, Pittsburg, PA, ABD), Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM, Omicron UHV-VT-XA, Almanya), Spektrofotometre (X-Rite, Almanya)	

				azalmaya, hem yüzey pürüzlülüğün de hem de renk kararsızlığında artışa neden oldu.
5. Hazar ve ark., 2022	İpana 3d White Luxe Perfection (P&G, Eczacıbaşı, Kocaeli, Türkiye)	G-Aenial Anterior (GC Europe, Leuven, Belçika) Harmonize (Kerr, Orange, CA, ABD) Estelite Asteria (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya)	Yüzey Pürüzlülük Değerleri, Yüzeyin Nitel Analizi, Yüzey Morfolojisi, Profilometre (Surftest SJ 201, Mitutoyo Co, Kawasaki, Japonya), Taramalı Elektron Mikroskobu yla (Quantatm 450 FEG, FEI, Oregon, ABD)	Fırçalama süresi ve kompozitin doldrucu oranı, büyüklüğü ve şekline bağlı olarak, 20.000 fırçalama döngüsüne karşılık gelen 24 aylık fırçalama simülasyonu sonrası tüm materyaller yüzey düzensizlikleri gösterdi. Yüzey değişimi fırçalama süresiyle birlikte arttı. Tüm materyaller fırçalama simülasyonundan önce tatmin edici yüzey özellikleri gösterdi. Fırçalama

döngülerinin
tümünde,
supra-nano
küresel hibrit
kompozit
rezin, mikro
dolduruculu
hibrit
kompozit
rezine göre
üstün
sonuçlar elde
etti.
Yüksek
doldurucu
oranına,
küçük boyuta
ve küresel
doldurucuya
sahip
kompozit
rezinlerin
uzun süreli
beyazlatıcı
diş macunu
kullanımı için
daha iyi
performans
gösterdiği
bulundu.

6. Bekdaş ve ark., 2023	Colgate Optic White Expert (Colgate/Palmolive Company, New York, NY, ABD),	Estelite Asteria (Supra- Nano Sferical),	Renk Ölçümü,	Tüm renk uyumlu rezin kompozitlerin
	Opalescence (Ultradent Products Inc, South, Jordan, Utah, ABD)	Omnichroma (Supra- Nano Sferical),	Yüzey Pürüzlülük,	, klinik olarak kabul edilebilir eşiğin üzerinde
		Vittra Unique (Zirconium Oxide Glass Particle),	Yüzey Morfolojisi,	renklenme gösterdiği görüldü. En az renk değişimi
		Charisma Diamond Topaz One (TCD Matrix),	Spektrofotometre Vita Easyshade Advanced 4 (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya),	Vittra Unique kompozitinde gözlenirken, en yüksek renk değişimi
		Zenchroma (Radio- Opaque Glass With Filler Mikrohibrid)	Profilometre Cihazı (Mitutoyo, Surf test SJ- 301, Japonya)	Omnichroma kompozitinde gözlemlendi. Evde beyazlatma ajanı uygulaması, kısa süreli takiplerde beyazlatıcı diş macunu ile fırçalamaya göre daha fazla beyazlatma etkisi sağlandı, ancak süre uzadıkça benzer beyazlatma etkileri gözlemlendi
			SEM Görüntüleme (Quorum Q150R ES, Birleşik Krallık)	

(Omnichroma hariç).
Ayrıca, beyazlatma işlemleri hiçbir renk uyumlu kompozitlerin yüzey pürüzlülüğün ü olumsuz yönde etkilemedi.

7. Salama ve ark., 2020	Aquafresh Intensewhite (Glaxosmithk line Plc. Middlesex, Birleşik Krallık), Crest 3D White (The Procter & Gamble Company, Cincinnati, OH, ABD), Colgate Optic White (Colgate-Palmolive Company,	Nanohibrid Rezin Kompozit (Filtek™ Z250 XT, 3M ESPE, MN, ABD), Rezin Modifiye Cam İyonomer (Photac™ Fil Quick Aplicap™, 3M ESPE, MN, ABD) Işıklı Sertleşen Rezin Cam İyonomer Siman	Mikrosertlik , Vickers Elmas Uç (Innovatest, Mikro Vickers Test Cihazı, Micro-Met II, BUEHLER, IL, ABD)	Beyazlatıcı diş macunları ve diş fırçalama simülasyonu uygulamasından sonra, test edilen restoratif materyallerin ve beyazlatıcı diş macunlarının tüm kombinasyonları için mikrosertlik arttı. Beyazlatıcı diş macunları ile fırçalama sonrası Filtek
--------------------------------	---	---	--	---

	New York, NY, ABD)	(GC Fuji II LC®, ABD)		Z250 XT'nin mikrosertliği, diğer diş macunlarına ve kontrol grubuna göre en düşük olduğu bulundu.
8. Ebrahimz adeh ve ark., 2022	Crest 3D White (Procter And Gamble Co), Signal White Now (Unilever Co)	Charisma Diamond (Heraeus – Kulzer Co.)	Renk değişimi, Spektrofoto metre (Shadepilot; Degudent, İtalya)	Crest 3D White beyazlatıcı diş macununun %0.2 klorheksidin ağız çalkalama suyu ile renk değiştiren kompozit örneklerinin orijinal rengine geri dönmesinde daha yüksek etkinliğe sahip olduğu görüldü.
9. Yazkan ve ark., 2023	Curaprox White İs Black (Curaden, Kriens, İsviçre), Colgate Herbal (Colgate- Palmolive Co., New	Nanohibrit Anterior Kompozit Rezin (Gradia Direct Anterior, GC Corp., Tokyo, Japonya)	Renk değişimi, Beyazlık İndeksi, Yüzey Morfolojisi, Spektrofoto metre Cihazı (VITA	En yüksek ΔE00 ve ΔWID değerleri Colgate Herbal ile elde edildi. Ardından Opalescence Whitening ve Crest Baking Soda And Peroxide

	York, NY, ABD),		Easyshade Advance 4.0; VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya),	geldi, oysa en düşük değerler distile su ile elde edildi. Renklendirm e ve fırçalama döngüsünün 30. gününde kahve ile renklendirilm iş anterior nanohibrit kompozit rezinin rengini ve beyazlığını iyileştirmek açısından, Colgate Herbal, Opalescence Whitening Ve Crest Baking Soda And Peroxide' in sürekli kullanımı 30. günden sonra umut verici sonuçlar verdi.
	Meridol (CP-GABA Gmbh, Hamburg, Almanya),		Taramalı Elektron Mikroskobu (Vega II, Tescan, Cambridge, İngiltere)	
	Opalescence Whitening (Ultradent Products, South Jordan, UT, ABD),			
	Yotuel Pharma B5 (Biocosmetics , Madrid, İspanya),			
	Crest Baking Soda And Peroxide (Procter & Gamble, Cincinnati, OH, ABD)			
10. Alavi ve ark., 2023	Mavi-Kovarin İçeren White Now (Signal, Almanya),	Opallis (FGM, Braezilya)	Yüzey Pürüzlülüğü ,	Beyazlatıcı ve geleneksel diş macunları ile diş fırçalama, nanohibrit kompozit rezinin yüzey
	Hidrojen Peroksit İçeren		Yüzey Morfolojisi, Profilometre (Hommel	

	Optic White (Colgate, ABD), Aşındırıcı Ajanlar İçeren Opalescence (Ultradent, ABD), Geleneksel Diş Macunu İçeren Max Fresh (Colgate, ABD)		Tester T8000, Hammel Worker, Almanya) Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	pürüzlülüğün ü artırdı. Hidrojen peroksit içeren Optic White beyazlatıcı diş macunu, kompozit rezin örneklerinde daha fazla yüzey pürüzlülüğü oluştursa da, White Now ve Opalescence ağartıcı diş macunlarının neden olduğu yüzey değişiklikleri Max Fresh geleneksel diş macunu ile benzerdi.
11. Naiboğlu ve ark., 2023	Signal White Now (Unilever), Colgate Optic White Expert White (Colgate- Palmolive), Ipana 3D White Luxe Perfection (Procter & Gamble),	Nanohibrid Clearfil Majesty Esthetic (Kuraray Medical, Okayama, Japonya), Mikrohibrid Gradia Direct Anterior (GC, Tokyo, Japonya)	Yüzey Pürüzlülük, Mikrosertlik , Yüzey Morfolojisi, Yüzey Profilometre si (Marsurf PS 10, Mahr, Göttingen, Almanya),	Test edilen tüm diş macunları diş fırçalama simülasyonu sonrası kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğün ü arttırdı. Beyazlatıcı diş macunları (Colgate Optic White hariç)

Sensodyne Promine (Glaxosmithk line)	Duramin Mikrosertlik Test Cihazı (Struers, Cleveland, ABD), Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) (EVO LS10, Zeiss, Oberkochen , Almanya)	kompozit rezinler üzerinde daha fazla pürüzlülüğe neden oldu. Clearfil Majesty Esthetic ve Gradia Direct Anterior kompozit rezinleri dış fırçalama simülasyonu sonrası benzer yüzey pürüzlülüğü gösterdi. Fırçalama sonrası Gradia Direct Anterior'un mikrosertlik değerlerinde önemli bir artış bulundu. Dış macunlarının, özellikle de beyazlatıcı olanların, kompozit restorasyonla rın yüzey pürüzlülüğün ü arttırma etkisine sahip olduğu klinikyenler tarafından hastalara
---	--	---

12. Yılmaz ve Ark., 2021	Colgate Optic White (Colgate-Palmolive, New York, ABD), Sensodyne Whitening (Neocosmed Ltd., LadlumKaew, Tayland), ROCS Sensation Whitening (Eurocosmed, Moscow, Rusya), Procsin Active Carbon (PRS Cosmetic Co., Gebze, Türkiye), Signal White Now (Unilever Co., Rueil-Malmaison, Fransa), Colgate Max Fresh (Colgate-	Nano-Hibrit Kompozit Tetric Evo Ceram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	Yüzey Pürüzlülüğü , Renk Değişimi, Yüzey Profilometresi (Bruker Contour GT, Tucson, AZ, ABD), Spektrofotometre (Spectro Shadetm MICRO, MHT Optic Research AG, Milan, İtalya)	Gruplar arasında fırçalama öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülüğü değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı (p > 0.05). Kompozit rezinin renklenme eğilimi ve diş macunlarının beyazlatma etkileri açısından, fırçalama öncesi ve sonrası herhangi bir dönemde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı (p > 0.05). Bu çalışmanın sonuçları, kullanılan diş
---------------------------------	---	---	---	--

	Palmolive Co.)			macunu türünden daha çok etkili diş fırçalamanın önemli olduğunu göstermekte dir.
13. Dayı ve ark., 2023	Nanohidroksi apatit Dentiste Plus White (Dentiste, Tayland), Perlite Signal White System (Signal Unilever, Ukrayna), Hidrojen Peroksit Colgate Optic White (Colgate, Palmolive, ABD)	Mikrohibrid Filtek Z250 (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD), Nanohibrid Polofil NHT (Voco, Cuxhaven, Almanya), Supra-Nano Dolduruculu Estelite Sigma Quick (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya)	Yüzey Pürüzlülüğü , Renk, Profilometre (Mitutoyo SJ-210; Mitutoyo, Kawasaki, Japonya), Spektrofoto metre (VITA Easyshade V, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya),	Supra-nano dolgu kompozit- Dentiste Plus White, supra- nano dolgu kompozit- Colgate Optic White ve nanohibrit kompozit- Signal White System gruplarının en büyük renk değişimine sahip gruplar olduğu bulundu. En küçük renk değişimi mikro hibrit kompozitler e görüldü. Yüzey pürüzlülüğün de önemli bir değişiklik gözlenmedi. Nanohidroksi apatit ve hidrojen peroksit

				içeren beyazlatıcı diş macunları erken dönemde yüksek renk değişimi sağlarken, perlit içeren diş macunları geç dönemde daha yüksek renk değişimi sağladı.
14. Telatar ve ark., 2021	Sensodyne Florid (Glaxosmithk line. Brantford. Birleşik Krallık), Rocs Sensitive Hidroksiapatit (Unicosmetic OÜ. Tallinn, Estonya), Rocs Remineralizin g Coffee & Tobacco Bromelain (Unicosmetic OÜ. Tallinn, Estonya)	Nanofil Kompozit Filtek Ultimate (3M. St. Paul, ABD), Nanohibrid Kompozit Clearfil Majesty Esthetic (Kuraray Medical Inc. Tokyo, Japonya), Akışkan Kompozit Nexcomp Flow (Meta Biomed Co. Chungcheongbukdo, Kore), Bulk-Fill Kompozit 3M Espe Bulk Fil (M. St. Paul, ABD),	Yüzey Pürüzlülüğü , Yüzey Değerlendir mesisi, Yüzey Test Cihazı (Marsurf/M 300, Mahr Gmbh, Almanya) Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) (JSM-6510, JEOL Ltd, Tokyo, Japonya)	Ortalama en yüksek pürüzlülük değeri (Ra; µm) konvansiyone l cam iyonomer malzemeden elde edildi (p < .001). Florür, bromelain ve hidroksiapatit içeren diş macunları ile fırçalama, restoratif materyallerde benzer yüzey pürüzlülüğün e neden olabilir.

Kompomer
Nova
Compomer
(Imicryl.
Konya,
Türkiye),

Işıklı
Sertleşen Cam
İyonomer
I-Seal Fusion
(Prevest Den
Pro. Jammu,
Hindistan),

Düşük
Viskositeli
Cam İyonomer
Fuji Triage
(GC
Corporation.
Tokyo,
Japonya),

Konvansiyonel
Cam İyonomer
Nova Glass-F
(Imicryl.
Konya,
Türkiye)

15. Colak ve ark., 2023	Geleneksel Diş Macunu Colgate Total 12 (Colgate Palmolive, New York, ABD), Peroksit Bazlı Diş Macunu Colgate Optic	Nano-Hibrit Filtek Ultimate Universal) 3M/ESPE, Saint Paul, ABD), Mikro-Hibrit Charisma Smart) Kulzer, Hanau, Almanya),	Renk Analizi, Yüzey Pürüzlülüğü , Yüzey Topografisi, Spektrofoto metre	Bulgular kahve çözeltisinin neden olduğu renk değişikliğini algılama eşiğinin altına indiremeyen geleneksel ve beyazlatıcı
--	--	---	--	---

White) Colgate, Palmolive, New York, ABD), Mavi Kovarin Bazlı Diş Macunu Meridol Gentle White) CP-GABA, Hamburg, Almanya)	Supra-Nano Dolgulu Omnichroma; (Tokuyama, Tokyo, Japonya)	(Spectrosha de Micro, MHT, İtalya), Profilometre (Surftest SJ- 210 Mitutoyo, Tokyo, Japonya), Taramalı Elektron Mikroskobu (FEG 250- Feiquanta, Hollanda)	diş macunlarının 30 ardışık gün sonrasında mikro-hibrit, nano-dolgulu ve supra- nano-dolgulu kompozit rezin örneklerinde renk değişikliğini azaltmadığını 1 gösterdi. En küçük renk değişimi mikro-hibrit kompozit rezinde, en büyük renk değişimi nano-hibrit kompozit rezinde gözlendi. En büyük renk değişimi mavi kovarin içeren bir diş macunu kullanıldıktan sonra elde edilirken, en küçük renk değişimi peroksit bazlı diş macunu kullanıldıktan sonra gözlendi. Supra-nano-
---	--	--	--

				dolgulu kompozit rezin örnekleri, mikro-hibrit ve nano-dolgulu kompozit rezin örneklerine kıyasla en düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerine sahipti. Beyazlatıcı diş macunlarının kompozit rezinler üzerindeki uzun dönemli etkinliğini tam olarak anlamak için ek laboratuvar ve klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.
16. Elmarakby ve ark., 2020	Blanx Sensitive (Sensodyne, Birleşik Arap Emirlikleri), Crest 3D White Brilliance (The Procter And Gamble Manufacturin	SDR Posterior Bulk (Dentsply Caulk 38), Fill Flowable Base (West Clarke Avenue), Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar	Yüzey Pürüzlülüğü , Profilometre (Marsurf PS1-Mahr Gmbh. Göttingen-Almanya),	Sonuçlar Lacalut diş macununun Filtek Bulk Fill kompoziti daha fazla aşındırdığını göstermiştir. Crest 3D diş macununun Tetric N-Ceram,

	g Company, ABD),	Vivadent, Liechtenstein),		kompozitini daha fazla aşındırmıştır.
	Lacalut Aktiv Medical (Lacalut, Çin)	Filtek Bulk Fill Posterior (3M, ESPE, Elipar, Filtek, Scotchbond. Kanada)		Blanx diş macunu ise Tetric N-Ceram, kompozit yüzeyini daha fazla aşındırmıştır.
17. Dayı ve ark., 2023	Opalescence Cool Mint With Fluoride (Ultradent Products, ABD),	Mikrohibrid Arabesk (Voco,Almany a),	Renk, Yüzey Pürüzlülüğü ,	Bu in vitro çalışmada, giomer kompozit grubunun renklenmeye en yakın grup olduğu, nanohibrit kompozit grubunun ise renklenmeye karşı daha dirençli olduğu sonucuna varılabilir.
	Colgate Optic White Extra Power (Colgate-Palmolive, ABD),	Nanohibrid Herculite XRV Ultra (Kerr Corp., Orange, CA, ABD),	Spektrofotometre (VITA Easyshade V, VITA Zahnfabrik),	Mikrohibrit ve Nanohibrit grupların yüzey pürüzlülüğü benzer oranda arttı. Başlangıçta en yüksek yüzey pürüzlülüğün e sahip grup Giomer grubu olsa da,
	Signal White Now Gold (Signal Unilever, Birleşik Krallık)	Giomer Beautifil II (Shofu, Kyoto, Japonya)	Profilometre (Mitutoyo SJ-210, Japonya)	

				pürüzlülük değişimlerini en az olduğu grup oydu. Çalışmada kullanılan diş macunları renklenmenin giderilmesinde birbirine üstün değildi.
18. Tavas ve ark., 2023	Sensodyne Fresh Mint (Sensodyne GSK, Birleşik Krallık), Colgate 2in 1 Whitening (Colgate Palmolive, ABD), Opalescence Whitening (Ultradent Products, Inc., ABD), Colgate Optic White With Charcoal (Colgate Palmolive, ABD)	Omnichroma (Tokuyama Dental, Japonya)	Renk, VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya)	Bu çalışmada etkili beyazlatma Colgate Optic White With Charcoal ile elde edilirken, beyazlatıcı diş macunlarının etkinliğinin ve yan etkilerinin in vivo çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.
19. Farghal ve ark., 2020	Aktif Kömür İçerikli Perfect White (Black) (Beverly Hills Formula,	Mikrofil Kompozit Heliomolar (Ivoclar Vivadent,	Yüzey Pürüzlülüğü , Mikrosertlik ,	Test edilen diş macunları ile fırçalama mikrofil ve nanohibrit kompozit

	Dublin 9, İrlanda)	Schaan, Liechtenstein), Tg Nanohibrid (Technical & General, London, Birleşik Krallık)	Yüzey Morfolojisi, Profilometre (Positector SPG, Deflesco, ABD), Vickers Mikrosertlik Testi (Zwick Roell, INDENTEC , West Midlands, Birleşik Krallık), Taramalı Elektron Mikroskobu (JSM 6510LA, JEOL, Japonya),	rezinlerin yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliği ni önemli ölçüde etkiledi, hastalar bu diş macunlarının kullanımını sınırlayabilir ve diğer restoratif materyaller, farklı fırçalama süreleri ve olası renk değişiklikleri üzerine daha fazla çalışma yapılmalıdır.
20. Binhasan ve ark., 2022	Colgate Optic White (Colgate- Palmolive, New York, NY, ABD), Colgate Optic White Charcoal (Colgate- Palmolive, New York, NY, ABD)	Geleneksel Kompozit Filtek Z350 XT (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD), Tetric N Ceram Bulk- Fill (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)	Parlaklık, Mikro Pürüzlülük, Mikro Sertlik, Novo-Curve Parlaklık Ölçer (Rhopoint Instruments Ltd., Hastings,	Geleneksel rezin kompozit (Z350) yüzey sertliği ve parlaklığı açısından diş macunu uygulaması öncesinde ve sonrasında benzer sonuçlar gösterdi. Mikro

Sussex, Birleşik Krallık),	pürüzlülük diş macunu nedeniyle önemli
Profilometre (Model SJ- 401, Mitutoyo, Kawasaki, Japonya),	ölçüde arttı. Bulk-fill rezin (Tetric N Ceram) diş macunu kullanımı ile mikro sertlik,
Vickers Mikro Sertlik Test Cihazı (Innovatest, Maastricht, Hollanda)	parlaklık kayı ve mikro pürüzlülük artışı gösterdi. Geleneksel nano-hibrit kompozit, bulk-fill rezinden daha iyi dayanıklılık gösterdi.

Konu ile ilgili literatür taraması “Google Akademik” veri tabanında “Whitening toothpaste”, “Resin composite”, “Surface roughness”, “Discoloration” ve “Microhardness” anahtar kelimeleri kullanılarak yapılmıştır. Beyazlatıcı diş macunlarının kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğü, mikrosertliği ve renk değişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla 2020-2023 yılları arasında yayınlanmış olan 20 çalışma değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmalar tek tek incelenmiş olup çalışmalara ait bilgiler Tablo 1’de belirtilmiştir.

KAYNAKÇA

Backes, C. N., França, F. M. G., Turssi, C. P., Amaral, F. L. B. d., & Basting, R. T. (2020). Color stability of a bulk-fill composite resin light-cured at different distances. *Brazilian Oral Research*, 34.

Bekdaş, M. G., & HUBBEZOĞLU, İ. (2023). Effect of Brushing with Whitening Toothpaste on Color Stability and Surface Roughness of Color-Adjustment Resin-Based Composites. *Cumhuriyet Dental Journal*, 26(3), 287-296.

Binhasan, M., Solimanie, A. H., Almuammar, K. S., Alnajres, A. R., Alhamdan, M. M., Al Ahdal, K., Alfaawaz, Y. F., Ali, K., Vohra, F., & Abduljabbar, T. (2022). The Effect of Dentifrice on Micro-Hardness, Surface Gloss, and Micro-Roughness of Nano Filled Conventional and Bulk-Fill Polymer Composite—A Micro Indentation and Profilometric Study. *Materials*, 15(12), 4347.

Borges, A., Caneppele, T., Luz, M., Pucci, C., & Torres, C. (2014). Color stability of resin used for caries infiltration after exposure to different staining solutions. *Operative dentistry*, 39(4), 433-440.

Colak, G., & Katirci, G. (2023). In Vitro evaluation of the effects of whitening toothpastes on the color and surface roughness of different composite resin materials. *BMC oral health*, 23(1), 580.

Dayı, B., & Öcal, F. (2023). Evaluation of the effects of whitening toothpaste containing nanohydroxyapatite on surface roughness and color change in restorative materials. *PeerJ*, 11, e15692.

Devila, A., Lasta, R., Zanella, L., Agnol, M. D., & Rodrigues-Junior, S. (2020). Efficacy and adverse effects of whitening dentifrices compared with other products: a systematic review and meta-analysis. *Operative dentistry*, 45(2), E77-E90.

Dursun, M. N., Ergin, E., Tekce, A. U., & Gurgan, S. (2023). Which whitening toothpaste with different contents is more effective

on color and bond strength of enamel? *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(2), 397-405.

Ebrahimzadeh, F., Fakhar, H., Akbari, H., Mosharraf, R., & Farzad, A. (2022). Effect of Two Whitening Toothpastes on Composite Resin Restorations Discolored by 0.2% Chlorhexidine Mouthwash. *Frontiers in Dentistry*, 19.

Elmarakby, A. M., Darwish, M., Souror, Y. R., & Waly, A. (2020). Surface Roughness of Bulk Fill Composite after Simulated Toothbrushing with Different Dentifrices. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 8(D), 166-172.

Epple, M., Meyer, F., & Enax, J. (2019). A critical review of modern concepts for teeth whitening. *Dentistry journal*, 7(3), 79.

Espíndola-Castro, L.-F. (2020). Evaluation of microhardness, sorption, solubility, and color stability of bulk fill resins: A comparative study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 12(11), e1033.

Farghal, N., & Elkafrawy, H. (2020). The effects of activated charcoal and calcium carbonate based toothpastes on surface properties of composite resin restorative materials. *Egyptian Dental Journal*, 66(4-October (Fixed Prosthodontics, Removable Prosthodontics and Dental Materials)), 2431-2438.

Garcia, R. M., VIEIRA JUNIOR, W. F., Sobral-Souza, D. F., Aguiar, F. H. B., & Lima, D. A. N. L. (2023). Characterization of whitening toothpastes and their effect on the physical properties of bulk-fill composites. *Journal of Applied Oral Science*, 31, e20220428.

Greenwall-Cohen, J., Francois, P., Silikas, N., Greenwall, L., Le Goff, S., & Attal, J.-P. (2019). The safety and efficacy of over the counter bleaching products in the UK. *British dental journal*, 226(4), 271-276.

Kovacevic Pavicic, D., Pavlic, A., Kinkela Devcic, M., Lajnert, V., & Spalj, S. (2019). Tooth color as a predictor of oral

health-related quality of life in young adults. *Journal of Prosthodontics*, 28(4), e886-e892.

Mehrgan, S., Kermanshah, H., Omrani, L. R., Ahmadi, E., & Rafeie, N. (2021). Comparison the effect of charcoal-containing, hydrogen peroxide-containing, and abrasive whitening toothpastes on color stability of a resin composite; an in vitro study. *BMC oral health*, 21(1), 1-7.

Naiboğlu, P., & Koşar, T. (2023). Effects of Whitening Toothpastes on Microhardness and Surface Roughness of Composite Resins: An In Vitro Study. *Turkiye Klinikleri. Dishekimligi Bilimleri Dergisi*, 29(1), 187-195.

Naser Alavi, F., Moein, N., & Yousefi, M. A. (2023). Effects of three whitening toothpastes on the surface roughness and morphology of a nanohybrid composite resin. *Journal of Dentomaxillofacial Radiology, Pathology and Surgery*, 12(1), 1-8.

Philpotts, C., Weader, E., & Joiner, A. (2005). The measurement in vitro of enamel and dentine wear by toothpastes of different abrasivity. *International dental journal*, 55, 183-187.

Ramadan, A. A., Ali, M. S., & Bayoumi, R. E. (2020). Effect of abrasive containing whitening dentifrices on surface characteristics and color stability of two aesthetic restorative materials. *Al-Azhar Dental Journal for Girls*, 7(4-C), 537-546.

Roopa, K., Basappa, N., Prabhakar, A., Raju, O., & Lamba, G. (2016). Effect of whitening dentifrice on micro hardness, colour stability and surface roughness of aesthetic restorative materials. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 10(3), ZC06.

Rostamzadeh, P., Omrani, L. R., Abbasi, M., Yekaninejad, M. S., & Ahmadi, E. (2021). Effect of whitening toothpastes containing activated charcoal, abrasive particles, or hydrogen peroxide on the color of aged microhybrid composite. *Dental Research Journal*, 18.

Salama, F., Abdelmegid, F., Alhomaidhi, L., Alswayyed, S., & Alfarraj, S. (2020). Effect of Whitening Toothpastes and Brushing

on Microhardness of Esthetic Restorative Materials. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 44(5), 296-301.

Silva Costa, S. X., Becker, A. B., de Souza Rastelli, A. N., Monteiro Loffredo, L. d. C., de Andrade, M. F., & Bagnato, V. S. (2009). Effect of four bleaching regimens on color changes and microhardness of dental nanofilled composite. *International journal of dentistry*, 2009.

Tavas, B., Celiksoz, O., Tepe, H., Ozaslan, S., & Yaman, B. C. (2023). The Effect of Whitening Toothpastes on the Color Stability of a Smart Monochromatic Composite Resin. *Cureus*, 15(9).

Telatar, G. Y., & Bedir, F. (2021). In Vitro Effects of Fluoride, Hydroxyapatite, and Bromelain-Containing Toothpaste Types on Surface Roughness of Different Restorative Materials. *Journal of Advanced Oral Research*, 12(2), 267-276.

Torso, V. H., Fraga, M. A. A., Lopes, R. M., Aranha, A. C. C., Correr-Sobrinho, L., & Correr, A. B. (2021). Charcoal-based dentifrices: Effect on color stability and surface wear of resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(5), 815-823.

Vaz, V. T. P., Jubilato, D. P., Oliveira, M. R. M. d., Bortolatto, J. F., Floros, M. C., Dantas, A. A. R., & Oliveira Junior, O. B. d. (2019). Whitening toothpaste containing activated charcoal, blue covarine, hydrogen peroxide or microbeads: which one is the most effective? *Journal of Applied Oral Science*, 27, e20180051.

Vertuan, M., de Souza, B. M., Machado, P. F., Mosquim, V., & Magalhães, A. C. (2020). The effect of commercial whitening toothpastes on erosive dentin wear in vitro. *Archives of Oral Biology*, 109, 104580.

Yazkan, B., Yilmaz, E., Yenidünya, Ö. G., & Akgül, N. (2023). Effects of different toothpastes on the color and whiteness of

stained anterior composite resin. *Journal of Oral Science*, 65(4), 246-250.

Yilmaz, M. N., Gul, P., Unal, M., & Turgut, G. (2021). Effects of whitening toothpastes on the esthetic properties and surface roughness of a composite resin. *Journal of Oral Science*, 63(4), 320-325.

BÖLÜM V

Alveolar Mukozal Fenestrasyonda Tedavi Yaklaşımı: Olgu Sunumu

Resül ÇOLAK¹
İsmail GÜL²

Giriş

Fenestrasyon, alveolar kemiğin kortikal plakasında fizyolojik veya patolojik süreçlerden gelişebilen bir kusur veya pencere benzeri bir açıklığı tanımlar. Bir kökün apikal bölgesini içerdiğinde, apikal fenestrasyon olarak adlandırılır. Eş zamanlı bir mukozal fenestrasyon, kök ucunun ağız ortamına maruz kalmasına neden olabilir. Her ikisi de kök apeksini içerebilse de, pencere açıklığı her zaman marjinal kemiği tehlikeye attığı için ayrılmadan farklıdır (Dawes & Barnes, 1983). Apikal fenestrasyonlar, geçmişteki travmatik yaralanmalar, periodontal hastalık, bukkal eğimli kökler,

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim Dalı, Orcid ID: 0000-0001-5210-1119

² Arş. Gör., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim Dalı, Orcid ID: 0009-0001-8550-3250

oklüzal travma, ortodontik tedavi, üstteki alveol kemiğinin inceliği ve endodontik patoloji gibi çeşitli risk faktörleriyle ilişkilendirilmiştir (Boucher et al., 2000). Apikal periodontitis gibi endodontik hastalıklarla ilişkili olduğunda fenestrasyonlar, periradiküler inflamasyon ve kortikal kemik rezorpsiyonu gibi patolojik süreçlerin bir sonucu olabilir (Dawes & Barnes, 1983; Nimigean et al., 2009). Apikal fenestrasyon ve endodontik patolojinin aynı anda meydana gelmesi durumunda, zamanında teşhis ve uygun tedavi, başarılı endodontik tedavi için önemlidir (Chen et al., 2009).

Endodontik enfeksiyonlarla ilişkili apikal fenestrasyonlarla başvuran hastalar, çiğneme sırasında ağrı ve parmakla basınç (apse varlığı) ve belirgin diş eti kusurları gibi belirti ve semptomlar yaşayabilir (Chen et al., 2009; Jafri et al., 2019). Apikal fenestrasyonlar, endodontik tedaviyi takiben kalıcı ağrıya neden olabilir (Boucher et al., 2000). Tersine hastalar asemptomatik de olabilir (Dawes & Barnes, 1983). Apikal fenestrasyonlar her zaman mukozal fenestrasyonlarla birlikte görülmeyebilir (Furusawa et al., 2012; Pasqualini et al., 2012). Ancak mukozal fenestrasyonlar söz konusu olduğunda, defekten süpürasyon ve plak birikimi ile iltihaplanma da bulunabilir (Bains et al., 2015; Jhaveri et al., 2010). Değişken klinik sunumlar nedeniyle tanı genellikle zordur ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) gibi ileri araştırmalar gerekli olabilir (Furusawa et al., 2012; Pan et al., 2014; Pasqualini et al., 2012).

Endodontik enfeksiyonun cerrahi olmayan tedavisini takiben, kök ucu rezeksiyonu ile apikal cerrahi, genellikle kök apeksi ile üzerindeki alveolar kemik arasında daha uygun bir ilişkiyi eski haline getirmek için gereklidir (Ricucci et al., 2018). Eş zamanlı bir mukozal fenestrasyon olduğunda, önerilen çeşitli tedavi seçenekleri arasında primer kapatma, yönlendirilmiş doku rejenerasyonu ve mukozal greftlerin kullanımı yer alır (Chen et al., 2009; Dawes & Barnes, 1983; Gandi et al., 2013). Aslında, bu lezyonların cerrahi tedavisinde çok fazla varyasyon vardır. Apikal fenestrasyonlar

literatürde nadiren bildirildiğinden, şu anda bunların teşhisi ve yönetimine ilişkin herhangi bir kılavuz bulunmamaktadır.

Subepitelyal bağ dokusu grefti veya serbest bağ dokusu grefti olarak da bilinen bağ dokusu grefti, ilk olarak Langer & Calagna, 1980 tarafından tanımlanmış ve kök kapaması ve kret ogmentasyonu için yaygın olarak kullanılmaktadır (Langer & Calagna, 1980). Teknik, periodontal plastik cerrahide yaygın olarak kullanılmaktadır ve genellikle uzun vadeli başarı ile ilişkilidir.

Bu olgu sunumu, apikal periodontitis ve mukozal yıkımla ilişkili apikal fenestrasyonlu bir vakayı bildirmektedir.

Olgu Sunumu:

42 yaşında erkek hasta sistemik olarak sağlıklıydı. Kliniğe 42 numaralı dişin (Şekil 1) kök ucu bölgesindeki mukozal perforasyon ve o bölgedeki açık kök yüzeyi ve hassasiyet şikayeti ile geldi. Klinik muayene sonucu ilgili dişin nekrotik olduğu ve apikal rezeksiyon ile eş zamanlı subepitelyal bağ dokusu grefti uygulanmasına karar verildi.



Şekil 1: 42 numaralı dişteki mukozal perforasyon sonucu kök yüzeyinin apikal 1/3 ve apeksinin görüntüsü.

Cerrahi müdahaleden önce cerrahi olmayan periodontal tedavi (diştaşı temizliği ve kök yüzeyi düzleştirilmesi) yapıldı. Daha sonra

ilgili dişin cerrahi tedavisi için adrenalini içerikli lokal anestezi (1:100.000 epinefrin ile kombine lidokain (%2)) altında bölgenin anestezi sağlandı. Mukozal perforasyon olan bölgeden tam kalınlık flep kaldırıldı ve kök yüzeyi düzeltildikten sonra apikal küretaj uygulandı. Kök ucunu alveol içinde konumlandırmak için yaklaşık 3,0 mm kök ucu bir fissür frez ile rezeke edildi. MTA ile apikal plug yapıldı. Fenestrasyonu çevreleyen yumuşak doku alanı daha sonra eksize edildi. 43 ve 41 numaralı dişlerin apikal kök ucu hizaları seviyesinde 2012 yılında John Chao tanımlanan belirtilen Pinhole tekniğine benzer şekilde küçük vertikal kesiler yardımıyla tünel oluşturuldu (Chao, 2012) (şekil 2).



şekil 2: Kök rezeksiyonu sonrası alıcı yatağın hazırlanması.

Daha sonra sert damaktan subepitelyal bağ dokusu grefti alındı ve dnr sahaya kanama durdurucu ajan ile beraber 4-0 ipek sütur (Doğsan, İstanbül, Türkiye) ile sütur atılarak kanama kontrol altına alındı. Alınan bağ dokusu grefti alıcı sahaya yerleştirilip 5,0 poliprolen sütur (Doğsan®, Polipropilen sentetik, emilmeyen, monofilaman sütur, Türkiye) ile sture edildi (şekil 3).



Şekil 3: Subepitelial bağ dokusu greftin dönör sahaya uygulanıp sütüre edildikten sonraki görüntüsü.

Hastaya Augmentin 1000 mg (Amoksisilin 875mg + klavulunik asit 125mg GSK Company) günde 2 defa, Arveles 25 mg (Deksketoprofen trometamol) günde 2 defa ve Klorheksidin glukonat %12 gargara günde 3 defa reçete edildi ve 3 gün sonraya kontrole çağrıldı (Şekil 4). Hasta 10 gün sonra kontrole çağrılıp süturları alındı daha sonraki dönemde haftalık ve aylık dönemlerle kontrole çağrıldı. 3. ay kontrolünde (Şekil 5) operasyon planlaması sırasında alveolar mukozada flep dizaynından kaynaklanan vertikal kesilerin birbirine yakın olmasına bağlı olarak operasyon alanında tam kapanma ve estetik bir görüntü sağlanamadığı için hastaya ikinci bir operasyon önerildi ve işlem için randevu verildi.



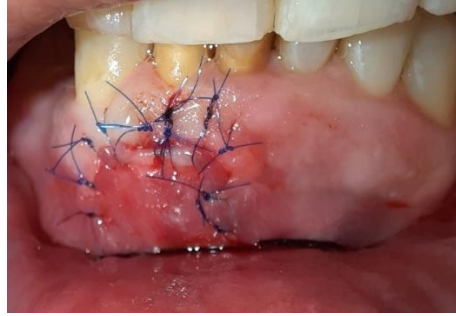
Şekil 4: Operasyon alanının 3 gün



Şekil 5: Operasyon sonrası 3.

Ay sonraki görüntüsü.

Operasyon günü saha adrenalın içerikli lokal anestezi (1:100.000 epinefrin ile kombine lidokain (%2)) altında ilgili bölgenin apikal sınırında yarım kalınlık kesi ile flep kalındırıldı (Şekil 6). Kanama kontrol altına alındıktan sonra flep tam kapama sağlamak amacıyla koronal bölgeye 5,0 poliprolen suture(Doğsan®, Polipropilen sentetik, emilmeyen, monofilaman suture,Türkiye) ile sütüre edildi (Şekil 7).



Şekil 6: Defekt sınırının hemen apikalinde yarım kalınlık kesi. Şekil 7: Alanın sütüre edildikten sonraki apikalinde yarım kalınlık kesi.

Hastaya Augmentin 1000 mg (Amoksisilin 875mg + klavulunik asit 125mg GSK Company) günde 2 defa, Arveles 25 mg (Deksketoprofen trometamol) günde 2 defa ve Klorheksidin glukonat %12 gargara günde 3 defa reçete edildi ve 3 gün sonraya kontrole çağrıldı (Şekil 8). 10 gün sonra süturlar alındı ve hasta haftalık ve aylık kontrollere çağrıldı (Şekil 9).



Şekil 8: Operasyon alanının 3 gün sonraki görüntüsü. Şekil 9: 6 ay sonraki görüntü.

Tartışma

Kök apeksinin fenestrasyonu, pulpa-periradiküler hastalığın nispeten yaygın olmayan bir komplikasyonudur (Dawes & Barnes, 1983; Jhaveri et al., 2010; Ricucci et al., 2018).

Mukozal perforasyon ve kök apeksinin ağız boşluğuna maruz kalması, kök ucunu plak birikimine ve taş oluşumuna karşı savunmasız bırakır. Bu olaylar, açığa çıkan kök apeksinin kendiliğinden yumuşak doku kaplamasını imkansız hale getirebilir.

Mevcut olgu sunumunun temel zorluğu alveolar mukoza sınırlarında olması ve enfekte olmuş kök yüzeyi ile ilişkili olmasıdır. Kök yüzeyi örtülenmesinde minimal bir invaziv yaklaşım olarak Pinhole tekniğine benzer bir yaklaşım ile cerrahi işlem yapıldı. Tekniğin lateral vasküler beslenme, düşük skar oranı, hızlı iyileşme gibi avantajları bulunmaktadır (Chao, 2012).

Olgu sunumdaki ilgili dişin cerrahi olmayan bir yaklaşımla yeterli bir kök kanal debridmanı ve dolgusu elde etmek zordu. Bu nedenle cerrahi endodontik tedavi ve bağ dokusu grefti ile kombine bir yaklaşım uygulandı.

Büyük kemik kaybıyla eşlik eden mukozal defektler, yalnızca çok az bukkal kemik plakası desteğine ve doku onarımı veya rejenerasyonu için yetersiz kan beslemesiyle rejeneratif işlemleri mümkün kılmayabilir.

Sonuç

Periapikal mukozal fenestrasyonun başarılı yönetimi, kök kanalının yeterli debridmanı ve kemik ve mukozal defektlerin rekonstrüksiyonu dahil olmak üzere doğru teşhis ve tedavi prosedürlerini gerektirir. Bu vaka raporu, periapikal mukozal fenestrasyonun yönetiminin subepitelyal bağ dokusu greftiyle kombine Pinhole tekniği gibi minimal invazif yaklaşımların başarılı bir şekilde sağlanabileceğini gösterdi. Bu kombine prosedürün başarısının değerlendirilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

Bains, V. K., Bains, R., Gupta, S. J., Mishra, P., & Loomba, K. (2015). Management of dehiscence and fenestration alveolar defects around incisors using platelet-rich fibrin: Report of two cases. *Journal of Interdisciplinary Dentistry*, 5(2), 92.

Boucher, Y., Sobel, M., & Sauveur, G. (2000). Persistent pain related to root canal filling and apical fenestration: a case report. *Journal of endodontics*, 26(4), 242-244.

Chao, J. C. (2012). A novel approach to root coverage: the pinhole surgical technique. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 32(5).

Chen, G., Fang, C., & Tong, C. (2009). The management of mucosal fenestration: a report of two cases. *International Endodontic Journal*, 42(2), 156-164.

Dawes, W., & Barnes, I. (1983). The surgical treatment of fenestrated buccal roots of an upper molar—A case report. *International Endodontic Journal*, 16(2), 82-86.

Furusawa, M., Hayakawa, H., Ida, A., & Ichinohe, T. (2012). A case of apical fenestration misdiagnosed as persistent apical periodontitis. *The Bulletin of Tokyo Dental College*, 53(1), 23-26.

Gandi, P., Anumala, N., Reddy, A., & Chandra, R. V. (2013). A regenerative approach towards mucosal fenestration closure. *Case Reports*, 2013, bcr2013009604.

Jafri, Z., Sultan, N., Ahmad, N., & Daing, A. (2019). An infrequent clinical case of mucosal fenestration: Treated with an interdisciplinary approach and regenerative therapy. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 23(2), 168.

Jhaveri, H. M., Amberkar, S., Galav, L., Deshmukh, V. L., & Aggarwal, S. (2010). Management of mucosal fenestrations by interdisciplinary approach: a report of three cases. *Journal of endodontics*, 36(1), 164-168.

Langer, B., & Calagna, L. (1980). The subepithelial connective tissue graft. *The Journal of prosthetic dentistry*, 44(4), 363-367.

Nimigean, V. R., Nimigean, V., Bencze, M. A., Dimcevici-Poesina, N., Cergan, R., & Moraru, S. (2009). Alveolar bone dehiscences and fenestrations: an anatomical study and review. *Rom J Morphol Embryol*, 50(3), 391-397.

Pan, H., Yang, H., Zhang, R., Yang, Y., Wang, H., Hu, T., & Dummer, P. (2014). Use of cone-beam computed tomography to evaluate the prevalence of root fenestration in a Chinese subpopulation. *International Endodontic Journal*, 47(1), 10-19.

Pasqualini, D., Scotti, N., Ambrogio, P., Alovisei, M., & Berutti, E. (2012). Atypical facial pain related to apical fenestration and overfilling. *International Endodontic Journal*, 45(7), 670-677.

Ricucci, D., Siqueira Jr, J. F., Loghin, S., Grosso, A., Valois, E. M., & Leal, A. S. (2018). Management and histobacteriological findings of mucosal fenestration: a report of 2 cases. *Journal of endodontics*, 44(10), 1583-1592.

BÖLÜM VI

Endodontide Biyoseramikler Patlar

Ceren TURAN GÖKDUMAN¹
İrem ÇETİNKAYA²

Giriş

Kök kanal tedavisinin amaçlarından biri; uygun bir şekillendirme ve yeterli irrigasyon sonrası kök kanalını hermetik bir şekilde doldurmaktır (Pawar et al., 2014). Hermetik dolum ile beklenen sonuç; kök kanal sistemi içinde kalan dirençli mikroorganizmaların çoğalmasını engellemek ve ağız ortamındaki mikroorganizmaların bu yolu kullanarak çoğalıp periradiküler bölgede oluşturabilecekleri patolojinin önüne geçmektir (Ng et al., 2008).

Kök kanal sistemi doldurmakta kullanılacak olan materyaller stabil, biyouyumlu ve yeterli kullanım özelliklerini içermelidir

¹ 1.Arş.Gör. Ceren Turan-Trakya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı-0000-0002-8628-1020 cerenturan@trakya.edu.tr

² 2.Dr. İrem Çetinkaya- Trakya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı- 0000-0001-6432-8054 iremchetinkaya@trakya.edu.tr

(Donnermeyer et al., 2019). Kök kanal dolumu esnasında çok kullanılan materyaller gütaperka ve kök kanal patlarıdır (Vishwanath & Rao, 2019). Kök kanal patlarının ana işlevi; homojen bir dolum sağlamak için kök kanal duvarları ve gütaperka konları arasındaki boşlukları doldurarak rezidüel mikroorganizmaların aktif olmasını engellemektir. Diğer görevleri ise; düzensizlikleri doldurarak hermetik tıkaca katlı sağlarken, materyalin yerleştirmesini kolaylaştırmak için kayganlaştırıcı olmaktır (Kaur et al., 2015).

Klinik kullanımdaki endodontik materyaller bir çok özelliğe sahiptir (Orstavik, 1988). Temel olarak beklenen özellikler:

1. Biyouyumlu
2. Kullanımı kolay
3. Radyoopak
4. Biyoaktif
5. Antimikrobiyal etki
6. Olası bir taşkın dolum sırasında periradiküler dokularda rezorbe olabilirken kök kanal sistemi içinde rezorbe olmamalı
7. Sızdırmazlık sağlayabilmeli
8. Gerektiğinde sökülebilmeli
9. Mekanik olarak sağlam olmalı (CHJ Hauman & RM Love, 2003; CH Hauman & RM Love, 2003; Spangberg et al., 1973).

Bu kriterlerin tamamına sahip bir kök kanal patı bulunmamaktadır (Haapasalo et al., 2015). Kök kanal dolumu sırasında tamamını patla doldurmak gibi farklı dolum metodları önerilse de dolum sırasında gütaperkanın kullanılmasının en büyük avantajı retreatment durumlarında kanaldan sökülebilmesi nedeniyle dişin kurtarılma şansını arttırmasıdır, bu yüzden gütaperka ve kök

kanal patı ile dolum hala en sık tercih edilen yöntemdir (Torabinejad et al., 1993).

Kök kanal patlarından beklenen önemli bir özellik akıcılıktır. Bu özellikten beklenen kök kanal patı kök kanal boşluğu içinde yaymak ve hermetik tıkaca katkı sağlaması olsa da obtürasyon işlemi sırasında yanlışlıkla ekstrüzyon meydana gelebilir. Kök kanal patı; periapikal dokularla temas ettiğinde enflamasyona neden olabilir ve o bölgede ağrı, hassasiyet ve şişlik olarak karşımıza çıkabilir. Gecikmiş yara iyileşmesiyle sonuçlanabilir, bu yüzden patların biyouyumluluğu ve vakaya göre doğru patın seçilmesi önemlidir (Kaur et al., 2015).

Biyoseramik bazlı materyaller endodontide; perforasyon onarımı (von Arx et al., 2014), retrograd dolgu (Soundappan et al., 2014), pulpa kaplaması (Swarup et al., 2014) ve pulpotomiler için kullanılmıştır (Swarup et al., 2014). Su ile karıştırıldığında; tri ve dikalsiyum silikat tozları reaksiyona girer ve gömülü kalsiyum hidroksit ile hidratlı bir matris oluşturur (Gandolfi et al., 2015). Kalsiyum ve hidroksit iyonları sertleşmeden sonra yaklaşık bir ay boyunca salınmaya devam eder (Gandolfi et al., 2015). Yüksek pH, vücut sıvılarındaki fosfat iyonlarının yüzeyde hidroksiapatit çökeltmesine neden olur (Aguilar & Linsuwanont, 2011; Komabayashi et al., 2016). Biyoseramik patların, kanal duvarlarının apikal ve orta üçlüsünde apatit benzeri kristallerin birikmesine neden olduğunu bildirilmiştir (Camilleri et al., 2005; Gomes-Filho et al., 2009). Biyoseramik esaslı patların sertleşme mekanizması temel olarak dentin tübüllerinden su emilimi (K. A. Koch, Brave, & Nasseh, 2010) ve dentinde hidroksiapatit oluşumudur (Chybowski et al., 2018). Bu kök kanal patları çeşitli özellikleri nedeniyle tek kon tekniği ile dolum tekniği kullanılmaktadır (Chybowski et al., 2018).

Biyoseramik patlar; alümina, zirkona, biyoaktif cam, cam seramikler kalsiyum fosfat ve hidroksi apatit içerir (Hench, 1991). Cam ve kalsiyum fosfat gibi biyoaktif malzemeler, dokuların büyümesini arttırmak için çevre dokuyla etkileşir (Koch & Brave,

2009). Zirkona ve alümina gibi materyaller ise biyo-inert özelliklere sahiptir (Best et al., 2008).

Genel olarak kök kanal patlarının toz ve sıvıdan oluşuyordu (Nguyen, 1994) fakat günümüzde iki sıvı veya tek bileşenli materyaller ticari olarak mevcuttur (Komabayashi et al., 2020). Yüksek maliyete sahip olmalarına rağmen kullanım kolaylığı nedeni ile giderek popülerleşmektedir (Komabayashi et al., 2020).

Tek bileşenli biyoseramik kök kanal patlara örnek olarak;

- EndoSequence BC (Brasseler, Savannah, GA, ABD)
- NeoSealer Flo (Avalon Biomed Inc. Bradenton, FL, ABD)
- One-Fill (Medicus, Cheongju, Korea)
- Total Fill BC (FKG Dentine, La Chaux-de-Fonds, İsviçre)
- iRoot SP (Innovative Bioceramics, Vancouver, Kanada)

Toz ve likitin karıştırıldığı biyoseramik patlara örnek;

- NeoMTA Plus (Avalon Biomed Inc. Bradenton, FL, ABD)
- BioRoot RCS (Septodont, Saint Maur Des Fosses, Fransa)
- Endo CPM (PM Sealer; EGEO S.R.L., Buenos Aires, Arjantin)

Biyoseramik patlar içeriklerine göre ikiye ayrılır:

1. Kalsiyum silikat bazlı olanlar
2. Kalsiyum fosfatlar/ trikalsiyum fosfat/ hidroksiapatit bazlı olanlar

Biyouyumluluk:

Biyoseramik patları ön plana çıkartan en temel özelliği biyouyumluluğudur (Yang et al., 2022).

Silva ve ark. yaptığı çalışmada Bio-C Sealer (BC; Angelus, Londrina, PR, Brezilya) ve Sealer Plus BC (SPBC; MK Life, Porto

Alegre, Brezilya) biyouyumluluk açısından değerlendirildiğinde her ikisi de biyouyumlu ve biyoaktif potansiyele sahip bulunmuştur. Hafif inflamatuvar reaksiyona neden olarak ve onarımı kolaylaştırarak periapikal doku ile yakın temas halinde kullanıma uygun görülmüştür (Silva, 2020 #328).

İnsan periodontal ligament kök hücreleri kullanılarak yapılan bir deneyde BioRoot BC Sealer (Septodont, France) , Endoseal (Maruchi; Wonju, Korea) sealera göre daha biyouyumlu gösterilmiştir (Collado-González et al., 2017).

Yapılan derlemede birçok biyoseramik patın yüksek biyouyumluluk sergilediği gösterilmiştir (Song, 2021 #329).

BioRoot RCS (Septodont, France) ve EndoSequence BC (Brasseler, Savannah, GA, ABD) kanal patı, AH Plus ile karşılaştırıldığında insan kemik iliği mezenkimal hücreleri üzerinde sitotoksik etki göstermedi (Singh, 2016 #327).

Silva ve ark. yaptığı sistemik bir derlemede yapılan in vitro çalışmalar karşılaştırıldığında biyoseramik patlar geleneksel olarak kullanılan patlar ile karşılaştırıldığında olumlu biyolojik sonuçlar sunmuştur (Almeida et al., 2017).

Periapikal doku iyileşmesi incelenen, en az 6 aylık takibi yapılan çalışmaların dahil edildiği bir derlemede; biyoseramik patların kullanıldığı hastaların daha iyi sonuç verdiği bulunmasına rağmen kök kanal patının hangisinin kullanıldığından bağımsız olacak şekilde endodontik tedavi sonrası iyileşme gözlenmiştir. (Khandelwal et al., 2022).

Boyutsal Stabilité:

ADA standartlarına göre endodontik patlardan beklenen belli fiziksel özellikler bulunmaktadır. %1'den daha az doğrusal büzülmeye sahip olmasını ve uzunluk olarak %0,1'den daha az genişlemesini gerektirir (No, 2000).

değerlendirildiğinde aralarında anlamlı bir fark bulunamamıştır (Rekha et al., 2022).

ISO standartlarına göre çözünürlük; disk şeklindeki numuneler 37°C’de 24 saat suya maruz bırakıldığında ağırlığın %3’ünü geçmemesi şeklinde tanımlanmıştır (ISO, 2012). 2021 yılında yapılmış bir sistemik derlemeye göre epoksi rezin bazlı patların kalsiyum silikat bazlı patlara göre daha düşük çözünürlüğe sahip olduğu bildirilmiştir (Silva et al., 2021). AH Plus; Bio-C Sealer, BioRoot RCS, MTA Fillapex, Sealer Plus ve Total Fill BC Sealer’ dan daha düşük çözünürlük göstermiştir (Elyassi et al., 2019; Urban et al., 2018; Zordan-Bronzel et al., 2019).

Radyoopasite:

Radyoopasite ISO; kök kanal patının radyoopasitesi dentinden 3 kat daha radyopak olması halinde radyografide kolayca görüntülenebileceğini bildirmiştir (ISO, 2012). Yapılan çalışmalar, kalsiyum silikat bazlı patların minimum radyoopasiteyi aştığını göstermiştir (Park et al., 2021; Silva et al., 2021; Zordan-Bronzel et al., 2019).

Sökülebilirlik:

Sökülebilirlik; tekrarlayan apikal periodontitis gibi çeşitli sebeplerden dolayı kök kanal tedavisinin tekrarı gerekebilir (Aminoshariae et al., 2022). Biyoseramik bazlı patların şartlandıktan sonra etanol veya kloroform gibi organik çözücülerde çözünmezler (Almeida et al., 2017; Uzunoglu-Özyürek et al., 2020). Yapılan bir çalışmada; kalsiyum silikat esaslı pat kloroform ile sökümünde ultrasonik alet ile enstrümantasyon sonrasında kök kanal pat artıklarının önemli ölçüde azaldığını bildirilmiştir (Crozeta et al., 2021). Kalsiyum silikat esaslı materyaller asitlerde çözünebilir, uzun süreli kullanımda konsantre asitler dentini demineralize edebilir (Garrib & Camilleri, 2020). Yapılan çalışmalara göre; kalsiyum silikat esaslı patların döner aletlerle ve manuel teknikle sökülebilmesi rezin esaslı patlara göre istatistiksel olarak farklı

bulunamamıştır(Ersev et al., 2012; Neelakantan et al., 2013). Döner aletler ve sonik aktivasyon bile herhangi bir kök kanal patını tamamen uzaklaştıramamıştır fakat bu konuda ultrasonikler ve diğer endodontik aletlerin ileri çalışmaları gerekmektedir(Kim et al., 2019).

Biyoseramik bazlı patlar, dentin tübüllerine hidroksi apatit sentezleyerek kimyasal olarak bağlanır (Yang et al., 2021). Tübüllerdeki biyoseramik bazlı patı çıkarmak çimento içeriği ve dentin tübülüyle oluşturduğu bağ nedeniyle zorlaşmaktadır fakat bu patların dentin tübüllerinden tamamen çıkarılması gerekliliği, başarılı retreatment için kriter olarak belirlenmemiştir (Yang et al., 2021).

Nem ve Adezyon:

Nem ve adezyon; biyoseramik esaslı kök kanal patları sertleşmek için neme ihtiyaç duyar, hidrofiliktir (ISO, 2012). Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının güta perkaya bağlanma oranı rezin içerikli kök kanal patlarına göre az bulunmuştur (Aminoshariae et al., 2022). Biyoseramik esaslı patların biyoaktif özellikleri nedeniyle dentin duvarına tutunma kabiliyetleri artması üç özelliği ile ilgili olabilir:

- 1) Hidroksiapatit kristallerinin çökmesi
- 2) Patın boşlukları doldurması
- 3) Dentin duvarında mekanik yapışma sağlaması(De-Deus et al., 2021) (Aminoshariae et al., 2022)

Biyoaktivite:

ISO standartlarına göre sentetik vücut sıvılarına daldırıldıktan sonra bir materyalin yüzeyinde apatit tabakası oluşturma yeteneği olarak tanımlanmıştır(ISO, 2012). Kök kanalı içindeki patın yüzeyinde apatit kristalit oluşumu, kanal boşluğunun doldurulmasına yardımcı olabilir. Oluşturulan kristaller, yeniden

enfeksiyona neden olabilecek bakteriyel göçü engelleyebilir (Almutairi et al., 2022).

Kalsiyum silikat esaslı patlar hidrasyon sırasında bir reaksiyon ürünü olarak kalsiyum silikat salarak hidrate trikalsiyum silikattan oluşan sert bir matriks içinde en az üç hafta boyunca devam eden ondan yüksek pH oluşturur (Camps et al., 2015). Yüksek pH ve doku sıvılarındaki fosfat iyonları, osteojenik etkileri indüklemek için sertleşmiş kök kanal patlarının yüzeyinde apatit kristali çökelir (Gandolfi et al., 2015; Tay et al., 2007).

Biyoseramik esaslı patların biyomineralize olduğu (López-García et al., 2020), osteoblastik farklılaşma (Giacomino et al., 2019), in vitro modelde fibroblast proliferasyonu (Jeanneau et al., 2019), indüklenmiş anjiyojenik osteojenik büyüme faktörleri (Camps et al., 2015) ve periodontal ligament proliferasyonu sergilediği gösterilmiştir (Camps et al., 2015). Yapılan son çalışmalarda MTA-Fillapex için sitotoksik sonuçlar verilmiştir (Jung et al., 2019). Bu durum MTA-Fillapex yaklaşık %15 MTA içermesine rağmen, bileşimin çoğunlukla rezin içerikli olmasıyla ilgili olabileceği bildirilmiştir (Jafari & Jafari, 2017).

Saflık için suda sertleşen dental siman ,çözünebilir arsenik veya kurşun içermemesi (sırasıyla milyonda <2 parça [ppm] ve <100 ppm), ISO 9917-1 gerekliliklerine sahip olması gerekmektedir (ISO, 2012). Başlangıçta kullanılan kalsiyum silikat dental materyallerin 1 ile 35 ppm arsenik içerdiği bildirilmiştir (Bramante et al., 2008; Camilleri et al., 2012) fakat diğer çalışmalarda sadece milyarda bir parça olduğu bildirilmiştir (Camilleri et al., 2012).

Sonuç

Kök kanal patları çok farklı özelliklere sahip olabilmekte ve birbirlerine karşı üstün veya zayıf özellikler gösterebilmektedir. Endodontik uygulamalarda altın standart kabul edilen patlar bulunmasına rağmen son yıllarda ideal kök kanal patı özellikleri taşıyan biyoseramik patlar popülerleşmeye başlamış fakat uzun dönem takipleri olmaması sebebiyle rezin içerikli kök kanal patları

kadar rutin kullanım alanı bulamamıştır. Üstün özelliklerinden dolayı vakaya göre (örneğin retreatment yapılamayacak durumda ise, bir sonraki seçeneğin cerrahi olduğu durumlarda) biyoseramik içerikli patların tercih edilmesi vakanın prognozunu etkilediği için göz önünde tutulmalıdır. Güncel literatür incelendiğinde pek çok kullanım alanı olan biyoseramik içerikli patlara dair çalışmaların artması klinisyenlerin patı daha güvenli kullanmasını sağlaması için gerekli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Aguilar, P., & Linsuwanont, P. (2011). Vital pulp therapy in vital permanent teeth with cariously exposed pulp: a systematic review. *Journal of endodontics*, 37(5), 581-587.

Almeida, L. H. S., Moraes, R. R., Morgental, R. D., & Pappen, F. G. (2017). Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies. *Journal of endodontics*, 43(4), 527-535.

Almutairi, W., Al-Dahman, Y., Alnassar, F., & Albalawi, O. (2022). Intracanal calcification following regenerative endodontic treatment: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 26(4), 3333-3342.

AlShwaimi, E., Bogari, D., Ajaj, R., Al-Shahrani, S., Almas, K., & Majeed, A. (2016). In vitro antimicrobial effectiveness of root canal sealers against *Enterococcus faecalis*: a systematic review. *Journal of endodontics*, 42(11), 1588-1597.

Aminoshariae, A., Primus, C., & Kulild, J. C. (2022). Tricalcium silicate cement sealers: Do the potential benefits of bioactivity justify the drawbacks? *The Journal of the American Dental Association*, 153(8), 750-760.

Best, S., Porter, A., Thian, E., & Huang, J. (2008). Bioceramics: Past, present and for the future. *Journal of the European Ceramic Society*, 28(7), 1319-1327.

Bramante, C. M., Demarchi, A. C. C. O., de Moraes, I. G., Bernadineli, N., Garcia, R. B., Spångberg, L. S., & Duarte, M. A. H. (2008). Presence of arsenic in different types of MTA and white and gray Portland cement. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 106(6), 909-913.

Bukhari, S., & Karabucak, B. (2019). The antimicrobial effect of bioceramic sealer on an 8-week matured *Enterococcus faecalis*

biofilm attached to root canal dentinal surface. *Journal of endodontics*, 45(8), 1047-1052.

Camilleri, J., Kralj, P., Veber, M., & Sinagra, E. (2012). Characterization and analyses of acid-extractable and leached trace elements in dental cements. *International Endodontic Journal*, 45(8), 737-743.

Camilleri, J., Montesin, F. E., Brady, K., Sweeney, R., Curtis, R. V., & Ford, T. R. P. (2005). The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dental Materials*, 21(4), 297-303.

Camps, J., Jeanneau, C., El Ayachi, I., Laurent, P., & About, I. (2015). Bioactivity of a calcium silicate-based endodontic cement (BioRoot RCS): interactions with human periodontal ligament cells in vitro. *Journal of endodontics*, 41(9), 1469-1473.

Collado-González, M., García-Bernal, D., Oñate-Sánchez, R., Ortolani-Seltenerich, P., Lozano, A., Forner, L., Llena, C., & Rodríguez-Lozano, F. (2017). Biocompatibility of three new calcium silicate-based endodontic sealers on human periodontal ligament stem cells. *International Endodontic Journal*, 50(9), 875-884.

Crozeta, B. M., Lopes, F. C., Menezes Silva, R., Silva-Sousa, Y. T. C., Moretti, L. F., & Sousa-Neto, M. D. (2021). Retreatability of BC Sealer and AH Plus root canal sealers using new supplementary instrumentation protocol during non-surgical endodontic retreatment. *Clinical Oral Investigations*, 25, 891-899.

De-Deus, G., Oliveira, D. S., Cavalcante, D. M., Simões-Carvalho, M., Belladonna, F. G., Antunes, L. S., Souza, E. M., Silva, E. J., & Versiani, M. A. (2021). Methodological proposal for evaluation of adhesion of root canal sealers to gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 54(9), 1653-1658.

Donnermeyer, D., Bürklein, S., Dammaschke, T., & Schäfer, E. (2019). Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*, 107(4), 421-436.

Elyassi, Y., Moinzadeh, A. T., & Kleverlaan, C. J. (2019). Characterization of leachates from 6 root canal sealers. *Journal of endodontics*, 45(5), 623-627.

Ersev, H., Yılmaz, B., Dinçol, M., & Dağlaroğlu, R. (2012). The efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment instrumentation to remove single gutta-percha cones cemented with several endodontic sealers. *International Endodontic Journal*, 45(8), 756-762.

Farrugia, C., Baca, P., Camilleri, J., & Arias Moliz, M. (2017). Antimicrobial activity of ProRoot MTA in contact with blood. *Scientific reports*, 7(1), 41359.

Gandolfi, M. G., Siboni, F., Botero, T., Bossù, M., Riccitiello, F., & Prati, C. (2015). Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. *Journal of applied biomaterials & functional materials*, 13(1), 43-60.

Garrib, M., & Camilleri, J. (2020). Retreatment efficacy of hydraulic calcium silicate sealers used in single cone obturation. *Journal of Dentistry*, 98, 103370.

Giacomino, C. M., Wealleans, J. A., Kuhn, N., & Diogenes, A. (2019). Comparative biocompatibility and osteogenic potential of two bioceramic sealers. *Journal of endodontics*, 45(1), 51-56.

Gomes-Filho, J. E., Watanabe, S., Bernabé, P. F. E., & de Moraes Costa, M. T. (2009). A mineral trioxide aggregate sealer stimulated mineralization. *Journal of endodontics*, 35(2), 256-260.

Haapasalo, M., Parhar, M., Huang, X., Wei, X., Lin, J., & Shen, Y. (2015). Clinical use of bioceramic materials. *Endodontic topics*, 32(1), 97-117.

Hauman, C., & Love, R. (2003). Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *International Endodontic Journal*, 36(2), 75-85.

Hauman, C., & Love, R. (2003). Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 2. Root-canal-filling materials. *International Endodontic Journal*, 36(3), 147-160.

Hench, L. L. (1991). Bioceramics: from concept to clinic. *Journal of the american ceramic society*, 74(7), 1487-1510.

ISO, I. (2012). 6876: 2012 Dentistry—Root Canal Sealing Materials. *International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland*.

Jafari, F., & Jafari, S. (2017). Composition and physicochemical properties of calcium silicate based sealers: A review article. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 9(10), e1249.

Jeanneau, C., Giraud, T., Laurent, P., & About, I. (2019). BioRoot RCS extracts modulate the early mechanisms of periodontal inflammation and regeneration. *Journal of endodontics*, 45(8), 1016-1023.

Jung, S., Libricht, V., Sielker, S., Hanisch, M. R., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2019). Evaluation of the biocompatibility of root canal sealers on human periodontal ligament cells ex vivo. *Odontology*, 107, 54-63.

Kaur, A., Shah, N., Logani, A., & Mishra, N. (2015). Biototoxicity of commonly used root canal sealers: A meta-analysis. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 18(2), 83.

Khandelwal, A., Janani, K., Teja, K., Jose, J., Battineni, G., Riccitello, F., Valletta, A., Palanivelu, A., & Spagnuolo, G. (2022). Periapical Healing following Root Canal Treatment Using Different Endodontic Sealers: A Systematic Review. *BioMed Research International*, 2022.

Kim, S. R., Kwak, S. W., Lee, J. K., Goo, H. J., Ha, J. H., & Kim, H. C. (2019). Efficacy and retrievability of root canal filling using calcium silicate-based and epoxy resin-based root canal sealers

with matched obturation techniques. *Australian Endodontic Journal*, 45(3), 337-345.

Koch, K., & Brave, D. (2009). The increased use of bioceramics in endodontics. *Dentaltown*, 10, 39-43.

Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C., & Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental materials journal*, 39(5), 703-720.

Komabayashi, T., Zhu, Q., Eberhart, R., & Imai, Y. (2016). Current status of direct pulp-capping materials for permanent teeth. *Dental materials journal*, 35(1), 1-12.

López-García, S., Myong-Hyun, B., Lozano, A., García-Bernal, D., Forner, L., Llena, C., Guerrero-Gironés, J., Murcia, L., & Rodríguez-Lozano, F. (2020). Cytocompatibility, bioactivity potential, and ion release of three premixed calcium silicate-based sealers. *Clinical Oral Investigations*, 24, 1749-1759.

Neelakantan, P., Grotra, D., & Sharma, S. (2013). Retreatability of 2 mineral trioxide aggregate-based root canal sealers: a cone-beam computed tomography analysis. *Journal of endodontics*, 39(7), 893-896.

Ng, Y. L., Mann, V., Rahbaran, S., Lewsey, J., & Gulabivala, K. (2008). Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—Part 2. Influence of clinical factors. *International Endodontic Journal*, 41(1), 6-31.

Nguyen, N. T. (1994). Obturation of the root canal system. *Pathways of the pulp*, 6, 233.

No, S. (2000). for Endodontic Sealing Material. *ANSI/ADA*.

Orstavik, D. (1988). Endodontic materials. *Adv Dent Res*, 2(1), 12-24. <https://doi.org/10.1177/08959374880020010301>

Park, M. G., Kim, I. R., Kim, H. J., Kwak, S. W., & Kim, H. C. (2021). Physicochemical properties and cytocompatibility of

newly developed calcium silicate-based sealers. *Australian Endodontic Journal*, 47(3), 512-519.

Pawar, S. S., Pujar, M. A., & Makandar, S. D. (2014). Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 17(6), 579.

Rekha, R., Kavitha, R., Venkitachalam, R., Prabath, S. V., Deepthy, S., & Krishnan, V. (2022). Comparison of the sealing ability of bioceramic sealer against epoxy resin based sealer: A systematic review & meta-analysis. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*.

Sanz, J. L., Guerrero-Gironés, J., Pecci-Lloret, M. P., Pecci-Lloret, M. R., & Melo, M. (2021). Biological interactions between calcium silicate-based endodontic biomaterials and periodontal ligament stem cells: a systematic review of in vitro studies. *International Endodontic Journal*, 54(11), 2025-2043.

Silva, E., Perez, R., Valentim, R., Belladonna, F., De-Deus, G., Lima, I., & Neves, A. (2017). Dissolution, dislocation and dimensional changes of endodontic sealers after a solubility challenge: a micro-CT approach. *International Endodontic Journal*, 50(4), 407-414.

Silva, E. J., Cardoso, M. L., Rodrigues, J. P., De-Deus, G., & Fidalgo, T. K. d. S. (2021). Solubility of bioceramic-and epoxy resin-based root canal sealers: a systematic review and meta-analysis. *Australian Endodontic Journal*, 47(3), 690-702.

Soundappan, S., Sundaramurthy, J. L., Raghu, S., & Natanasabapathy, V. (2014). Biodentine versus mineral trioxide aggregate versus intermediate restorative material for retrograde root end filling: an invitro study. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 11(2), 143.

Spangberg, L., Engström, B., & Langeland, K. (1973). Biologic effects of dental materials: 3. Toxicity and antimicrobial

effect of endodontic antiseptics in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 36(6), 856-871.

Swarup, S., Rao, A., Boaz, K., Srikant, N., & Shenoy, R. (2014). Pulpal response to nano hydroxyapatite, mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide when used as a direct pulp capping agent: an in vivo study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 38(3), 201-206.

Tay, F. R., Pashley, D. H., Rueggeberg, F. A., Loushine, R. J., & Weller, R. N. (2007). Calcium phosphate phase transformation produced by the interaction of the Portland cement component of white mineral trioxide aggregate with a phosphate-containing fluid. *Journal of endodontics*, 33(11), 1347-1351.

Torabinejad, M., Watson, T., & Ford, T. P. (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *Journal of endodontics*, 19(12), 591-595.

Torres, F., Zordan-Bronzel, C., Guerreiro-Tanomaru, J., Chávez-Andrade, G., Pinto, J., & Tanomaru-Filho, M. (2020). Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 53(3), 385-391.

Urban, K., Neuhaus, J., Donnermeyer, D., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2018). Solubility and pH value of 3 different root canal sealers: a long-term investigation. *Journal of endodontics*, 44(11), 1736-1740.

Uzunoglu-Özyürek, E., Askerbeyli-Örs, S., & Türker, S. A. (2020). Evaluation of the amount of remained sealer in the dentinal tubules following re-treatment with and without solvent. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 23(4), 407.

Vishwanath, V., & Rao, H. M. (2019). Gutta-percha in endodontics-A comprehensive review of material science. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 22(3), 216.

von Arx, T., Hänni, S., & Jensen, S. S. (2014). 5-year results comparing mineral trioxide aggregate and adhesive resin composite for root-end sealing in apical surgery. *Journal of endodontics*, 40(8), 1077-1081.

Wang, Z., Shen, Y., & Haapasalo, M. (2021). Antimicrobial and antibiofilm properties of bioceramic materials in endodontics. *Materials*, 14(24), 7594.

Yang, R., Tian, J., Huang, X., Lei, S., Cai, Y., Xu, Z., & Wei, X. (2021). A comparative study of dentinal tubule penetration and the retreatability of EndoSequence BC Sealer HiFlow, iRoot SP, and AH Plus with different obturation techniques. *Clinical Oral Investigations*, 25, 4163-4173.

Yang, X., Zheng, T., Yang, N., Yin, Z., Wang, W., & Bai, Y. (2022). A Review of the research methods and progress of biocompatibility evaluation of root canal sealers. *Australian Endodontic Journal*.

Zordan-Bronzel, C. L., Torres, F. F. E., Tanomaru-Filho, M., Chávez-Andrade, G. M., Bosso-Martelo, R., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2019). Evaluation of physicochemical properties of a new calcium silicate-based sealer, Bio-C Sealer. *Journal of endodontics*, 45(10), 1248-1252.

BÖLÜM VII

Kök Kanal Dolgu Patlarına Güncel Bakış

Eda GÜRSU ŞAHİN¹

Giriş

Endodontik tedavide güncel görüş, kök kanallarının biyomekanik olarak temizlenmesinin ardından biyouyumlu bir materyalle tıkanmasıdır.

Kanal dolgu patları, kök kanallarının doldurulması sırasında kayganlaştırıcı ve yapıştırıcı olarak işlev gören, guta-perka gibi kor materyalinin kanalda sabitlenmesine yardımcı olan ince yapışkan bir macun olarak kullanılırlar. Kanaldaki düzensizlikleri, lateral ve aksesuar kanalları, dolgu materyalinin infiltre olamadığı alanları doldurmayı sağlarlar. Hangi dolgu yöntemi ya da materyal kullanılırsa kullanılsın, tedavide kanal patının kullanımının tedavinin başarısını artıracığına inanılmaktadır (Alaçam, 2012).

Kullanılan pat işlevini yerine getirmezse mikrosızıntı, diş ile restoratif materyal arasında klinik olarak saptanamayan bakteri, sıvı,

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Çankırı Karatekin Üni. Diş Hekimliği Fak. Endodonti ABD

molekül, iyon geçişine bağlı olarak endodontik tedavide başarısızlık olabilir. İdeal kök kanal patının, sertleştiğinde mükemmel bir sızdırmazlık sağlaması, boyutsal stabiliteye sahip olması, çalışma süresini sağlayacak yeterli sertleşme süresine sahip olması, doku sıvılarına karşı çözünmemesi kanal duvarlarına yapışabilmesi ve biyouyumlu olması beklenir (Grossman, 1976). Günümüzde kullanılan kanal dolgu patları, bir kanal patından istenen özelliklerin büyük kısmını karşılamakla beraber, ideal kanal patına henüz ulaşamamıştır.

Kanal dolgu maddeleri günümüze kadar fiziksel özellikleri, sertleşme süreleri, rezorbe olabilme yetenekleri, içerikleri gibi özelliklerine göre farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Piyasaya sürekli olarak yeni kanal patları çıkarılmakta ve birçok patın bileşenleri de zaman içerisinde değiştirilmektedir. Kanal dolgu maddelerinin içeriğindeki her bir bileşenin ayrı ayrı araştırılması mümkün olmadığından genellikle araştırmalar ticari preparatlar üzerinden yürütülmektedir (Alaçam, 2012). Araştırmalarda sıklıkla kullanılan patlar, anlaşılabilirliği artırmak amacıyla tabloda örneklendirilmiştir (Tablo1). Ticari olarak temin edilebilen patlar kimyasal bileşenlere göre kategorize edilir: çinko oksit öjenol içeren, kalsiyum hidroksit içeren, rezin esaslı, cam iyonomer esaslı, silikon esaslı ve biyoseramik esaslı patlar gibi (Garrido et al., 2010).

Endodontik patların niteliklerini ve özelliklerini bilmek, her vaka için en uygun seçimi yapmak başarı için kritik öneme sahiptir. Bu bölümde, öncelikle kanal patlarının değerlendirildiği özelliklerle ilgili genel bilgilendirme yapılmış, ardından her bir kanal patının tarihsel süreci ve kanal tedavisinin başarısında önemli role sahip sertleşme süresi, çözünürlük, mikrosızıntı, antimikrobiyal özellik, biyouyumluluk ve sitotoksosite gibi özellikleriyle ilgili, yapılan çalışmalar doğrultusunda açıklamalar yapılmıştır. Bu özellikler, mevcut kanal dolgu maddelerinde karşılaştırılırken Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ADA) – Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO) standartlarının belirlediği kriterlere uyma zorunluluğu göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo 1. Kök Kanal Dolgu Pat Tipleri ve İmalatçıları

Patın Tipi	Preparat İsmi – İmalatçı
Cinko Oksit Öjenol İçerikli	Bioseal (OGNA Pharmaceuticals, Muggiò, İtalya) CRCS (Coltene/Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, ABD) ProcoSol (StarDental, ABD) Endofill (Dentsply Petropolis Ind, Brezilya) Tubli-Seal'in (SybronEndo, Orange, CA, ABD) Roth-811 (Roth's International, Chicago, IL, USA) Wach's Sealer (Roth Int., Chicago, IL, ABD) Kerr Pulp Canal Sealer (Kerr, Romulus, MI, ABD) MCS (Medidenta Int, Woodside, NY, ABD) Endometazon (Septodont, Saint Maur des Fosses, Fransa) N2 (Indrag-Agsa, Lozan,İsviçre)
Öjenol İçermeyen Çinko Oksit İçerikli	Canals-N (Showa Yakuhin, Tokyo, Japonya) Nogenol (GC Amerika, Alsip, IL, ABD)
Kalsiyum Hidroksit İçerikli	Sealapex (SybronEndo/Kerr Co, Orange, CA, ABD) Calxyl (Otto & Co., Frankfurt, Germany) Apexit (Ivoclar Vivadent, Schhan, Lihtenştayn) Biocalex (Laboratuvar SPAD, Dijon, Fransa)
Cam İyonomer İçerikli	Ketac-Endo (3M ESPE, ABD)
Metakrilat Rezin Esaslı	Epiphany (Resilon Research, ABD) EndoREZ (Ultradent Products Inc, South Jordan, ABD) FibreFill R.C.S. Kök kanal patı (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT) RealSeal (SybronEndo, Orange, CA) MetaSEAL (Parkell Inc, ABD) InnoEndo (Heraeus-Kulzer, Inc, Armonk, NY) Next (Heraeus-Kulzer, Armonk, NY) RC Sealer (Sun Medical, Shiga, Japonya)
Epoksi Rezin Esaslı	AH 26 (Dentsply Sirona, Almanya) AH Plus (Dentsply, Sirona, Almanya) Sealer 26 (Dentsply, Petropolis, RJ, Brezilya) Diaket (3M ESPE, Seefeld, Almanya) MBP (FOB-USP-Bauru, Brezilya)
Biyoseramik Esaslı	Sankin Apatit (I, II, III) (Sankin Kogyo, Tokyo, Japonya) EndoSequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, Georgia, ABD)

iRoot SP (Innovative BioCeramix Inc, Vancouver, Kanada)
MTA-Fillapex (Angelus, Londrina, Brezilya)
MTA-Angelus (Angelus, Londrina, Brezilya)
Endo CPM Pat (Egeo, Buenos Aires, Arjantin)
ProRoot Endo Sealer (Dentsply Tulsa Dental Specialties)

Silikon Esaslı	GuttaFlow 2 (Coltene/Whaledent, ABD) RoekoSeal (Roeko/Coltene/Whaledent, ABD)
----------------	--

Biyouyumluluk

Biyouyumluluk, bir materyalin belirli uygulamalarda uygun ve avantajlı bir konak tepkisi elde edebilme yeteneği olarak tanımlanır (D. F. Williams, 1986). Yani dokuyla temas eden materyalin toksisite, tahriş, inflamasyon, alerji veya kanserojenlik gibi olumsuz bir reaksiyonu tetiklememesi durumunda materyalin biyouyumlu olduğu söylenir (Sun et al., 1997).

Kanal dolgu materyalleri kökün apikal ve lateral forameninde vital dokuyla doğrudan veya yüzey restorasyonu yoluyla dolaylı olarak temas eden gerçek bir implant oluşturduğundan, biyouyumluluk kök kanal patından beklenen temel bir gerekliliktir (Ørstavik, 2005). Periradiküler dokuların kanal patlarıyla olası maruziyetinin sıklığı nedeniyle, lokal ve sistemik yan etkileri en aza indirmek için patlara karşı üstün doku toleransı gereklidir. Kanal patlarının sitotoksitesi in vitro olarak hücre kültürü veya hayvan çalışmalarında in vivo olarak ölçülebilmektedir. Ancak patların biyouyumluluğuna yönelik yapılan çalışmalarda, patların değerlendirildiği aşamaların (taze karıştırılmış veya sertleştirilmiş), kullanılan tekniklerin (hücre kültürü sistemleri veya hayvanlar) ve etki sürelerinin farklı olmasının, değerlendirmelerin de farklı sonuçlanmasına neden olabileceği unutulmamalıdır (Desai & Chandler, 2009).

Periapikal Doku İyileşmesi

İdeal periapikal iyileşme, kök kanal tedavisinden sonra, kemik rejenerasyonu, sağlam bir periodontal ligament boşluğunun yeniden

oluşumu ve kök ucu etrafında sement birikimini içerir (Desai & Chandler, 2009). Kanal patının yalnızca kanal boşluğu içinde bulunması amaçlansa da yerleştirme sırasında apikal bağlantılar yolu ile periodontal ligamente taşması söz konusudur. Bu materyallere doku yanıtı, kök kanal tedavisinin nihai sonucunu etkileyebilir ve periradiküler dokuların tahrişine ve iyileşmesinin gecikmesine neden olabilir (Tanomaru Filho et al., 1998).

Antimikrobiyal Özellik

Kanal dolgu materyalinin antimikrobiyal aktivitesi, kanal tedavisinden kurtulmuş olabilecek veya daha sonra mikrosızıntı yoluyla kanalı istila edebilecek intraradiküler infeksiyonları ortadan kaldırarak endodontik tedavinin başarı oranını artırır. Literatüre göre, kanal patının temel antimikrobiyal özelliği, alkalilik ve kalsiyum iyonlarının salınımıyla mineralize doku birikimini uyarmasına dayanmaktadır (Bodanezi et al., 2012)(Parirokh & Torabinejad, 2010).

Antimikrobiyal aktivite, doğrudan pat aracılığıyla veya dolaylı olarak bakterilerin öldürülmesiyle sağlanabilir. Hermetik kanal patı işlevi gören herhangi bir endodontik patın, kanal ve tübüller içindeki bakterileri yok etmesi, kalan bakterilerin apikal dokuya geçmelerini engellemesi beklenir (Siqueira & Rôças, 2008).

Çalışma Süresi

Endodontik tedavide kanal patının sertleşme süresi klinik açıdan önemlidir, idealde sertleşme süresinin yeterli çalışma süresine izin vermesi beklenir. Yavaş sertleşme süresi patın tedaviden sonra dahi karmaşık kanal morfolojisine daha kolay nüfuz etmesine olanak tanır(Allan et al., 2001). Bununla birlikte, yavaş sertleşme süresi doku tahrişine neden olabilmektedir, çoğu kök kanal patı tamamen sertleşene kadar bir miktar toksisiteye neden olmaktadır(AL-Haddad & Che Ab Aziz, 2016). Kanal dolumunun hızlı bir şekilde tamamlanmasının gerektiği, zamanın önemli olduğu

durumlarda, bir postun erken yerleştirilmesinin gerekliliği gibi, daha hızlı sertleşme süreleri de gerekebilmektedir(Allan et al., 2001).

Radyoopasite

Kök kanal dolgu patları, bitişik anatomik yapılardan ayırt edilebilecek şekilde yeterli düzeyde radyopak olmalıdır. Böylece kanal dolumunun kalitesinin radyografik inceleme yoluyla değerlendirilmesi sağlanır. Radyopasite genellikle çeşitli metal tuzlarının eklenmesiyle elde edilir. ISO 6876/2001 standartlarına göre, kök kanal dolgu patı için önerilen minimum radyopasite, 3,00 mm alüminyuma eşdeğer olmalıdır(ANSI/ADA, 2000).

Adezyon ve Mikrosızıntı

Kanal patının adezyonu, kök kanal dentinine yapışma ve gutaperka konilerinin birbirine ve dentine yapışmasını destekleme kapasitesi olarak tanımlanır(Sousa-Neto et al., 2005). Tagger ve ark, kök kanal patlarında adezyon teriminin bağlanma (bonding) ile değiştirilmesi gerektiğini, çünkü maddeler arasındaki bağlanmanın moleküler çekimden ziyade mekanik kenetlenme kuvvetlerini içerdiğini ileri sürmüştür(Tagger et al., 2002). Bir patın kök dentinine adezyonunu ölçmek için kullanılan standart bir yöntem yoktur; bu nedenle kök dolgu malzemesinin adezyon potansiyeli genellikle mikrosızıntı ve bağlanma dayanımı (bond strength) testleri kullanılarak ölçülür(Schwartz, 2006). Mikrosızıntıyı değerlendirmek için; boya penetrasyonu, sıvı filtrasyonu, glukoz penetrasyonu, mikrobiyal sızıntı ve elektrokimyasal sızıntı testleri gibi çeşitli yöntemler kullanılır(Komabayashi et al., 2020). Bağlanma dayanımı yapışkan materyalin dentinden ayrılması için birim alan başına gereken kuvvet olarak tanımlanır (Schwartz, 2006). Kanal patı ile dentin arasında güçlü bağ, post-boşluklarının hazırlanması ya da dişin esnemesi gibi durumlar sırasında pat-dentin ara yüzeyinin bütünlüğünü korumak için gereklidir(Huffman et al., 2009).

Sızdırmazlık yeteneği kanal patlarında çok önemlidir. Çok fazla mikrosızıntı çalışması yayınlanmış olmasına rağmen, her deneyde/araştırmada deneysel koşullar farklı olduğu için, her bir patın doğrudan karşılaştırılması zordur. Çoğu makalede kanal patları AH Plus patı (Dentsply/De Trey, Konstanz, Almanya) ile test edilmiştir(Komabayashi et al., 2020). Bu bölümde de sıklıkla standart olarak AH Plus patı kullanılan çalışmalardaki değerlendirilmelerden yararlanılmıştır.

Boyutsal Stabilit 

Kanal dolgu patlarının stabil olması istenir. Sertleşme esnasında ya da sonrasında büzülme patlar için istenen bir özellik değerdir; genleşme ise kanal patının sertleşmesi esnasında minimum düzeyde istenen bir özelliktir(Alaçam, 2012). Birçok pat hem sertleşme esnasında hem de sertleşmeden sonra büzülür. Büzülme nedeniyle meydana gelen boşluklar, bakteri kolonizasyonuna ve bunların periapikal dokulara geçişine ortam hazırlayarak kanal patının dentine adezyonunu olumsuz etkiler. Genleşmenin fazla olması ise dentinde kırılma ve çatlamalara neden olabilecek kuvvetlerin oluşmasına neden olabilir.

Çözünürlük

Çözünürlük, suya batırılma süresi boyunca malzemenin kütle kaybı olarak tanımlanır. ANSI/ADA Spesifikasyonu 57'ye göre, bir kök kanal patının çözünürlüğü kütle olarak %3' geçmemelidir(ANSI/ADA, 2000). Yüksek oranda çözünür bir kanal dolgu materyali, her zaman pat ile kanal içinde ve arasında boşlukların oluşmasına ve böylece ağız boşluğundan ve periapikal dokulardan sızıntı oluşmasına neden olur(rstavik, 2005).

Çözünürlük bir endişe kaynağıdır. Bir patın sızdırmazlık yeteneğinin, patın çözünürlüğüne, dentine ve kanal dolgusundaki kor materyaline bağlanmasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir(Desai & Chandler, 2009). Diğer yandan çalışmalarda materyalin yakınında

kalsifik onarım dokularının oluşma potansiyelinin bildirilmesiyle birlikte, sızıntı doğrudan çözünürlükle ilişkilendirilememektedir.

Dişlerin Boyanması

Estetik görünüm nedeniyle, kök kanal dolgu materyali diş renklendirmemelidir. Fazla dolgu maddesi pulpa odasında koronal dentinden uzaklaştırılmazsa dolgu materyalinin kromojenik etkileri artar(Ioannidis, Mistakidis, et al., 2013). Diş lekelenmesi üzerine yapılan çalışmalar, tüm kök kanal patlarının dentini lekeleyebileceği sonucuna varmıştır(Partovi et al., 2006).

Akıcılık

Kanal patlarının akıcılık özelliği ile lateral kanallar, aksesuar kanallar, ana kon ve yardımcı konlar arasındaki boşluklar gibi erişilmesi zor alanların etkin bir şekilde doldurulması sağlanır. Bu özellik, tok-likid oranı, baz-katalizör oranı, ısı, zaman, partikül boyutu, karıştırma hızı, karıştırma süresi, nem gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterir. Patların anatomik boşluklara, konlar arasında girebilecek kadar akışkan olması; ancak apikalden taşmayacak kadar visköz olması istenir(Ørstavik, 1983). Ayrıca ISO 6786/2001'e göre, bir kanal patının akış hızı 20 mm'den az olmamalıdır(International Organization for Standardization, 2001). Reometre yöntemiyle akış hızı değerlendirilir(Vermilyea et al., 1978).

Monoblok Yapı

Adeziv teknolojidaki gelişmelerden yararlanılarak, bir patın hem kor materyaline hem de dentin duvarına bağlanması, sızıntının azaltılması ve kanal tedavili dişin kırılmaya karşı güçlendirilmesi amacıyla "monoblok" konseptinin gelişmesi önemli ölçüde ilgi görmüştür(Teixeira et al., 2004). Bu amaçla geliştirilen termoplastik polimer esaslı materyaller ve metakrilat esaslı kanal patlarının birlikte kullanımıyla monoblok yapı oluşturulması amaçlanmaktadır.

Guta-perkanın; dentin duvarı, çinko oksit öjenol, epoksi rezin, kalsiyum hidroksit ve cam iyonmer esaslı patlarla kimyasal olarak bağlanması söz konusu değildir(Alaçam, 2012).

Yeniden Tedavi Edilebilirlik

Yetersiz prepare edilmiş veya doldurulmuş kök kanal sistemlerinin doğru tedavisi için; mümkün olduğunca fazla dolgu materyalinin çıkarılması, periapikal enflamasyon ve inatçı enfeksiyondan sorumlu olan kalmış nekrotik dokuların ya da bakterilerin uzaklaştırılmaları gereklidir (Bergenholtz et al., 1979).

Wilcox ve ark. kanal tedavisinin yenilenmesi sırasında kalan materyalin çoğunun kanal patı olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle, sağlıklı periapikal dokular oluşturmak için kanal tedavisinin yenilenmesi sırasında patın tamamen çıkarılması esastır(Wilcox et al., 1987).

Çinko Oksit Öjenol İçeren Patlar

Çinko oksit öjenol (ZOE) bazlı patlar 1936 yılında Grossman tarafından Endodonti’de tanıtılmış ve uzun süredir diş hekimliğinde kullanılmaktadır. Orijinal Grossman formülü, ProcoSol pat olarak da piyasada bulunmuştur.

Uzun yıllardır çinko oksit içeren patlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Ana bileşen olarak çinko oksit içeren çok fazla kanal patı vardır, bu patlar içeriklerindeki diğer bileşenlerle birbirlerinden ayrılırlar.

Öjenol çinko oksitle karıştırıldığında şelasyon reaksiyonu meydana gelir ve çinko öjenolat oluşur. ZOE, geçici dolgu, kavite tabanı, astarlar ve kanal patlarının ortak bir bileşenidir. Ultrastrüktürel olarak incelendiğinde ZOE siman, çinko öjenolat matrisine gömülü çinko oksit kristallerinden oluşur. Ayrı çinko öjenolat birimleri van der Waals kuvvetleri ve parçacık kenetlenmesiyle bir arada tutulduğundan, ZOE simanları mekanik olarak zayıftır. IBM (LD. Caulk, Milford, Del.) gibi ürünler,

geliştirilmiş mekanik özelliklere sahip güçlendirilmiş ZOE simanlardır. Tükürük veya dentin sıvısı gibi sulu ortamlara maruz kaldığında çinko öjenolat hidrolizi meydana gelerek öjenol ve çinko hidroksit elde edilir. ZOE'den serbest kalan öjenol dentin yoluyla tükürüğe yayılabilir. Hume, çekilmiş insan dişlerindeki okluzal boşlukları trityum etiketli öjenol ile karıştırılmış çinko oksitle doldurmuş ve öjenolün yavaş yavaş dentin ve pulpal sıvıya salındığını bulmuştur(Hume, 1984a).

ZOE patının varyasyonlar yıllarca tanıtılmıştır. Paraformaldehit içeren ZOE patı geliştirilmiş ancak formaldehitin koagülasyon nekrozuna neden olması ve kalan formaldehitin lokal doku onarımını bozması nedeniyle başarısız olmuş; periradiküler dokular için toksik bulunmuş ve kontrendikedir(Leonardo et al., 1999). Sargenti, 1973 yılında kurşun ve cıva içeren N2 (Indrag-Agsa, Lozan,İsviçre) patını piyasaya sürmüştür(Sargenti, 1973). Ancak toksik metallerin radiküler boşluklardan göç ederek uzak organ sistemlerinde bulunduğu rapor edilmiştir (Oswald & Cohn, 1975). N2, ABD Gıda ve İlaç İdaresi tarafından onaylanmamıştır(FDA, 1992).

ZOE patlar aynı zamanda terapötik katkı maddeleri içerebilir. Örneğin, Calciobiotic Kök Kanal Patı, CRCS (Coltene/Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, ABD), “kalsiyum hidroksit pat” olarak pazarlanan bir ZOE patıdır(Cohen et al., 1985). Bioseal (OGNA Pharmaceuticals, Muggiò, İtalya), hidroksiapatit eklenmiş ZOE bazlı bir pattır, ancak herhangi bir özel terapötik etkisi bildirilmemiştir(Gambarini & Tagger, 1996).

Öjenol İçermeyen Çinko Oksitli Patlar

Öjenolün hücre zarını ve solunum fonksiyonlarını etkileyen sitotoksik bir ajan olduğu bilinmektedir, ayrıca klinisyenlerin ZOE patları hazırlaması da sitotoksikite sonuçlarını etkileyebilmektedir(Hume, 1984b). Postoperatif iyileşmeyle ilgili sorunları önlemek için öjenol olmayan çinko oksit patlar geliştirilmiştir. Şelasyon materyali olarak öjenol yerine yağ asitleri

kullanılmıştır, ancak bunların metal komplekslerinin yapısı, karışık bileşimlerinin doğası gereği öjenolatlar ve salisilatlarla göre tipik olarak daha az tanımlanmış ve daha az tutarlı bulunmuşlardır. Örneğin Canals-N (Showa Yakuhin, Tokyo, Japonya), linoleik asit, izostearik asit ve rosin kullanan bir yağ asidi-çinko oksit pattır(Komabayashi et al., 2020). Rosin çeşitli rezin asitleri içerir; bunların en bol olanı iğne yapraklı ağaçlardan elde edilen abietik asittir(Komabayashi et al., 2020). Nogenol (GC Amerika, Alsip, IL, ABD), laurik asitle yapılan başka bir yağ asidi-çinko oksit pattır.

Biyouyumluluk

ZOE patların hem iritan hem de sitotoksik olduğu ve kompleman aracılı immun cevabın yanında fibroblast sitotoksitesini de aktive ettiği gösterilmiştir(Kolokouris et al., 1998). Öjenol, sıçanlarda deri altına implante edildiğinde, makrofajlar gibi bağışıklık sistemi hücrelerinin adezyonunu inhibe etmiştir. Aynı zamanda biyouyumlu olduğu bilinen çinko oksit, titanyum oksit veya baryum gibi seramik tozlarına kıyasla insan periodontal ligamenti üzerinde daha fazla sitotoksik etki göstermiştir (Cintra et al., 2017). Öjenol sitotoksik olduğundan ve inflamatuvar bir tepki uyandırdığından, Canals-N ve Nogenol gibi çinko oksit öjenol olmayan patlar Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde mevcuttur(Nakamura et al., 1986)(Araki et al., 1994).

Periapikal doku iyileşmesi

ZOE kanal patı olarak kullanıldığında, inflame veya sağlıklı periapikal dokuyla doğrudan temas edecek şekilde yerleştirilebilir. Pat ile doku arasındaki bu "ıslak" arayüz, kısa bir süre içinde apikal dokuya büyük miktarda öjenol salınmasına neden olur. Bu durum daha yüksek konsantrasyonda öjenolün sitotoksik etkilerini göstermesini sağlar. Öjenolün periapikal dokular üzerindeki etkisini değerlendirmedeki zorluk, kanal sisteminin temizlenmesi ve şekillendirilmesinin daha önemli olmasından kaynaklanmaktadır. Endodontide klinik başarı, mikroorganizmaların ve diğer antijenik

materyallerin pulpa boşluğundan elimine edilmesine ve bunların endodontik dolgu tarafından daimi ekartasyonuna bağlıdır.

Antimikrobiyal Özellik

Çinko oksit, ispatlanmış bir antimikrobiyal materyaldir, çünkü reaktif oksijen türleri oluşturur ve bakteriyel membran proteinlerine müdahale eder. ZOE patlar, epoksi rezin bazlı patlara kıyasla *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus* ve *Enterococcus faecalis* için inhibisyon bölgesi testinde daha iyi antimikrobiyal etkilere sahiptir(Poggio et al., 2011). Yapılan bir çalışmada AH Plus patı, yalnızca GuttaFlow (Roeko/Coltène/Whaledent, Langenau, Almanya) ile karşılaştırıldığında daha iyi antimikrobiyal aktiviteye sahip bulunmuş ancak MTA Fillapex (salisilat bazlı pat) ve CRCS'den (ZOE pat) daha az antimikrobiyal bulunmuştur(Shakya, 2016). AH Plus'a yönelik inhibisyon bölgesi testleri, *Enterococcus faecalis*'li ZOE patlara yönelik testlerle karşılaştırılabilir düzeyde bulunmuştur.

Çalışma Süresi

ZOE patların sertleşme süreleri değişkenlik göstermektedir. Araştırma çalışmaları arasında, Proco-Sol'ün sertleşme süresi (40,5 dakika ila 42 saat) gibi önemli farklılıklar göstermiştir. Tubli-Seal'in (SybronEndo, Orange, CA, ABD) yaklaşık bir saatlik bir sertleşme süresine sahip olduğu gösterilmiştir(Branstetter & von Fraunhofer, 1982). ZOE'ün sertleşmesinin başlaması için suya ihtiyaç duyuyor olması bu değişikliklere neden olabilir. Ortamdaki su varlığı, çinko oksit partikül ebatları, pH, ilave edilen ajanlar sertleşme reaksiyonunda önemli faktörlerdir. Isı ve nem artışı, partikül boyutlarının azalışı donma süresini kısaltan faktörlerdir(Alaçam, 2012).

Radyoopasite

ZOE bazlı (Endofill), kalsiyum hidroksit bazlı (Sealapex), iki rezin bazlı (Sealer 26 ve AH Plus) ve silikon esaslı (RoekoSeal,

EndoFill) kanal patlarının radyoopasitesi karşılaştırıldığı bir çalışmada, en radyoopak pat AH Plus, en az radyoopak pat ise Sealapex (SybronEndo/Kerr Co, Orange, CA, ABD) bulunmuş; RoekoSeal (Roeko/Coltene/Whaledent, Langenau, Almanya), Endofill (Lee Pharmaceuticals, Güney El Monte, Kaliforniya) ve Sealer 26 (Dentsply, Petropolis, RJ, Brezilya) orta düzeyde radyoopasite değerleri göstermiştir(Tanomaru et al., 2004).

Başka bir çalışmada radyoopasite sıralaması AH Plus (10 mm Al) ve Epiphany (9,0 mm Al) en radyoopak kök kanal patları, daha sonra Sealapex (8 mm Al), Endofill (7 mm Al), Endometazon (Septodont, Saint Maur des Fosses, Fransa) (7 mm Al), MBP (Kalsiyum hidroksit içeren rezin bazlı pat) (FOB-USP, Bauru, Brezilya) (7 mm Al) ve Sealer 26 (6 mm Al) bulunmuştur(Bodanezi et al., 2010).

Mikrosızıntı

Yapılan bir çalışmada ZOE patların; AH Plus, MTA Fillapex, Sealapex ve Apexit patlarından daha fazla mikro sızıntı gösterdiği bildirilmiştir. Cam iyonomer patlar ise ZOE patlarla aynı ortalama mikrosızıntı oranına sahip bulunmuştur (Patni, 2016).

Boyutsal Stabilité

Kazemi ve ark ZOE, Endometazon, AH26 ve EndoFill patlarının boyutsal değişimlerinin uzun vadeli sonuçlarını inceledikleri çalışmalarında, iki ZOE içerikli patın karıştırıldıktan birkaç saat sonra büzülmeye başladığını rapor etmiştir. EndoFill ve AH26 için il hacimsel kayıp 30 gün sonra tespit edilmiş ve en az boyutsal değişim EndoFill patında izlenmiştir.

Çözünürlük

ZOE kanal patların suda bekletildiği çalışmalarda %1-7 değerleri arasında önemli düzeyde ağırlık kaybına uğradığı gösterilmiştir(Kazemi et al., 1993). Çinko oksit ve kalsiyum

hidroksit içerikli patların çözünürlükleri diğer patlardan daha yüksek rapor edilmiştir(Chowdhary et al., 2022).

Dişlerin Boyanması

ZOE patı, çinko oksit tozu ve karanfilden elde edilen, esansiyel bir yağ olan öjenol içerir(Araki et al., 1994). Karıştırılıp nemli kök dentinine yerleştirildiğinde çinko oksit ve öjenol kompleksi amorf bir jel oluşturur. Artık çinko oksit tozu jelde kalarak sert bir matris oluşturur(Wilson & Mesley, 1972). Bu toz-sıvı patların bazılarının toz bileşeninde (Kerr formülü) gümüş bulunur ve bu da dişlerin kararmasına neden olur. Bu sorunu çözmek için Wach's Sealer (Roth Int., Chicago, IL, ABD), Grossman formülleri, ProcoSol pat ve ardından Tubli-Seal patı (Kerr, Orange, CA, ABD) lekelenmeyi önleyen gümüş içermeyen formüller olarak geliştirilmişlerdir.

Yeniden Tedavi Edilebilirlik

MTA, rezin ve ZOE içerikli kanal dolgu patları kullanılarak yapılan kanal tedavilerinin, 2 farklı çözücü yardımıyla yenilenmesinin değerlendirildiği bir çalışmada; rezin çözücü (Endosolv R) MTA ve rezin içerikli kanal patının uzaklaştırılmasında etkili bulunurken, ZOE içerikli pata etki etmemiştir. ZOE içerikli kanal dolgusunun uzaklaştırılması DMS IV çözücüsü ile sağlanmıştır. DMS IV; kekik yağı, etil asetat ve izoamilasetattan oluşan mevcut solventlerden biridir ve tüm öjenol bazlı preparatlarda aktif bulunmuştur(Obeid & Nagy, 2015).

Kalsiyum Hidroksit İçerikli Kanal Dolgu Patları

Kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) diş hekimliğinde ilk olarak 1838'de Nygren tarafından kullanılmış, fakat uzun bir süre gereken ilgiyi görmemiştir. Hermann'ın 1920'de tanıtmasından bu yana endodontik tedavilerde enfekte kök kanallarının dezenfeksiyonu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Kök kanal dolgusu olarak ilk defa 1940'ta Rohner Calxyl'i (Otto & Co., Frankfurt, Germany) vital pulpalı dişlerin kök kanal dolgusunda kullanmıştır(Bayırlı, 2013).

Kalsiyum hidroksitin kök kanal dolgu materyali olarak kullanılmasında, periapikal dokuların sağlığını korumak, iyileşmesini teşvik etmek, antimikrobiyal etkilerinden yararlanmak en önemli nedenler olarak görülmektedir. Kesin mekanizması bilinmemekle beraber aşağıdaki mekanizmaların etkin olduğu düşünülmektedir:

1. Kalsiyum hidroksit, serbest hidroksil iyonlarının varlığına bağlı olarak antibakteriyeldir(Byström et al., 1985). Onarım ve aktif kalsifikasyonu teşvik eden çok yüksek bir pH'a (hidroksil grubu) sahiptir. Yakın çevresinde başlangıçta bir dejeneratif yanıt meydana gelir ve bunu hızla bir mineralizasyon ve ossifikasyon yanıtı takip eder(Manhart, 1982).
2. Kalsiyum hidroksitin alkalın pH'ı, laktik asidi osteoklastlardan nötralize eder ve dışın mineralize komponentlerinin çözünmesini engeller. Bu pH aynı zamanda sert doku oluşumunda önemli rol oynayan alkalın fosfatazı da aktive eder(Stock, 1985).
3. Kalsiyum hidroksit, kök kanalında bulunan proteinleri denatüre eder ve onları daha az toksik hale getirir.
4. Kalsiyum hidroksit, sert doku oluşumuyla ilişkili kalsiyuma bağımlı adenozin trifosfataz reaksiyonunu aktive eder(Stock, 1985).
5. Kalsiyum hidroksit dentin tübüllerinden diffüze olur, dış kök rezorpsiyonunu durdurmak ve iyileşmeyi hızlandırmak için periodontal ligament boşluğu ile iletişim kurabilir(Manhart, 1982).

Biyouyumluluk

İnsan periodontal ligament hücreleri veya fare hücreleri kullanılarak yapılan hücre kültürü testlerinde, Sealapex (SybronEndo/Kerr Co, Orange, CA, ABD) ve Apexit (Ivoclar Vivadent, Schhan, Lihtenştayn)'in, ZOE ve rezin bazlı patlara

kıyasla daha az toksik olduğunu gösterilmiştir(Huang et al., 2002). Meryon ve Brook, dentin çipleri içeren fibroblast hücre kültürü çalışmalarında Sealapex'in Kloroperka ve Diaket (3M/ESPE Dental Prod, St. Paul, MN, ABD) ile karşılaştırıldığında orta derecede sitotoksik olduğunu belirtmiştir. Deri altı veya kemik içi implantasyon yoluya yapılan sitotoksisite çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir(Meryon & Brook, 1990). Sıçan deri altı bağ dokusuna yerleştirilen Sealapex, granülomatöz doku ile yabancı cisim reaksiyonuna neden olmuş, reaksiyon yavaş yavaş 30 güne çıkmış ve 90. günde de devam etmiştir. Buna karşılık, CRCS (Coltene/Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, ABD) ile temas eden dokular başlangıçta ciddi bir enflamatuvar reaksiyon göstermiş, 90 günlük bir gözlem süresinin sonunda çözülen özellikte bulunmuştur(Zmener et al., 1988).

Sıçan deri altı dokusunda Sealapex, Apexit ve Sealer 26'nın biyoyumluluğuna ilişkin yapılan bir histolojik araştırmada, her üç materyalin de 48 saat ile 60 günde şiddetli ile hafif enflamatuvar reaksiyonlara neden olduğu gösterilmiştir. Birbirleriyle karşılaştırıldığında Sealapex'i çevreleyen dokular, 60 günlük süre boyunca enflamatuvar hücre sayısında progresif bir azalma göstermiş ve Apexit'i çevreleyen doku, Sealapex'e kıyasla daha agresif reaksiyonlar göstermiştir. Sealer 26'ya bitişik dokular ise Apexit ve Sealapeks ile karşılaştırıldığında yüksek sayıda nötrofil (ilk aşama) ve makrofaj (sonraki evre) göstermeye devam etmiştir(Veloso et al., 2006).

Kanal patlarının x-ışını taramalı mikroanalizinde, kalsiyum içeren patların kurşun veya magnezyum içerenlerden daha az toksisite gösterdiği bulunmuştur (örneğin, N2 apical ve RC-2B)(Mohammad et al., 1979).

Sıçan sinirleri üzerindeki nörotoksik araştırmalarda, Sealapex ve CRCS ile temastan sonra sinir iletiminin kısa süreli (5 dakikaya kadar) geri dönüşümlü blokajı görülmüştür, geri dönüşüm hızı Sealapexte daha hızlı bulunmuştur. Sealapex ve CRCS ile temastan

sonraki 30 dakika içinde sinir dokularında kalıcı hasar tespit edilmiştir (Serper et al., 1998)(Boiesen & Brodin, 1991).

Periapikal doku iyileşmesi

Kalsiyum hidroksit bazlı patların canlı dokuyla doğrudan temas ettikleri durumları değerlendirmek için yapılan hayvan deneyleri, olumlu sonuçlar göstermiştir. Yapılan bir çalışmada sıçanlarda deri altı kalsiyum hidroksit implantları kalsifiye, kemik benzeri bir doku oluşumu göstermiştir(Mitchell & Shankwalker, 1958).

CRCS, Sealapex ve AH 26 (Dentsply, İsviçre) patlarının maymun dişleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmak için yapılan bir çalışmada, 8 ila 14 ayda kor ve AH 26 veya CRCS pat dolu köklerin apikal foraminalarında hafif ile şiddetli enflamatuvar lezyonlar ortaya çıkmış, ancak Sealapeks kullanılan dişlerin çoğunda pat parçacıkları içeren makrofajlar dışında apekte hiçbir enflamatuvar hücre gösterilmemiştir(Taggar & Taggar, 1989).

Başka bir çalışmada kalsiyum hidroksit içeren patlar dahil, kök kanallarının doldurulmasında apikal “stop” ötesine geçilen dişlerde olumsuz periapikal yanıtlar gözlenmiştir(Soares et al., 1990). Bununla birlikte farklı patların kanal tedavisindeki sonuçları üzerindeki etkilerini izleyen bir klinik çalışma, kanal patlarının periapikal iyileşmede küçük bir rolü olduğu sonucuna varmış, çalışmada kalsiyum hidroksit bazlı patlar, apikal periodontitisin hızlı iyileşmesi için istatistiksel olarak önemli fark göstermemişlerdir(Waltimo et al., 2001).

Antimikrobiyal etki

Kalsiyum hidroksitin antibakteriyel etkisi, hidroksil iyonlarını serbest bırakması ve pH'ı yükseltme yeteneğine dayanmaktadır(Byström et al., 1985). Kanal içi medikamen amaçlı kullanıldığında pH'ı 12,5 olduğu gösterilmiştir(Byström et al., 1985). Deneysel bir çalışmada, Sealapex ile temas halindeki distile suyun pH'ı 30 gün boyunca 11,5'e ulaşmış, bunların çoğu ilk 1 saatte

elde edilmiştir; ardından CRCS (10.5), Apexit (10.5) ve Sealer 26 (9.5) olarak tespit edilmiştir (da Silva et al., 1997). Sealapex üzerinde yapılan başka bir araştırmada, ilk saat içinde iki damıtılmış suda pH'da (9,57'yi aşmayan) yavaş ve kademeli bir artış göstermiş, ardından numune çözelti içinde parçalanmıştır, CRCS' de ise pH'ın 7,65'i geçmediği gösterilmiştir (Tagger & Tagger, 1989). Ehrman ve ark, aynı ürünler için benzer değerler (sırasıyla 9,14 ve 8,6) bulmuştur (Desai & Chandler, 2009). Apexit, pH'ın yetersiz yükselmesi nedeniyle *Candida albicans* ve *Staphylococcus aureus*'un in vitro şartlarda eliminasyonunda başarısız bulunmuştur (Kaplan et al., 1999).

Çeşitli çalışmalar, kalsiyum hidroksit içeren patların antimikrobiyal etkilerini, farklı bakteri türleri ve farklı test yöntemleri kullanarak araştırmışlardır. Bu çalışmalardan birinde, Sealapex, Dycal ve Apexit'in kök kanal sistemindeki birçok anaerobik ve aerobik bakteriye karşı yalnızca hafif antibakteriyel özellik gösterdiği belirtilmiştir (Bammann et al., 2000) (Lai et al., 2001). Sealapex, *Enterococcus faecalis*'in yok edilmesinde etkili bulunmamıştır (Mickel et al., 2003). Deneyler, kalsiyum hidroksit patların *Candida*'ya karşı da etkisiz olduğunu bildirmiştir (Kaplan et al., 1999) (Bammann et al., 2000). Bir başka çalışmada, Sealapex ve Apexit'in bakterileri öldürmede resin ve öjenol bazlı patlara göre daha az etkili olduğu ve kısa süreli hafif etkili antimikrobiyal ajanlar olduğu gösterilmiştir (Heling & Chandler, 1996) (Saleh et al., 2004).

Kalsiyum hidroksit patının sınırlı antibakteriyel aktivitesi, yeterli pH yükselmesinin olmamasına, sınırlı çözünürlüğe ve kalsiyum hidroksitin dentin tübüllerine ve muhtemelen tübüllerde bulunan tamponlayıcı iyonlara yayılabilirliğine bağlanabilir (Heling & Chandler, 1996).

Çalışma süresi

Kalsiyum hidroksit içeren patların sertleşme reaksiyonları karmaşıktır. Patın yüzeyi sert hale gelse de, iç kısmı uzun süre yumuşak kalabilir (Ørstavik, 2005). Apexit'in %100 bağıl nemde 2

saatin altında çalışma süresine sahip olduğu rapor edilmiştir(McMichen et al., 2003). CRCS'nin hem kuru hem de nemli ortamlarda 3 gün içinde sertleştiği gösterilmiştir. Sealapex %100 bağıl nemde 2 ile 3 haftada sertleşmiş, kuru ortamda ise sertleşmesini tamamlamamıştır (Allan et al., 2001)(Ingle et al., 2002).

Radyoopasite

Çeşitli kök kanal patlarının radyopasitesini karşılaştırmak için yapılan bir çalışmada, Sealapex'in en az radyopak olduğu ve 2 mm alüminyuma eşdeğer; Sealer 26'nın 4 mm alüminyuma; AH Plus (Dentsply, İsviçre) patının ise 16 mm alüminyuma eşdeğer olduğu gösterilmiştir (Tanomaru et al., 2004). Benzer bir çalışmada Sealapex'in son formülasyonuna bizmut trioksit eklenerek yapılmış ve radyoopasite değeri 6 mm alüminyuma eşdeğer bulunmuştur(Tanomaru-Filho et al., 2008).

Mikrosızıntı

Kalsiyum hidroksitin çözünürlüğü ve diffüzyonu düşük olmasına rağmen, kalsiyum ve hidroksil iyonları pattan ayrılmadığı sürece, çevre dokular üzerinde beklenen iyileştirici etkileri gösteremez(Siqueira & Lopes, 1999). Bu durum, kalsiyum hidroksit patların uzun süreli sızdırmazlık kabiliyeti ve terapötik etkileri ile ilgili ciddi soruları gündeme getirmektedir.

Boya sızıntısı çalışmalarında ZOE, AH 26 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK) ve Ketac-Endo (ESPE AG, Seefeld, Almanya) patları ile Sealapex (SybronEndo, Orange, CA), CRCS (Coltene/Whaledent/Hygienic; Cuya- hoga Falls, OH) ve Apexit (Vivadent, Almanya) patları karşılaştırıldığında 30 ila 32 haftada(Sleder et al., 1991) (Hovland & Dumsha, 1985). Apexit'in 48 saatte Sealapex'ten ve 3 haftada Ketac-Endo'dan daha iyi sızdırmazlık özelliklerine sahip olduğu bildirilmiştir(Özata et al., 1999). Aksine bir raporda ise, Apexit, Diaket'e (3M ESPE, Seefeld, Almanya), AH 26'ya, AH Plus'a (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK) ve

Ketac-Endo'ya karşı 1 yıllık bir deneyde düşük performans göstermiştir(Miletic et al., 2002).

Sealer 26 (kalsiyum hidroksit ilavesiyle AH 26'nın bir modifikasyonu) (Dentsply-Brazil, RJ, Brezilya), Grossman patı ile karşılaştırıldığı boya penetrasyon çalışmasında daha az sızıntı göstermiştir(Siqueira et al., 2001).

Sealapex ve Enterococcus faecalis bakteriyel sızıntı çalışmasında, 30 günde %85 ve 60 günde %100 penetrasyon gösterilmiştir. AH 26, AH Plus ve Ketac-Endo sonuçlarında istatistiksel olarak fark bulunmamakla beraber, Sealapex AH 26'dan daha yavaş bakteri penetrasyonu sergilemiştir(Yücel et al., 2006). Çalışmalar, kanal patlarının etrafındaki sızıntıya bağlı olarak farklı sonuçlara varmaktadır. Ingle ve ark bu varyasyonları boyalardaki, deneysel yöntemlerdeki ve deney sürelerindeki farklılıklara bağlamışlardır(Ingle et al., 2002).

Her pat sızdırır(Hovland & Dumsha, 1985). Literatürdeki güncel bilgilere dayanarak, sızıntı açısından, kalsiyum hidroksit bazlı kapaticıların diğer pat gruplarına göre üstün olmadığı sonucuna varılabilir. Bununla birlikte, şimdiye kadar yapılan çalışmaların çoğunun laboratuvar tabanlı deneyler veya hayvan çalışmaları olduğu unutulmamalıdır.

Boyutsal stabilite

Kanaldaki nem varlığında Biocalex (Laboratuvar SPAD, Dijon, Fransa) %280'e kadar genişler. Bu nedenle post operatif ağrı ve dikey kök kırıkları oluşturma potansiyeline sahiptir. Apexit ise yüksek su emilimi gösterir ancak eşit derecede yüksek çözünürlük özelliği nedeniyle toplamda minimal genel boyut değişikliği meydana gelir(McMichen et al., 2003). CRCS'nin 21 gün boyunca sudaki hacimsel değişikliği oldukça stabil bulunmuştur. Sealapex'in %100 nemli ortamda önemli miktarda hacimsel genişleme gösterdiği bildirilmiştir(Caicedo & von Fraunhofer, 1988).

Dişlerin boyanması

Parsons ve ark. dijital görüntüleme tekniği kullandıkları bir in vitro çalışmada, AH-26, Kerr Pulp Canal Sealer (Kerr, Romulus, MI, ABD), Roth 801 (Roth International, Chicago, IL, ABD) ve Sealapex'in renk değişikliği potansiyelini karşılaştırmışlar; AH-26 ve Kerr Pulp Canal Sealer ile daha fazla renk değişikliği olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca neredeyse tüm endodontik patların 12 ayda hafif ile orta şiddette ve genellikle ilerleyici renk değişikliğine neden olduğunu belirtmişlerdir(Parsons et al., 2001).

Kalsiyum hidroksit içeren kök kanal patlarının koronal dentin üzerinde orta ile minimal düzeyde renk değişikliğine neden olduğu bilinmektedir(M. Davis et al., 2002)(Parsons et al., 2001).

Cam İyonomer İçerikli Kanal Dolgu Patları

Cam iyonomer (polialkenoat) simanlar 1972 yılında Wilson ve Kent tarafından geliştirilmiştir, karboksil grupları aracılığıyla mine ve dentinin inorganik fazına kimyasal olarak bağlanma özelliğine sahiptirler (Wilson ve ark 1983). 1992'de yapılan bir pilot çalışmada, hidrofilik metakrilat grubu içeren cam iyonomerin kök kanal patı olarak kullanılma potansiyeline sahip olabileceği gösterilmiştir(Saunders et al., 1992). Cam iyonomer patlar, ince silikat cam tozunun poliakrilik ve ilgili asitlerle karıştırılmasıyla elde edilir. Karıştırıldığında organik monomer ve inorganik iyonların tekrarlayan alt birimlerini oluşturarak bir iyonomer oluştururlar(Berg & Croll, 2015).

Cam iyonomerlerin iyonik florür salgıladıkları(Crisp et al., 1976) (Forsten, 1977) florürün diş tarafından absorbe edildiği ve çürük önleyici etkisi olduğu bilinmektedir(Wesenberg & Hals, 1980). Bir cam iyonomer pat olan Ketac-Endo (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD), dünyanın bazı bölgelerinde mevcuttur.

Biyouyumluluk

Cam iyonomer patların sıçanların deri altına implante edildiğinde inflamasyona neden olduğu, ancak inflamasyonun üç ay sonra histolojik olarak kaybolduğu gösterilmiştir(Dahl, 2005). Cam iyonomer siman (Fuji II, GC), yeni karıştırılmış resin ile (Chemfil II, De Trey, Wiesbaden, Batı Almanya) karşılaştırıldığında daha düşük sitotoksitede bulunmuştur(Hume & Mount, 1988). Ancak aynı çalışmalar, tamamen sertleştikten sonra cam iyonomer simanın, florür iyon salınımı nedeniyle, resine göre daha sitotoksik olduğunu göstermiştir(Hume & Mount, 1988). Yapılan çalışmalarda cam iyonomer ürünlerin uzun periyotlarda düşük düzeyde sitotoksitede göstermiştir, bu da bunların biyouyumlu materyallerden oluştuğunu göstermektedir(Zetterqvist et al., 1987). Yapılan başka bir çalışmada da kemik dokusunu biyouyumlu olduğu belirtilmiştir(Jonck et al., 1989).

Antimikrobiyal etki

Florür iyonları bakteriyel büyümeyi inhibe eder, ancak çalışmalarda cam iyonomer patlar minimum antimikrobiyal aktivite göstermişlerdir(Heling & Chandler, 1996).

Çalışma süresi

Ketac-Endo'nun bir çalışmada 2,5 saat sertleşme süresine sahip olduğu belirtilmiştir(De Gee et al., 1994). Grossman'ın patı ile karşılaştırıldığında değiştirilmiş çalışma ve sertleşme süreleri gösterdiği, sertleşme sırasında büzülme olmadığı gösterilmiştir(Ray & Seltzer, 1991).

Radyoopasite

Ketac-Endo, Epiphany (Pentron Klinik Teknolojileri, Wallingford, CT) ve AH 26 kanal patlarının radyoopasitelerinin değerlendirildiği bir çalışmada, rapor edilen alüminyum değerlerinin milimetre eşdeğerleri sırasıyla $10,88 \pm 0,16$ mm, $10,35 \pm 0,15$ mm ve $9,78 \pm 0,21$ mm Al ölçülmüştür(Bodrumlu et al., 2007).

Mikrosızıntı

Cam iyonomer patların suda %1,6 çözünürlüğe sahip olduğu ve bunun ISO 6876 ve ADA 57'nin %3 ağırlık kaybı limitlerini karşıladığı görülmüştür(ANSI/ADA, 2000).

De Gee ve ark, cam iyonomer patların, dentin-pat ara yüzündeki sızıntı yollarından dolayı düşük sızdırmazlık özelliğine sahip olduğunu göstermiştir(De Gee et al., 1994). Ancak cam iyonomer patların kayda değer başarısızlık riski ve guta-perka ile yetersiz bağlanma nedeniyle tatmin edici olmadığı kanıtlanmıştır(De Gee et al., 1994)(Patni, 2016)(Mejäre* & Mjör, 1990).

Yeniden Tedavi Edilebilirlik

Kanal tedavisinin yenilenmesine yönelik solvent çözünürlüğü açısından, cam iyonomer patlar halotan içinde en az çözünürlüğe sahip olanlardır(Donnely et al., 2007). Ancak gerektiğinde solvent ve ultrasonik enstrümantasyon kullanılarak yeniden tedavi mümkündür(Friedman et al., 1992).

Resin Esaslı Kanal Dolgu Patları

Metakrilat Resin Esaslı Kanal Dolgu Patları

Bugüne kadar 4 nesil metakrilat resin bazlı pat piyasaya sürülmüştür. İlk nesil Hydron (Hydron Technologies, Inc, Pompano Beach, FL) metakrilat resin patları 1970'lerin ortalarında tanıtılmıştır(Rising et al., 1975)(Kronman et al., 1979). Hydron ticarileştikten kısa süre sonra kullanımına duyulan ilgi, üreticinin iddiaları ile fiziksel/klinik özellikleri ve biyoyumluluğuna ilişkin laboratuvar/klinik bulgular arasındaki tutarsızlıkların ortaya çıkmasının bir sonucu olarak, zamanla azalmıştır. Patın şiddetli inflamatuvar reaksiyona neden olduğu, şiddetli sızıntı, su absorpsiyonu ve şişliğe neden olduğu ortaya çıkmış ve 1980'lerde geçerliliğini tamamen yitirmiştir(Langeland et al., 1981)(Rhome et al., 1981)(Murrin et al., 1985).

Adeziv diş hekimliği teknolojisindeki gelişmelerle birlikte metakrilat resin bazlı patlar, yapıştırılabilir kök kanal dolgu materyallerinin kullanıma sunulmasını desteklemek üzere 21. yüzyılın başında yeniden piyasaya sürülmüştür.

İkinci nesil patlar non-etching (asitleme yapmayan) ve hidrofilik özelliktedir, ayrıca dentin yapıştırıcısının ilave kullanımını gerektirmez(Demunck, 2004)(Zmener et al., 2008)(Hammad et al., 2008a).NaOCl ve (EDTA) ile smear tabakasının uzaklaştırılmasından sonra, tutuculuk ve sızdırmazlık için resin tag oluşumunu kolaylaştırmak amacıyla, aksesuar kanallar ve dentin tübüllerine akacak şekilde tasarlanmıştır(F. R. Tay, Loushine, et al., 2005). İkinci nesil patlardan EndoREZ (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT), kök kanal sisteminin nemli ortamında kullanılabilir, çift kürlenmiş radyopak hidrofilik metakrilat pattır, dentin tübüllerine nüfuz etmede ve kanal duvarlarına uyum sağlamada oldukça etkilidir(Zmener et al., 2008)(F. R. Tay, Loushine, et al., 2005). EndoREZ'in geleneksel bir guta-perka konu veya spesifik EndoREZ pointler (resin kaplı guta-perka) ile kullanılması tavsiye edilmesine rağmen, geleneksel guta-perka ile dentin duvarına düşük bağlanma kuvveti rapor edilmiştir(Jainaen et al., 2007).

Yapıştırma prosedürlerini basitleştirmek için, son 5 yılda restoratif diş hekimliğine yeni nesil kedinden asitli (self-etch) (üçüncü nesil) ve kendinden yapışkanlı (self-adhesiv) (dördüncü nesil) resin kompozitleri tanıtılmıştır. Kök kanal patlarının benzer nesilleri, bu resin kompozit sistemlerinin tanıtılmasından kısa bir süre sonra ticari olarak kullanılabilir hale gelmiştir.

Üçüncü nesil self-etch patlar, self-etching primer ve dual-cure resin kompozit kök kanal patı içerir. Self-etch primerlerin kullanımı, pat-dentin ara yüzü boyunca elle/döner aletlerle oluşturulan smear katmanlarının birleştirilmesi konseptini yeniden gündeme getirmiştir(Perdigao et al., 2007) (Kokkas et al., 2004).

Dördüncü nesil metakrilat resin bazlı patlar (örneğin, MetaSEAL, Parkell Inc; RealSeal SE, SybronEndo), MetaSEAL,

kendinden adeziv dual-cure patlardır(LAWSON et al., 2008) . Asidik resin monomeri, 4-metakriloiloksietil trimellit at anhidritin (4-META) dahil edilmesi, kendinden asitleme (self-etching) ve hidrofilik hale getirir, polimerizasyondan sonra hibrit tabaka üretmek için altta yatan sağlam dentine monomer difüzyonunu teşvik eder.

Bugüne kadar mevcut olan in vitro ve in vivo verilere dayanarak, gelişimlerinin bu noktasında metakrilat resin bazlı patların adeziv kök dolgu materyalleriyle birlikte kullanılmasının açık bir faydası olmadığı görülmektedir(Y. K. Kim et al., 2010).

Biyouyumluluk

EndoREZ'in bağ dokusu ve kemik dokusu tarafından iyi tolere edildiği bulunmuştur(Zmener, 2004)(Zmener et al., 2005). Taze karıştırıldığında veya sertleşmeden sonra minimal sitotoksik etkiye sahip olduğu bildirilsede, bu bulgular Bouillaguet ve ark. ve Scarparo ve ark. tarafından desteklenmemiş; EndoREZ'in sıçanların deri altı bağ dokusunda AH Plus pattan daha yoğun ve daha uzun süreli inflamasyona sahip olduğunu gösterilmiştir(Ørstavik, 1983)(Bouillaguet et al., 2004)(Scarparo et al., 2009). Ayrıca yazarlar, EndoREZ'in hücre kültürü ortamına maruz kalma süresinin artmasıyla daha sitotoksik hale geldiğini bildirmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada MetaSEAL, ilk hafta boyunca ciddi şekilde sitotoksik kalırken, epoksi resin bazlı patlar orta derecede sitotoksik özellik göstermiştir. Her iki pat da sonunda sitotoksik olmayan hale gelmiştir(Pinna et al., 2008). Aynı bulgu Epiphany patlarda da gözlenmiştir(Susini et al., 2006). Bir başka Epiphany patının biyouyumluluğunun değerlendirildiği çalışmada ise diğer patlara göre daha az apikal periodontitis oluşumu bildirilmiştir(Monticelli et al., 2008).

Resilon ve guta perkanın dişeti fibroblastları üzerinde benzer sitotoksikite gösterdiği ve her ikisinin de biyouyumlu olduğu bildirilmiştir. Ancak, diğer çalışmaların aksine Epiphany kanal patının sitotoksikitesi yüksek bulunmuştur(Susini et al., 2006).

Resilon/Epiphany ve guta-perka/Roekoseal (Coltène/Whaledent, Langenau, Almanya) veya Sealite (Septodont, Pierre Rolland, Merignac, Fransa) kombinasyonlarının sitotoksitelerinin değerlendirildiği bir başka çalışma sonucuna göre ilk 2 gün boyunca Resilon/ Epiphany'nin başlangıçta diğer dolgu maddelerinden daha sitotoksik olduğu, ancak iki günden sonra diğer dolgu maddeleri ile benzer değerlere ulaştığı bildirilmiştir. Başlangıçtaki geçici sitotoksite, rezin esaslı pat olan Epiphany'e bağlanmıştır(Sousa et al., 2006).

Epiphany ve RealSeal (SybronEndo, Orange, CA) sitotoksitesini değerlendiren çalışmalar oldukça değişken sonuçlar vermiştir. Sousa ve arkadaşları gine domuzlarında kemik oluşumu ve sadece minör inflamatuvar reaksiyon gözlemlemişlerdir(Sousa et al., 2006). Bununla birlikte, hem taze karıştırılmış hem de sertleştirilmiş koşullarda Epiphany, şiddetli ve orta derecede sitotoksik etki göstermiş, sitotoksitesi zamanla artmış ve önemli sitotoksik riskler oluşturmuştur(Sousa et al., 2006)(Bouillaguet et al., 2006) (180, 181). Epiphany'nin toksisitesi, hücre kültürü ortamına kolayca diffüze olabilen ve önemli düzeyde toksisiteye neden olabilen polimerize edilmemiş hidrofilik monomerlerin (HEMA gibi) varlığıyla açıklanmıştır(Bouillaguet et al., 1996)(Wataha et al., 2003). Sonuç olarak, metakrilat rezin bazlı bir patların apikal foramenden ekstrüzyonu, uzun süreler boyunca kürlenmemiş bir yüzey tabakası oluşturur(Bouillaguet et al., 1996) (Wataha et al., 2003). Bu durum, kalan patlarda tam polimerize olmamış, toksik monomerler içerebildiği için rezin bazlı patların toksite profilini değiştirebilir. Bir pat doku onarımını engellememeli, aksine yaralı dokuların yeniden düzenlenmesini teşvik etmelidir.

Antimikrobiyal özellik

Metakrilat patların gelişimindeki ilerleme, kök kanal sisteminde tam bir bağ ve tam bir sızdırmazlık sağlama çabasıyla sınırlı değildir. Örneğin, deneysel bir üçüncü nesil metakrilat rezin bazlı polimerize pata sürekli antibakteriyel aktivite ekleyerek farklı

bir yaklaşım benimsemiştir (Y. K. Kim et al., 2010) (Dr. Satoshi Imazato, Temmuz 2008). Bu antibakteriyel pat maddesi, 2 şişe primer (astar) ve bir resin pat komponentinden oluşan 2 aşamalı çift kür bir sistemdir. Hem primer hem de resin pat Clearfil Protect Bond'da (Kuraray Medical Inc, Tokyo, Japonya) bulunan antibakteriyel resin monomeri 12-metakriloiloksidodesil piridinyum bromür (MDPB) içerir (Imazato et al., 2006). MDPB resin monomeri antibakteriyel özelliklerini pozitif yüklü pyridinium fonksiyonel grubuna borçludur. Polimerizasyondan önce, pozitif yüklü MDPB bakteri hücre duvarındaki negatif yüklü bileşenlere bağlanır ve bakteriyolize neden olur. Antibakteriyel resin monomeri, polimerizasyonundan ve resin matrisi içinde immobilizasyonundan sonra doğrudan temas öldürme yoluyla antibakteriyel özelliğini kısmen korur (Imazato et al., 1995). Endodontik açıdan bakıldığında, böyle bir kavram, kök kanalı irriganı olarak klorheksidin kullanımının sağladığı substantiviteye benzer, pat tozuna ağırlıkça %2-3 klorheksidin diasetat eklenerek deneysel klorheksidin salgılayan polimetilmetakrilat bazlı patlar geliştirilmiştir (Mohammadi & Abbott, 2009) (Hiraishi et al., 2009). Gelecek nesil antibakteriyel metakrilat rezin bazlı patların gelişimini takip etmek ilginç olacaktır.

Adezyon

Kor materyali olarak guta-perka ve Resilon'un, kanal patı olarak AH Plus (De Trey-Dentsply, Konstanz, Almanya), Ketac-Endo (Espe GmbH, Almanya) ve Epiphany'nin hem lateral kompaksiyon hem de kombine sıcak vertikal kompaksiyon teknikleri ile kullanıldığı çalışmalarda dentine bağlanmaları değerlendirilmiştir (LAWSON et al., 2008) (Pinna et al., 2008). Resilon guta-perkadan daha düşük bağlanma dayanımı değerleri gösterirken, patların bağlanma değerleri açısından Ketac-Endo, AH Plus ve Epiphany azalarak sıralanmışlardır. Guta-perkanın Ketac-Endo ile birlikte kullanımında yüksek bağlanma değerleri elde edilirken, Resilon ile kullanımında düşük değerler elde edilmiştir. Ancak yapılan SEM analizinde Resilon ve Ketac-Endo arasında bir

bağ (kimyasal) gözlenmiştir. Aynı çalışmalarda Resilon/Epiphany kombinasyonu soğuk teknikle uygulandığında dentine bağlanmada guta perka/AH Plus kombinasyonundan daha başarısız bulunurken, kombine sıcak vertikal teknik ile kullanıldığında bu kombinasyonlar arasında fark bulunamamıştır(LAWSON et al., 2008)(Pinna et al., 2008).

Dördüncü nesil self-adeziv kanal dolgu patları hala nispeten yenidir ve bunların kök dolgu materyallerine yapışma özelliklerine ilişkin ayrıntılı bilgi sınırlıdır veya eksiktir. 4-META içeren pat MetaSEAL için yakın zamanda yayınlanan bir raporda, guta-perka ile pat arayüzü boyunca hibrit tabaka benzeri bir yapı tanımlanmıştır(Komabayashi et al., 2020). Ancak MetaSEAL'in bu hibrit tabaka benzeri arayüz yoluyla guta-perkaya adezyon gücü hakkında şu anda veri mevcut değildir.

Mikrosızıntı

Farklı mikrosızıntı test yöntemleri kullanılan bazı çalışmalarda Resilon/Epiphany avantajlı bulunurken, guta perka/epoksi rezin pat ikilisinin daha üstün ya da her iki kombinasyonun da benzer olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur(Ahlberg & Tay, 1998)(Kataoka et al., 2000)(Imai & Komabayashi, 2003)(Duggan et al., 2009)(Bouillaguet et al., 2003). Sıvı filtrasyon testi ile sızıntının değerlendirildiği çalışmalarda Resilon/Epiphany sisteminin sıvı hareketine karşı daha dirençli olduğu ve daha iyi bir örtücülük sağladığı, ancak bir başka çalışmada ise Resilon/Epiphany sisteminin guta-perka-AH Plus ile yapılan geleneksel kanal dolgusundan daha üstün olmadığı ve guta-perka/Epiphany gruplarının ise en iyi örtücülüğün sağladığı bildirilmiştir(Nunes et al., 2008)(Ishimura et al., 2007). Başka bir çalışmada ise Resilon/Epiphany sisteminin, kanal orifislerinde dual-cure patın ışıqla sertleştirilmesinden sonra hemen koronal bir sızdırmazlık sağladığı rapor edilmiştir. Hızlı koronal sızdırmazlık klinik olarak avantajlıdır, çünkü doldurulmuş kök kanallarının ağız ortamına ve bakteriyel rekontaminasyona maruz kalabileceği durumlar vardır(Zmener et al., 2008).

Bir çalışmada ise Resilon/ Epiphany grubu, AH 26'nın gutta-perka veya Resilon için pat olarak kullanıldığı tüm gruplardan önemli ölçüde daha az sızdırdığı belirtilmiştir(Shipper et al., 2004).

1 aylık sızıntının değerlendirildiği, Glikoz penetrasyon yönteminin kullanıldığı çalışmalarda gütaperka/AH Plus kombinasyonu ile Resilon/Epiphany kombinasyonları arasında fark bulunmamış ve sızıntıya Resilon/AH Plus kombinasyonunun anlamlı derecede yüksek direnç gösterdiği bildirilmiştir(Bouillaguet et al., 2003). 2 aylık test periyodu boyunca glikoz penetrasyon yöntemi ile Resilon/Epiphany kombinasyonu değerlendirildiğinde gütaperka/AH 26'ya göre daha fazla sızıntı göstermiştir(Duggan et al., 2009).

Hem EndoREZ/rezin kaplı gütaperka hem de Epiphany/Resilon'un, ZOE bazlı pat/gütaperka kullanımıyla karşılaştırıldığında, nemli kanal duvarında daha iyi koronal sızdırmazlık sağladığı bulunmuştur (Zmener et al., 2008). Ancak bu bulgular, Resilon/Epiphany sisteminin koronal sızıntıyı önlemede gütaperka/geleneksel patlardan daha iyi olmadığını gösteren sonuçlarla çelişmektedir(Pitout et al., 2006). Polimerlerin zamanla fiziksel ve kimyasal işlemlerle bozunduğu bilinmektedir(Santerre et al., 2001). Bonding bozulurken, arayüzeyde sızıntı artar. Ayrıca Resilon alkaline ve enzimatik hidrolize karşı hassastır(Tay F, Pashley, et al., 2005)(F. R. Tay, Pashley, et al., 2005). Bu nedenle, apikal veya koronal sızıntı durumunda Resilon'un bakteriyel/tükürük enzimleri ve endodontik olarak ilgili bakteriler tarafından biyolojik olarak parçalanması meydana gelebilir ve kök kanal tedavisinden sonra elde edilen sızdırmazlık daha da bozulabilmektedir(Finer & Santerre, 2004).

MetaSEAL, Japonya'da Hybrid Bond SEAL (Sun Medical Co Ltd, Shiga, Japonya) adıyla da pazarlanmaktadır ve geleneksel yapışmayan epoksi resin bazlı patlar ile benzer veya biraz daha düşük sızdırmazlık özelliği gösterdiği rapor edilmiştir(Belli et al., 2008).

FibreFill R.C.S. Kök kanal patı (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT), termoplastik dolgu malzemesi ucuna tutturulmuş fiberle güçlendirilmiş obturat rlerle doldurmak için tasarlanmış üçüncü nesil metakrilat resin bazlı pata örnektir. FibreFill R.C.S.'nin iyi sızdırmazlık ve radiküler dentine adezyon özelliklerine sahip olduğu bildirilmiştir(Economides et al., 2004)(Kurtzman et al., 2007)(Gogos et al., 2004).

Metakrilat resin bazlı patların kullanımıyla ilgili bazı çalışmalarda olumsuz laboratuvar sonuçları rapor edilmiş olsa da, diğer çalışmalar bunların dentine önemli ölçüde daha yüksek bağlanma dayanımı ve ZOE bazlı patlarla karşılaştırıldığında dentin tübüllerine daha tutarlı penetrasyon yaptığını göstermiştir(Skidmore et al., 2006).

Çözünürlük

Hidrofilik metakrilat resin bazlı patlarla birlikte, su emilimi konusu bir endişe kaynağı haline gelmiştir, çünkü resin matrisin su emme ve difüzyon yoluyla plastikleştirilmesi, resin komponentlerinin sızıntısını hızlandırır(Mortier et al., 2004). Donnelly ve arkadaşları, geleneksel kanal patlarıyla karşılaştırıldığında, 3 metakrilat resin bazlı patın, Epiphany, InnoEndo (Heraeus-Kulzer, Inc, Armonk, NY) ve EndoREZ, önemli ölçüde daha yüksek çözünürlük (%3-8) göstermesiyle kanıtlanmıştır(Donnelly et al., 2007). Bu sonuç, Epiphany ve AH Plus için çözünürlük değerlerinin sırasıyla %3,41 ve %0,21 olduğu başka bir çalışmanın sonuçlarıyla uyumludur(Versiani et al., 2006). ADA spesifikasyonları, kök kanal patları için %3'ten daha az çözünürlük önermektedir. Dolayısıyla, çoğu hidrofilik metakrilat resin bazlı pat bu kriteri karşılamamaktadır. Bununla birlikte, su girişinin gecikmiş faydalı etkileri olabilir; resin matriksin şişmesi, büzülme sırasında oluşan polimerizasyon streslerini telafi eden kompozitin ekspansiyonu ile sonuçlanabilir(Cui et al., 2002).

Monoblok

Adesiv endodonti, kök dentinine adezyon vaadi sunar, ancak aynı zamanda sorun yaratır(Schwartz, 2006). Her ne kadar patların sızdırmazlık kabiliyeti, kendinden asitleme (self-etch) potansiyeli, biyouyumluluğu ve çıkarılabilirliği üzerine yapılan bazı in vitro çalışmalar geleneksel patlara göre daha iyi potansiyel gösterse de bu materyallerle kanal boşluğunda ideal monoblok hedefine ulaşmak hala büyük bir zorluk olarak görülmektedir.

Çağdaş metakrilat resin bazlı patlar ile kök dolgu materyalleri arasındaki kimyasal bağlantının genellikle zayıf olduğu veya yeterince optimize edilmediği görülmektedir. Uzun, dar kök kanallarında karşılaşılan yüksek C-faktörü göz önüne alındığında, kor materyali-pat bağlantısını, rezin patların sertleşmesi sırasında meydana gelen polimerizasyon büzülmesi gerilimlerine direnç gösterip kök kanal sisteminde monoblok oluşturabilme hedefi şüphelidir(F. Tay, Loushine, et al., 2005).

Resilon kanal dolgu sisteminde metakrilat resin patın primer yoluyla dentine, pat ve kor maddesi arasındaki kimyasal uyum sayesinde birbirlerine etkin bir şekilde bağlanabildiği iddia edilmektedir(Ahlberg & Tay, 1998)(Kronman et al., 1979). Resilon teknolojisinin bağlanmayı hibridizasyon ile gerçekleştirdiği, bu sayede kor materyali, pat ve dentin tübüllerinin monoblok oluşturduğu iddia edilmektedir.

Kök kanallarını güçlendirmek

Teixeira ve arkadaşları Self-etch (kendinden asitli) veya self-adhesiv (kendinden adeziv) metakrilat resin bazlı patlar ve yapıştırılabilir (bondable) kök dolgu materyallerinin birlikte kullanılmasının doldurulmuş kanalların kırılma direncini artıracığı hipotezini test etmişlerdir(Teixeira et al., 2004). Örnekler vertikal yükleme kuvvetlerine maruz bırakıldığında, Resilon/Epiphany ile doldurulan köklerin, guta-perka/AH 26 ile doldurulan köklerden önemli ölçüde daha yüksek kırılma yükü değerleri sergilediğini göstermişlerdir. Bununla birlikte, yapıştırılabilir kök dolgu

materyallerinin kök dentininin genel mekanik özelliklerini iyileştirmediğini gösteren çalışmalarda karşıt sonuçlar da rapor edilmiştir(Stuart et al., 2006)(Grande et al., 2007)(Ribeiro et al., 2008)(Ulusoy et al., 2007). Bu çalışmalarda, Epiphany (RealSeal)/Resilon'un kombine kullanımı endodontik tedavi görmüş dişleri hem yatay kırılma kuvvetlerine hem de dikey yükleme kuvvetlerine karşı güçlendirememiştir(Stuart et al., 2006)(Grande et al., 2007)(Ribeiro et al., 2008)(Ulusoy et al., 2007).

Mevcut metakrilat resin bazlı patlar ve bunların tavsiye edilen adeziv prosedürleri kök kanal dentininin mekanik özelliklerini etkileyememektedir. Bu sonuç aşağıdaki faktörlere bağlı olabilir:

1. Kökün koronal kısmındaki pat-dentin arayüzü boyunca meydana gelen polimerizasyon muhtemelen oksijen inhibisyonundan etkilenmektedir(Rueggeberg & Margeson, 1990).
2. Tamamen polimerize olmayan resin patlar, pat-dentin arayüzü boyunca başarısızlığa yol açar(Nunes et al., 2008).
3. Kök kanallarında artık monomerlerin varlığı(Filipov & Vladimirov, 2006).
4. Mevcut kanal dolgu materyallerinin dentin ile karşılaştırıldığında düşük kohezyon, çekme, basınç mukavemeti ve elastiklik modülüne sahip olması, stresi iletmek yerine dağıtan elastomerler gibi davranması(C. Williams et al., 2006) (Jainaen et al., 2009).

Ek olarak, kök kanallarının son derece elverişsiz kavite geometrisi (örn. C faktörü), metakrilat resin patların polimerizasyonu sırasında dentin/pat arayüzü boyunca boşluklara neden olur(F. R. Tay & Pashley, 2007).

Yeniden Tedavi Edilebilirlik

Üçüncü nesil metakrilat resin bazlı pat Resilon (Research LLC, Madison, CT), guta-perkaya alternatif olarak tanıtılan

termoplastik, sentetik polimer esaslı kök kanal dolgu maddesidir. Resilon'un ana polimeri biyolojik olarak parçalanabilen, alifatik* polyester yapıdaki polikaprolaktondur (P787, Union Carbide, Dansbury, CT, ABD)(Britto et al., 2002) Polikaprolakton polimeri Resilon'a termoplastik özellik kazandırır(Al-Assaf et al., 2007). Resilon, polikaprolakton polimerine karıştırılmış dimetakrilat monomerleri sayesinde metakrilat esaslı rezinlere bağlanabilir(F. R. Tay & Pashley, 2007)(Al-Assaf et al., 2007).Resilon gutaperka ile benzer manipülasyon özellikleri sayesinde ısı veya çözücülerle sökülebilir. Günümüzde Resilon ve birlikte kullanılan metakrilat esaslı pat sistemleri piyasada Epiphany (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, ABD), RealSeal (SybronEndo, Orange, CA, ABD), SimpliFill (Lightspeed, San Antonio, TX, ABD) ve Next (Heraeus-Kulzer, Armonk, NY) isimleri ile yer almaktadır.

Bir çalışmanın istisnası dışında, Resilon veya gutaperka ile kullanılan metakrilat resin bazlı patların, özellikle kanalın apikal kısmında geleneksel pat/gutaperka kombinasyonlarından daha az kalıntı dolgu malzemesi ile daha etkili bir şekilde çıkarıldığına dair genel bir fikir birliği vardır(Zarei et al., 2009)(Pinto de Oliveira et al., 2006)(Ezzie et al., 2006)(Cunha et al., 2007)(Hammad et al., 2008b). Kanal duvarlarının orta ve koronal üçlü kısımlarında, çıkarma tekniklerinden bağımsız olarak kalıntı ve debrisler görülmeye devam etmiştir(Pinto de Oliveira et al., 2006)(Schirrmeister et al., 2006)(Ezzie et al., 2006). Malzemelerin çıkarılabilirliğindeki fark, kor materyali ve pat arasındaki adezyon ile açıklanabilir(Cunha et al., 2007)(Hammad et al., 2008b). Öte yandan, daha kolay çıkarma ve daha az kalıntı, metakrilat resin bazlı patların kanalın apikal kısmında bulunan sklerotik dentine iyi bağlanmadığı anlamına da gelir.

Epoksi Resin Esaslı Kanal Dolgu Patları

Epoksi resin bazlı patlar endodontide ilk defa 1954 yılında Schroeder tarafından tanıtılmış ve orijinal formülün mevcut modifikasyonları kök kanal doldurma prosedürleri için yaygın olarak kullanılmaktadır(Schroeder, 1981)(Torabinejad et al., 1979).

AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya), altın standart olarak kullanılan en popüler hidrofobik epoksi resin bazlı pattr(Zhou et al., 2013).

Biyouyumluluk

AH26 tozunda gümüş, titanyum oksit, heksametilen tetramin, likidinde bisfenol diglisidil eter bulunmaktadır. Bisfenol diglisidileter heksametilen tetraminle birleşerek polimerize olur ve bu esnada bir miktar formaldehit açığa çıkar. Çıkan formaldehit miktarı, paraformaldehit içeren çinko oksit öjenollü patlardan yaklaşık 300 defa daha azdır (Spangberg ve ark, 1993).

AH Plus sitotoksisite değerlendirmesinde polimerize olmamış patların, hücre kültürlerinde sitotoksik etki gösterdikleri belirlenmiştir(International Organization for Standardization, 2001). Polimerize materyal mutagenik etki göstermemiş, sitotoksisitesi ayrı ayrı patlara göre daha az toksik bulunmuştur. Polimerize AH Plus Gine domuzlarında duyarlılık oluşturmamıştır. Ancak duyarlı kişilerde zayıf da olsa hassasiyet meydana getirebileceği unutulmamalıdır.

Yeni karıştırılmış veya donmuş materyallerle, tavşanlarda subkutan implant testi yapılmış ve 7-90 günlük değerlendirmelerde mikroskobik ve histolojik olarak olumlu sonuçlar elde edilmiştir(Alaçam, 2012).

Fibroblast hücre kültürü çalışmasında, AH Plus ilk 24 saatte orta derecede inhibisyon, 72 saatte şiddetli inhibisyona neden olmuştur (Bouillaguet ve ark, 2006). Fare fibroblast hücre kültürüyle yapılan sitotoksisite çalışmasında AHPlus'ın RoekoSeal'a göre anlamlı düzeyde sitotoksik (Miletic ve ark 2003) olduğunu ve benzer sitotoksik etkileri (Öztan ve ark, 2003) olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur(Alaçam, 2012). Bu çalışmaların aksine, Eldeniz ve ark 2007, AHPlus, RoekoSeal, Gutttaflow, Apexit, EndoRez, Epiphany, RC Sealer (Sun Medicali Moriyama, Shiga, Japonya) ürünlerinin, insan fibroblastları üzerinde yaptıkları sitotoksisite testinde AHPlus'ın sitotoksik olmadığını bildirmişlerdir.

Periapikal Doku İyileşmesi

Sarı ve Durutürk, AH Plus'ın kasıtsız olarak periapikal dokulara taşırıldığı, apikal periodontitisli 49 daimi dişi, endodontik tedaviden 3ay, 6 ay ve 4 yıl sonra klinik ve radyografik olarak takip etmişlerdir. Bu çalışmaya göre 49 dişin 41'inde tam iyileşme görülmüştür(Sarı & Durutürk, 2007).

Tanomaru-Filho ve ark Intrafill, AH Plus, Roeko Seal ve Resilon/Epiphany patlarla kök kanal dolgusu sonrasında periapikal iyileşme sürecini değerlendirmek için yürüttükleri çalışmada, AH Plus, Roeko Seal ve Resilon/Epiphany patları benzer ve tatmin edici apikal onarım etkisi göstermişlerdir(Tanomaru-Filho et al., 2009).

Antimikrobiyal Etki

Kayaoğlu ve ark (2005) MCS (Medidenta Int, Woodside, NY, ABD), Grossman, AH Plus, Sealapeks, Apeksit kanal dolgu patlarının Enterococcus faecalis üzerindeki antibakteriyel etkilerini kısa dönemde inceledikleri çalışmalarında AH Plus, MCS, Grossman patlarını diğerlerine göre belirgin oranda etkili bulmuşlardır.

Çalışma Süresi

Üreticiye göre AH Plus'ın 23°C'de 4 saat, 37°C'de 8 saat çalışma süresi vardır(Alaçam, 2012).

Radyoopasite

AH26'nın tozu içerisinde radyoopaklaştırıcı bizmut oksit bulunmaktadır. Radyoopasitesi 6,66 mm Alüminyum kalınlığına eşdeğer ve yeterli bulunmuştur. AHPlus doldurucularının absorbsiyon özelliğinden dolayı radyoopasitesi artmıştır. Karıştırılıp polimerize olmuş AHPlus ağırlık olarak %76 doldurucu içerir(Alaçam, 2012).

Adezyon ve Mikrosızıntı

De-Deus ve ark (2006) AH Plus'ın örtücülük özelliğinin Pulp Canal Sealer, EndoREZ ve Sealapex'ten daha üstün olduğunu bildirmiştir.

Oddoni ve ark (2008) Epiphany-Resilon ve AH Plus/gutta-perkayı koronal ve apikal sızıntı açısından karşılaştırmışlardır. Koronal sızıntıda iki grup arasında bir fark bulunmazken, apikal sızıntıda Epiphany-Resilon grubu daha iyi sonuç vermiştir.

AHPlus nem kontaminasyonundan etkilenmektedir. Bu durum da doku sıvılarının bulunduğu periapekte, apikal sızdırmazlığı olumsuz etkiler.

AH 26 ve MM Seal patları AH Plus'tan daha iyi bir sızdırmazlık performansı göstermiştir. Epoksi resin patların sızdırmazlık performansı, polimerizasyon büzülmesinden kaynaklanan sızıntılar nedeniyle zayıflayabilmektedir(Royer et al., 2013).

Endodontik patların dentine bağlanmaları kadar gutta-perka veya kullanılan dolgu materyaline bağlanması, oluşturulacak monoblok yapı ve dolgunun bütünlüğü açısından önemlidir. AH Plus, gutta-perkaya dentinden daha iyi bağlanmaktadır. AH Plus dentine makaslama bağlanma dayanımı testinde %30 koheziv başarısızlık gösterirken, %70 adeziv başarısızlık göstermiştir. Gutta-perkaya ise %40 koheziv, %60 karışık başarısızlık göstermiştir (Lee ve ark 2002). Eldeniz ve ark (2005) AH Plus, Diaket, EndoREZ'i karşılaştırdıkları çalışmada en yüksek bağlanma kuvvetinin AH Plus'ta olduğunu bildirmişler.

Dişlerin Boyanması

AH26'nın epoksi amin kimyası korunarak renklenme eğilimi ve formaldehitin açığa çıkışı ortadan kaldırılarak AH Plus patı geliştirilmiştir.

Akışkanlık

Alonso ve ark, Endofill ve AH Plus patlarının akışkanlıklarını test ettikleri çalışmada AH Plus'ın Endofill'e kıyasla yüksek akış kapasitesine sahip olduğunu gösterdi(Alonso FS et al., 2005).

Sydney ve ark, N-Rickert, Endofill, ZOE, AH Plus, EndoRez ve IntraFill patlarının dikey akışkanlıklarını değerlendirdikleri çalışmada; EndoFill en yüksek akışkanlığı göstermiş, bunu N-Rickert ve AH Plus izlemiş, ZOE ve EndoRez ise çalışma boyunca akışkanlık göstermemiştir(Sydney et al., 2009).

Yeniden Tedavi Edilebilirlik

AH Plus patına gerektiğinde materyalin sökülmesini kolaylaştıran termoplastik özellik kazandırılmıştır. Çabuk ve kolay karıştırma için AH26 daki toz/likit sistem yerine çift patlı sistem halinde sunulmuştur. A ve B patları eşit hacimlerde kullanılır. Ağırlık olarak ise, A patı 1 gr, B patı 1,18 gr şeklindedir. A patı (Epoksi patı): Diepoksit, Kalsiyum tungustat, Zirkonyum oksit, Aerosil, Pigment içerir. B patı (Amine patı): 1-adamantane amin, N,N'-dibenzyl-5-oxanonandiamin-1,9 , TCD-diain, Kalsiyum tungustat, Zirkonyum oksit, Silikon yağı.

Biyoseramik Esaslı Kanal Patları

Biyoseramik esaslı patlar son otuz yıldır Endodonti'de kullanılmaktadır. Bunlar arasında alümina, zirkonya, biyoaktif cam, cam seramikler, hidroksiapatit ve kalsiyum fosfatlar bulunur (Dorozhkin, 2010). Kalsiyum fosfat ilk olarak LeGeros ve ark. tarafından biyoseramik restoratif dental siman olarak kullanılmıştır(LeGeros et al., 1982). Bununla birlikte, biyoseramik materyallerin kök kanal patı olarak belgelenen ilk kullanımı, iki yıl sonra Krell ve Wefel'in çekilmiş dişlerde deneysel kalsiyum fosfat simanının etkinliğini Grossman patı ile karşılaştırdığı çalışmalarıdır(Krell & Wefel, 1984). Chohayeb ve ark. daha sonra yetişkin köpek dişlerinde kalsiyum fosfatın kök kanal dolgu maddesi olarak kullanımını değerlendirmiş ve Kalsiyum fosfat bazlı patların

guta-perka ile karşılaştırıldığında dentin duvarlarına daha düzgün ve sıkı bir adaptasyon sağladığını bildirmişlerdir(Chohayeb et al., 1987). Kalsiyum fosfat simanlar daha sonra pulpa kaplama, apikal bariyer oluşumu, periapikal defekt onarımı ve bifürkasyon perforasyon onarımında endodontik tedavilerde başarıyla kullanılmıştır(Jean et al., 1988)(Pissiotis & Spngberg, 1990).

Biyoseramik materyaller, çevredeki canlı doku ile etkileşimlerinin sonucu olarak, biyoaktif veya biyoinert malzemeler olarak sınıflandırılırlar(Best et al., 2008). Cam ve kalsiyum fosfat gibi biyoaktif materyallar çevre dokularla etkileşime girerek daha dayanıklı dokuların büyümesini teşvik ederler. Zirkonya ve alümina gibi biyoinert materyaller ise, çevredeki dokudan ihmal edilebilir bir cevap üretir ve etkin bir şekilde biyolojik veya fizyolojik bir etkiye sahip değildirler(Best et al., 2008).

Biyoseramik esaslı patların kök dentinine bağlanmasının kesin mekanizması bilinmemektedir; ancak kalsiyum silikat bazlı patlar için aşağıdaki mekanizmalar önerilmiştir:

1. Pat partiküllerinin dentin tübüllerine difüzyonu (tübüler difüzyon) mekanik kenetleme bağları meydana getirir(W. Zhang et al., 2009).
2. Pat mineral içeriğinin intertübüler dentin içine sızması, kollajen liflerinin güçlü bir alkalın pat ile denatüre edilmesinden sonra üretilen bir mineral infiltrasyon bölgesinin oluşmasıyla sonuçlanır(Han & Okiji, 2011) (Atmeh et al., 2012).
3. Fosfatın kalsiyum silikat hidrojel ve kalsiyum hidroksit ile kısmi reaksiyonu, kalsiyum silikatların dentin nemi varlığında reaksiyonu yoluyla üretilir ve mineral infiltrasyon bölgesi boyunca hidroksiapatit oluşumuyla sonuçlanır (H. Zhang et al., 2009)(Ginebra et al., 1997).

Biyouyumluluk

Biyoseramik malzemelerin kanal patı olarak kullanılmasındaki en önemli avantajlar: biyouyumlulukları, çevre dokular tarafından reddedilmelerini önler ve biyoseramiklerin sertleşme özelliklerini geliştiren, diş ve kemik apatit materyallerine benzer bir kimyasal bileşim ve kristal yapıyla sonuçlanan kalsiyum fosfat içermeleridir(Ginebra et al., 1997)(AL-Haddad & Che Ab Aziz, 2016). Böylece pat ve dentinin bağlanmasını geliştirirler.

Çoğu çalışma, malzemenin hücre sağkalımı üzerindeki etkisine atıfta bulunarak, sitotoksiste araştırmaları ile biyouyumluluğu değerlendirmektedir(Schmalz, 1994). Biyoseramik bazlı patların sitotoksitesi, fare ve insan osteoblast hücreleri ve insan periodontal ligament hücreleri kullanılarak in vitro olarak değerlendirilmiştir(Salles et al., 2012)(Bae et al., 2010). Bu patların çoğunun daha sonra biyouyumlu olduğu bulunmuştur. Bu biyouyumluluk, patın kendisinde kalsiyum fosfatın varlığına atfedilmektedir. Kalsiyum fosfat ayrıca sert dokuların (dişler ve kemik) ana inorganik bileşenidir. Literatürde birçok biyoseramik patın, kanalın doldurulması veya kök perforasyonlarının onarımı sırasında istenmeden apikal forameniden dışarı çıkması durumunda kemik rejenerasyonunu teşvik etme potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir(Bae et al., 2010) (Bryan et al., 2010).

İn vitro çalışmalarda, Sankin apatiti'nin Telli ve ark. tarafından biyouyumlu olduğu gösterilmiştir(Telli et al., 1999). Bununla birlikte, Kim ve ark, Sankin apatitin sıçanlarda deri altına implante edildiğinde doku yanıtı verdiğini ve bu yanıtın iki hafta içinde azalmaya başladığını göstermiştir(J. Kim et al., 2004). Başka bir çalışmada Sankin apatit kök kanalı patlarının biyouyumluluğunun değerlendirildiği, tetrakalsiyum fosfat, dikalsiyum fosfat dihidrat ve modifiye McIlvaine'in tampon çözeltisinden oluşan deneysel bir kalsiyum fosfat bazlı pat ile karşılaştırılmıştır. Yoshikawa ve ark, Sankin apatitinın sıçanların hem dorsal subkutan hem de periapikal dokusunda ciddi enflamatuvar reaksiyonlara neden olduğunu bulmuştur(Yoshikawa et al., 1997).

Bununla birlikte, deneysel pat maddesi deri altı dokuda hiçbir enflamatuar yanıt üretmemiş ve periapikal dokuda sadece hafif bir reaksiyon üretmiştir.

Sankin apatit kanal patlarının sitotoksitesi, iyodoform ve poliakrilik asitlerin varlığının sonucudur. Bununla birlikte, Sankin apatit tip II ve tip III'ün tip I veya Grossman'ın patlarından daha biyouyumlu olduğu bulunmuştur(J. Kim et al., 2004).

EndoSequence BC (Brasseler, Savannah, Georgia, ABD), iRoot SP (Innovative BioCeramix Inc, Vancouver, Kanada) ve MTA-Fillapex (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, Brezilya) taze karıştırıldığında orta derecede toksite göstermiş; ancak sitotoksite tamamen sertleşene kadar zamanla azalmıştır(Salles et al., 2012)(Fonseca et al., 2019). Biyouyumluluğun in vitro değerlendirmeleri bir materyalin sitotoksitesinin bir göstergesi olabilse de in vitro immünolojik eksiklikler dikkate alınmalıdır. ZOE patlar gibi bazı kanal patlarının in vitro ciddi sitotoksiteye sahip olduğu gösterilmiştir; ancak bu tür toksitenin klinik olarak anlamlı olması şart görülmemektedir (Cotton et al., 2008).

MTA-Fillapex'in taze karıştırıldığında fibroblast hücreleri üzerinde ciddi sitotoksik etkiye sahip olduğu, üstelik bu etkinin zamanla azalmadığı, sitotoksite seviyesinin karıştırmadan beş hafta sonra bile orta düzeyde kaldığı rapor edilmiştir (Vitti et al., 2013).

Periapikal Doku İyileşmesi

Yapılan bir çalışmada Capseal I ve Capseal II patların diğerlerine kıyasla daha az doku tahrişi ve daha az inflamasyon ürettiği gösterilmiştir(Bae et al., 2010)(Bryan et al., 2010) . Shon ve ark Capseal I ve Capseal II'nin etkilerini Sankin apatit pat (tip I ve tip III) ve ZOE bazlı pat (Pulp Canal Sealer) ile karşılaştırarak incelemişlerdir(Shon et al., 2012). Araştırmacılar, enflamatuar medyatörler yoluyla enflamatuar yanıtı ve osteoblast MG63 hücrelerinin canlılığını ve osteojenik potansiyelini ölçmeden önce

insan periodontal fibroblast hücrelerini çeşitli patlara maruz bırakmışlar, Capseal I ve Capseal II'nin düşük sitotoksositeye sahip olduğunu ve periodontal ligament hücrelerinden hücresel medyatörleri ve osteoblast farklılaşmasını düzenleyerek periapikal dentoalveolar iyileşmeyi kolaylaştırdığını bulmuşlardır(Shon et al., 2012).

Antimikrobiyal özellik

Biyoseramik esaslı kanal patlarının antibakteriyel aktivitesini değerlendirmek için yaygın olarak iki yöntem kullanılır: agar difüzyon testi ve doğrudan temas testi (H. Zhang et al., 2009)(Morgental et al., 2011).

EndoSequence BC patların yüksek pH'a (>11) sahip olmasının yanı sıra kalsiyum iyonlarını salma eğilimlerinin de yüksek olduğu gösterilmiştir. Zhang ve ark , modifiye doğrudan temas testi ile iRoot SP patın *Enterococcus faecalis*'e karşı in vitro antibakteriyel aktivitesini test etmiş ve iRoot SP patın sertleştikten sonra bile yüksek pH değerine (11,5) sahip olduğunu ancak antibakteriyel etkisinin yedi gün sonra büyük ölçüde azaldığını belirtmiştir. Araştırmacılar, iRoot SP'nin antibakteriyel etkinliği ile ilişkili iki ek mekanizmayı öne sürmüşlerdir: hidrofiliklik ve aktif kalsiyum hidroksit difüzyonu(H. Zhang et al., 2009). Hidrofiliklik patın temas açısını azaltır ve patın kök kanal sisteminin ince bölgelerine nüfuz etmesini kolaylaştırarak patın antibakteriyel etkinliğini artırır(H. Zhang et al., 2009).

Morgental ve ark, MTA-Fillapex ve Endo CPM (EGEO, SRL, Buenos Aires, Arjantin) patlarının *Enterococcus faecalis*'e karşı antibakteriyel aktivitesini karıştırma sonrasında agar difüzyon testi ve sertleşme sonrasında doğrudan temas testi kullanarak değerlendirmiştir(Morgental et al., 2011). Endo CPM süspansiyonunun pH'ı MTA-Fillapex'inkinden (>11) daha yüksek; ancak MTA-Fillapex tarafından üretilen bakteriyel inhibisyon bölgesi, Endo CPM tarafından üretilenden daha büyük bulunmuştur. Araştırmacılar MTA-Fillapex'in antibakteriyel aktivitesini kor

olarak resin varlığına bağlamışlardır. Bununla birlikte, her iki pat da başlangıçtaki yüksek pH seviyelerine rağmen sertleştikten sonra antibakteriyel aktivitesini sürdürememiştir(Morgental et al., 2011).

Enterococcus faecalis, apikal periodontitisten izole edilen en yaygın intraradiküler mikroorganizmadır ve bu nedenle kanal patlarının antibakteriyel aktivitesini test etmek için yaygın olarak kullanılır(Pinheiro et al., 2003). *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* ve *Streptococcus mutans* gibi diğer mikroorganizmalar da biyoseramik bazlı patların antibakteriyel etkilerini test etmek için kullanılmıştır(Tanomaru-Filho et al., 2007)(Mohammadi et al., 2012). Taze karıştırılmış Endo CPM, *Staphylococcus aureus* ve *Streptococcus mutans*'a karşı antibakteriyel aktivite sergiler ve sertleşmeden sonra inhibisyon bölgesinde önemli bir azalma olmaz. Bununla birlikte antibakteriyel etkisi AH-26'ninkinden daha azdır(Mohammadi et al., 2012). MTA Angelus'un *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Candida albicans*'a karşı antibakteriyel etkisi bulunmaktadır(Tanomaru-Filho et al., 2007).

MTA tipi materyallerin (yapıştırıcı olmayan trikalsiyum silikatlar dahil) antibakteriyel özelliklerinin değerlendirilmesi kafa karıştırıcı ve çelişkili bulunmuştur(Okabe et al., 2006). Torabinejad ve ark tarafından yapılan bir çalışmada MTA'nın fakültatif bakteriler üzerinde antimikrobiyal etkiye sahip olduğu, zorunlu anaeroblar üzerinde ise herhangi bir etkisinin olmadığı gösterilmiştir(Torabinejad et al., 1995). Çeşitli disk difüzyon çalışmaları, MTA ve Portland çimentosunun *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* ve *Candida albicans* gibi türler üzerinde çok az veya hiç önleyici etkisinin olmadığını göstermiştir(Bammann et al., 2000).

Çalışma süresi

Kalsiyum silikat bazlı EndoSequence BC patı veya iRoot SP'nin üreticilerine göre sertleşme reaksiyonu, dentin tübüllerindeki

nemin varlığıyla katalize olur. Normal sertleşme süresi dört saat iken, özellikle kanalları kuru olan hastalarda sertleşme süresi oldukça uzun olabilmektedir (AL-Haddad & Che Ab Aziz, 2016). Dentin tübüllerinde mevcut olan nem miktarı, kağıt koni emiliminden, smear tıkaçlarının varlığından veya tübüler sklerozdan etkilenebilmektedir(Paqué et al., 2006).

Loushine ve ark , EndoSequence BC patının farklı nem koşulları altında tamamen sertleşmesini değerlendirdikleri çalışmalarında en az 168 saat gerektiğini bildirmiştir(Loushine et al., 2011). Zhou ve ark ise 2,7 saatlik bir sertleşme süresi bildirmiştir(Zhou et al., 2013).

EndoSequence BC patın sertleşmesi iki fazlı bir reaksiyondur. Faz I'de monobazik kalsiyum fosfat, su varlığında kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girerek su ve hidroksiapatit üretir. Faz II'de, dentin neminden türetilen su ve faz I reaksiyonu tarafından üretilen su, kalsiyum silikat hidrat fazını tetiklemek için kalsiyum silikat parçacıklarının hidrasyonuna katkıda bulunur(Loushine et al., 2011).

MTA-Fillapex'in üreticisi, en az iki saat içinde sertleşme olacağını iddia etmiş ve bu süre en az iki çalışmada doğrulanmıştır(Zhou et al., 2013) (Vitti et al., 2013). Ancak MTA-Fillapex için daha kısa sertleşme süreleri de (66 dakika) rapor edilmiştir(Viapiana et al., 2014). MTA malzemesinin sertleşme reaksiyonu karmaşıktır ve Darvell ve Wu tarafından tartışılmıştır; ancak MTA bazlı patların sertleşme reaksiyonu literatürde açıklanmamıştır(Darvell & Wu, 2011).

Radyoopasite

Candeiro ve ark, EndoSequence BC patın radyopasitesinin 3,83 mm Alüminyuma eşdeğer olduğunu bildirmiştir(Candeiro et al., 2012). Endo CPM patı, bizmut trioksit ve baryum sülfat varlığı nedeniyle 6 mm Alüminyuma; MTA Fillapex bizmut trioksit varlığı ile 7 mm Alüminyuma eş radyopasiteye sahiptir(Guerreiro-Tanomaru et al., 2009).

Adezyon ve Mikrosızıntı

Çeşitli çalışmalar, farklı biyoseramik esaslı patların sızdırmazlık yeteneklerini in vitro olarak değerlendirmiş, kullanılan farklı metodolojilere bakılmaksızın, bu patların sızdırmazlık özelliklerinin tatmin edici olduğu ve piyasada bulunan diğer patlarla karşılaştırılabilir olduğu bulunmuştur.

Biyoseramik esaslı patlar, dentin ve kor materyalleri arasında bağ oluşturma yeteneğine sahiptir. iRoot SP'nin kök dentinine bağlanması AH Plus ile karşılaştırılabilir düzeydedir ve Sealapex veya EndoREZ patlardan daha güçlüdür(Ersahan & Aydın, 2010). Shokouhinejad ve ark, smear tabakasının varlığında ve yokluğunda EndoSequence BC patın bağlanma gücünü AH Plus ile karşılaştırarak değerlendirmiş ve EndoSequence BC patının dislokasyon direncinin AH Plus'inkine eşit olduğunu ve smear tabakası üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını bulmuştur(Shokouhinejad et al., 2013).

Nagaş ve ark, kök kanalında mevcut olan çeşitli nem koşulları altında patların bağlanma dayanımlarını inceledikleri çalışmalarında, pat bağlanma dayanımının nemli ve ıslak kanallarda en yüksek olduğunu, kalan nemin patların radiküler kanallara yapışmasını olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir(Nagas et al., 2012).

AH Plus, Epiphany ve MTA Fillapex ile karşılaştırıldığında iRoot SP, kök dentininden en yüksek yerinden çıkma direncine sahiptir. Ayrıca, kanal içine kalsiyum hidroksitin önceden yerleştirilmesi iRoot SP'nin kök dentinine bağlanmasını iyileştirmiştir; ancak bağlanma AH Plus'tan daha düşük ve kalsiyum hidroksit yokluğunda MTA-Fillapex'e benzer bulunmuştur(Wanees Amin et al., 2012). Bağlanmadaki bu iyileşme, kalsiyum hidroksit ile iRoot SP pat arasındaki kimyasal etkileşimin, patın sürtünme direncini ve/veya mikromekanik tutulmasını arttırmasıyla açıklanmaktadır(Wanees Amin et al., 2012). Endo CPM, MTA Fillapex veya AH Plus ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha yüksek bir bağlanma gücüne sahiptir(Assmann et al., 2012). Kök

kanalının koronal üçlü kısmındaki bağlanma kuvvetinin test edilmesi, MTA Fillapex, iRoot SP ve AH Plus arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Bununla birlikte, orta ve apikal üçlü kısımda iRoot SP ve AH Plus, MTA Fillapex'ten daha üstün eşdeğer bağlanma direncine sahip bulunmuştur(Assmann et al., 2012). iRoot SP'nin endodontik olarak tedavi edilen köklerin in vitro kırılma direncini arttırdığı bulunmuştur; bu durum patın yüksek bağlanma özelliğinin bir göstergesidir (Assmann et al., 2012).

Biyoseramik bazlı kök kanal patları, umut verici sonuçlar göstermektedir. Ancak bu çalışmaların sonuçlarındaki farklılıklar, bu patların ideal kök patlarından beklenen tüm şartları karşılamadığını da ortaya koymaktadır. Bu patların kullanımıyla ilgili klinik sonuçların açıklığa kavuşturulması için daha ileri ve uzun süreli çalışmalara ihtiyaç vardır.

Çözünürlük

Hem iRoot SP hem de MTA-Fillapex çözünürlükleri yüksek oranda ve sırasıyla %20,64 ve %14,89 bulunmuşlardır. Bu değerler ADA gerekliliklerini karşılamamaktadır(Donnelly et al., 2007). Bu yüksek çözünürlükten, her iki kanal patında bulunan, yüzey alanlarını artıran ve daha fazla sıvı molekülün pat ile temas etmesine izin veren, hidrofilik nano boyutlu parçacıkların sonucu olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, literatür çelişkili sonuçlar içermektedir, Viapiana ve ark MTA-Fillapex'in yüksek oranda çözünür olduğunu; Vitti ve ark ise MTA-Fillapex'in çözünürlüğünün ISO 6876/2001 ile tutarlı olarak $\leq 3\%$ olduğunu bildirmişlerdir(Viapiana et al., 2014)(Vitti et al., 2013). Benzer şekilde, EndoSequence BC'nin çözünürlüğünün ISO 6876/2001 ile tutarlı olduğu bildirilmiştir(Zhou et al., 2013). Bu çalışmaların bulguları arasındaki tutarsızlık, örneklerin çözünürlük testine tabi tutulduktan sonra kurutulmaları için kullanılan yöntemlerdeki farklılıklarına bağlanmıştır. MTA-Angelus'un ADA gereklilikleriyle tutarlı olan düşük çözünürlük özelliği, su varlığında bile bütünlüğünü koruyan, patın içindeki çözünmeyen kristal silika matrisin sonucudur(Borges et al., 2012)(Fridland & Rosado, 2003).

Dışlerin boyanması

Partovi ve ark, Sankin apatit III'ü AH26, Endofill, Tubli-Seal ve ZOE patlarla karşılaştırıldığında, uygulamadan dokuz ay sonra en az renk değişikliğine neden olduğunu bildirmişlerdir (Partovi et al., 2006). MTA-Fillapex klinik olarak algılanamayan ölçüde en az kron renk değişikliğine neden olmuştur(Ioannidis, Mistakidis, et al., 2013).

Akışkanlık

EndoSequence BC patı için akış hızı çeşitli şekillerde 23,1 mm ve 26,96 mm olarak bildirilmiştir (Zhou et al., 2013)(International Organization for Standardization, 2001) . Benzer şekilde, MTA Fillapex'in akış hızı çeşitli şekillerde 22 mm, 24,9 mm ve 29,04 mm olarak bildirilmiştir(Zhou et al., 2013)(Vitti et al., 2013). ISO 6876/2001'e göre, bir kanal patının akış hızı 20 mm'den az olmamalıdır(International Organization for Standardization, 2001). Biyoseramik esaslı pat üreticilerinin çoğu, akış hızlarının ISO gerekliliklerini karşıladığını iddia etsede, literatür bu iddiaları desteklememektedir.

Yeniden Tedavi Edilebilirlik

Biyoseramik materyallerin önemli bir dezavantajı sertleştikten sonra kanal tedavisi yenilenmesi ya da post boşluğu hazırlamak için kök kanalından çıkarılmalarının zor olmasıdır(Mariacherng et al., 2001).

EndoSequence BC patın, ısı, kloroform, döner aletler ve el aletleri gibi geleneksel tedavi teknikleri kullanılarak kök kanalından çıkarılması zordur. Apikal foramenlerin tıkanmasının kontrollü açıklık (apical patency) kaybına yol açtığı bir dizi vaka rapor edilmiştir(Hess et al., 2011). Buna karşılık, Ersev ve ark EndoSequence BC patın kök kanalından çıkarılabilirliğinin AH Plus ile karşılaştırılabilir olduğunu bildirmiştir(Ersev et al., 2012).

Sankin apatit patının çözücüler kullanılarak ve kullanılmadan kanal tedavisi yenilenmesi sırasında kolayca çıkarıldığı bildirilmiştir(Erdemir et al., 2003).

MTA-Fillapex ile AH Plus yenileme tedavisinde, kanalda kalan malzeme, dentin çıkarma ve çalışma uzunluğuna ulaşmak için geçen süre açısından karşılaştırılabilir bulunmuşlardır(Neelakantan et al., 2013).

Silikon Esaslı Kanal Dolgu Patları

1972'de Davis ve ark. prepare kök kanallarına enjekte edilebilir silikon ölçü materyali kullanmıştır(S. R. Davis et al., 1972). Silikon bazlı kanal patları, bir platin tuzu ve polimetilhidrojensiloksan içeren polimetilvinilsiloksandan oluşur; ayrıca polidimetilsiloksan zincirine bağlı vinil grupları ile polimer oluşturan polidimetilsiloksan zincirine bağlı hidrosil grupları arasında ilave reaksiyonla sertleşir(Shen C, 2013). GuttaFlow (Roeko/Coltène/Whaledent, Langenau, Almanya), GuttaFlow 2 ve RoekoSeal (Roeko/Coltène/Whaledent, Langenau, Almanya) silikon bazlı kanal dolgu patlarına örnektir(Zhou et al., 2013)(Gandolfi et al., 2016). GuttaFlow tritüratörle karıştırılır ve tek bir ana kon kullanılmasını gerektirir; GuttaFlow 2 ve RoekoSeal ise otomatik olarak karıştırılır.

Biyouyumluluk

Silikon kanal patlarının faydalı özellikleri biyouyumluluk olarak kabul edilir. Yapılan bir çalışmada fibroblast süspansiyon kültürlerinin ilk 11 günü boyunca epoksi resin patlarla (AH 26 ve AH Plus) karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha düşük sitotoksosite göstermiş, 24 saat sonra benzer sitotoksosite değerleri ölçülmüştür(Briseño & Willershausen, 1991). GuttaFlow'un bir fibroblast inkübasyon testinde biyolojik olarak uyumlu olduğu gösterilmiştir(Wainstein et al., 2016).

Genotoksisite

RoekoSeal, kuyruklu yıldız tahlili kullanarak V79 hücrelerinde zamana bağlı pozitif genotoksisite sonuçları göstermiş ve GuttaFlow, hPB lenfositlerinde kromozomal değişiklik analizi ve kuyruklu yıldız tahlili gerçekleştirerek negatif sonuçlar göstermiştir(Gambarini & Tagger, 1996) (Staehle et al., 1995).

Periapikal Doku İyileşmesi

Endodontik tedavi sonrasında apikal periodontitis iyileşmesinin değerlendirildiği çalışmada, silikon bazlı ve ZOE bazlı patlar karşılaştırılmış; iyileşmede aralarında anlamlı bir fark görülmediği bildirilmiştir(Huumonen et al., 2003).

Antimikrobiyal Özellik

Genel olarak silikon bazlı patlar antimikrobiyal değildir. Enterococcus faecalis ile GuttaFlow 2 kullanılarak yapılan bir inhibisyon bölgesi çalışması, pat kullanılmayan kontrol gruplarıyla aynı sonuçları vermiştir(Wainstein et al., 2016). Kapralos ve ark. GuttaFlow 2 ve RoekoSeal'in Streptococcus mutans, Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis ve Enterococcus faecalis'in planktonik büyümesine veya 24 saatlik biyofilmlerine karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olmadığını göstermiştir(Kapralos et al., 2018).

Çalışma süresi

GuttaFlow'un 17,4 dakikalık sertleşme süresine sahip olduğu bulunmuştur; bu değerlendirilen patlar arasında en kısa sertleşme süresidir. Roeko Seal ise 15 dk çalışma süresi ve 25-30 dk sertleşme süresine sahiptir(Donnelly et al., 2007).

Radyoopasite

ZOE bazlı (Endofill), kalsiyum hidroksit bazlı (Sealapex), iki rezin bazlı (Sealer 26 ve AH Plus) ve silikon bazlı (Roeko Seal)

patların radyoopasitelerinin değerlendirildiği bir çalışmada, Roeko Seal, Endofill, Sealer 26 patları orta derecede radyoopasite değerleri göstermiştir(Tanomaru et al., 2004).

Mikrosızıntı

Bouillaguet ve ark. Kanal dolunun 6. saatinde sıvı filtrasyon yöntemiyle AH Plus'ta 0,17 μ L/dk, GuttaFlow'da ise 0,08 μ L/dk mikrosızıntı tespit etmişlerdir. Bu alışma için GuttaFlow, 6. saat içinde AH Plus'tan 0,47 kat daha fazla mikrosızıntıya sahip bulunmuştur(Fridland & Rosado, 2003).

Kanal patlarının mikrosızıntılarının karşılaştırıldığı bir başka çalışmada RoekoSeal ve GuttaFlow'u içeren silikon bazlı materyaller göreceli olarak en düşük ikinci mikro sızıntıya sahip bulunmuştur. Bu materyaller düşük yüzey gerilimine sahip oldukları için yüksek akıcılık ve düşük film kalınlığı özellikleri göstererek patın karmaşık anatomiye doldurmasına olanak sağlar(Fridland & Rosado, 2003). Bir başka çalışmada da Roekoseal mikrosızıntıya karşı Grossman patından daha başarılı bulunmuştur(Genoglu et al., 2003).

AH Plus dışındaki epoksi resin patlar, AH 26 ve MM Seal, silikon pat ile hemen hemen aynı düşük sızıntı özelliği göstermişlerdir; aynı zamanda bu iki pat AH Plus'tan daha iyi bir sızdırmazlık performansı göstermiştir(Royer et al., 2013).

Çözünürlük

RoekoSeal, AH 26, AH Plus ve Diaket suda 28 gün saklandıktan sonra bile %3'ten az ağırlık kaybı gösterdiği bildirilmiştir(Schfer & Zandbiglari, 2003).

GuttaFlow'un sudaki çözünürlüğü %0,13 olarak belirtilmiştir ve bu değer ADA ve ISO spesifikasyonlarını karşılamaktadır (Fridland & Rosado, 2003).

Dişlerin Boyanması

Silikon bazlı patların renk değıştirme potansiyeline ilişkin Ioannidis ve ark nın in vitro şartlar altında spektrofotometrik analiz kullanarak yaptıkları çalışmada, GuttaFlow ile doldurulan dişlerde, AH-26 ve Epiphany ile karşılaştırılabilecek düzeyde klinik açıdan anlamlı bir renk değışikliği olmadığını göstermişlerdir(Ioannidis, Beltes, et al., 2013).

Kaynakça

Ahlberg, K. M. F., & Tay, W. -M. (1998). A methacrylate-based cement used as a root canal sealer. *International Endodontic Journal*, 31(1), 15–21. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1998.t01-1-00118.x>

Alaçam, T. (2012). *Endodonti*.

Al-Assaf, K., Chakmakchi, M., Palaghias, G., Karanika-Kouma, A., & Eliades, G. (2007). Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentine. *Dental Materials*, 23(7), 829–839. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.06.023>

AL-Haddad, A., & Che Ab Aziz, Z. A. (2016). Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International Journal of Biomaterials*, 2016, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2016/9753210>

Allan, N., Walton, R., & Schaffer, M. (2001). Setting Times for Endodontic Sealers Under Clinical Usage and In Vitro Conditions. *Journal of Endodontics*, 27(6), 421–423. <https://doi.org/10.1097/00004770-200106000-00015>

Alonso FS, Gomes CC, Freitas LF, Gomes IC, Pinto SS, & Penina P. (2005). Comparative analysis of the flow rate of two endodontal cements: Endofill e AH plus. *UFES Rev. Odontol*.

ANSI/ADA. (2000). Specification No 57 Endodontic Sealing Material. In *ADA Publishing*.

Araki, K., Suda, H., & Spångberg, L. S. W. (1994). Indirect longitudinal cytotoxicity of root canal sealers on L929 cells and human periodontal ligament fibroblasts. *Journal of Endodontics*, 20(2), 67–70. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81183-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81183-0)

Assmann, E., Scarparo, R. K., Böttcher, D. E., & Grecca, F. S. (2012). Dentin Bond Strength of Two Mineral Trioxide Aggregate-based and One Epoxy Resin-based Sealers. *Journal of Endodontics*, 38(2), 219–221. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.10.018>

Atmeh, A. R., Chong, E. Z., Richard, G., Festy, F., & Watson, T. F. (2012). Dentin-cement Interfacial Interaction. *Journal of Dental Research*, 91(5), 454–459. <https://doi.org/10.1177/0022034512443068>

Bae, W.-J., Chang, S.-W., Lee, S.-I., Kum, K.-Y., Bae, K.-S., & Kim, E.-C. (2010). Human Periodontal Ligament Cell Response to a Newly Developed Calcium Phosphate-based Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, 36(10), 1658–1663. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.06.022>

Bammann, L., Estrela, C., Silva, R., & Pécora, J. (2000). Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. *Brazilian Dental Journal*, 11, 3–9.

Bayırlı, G. (2013). Kalsiyum Hidroksit İle Kanal Tedavisi. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 13(4), 302–309.

Belli, S., Ozcan, E., Derinbay, O., & Eldeniz, A. U. (2008). A comparative evaluation of sealing ability of a new, self-etching, dual-curable sealer: Hybrid Root SEAL (MetaSEAL). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 106(6), e45–e52. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.07.027>

Berg, J., & Croll, T. (2015). Glass Ionomer Restorative Cement Systems: An Update. *Pediatric Dentistry*, 37, 116–124.

Bergenholtz, G., Lekholm, U., Milthorpe, R., Heden, G., Ödesjö, B., & Engström, B. (1979). Retreatment of endodontic fillings. *European Journal of Oral Sciences*, 87(3), 217–224. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1979.tb00675.x>

Best, S., Porter, A., Thian, E. S., & Huang, J. (2008). Bioceramics: Past, Present and for the Future. *Journal of the European Ceramic Society*, 28, 1319–1327. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2007.12.001>

Bodanezi, A., Munhoz, E. A., Capelozza, A. L. Á., Bernardineli, N., Moraes, I. G. de, Garcia, R. B., & Bramante, C. M. (2012). Influence of root canal sealer on the radiographic appearance of filling voids in maxillary single-rooted teeth. *Journal of Applied Oral Science*, 20(4), 404–409. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572012000400003>

Bodanezi, A., Pereira, A. L., Munhoz, E. A., Bernardineli, N., Moraes, I. G. de, & Bramante, C. M. (2010). Digital radiopacity measurement of different resin- and zinc oxide-based root canal sealers. *Revista Odonto Ciência (Online)*, 25(1), 74–77. <https://doi.org/10.1590/S1980-65232010000100015>

Bodrumlu, E., Sumer, A. P., & Gungor, K. (2007). Radiopacity of a new root canal sealer, epiphany. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 104(5), e59–e61. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2007.05.031>

Boiesen, J., & Brodin, P. (1991). Neurotoxic effect of two root canal sealers with calcium hydroxide on rat phrenic nerve *in vitro*. *Dental Traumatology*, 7(6), 242–245. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1991.tb00210.x>

Borges, R. P., Sousa-Neto, M. D., Versiani, M. A., Rached-Júnior, F. A., De-Deus, G., Miranda, C. E. S., & Pécora, J. D. (2012). Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *International Endodontic Journal*, 45(5), 419–428. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01992.x>

Bouillaguet, S., Troesch, S., Wataha, J. C., Krejci, I., Meyer, J.-M., & Pashley, D. H. (2003). Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dental Materials*, 19(3), 199–205. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(02\)00030-1](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(02)00030-1)

Bouillaguet, S., Wataha, J. C., Hanks, C. T., Ciucchi, B., & Holz, J. (1996). In vitro cytotoxicity and dentin permeability of HEMA. *Journal of Endodontics*, 22(5), 244–248. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80141-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80141-X)

Bouillaguet, S., Wataha, J. C., Lockwood, P. E., Galgano, C., Golay, A., & Krejci, I. (2004). Cytotoxicity and sealing properties of four classes of endodontic sealers evaluated by succinic dehydrogenase activity and confocal laser scanning microscopy. *European Journal of Oral Sciences*, 112(2), 182–187. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00115.x>

Bouillaguet, S., Wataha, J. C., Tay, F. R., Brackett, M. G., & Lockwood, P. E. (2006). Initial In Vitro Biological Response to Contemporary Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, 32(10), 989–992. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.05.006>

Branstetter, J., & von Fraunhofer, J. A. (1982). The physical properties and sealing action of endodontic sealer cements: a review of the literature. *Journal of Endodontics*, 8(7), 312–316. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(82\)80280-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(82)80280-X)

Briseño, B. M., & Willershausen, B. (1991). Root canal sealer cytotoxicity on human gingival fibroblasts: II. Silicone- and resin-based sealers. *Journal of Endodontics*, 17(11), 537–540. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81718-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81718-8)

Britto, L., Borer, R., Vertucci, F., Haddix, J., & Gordan, V. (2002). Comparison of the Apical Seal Obtained by a Dual-Cure Resin Based Cement or an Epoxy Resin Sealer with or without the Use of an Acidic Primer. *Journal of Endodontics*, 28(10), 721–723. <https://doi.org/10.1097/00004770-200210000-00010>

Bryan, T. E., Khechen, K., Brackett, M. G., Messer, R. L. W., El-Awady, A., Primus, C. M., Gutmann, J. L., & Tay, F. R. (2010). In Vitro Osteogenic Potential of an Experimental Calcium Silicate-based Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, 36(7), 1163–1169. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.03.034>

Byström, A., Claesson, R., & Sundqvist, G. (1985). The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Dental Traumatology*, 1(5), 170–175. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1985.tb00652.x>

Caicedo, R., & von Fraunhofer, J. A. (1988). The properties of endodontic sealer cements. *Journal of Endodontics*, 14(11), 527–534. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80084-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80084-0)

Candeiro, G. T. de M., Correia, F. C., Duarte, M. A. H., Ribeiro-Siqueira, D. C., & Gavini, G. (2012). Evaluation of Radiopacity, pH, Release of Calcium Ions, and Flow of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, 38(6), 842–845. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.029>

Chohayeb, A. A., Chow, L. C., & Tsaknis, P. J. (1987). Evaluation of calcium phosphate as a root canal sealer-filler material. *Journal of Endodontics*, 13(8), 384–387. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80198-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80198-X)

Chowdhary, D., Siddiqui, S., Anwar, S. Z., & Munir, A. (2022). *Recent Advancements In Obturating Materials* (First). Dentomed Publishing House.

Cintra, L. T. A., Benetti, F., de Azevedo Queiroz, Í. O., Ferreira, L. L., Massunari, L., Bueno, C. R. E., de Oliveira, S. H. P., & Gomes-Filho, J. E. (2017). Evaluation of the Cytotoxicity and Biocompatibility of New Resin Epoxy-based Endodontic Sealer Containing Calcium Hydroxide. *Journal of Endodontics*, 43(12), 2088–2092. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.07.016>

Cohen, T., Gutmann, J. L., & Wagner, M. (1985). An assessment *in vitro* of the sealing properties of Calciobiotic Root Canal Sealer. *International Endodontic Journal*, 18(3), 172–178. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1985.tb00436.x>

Cotton, T. P., Schindler, W. G., Schwartz, S. A., Watson, W. R., & Hargreaves, K. M. (2008). A Retrospective Study Comparing Clinical Outcomes after Obturation with Resilon/Epiphany or Gutta-Percha/Kerr Sealer. *Journal of Endodontics*, 34(7), 789–797. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.03.018>

Crisp, S., Lewis, B. G., & Wilson, A. D. (1976). Characterization of glass-ionomer cements. *Journal of Dentistry*, 4(6), 287–290. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(76\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(76)80008-5)

Cui, H., Kei, L., Wei, S., Cheung, G., Tay, F., & Pashley, D. (2002). The influence of hygroscopic expansion of resin-based restorative materials on artificial gap reduction. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 4, 61–71.

Cunha, R. S., De Martin, A. S., Barros, P. P., da Silva, F. M., de Castilho Jacinto, R., & da Silveira Bueno, C. E. (2007). In Vitro Evaluation of the Cleansing Working Time and Analysis of the Amount of Gutta-Percha or Resilon Remnants in the Root Canal Walls after Instrumentation for Endodontic Retreatment. *Journal of Endodontics*, 33(12), 1426–1428. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.07.004>

da Silva, L. A. B., Leonardo, M. R., da Silva, R. S., Assed, S., & Guimarães, L. F. L. (1997). Calcium hydroxide root canal sealers: evaluation of pH, calcium ion concentration and conductivity. *International Endodontic Journal*, 30(3), 205–209. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1997.00079.x>

Dahl, J. E. (2005). Toxicity of endodontic filling materials. *Endodontic Topics*, 12(1), 39–43. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00196.x>

Darvell, B. W., & Wu, R. C. T. (2011). “MTA”—An Hydraulic Silicate Cement: Review update and setting reaction. *Dental Materials*, 27(5), 407–422. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.02.001>

Davis, S. R., Brayton, S. M., & Goldman, M. (1972). The morphology of the prepared root canal: A study utilizing injectable silicone. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 34(4), 642–648. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(72\)90348-9](https://doi.org/10.1016/0030-4220(72)90348-9)

Davis, M., Walton, R., & Rivera, E. (2002). Sealer Distribution in Coronal Dentin. *Journal of Endodontics*, 28(6), 464–466. <https://doi.org/10.1097/00004770-200206000-00012>

De Gee, A. J., Wu, M., & Wesselink, P. R. (1994). Sealing properties of Ketac-Endo glass ionomer cement and AH26 root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 27(5), 239–244. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1994.tb00262.x>

Demunck, J. (2004). Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dental Materials*, 20(10), 963–971. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.03.002>

Desai, S., & Chandler, N. (2009). Calcium Hydroxide–Based Root Canal Sealers: A Review. *Journal of Endodontics*, 35(4), 475–480. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.026>

Donnelly, A., Sword, J., Nishitani, Y., Yoshiyama, M., Agee, K., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2007). Water Sorption and Solubility of Methacrylate Resin–based Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 33(8), 990–994. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.03.021>

Dorozhkin, S. V. (2010). Calcium Orthophosphates as Bioceramics: State of the Art. *Journal of Functional Biomaterials*, 1(1), 22–107. <https://doi.org/10.3390/jfb1010022>

Duggan, D., Arnold, R. R., Teixeira, F. B., Caplan, D. J., & Tawil, P. (2009). Periapical Inflammation and Bacterial Penetration After Coronal Inoculation of Dog Roots Filled With RealSeal 1 or Thermafil. *Journal of Endodontics*, 35(6), 852–857. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.050>

Economides, N., Kokorikos, I., Kolokouris, I., Panagiotis, B., & Gogos, C. (2004). Comparative Study of Apical Sealing Ability of a New Resin-Based Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, 30(6), 403–405. <https://doi.org/10.1097/00004770-200406000-00006>

Erdemir, A., Adanir, N., & Belli, S. (2003). In vitro evaluation of the dissolving effect of solvents on root canal sealers. *Journal of Oral Science*, 45(3), 123–126. <https://doi.org/10.2334/josnurd.45.123>

Ersahan, S., & Aydin, C. (2010). Dislocation Resistance of iRoot SP, a Calcium Silicate–based Sealer, from Radicular Dentine. *Journal of Endodontics*, 36(12), 2000–2002. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.037>

Ersev, H., Yılmaz, B., Dinçol, M. E., & Dağlaroğlu, R. (2012). The efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment instrumentation to remove single gutta-percha cones cemented with several endodontic sealers. *International Endodontic Journal*, 45(8), 756–762. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02032.x>

Ezzie, E., Fleury, A., Solomon, E., Spears, R., & He, J. (2006). Efficacy of Retreatment Techniques for a Resin-Based Root Canal Obturation Material. *Journal of Endodontics*, 32(4), 341–344. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.09.010>

FDA. (1992). FDA explains status of N2 material. *J Am Dent Assoc*, 236–237.

Filipov, I. A., & Vladimirov, S. B. (2006). Residual monomer in a composite resin after light-curing with different sources, light intensities and spectra of radiation. *Brazilian Dental Journal*, 17(1), 34–38. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402006000100008>

Finer, Y., & Santerre, J. P. (2004). Salivary Esterase Activity and Its Association with the Biodegradation of Dental Composites. *Journal of Dental Research*, 83(1), 22–26. <https://doi.org/10.1177/154405910408300105>

Fonseca, D. A., Paula, A. B., Marto, C. M., Coelho, A., Paulo, S., Martinho, J. P., Carrilho, E., & Ferreira, M. M. (2019). Biocompatibility of Root Canal Sealers: A Systematic Review of In Vitro and In Vivo Studies. *Materials*, 12(24), 4113. <https://doi.org/10.3390/ma12244113>

Forsten, L. (1977). Fluoride release from a glass ionomer cement. *European Journal of Oral Sciences*, 85(6), 503–504. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1977.tb00586.x>

Friedman, S., Moshonov, J., & Trope, M. (1992). Efficacy of removing glass ionomer cement, zinc oxide eugenol, and epoxy resin sealers from retreated root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 73(5), 609–612. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(92\)90108-3](https://doi.org/10.1016/0030-4220(92)90108-3)

Fridland, M., & Rosado, R. (2003). Mineral Trioxide Aggregate (MTA) Solubility and Porosity with Different Water-to-Powder Ratios. *Journal of Endodontics*, 29(12), 814–817. <https://doi.org/10.1097/00004770-200312000-00007>

Gambarini, G., & Tagger, M. (1996). Sealing ability of a new hydroxyapatite-containing endodontic sealer using lateral condensation and thermatic compaction of gutta-percha, in vitro. *Journal of Endodontics*, 22(4), 165–167. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80093-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80093-8)

Gandolfi, M. G., Siboni, F., & Prati, C. (2016). Properties of a novel polysiloxane-guttapercha calcium silicate-bioglass-containing root canal sealer. *Dental Materials*, 32(5), e113–e126. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.03.001>

Garrido, A. D. B., Lia, R. C. C., França, S. C., Da Silva, J. F., Astolfi-Filho, S., & Sousa-Neto, M. D. (2010). Laboratory evaluation of the physicochemical properties of a new root canal sealer based on Copaifera multijuga oil-resin. *International Endodontic Journal*, 43(4), 283–291. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01678.x>

Gençoğlu, N., Türkmen, C., & Ahiskali, R. (2003). A new silicon-based root canal sealer (Roekoseal[®]-Automix). *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(7), 753–757. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2003.01105.x>

Ginebra, M. P., Fernández, E., De Maeyer, E. A. P., Verbeeck, R. M. H., Boltong, M. G., Ginebra, J., Driessens, F. C. M., & Planell, J. A. (1997). Setting Reaction and Hardening of an Apatitic Calcium Phosphate Cement. *Journal of Dental Research*, 76(4), 905–912. <https://doi.org/10.1177/00220345970760041201>

Gogos, C., Economides, N., Stavrianos, C., Kolokouris, I., & Kokorikos, I. (2004). Adhesion of a New Methacrylate Resin-Based Sealer to Human Dentin. *Journal of Endodontics*, 30(4), 238–240. <https://doi.org/10.1097/00004770-200404000-00014>

Grande, N., Plotino, G., Lavorgna, L., Ioppolo, P., Bedini, R., Pameijer, C., & Somma, F. (2007). Influence of Different Root Canal-Filling Materials on the Mechanical Properties of Root Canal Dentin. *Journal of Endodontics*, 33(7), 859–863. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.02.018>

Grossman, L. I. (1976). Physical properties of root canal cements. *Journal of Endodontics*, 2(6), 166–175. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(76\)80059-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(76)80059-3)

Guerreiro- Tanomaru, J. M., Duarte, M. A. H., Gonçalves, M., & Tanomaru-Filho, M. (2009). Radiopacity evaluation of root canal sealers containing calcium hydroxide and MTA. *Brazilian Oral Research*, 23(2), 119–123. <https://doi.org/10.1590/S1806-83242009000200005>

Hammad, M., Qualtrough, A., & Silikas, N. (2008a). Extended Setting Shrinkage Behavior of Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, 34(1), 90–93. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.10.014>

Hammad, M., Qualtrough, A., & Silikas, N. (2008b). Three-dimensional Evaluation of Effectiveness of Hand and Rotary Instrumentation for Retreatment of Canals Filled with Different Materials. *Journal of Endodontics*, 34(11), 1370–1373. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.07.024>

Han, L., & Okiji, T. (2011). Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate–based endodontic materials into root canal dentine. *International Endodontic Journal*, 44(12), 1081–1087. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01924.x>

Heling, I., & Chandler, N. P. (1996). The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 22(5), 257–259. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80144-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80144-5)

Hess, D., Solomon, E., Spears, R., & He, J. (2011). Retreatability of a Bioceramic Root Canal Sealing Material. *Journal of Endodontics*, 37(11), 1547–1549. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.08.016>

Hiraishi, N., Yiu, C. K. Y., King, N. M., & Tay, F. R. (2009). Antibacterial Effect of Experimental Chlorhexidine-releasing Polymethyl Methacrylate–based Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 35(9), 1255–1258. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.06.019>

Hovland, E. J., & Dumsha, T. C. (1985). Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex. *International Endodontic Journal*, 18(3), 179–182. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1985.tb00437.x>

Huang, F. -M., Tai, K. -W., Chou, M. -Y., & Chang, Y. -C. (2002). Cytotoxicity of resin-, zinc oxide–eugenol-, and calcium hydroxide-based root canal sealers on human periodontal ligament cells and permanent V79 cells. *International Endodontic Journal*, 35(2), 153–158. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00459.x>

Huffman, B. P., Mai, S., Pinna, L., Weller, R. N., Primus, C. M., Gutmann, J. L., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2009). Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *International Endodontic Journal*, 42(1), 34–46. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01490.x>

Hume, W. R. (1984a). An Analysis of the Release and the Diffusion Through Dentin of Eugenol from Zinc Oxide-Eugenol Mixtures. *Journal of Dental Research*, 63(6), 881–884. <https://doi.org/10.1177/00220345840630061301>

Hume, W. R. (1984b). Basic Biological Sciences Effect of Eugenol on Respiration and Division in Human Pulp, Mouse Fibroblasts, and Liver Cells in vitro. *Journal of Dental Research*, 63(11), 1262–1265. <https://doi.org/10.1177/00220345840630110101>

Hume, W. R., & Mount, G. J. (1988). In vitro Studies on the Potential for Pulpal Cytotoxicity of Glass-Ionomer Cements. *Journal of Dental Research*, 67(6), 915–918. <https://doi.org/10.1177/00220345880670060501>

Huomonen, S., Lenander-Lumikari, M., Sigurdsson, A., & Ørstavik, D. (2003). Healing of apical periodontitis after endodontic treatment: a comparison between a silicone-based and a zinc oxide-eugenol-based sealer. *International Endodontic Journal*, 36(4), 296–301. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00651.x>

Imai, Y., & Komabayashi, T. (2003). Properties of a New Injectable Type of Root Canal Filling Resin with Adhesiveness to Dentin. *Journal of Endodontics*, 29(1), 20–23. <https://doi.org/10.1097/00004770-200301000-00006>

Imazato, S., Kuramoto, A., Takahashi, Y., Ebisu, S., & Peters, M. C. (2006). In vitro antibacterial effects of the dentin primer of Clearfil Protect Bond. *Dental Materials*, 22(6), 527–532. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.05.009>

Imazato, S., Russell, R. R. B., & McCabe, J. F. (1995). Antibacterial activity of MDPB polymer incorporated in dental resin. *Journal of Dentistry*, 23(3), 177–181. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(95\)93576-N](https://doi.org/10.1016/0300-5712(95)93576-N)

Ingle, J., Newton, C., & West, J. (2002). *Obturation of the radicular space* (Fifth). BC Decker Inc.

International Organization for Standardization. (2001). *International Organization for Standardization, "Dental root canal sealing materials," ISO 6876.*

Ioannidis, K., Beltes, P., Lambrianidis, T., Kapagiannidis, D., & Karagiannis, V. (2013). Crown Discoloration Induced by Endodontic Sealers: Spectrophotometric Measurement of Commission International de l'Eclairage's L*, a*, b* Chromatic Parameters. *Operative Dentistry*, 38(3), E91–E102. <https://doi.org/10.2341/11-266-L>

Ioannidis, K., Mistakidis, I., Beltes, P., & Karagiannis, V. (2013). Spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by MTA- and ZnOE-based sealers. *Journal of Applied Oral Science*, 21(2), 138–144. <https://doi.org/10.1590/1678-7757201302254>

Ishimura, H., Yoshioka, T., & Suda, H. (2007). Sealing Ability of New Adhesive Root Canal Filling Materials Measured by New Dye Penetration Method. *Dental Materials Journal*, 26(2), 290–295. <https://doi.org/10.4012/dmj.26.290>

Jainaen, A., Palamara, J. E. A., & Messer, H. H. (2007). Push-out bond strengths of the dentine–sealer interface with and without a main cone. *International Endodontic Journal*, 40(11), 882–890. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01308.x>

Jainaen, A., Palamara, J. E. A., & Messer, H. H. (2009). The effect of resin-based sealers on fracture properties of dentine. *International Endodontic Journal*, 42(2), 136–143. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01496.x>

Jean, A., Kerebel, B., Kerebel, L.-M., Legeros, R. Z., & Hamel, H. (1988). Effects of various calcium phosphate biomaterials on reparative dentin bridge formation. *Journal of Endodontics*, 14(2), 83–87. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80006-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80006-2)

Jonck, L. M., Grobbelaar, C. J., & Strating, H. (1989). Biological evaluation of glass-ionomer cement (Ketac-0) as an interface material in total joint replacement. A screening test.

Clinical Materials, 4(3), 201–224. [https://doi.org/10.1016/0267-6605\(89\)90030-9](https://doi.org/10.1016/0267-6605(89)90030-9)

Kaplan, A. E., Picca, M., Gonzalez, M. I., Macchi, R. L., & Molgolini, S. L. (1999). Antimicrobial effect of six endodontic sealers: an *in vitro* evaluation. *Dental Traumatology*, 15(1), 42–45. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1999.tb00748.x>

Kapralos, V., Koutroulis, A., Ørstavik, D., Sunde, P. T., & Rukke, H. V. (2018). Antibacterial Activity of Endodontic Sealers against Planktonic Bacteria and Bacteria in Biofilms. *Journal of Endodontics*, 44(1), 149–154. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.08.023>

Kataoka, H., Yoshioka, T., Suda, H., & Imai, Y. (2000). Dentin Bonding and Sealing Ability of a New Root Canal Resin Sealer. *Journal of Endodontics*, 26(4), 230–235. <https://doi.org/10.1097/00004770-200004000-00009>

Kazemi, R. B., Safavi, K. E., & Spångberg, L. S. W. (1993). Dimensional changes of endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 76(6), 766–771. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(93\)90050-E](https://doi.org/10.1016/0030-4220(93)90050-E)

Kim, Y. K., Grandini, S., Ames, J. M., Gu, L., Kim, S. K., Pashley, D. H., Gutmann, J. L., & Tay, F. R. (2010). Critical Review on Methacrylate Resin-based Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 36(3), 383–399. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.10.023>

Kim, J., Baek, S., & Bae, K. (2004). In Vivo Study on the Biocompatibility of Newly Developed Calcium Phosphate-Based Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 30(10), 708–711. <https://doi.org/10.1097/01.DON.0000125318.90702.01>

Kokkas, A., Boutsoukis, A., Vassiliadis, L., & Stavrianos, C. (2004). The Influence of the Smear Layer on Dentinal Tubule Penetration Depth by Three Different Root Canal Sealers: An In

Vitro Study. *Journal of Endodontics*, 30(2), 100–102.
<https://doi.org/10.1097/00004770-200402000-00009>

Kolokouris, I., Economides, N., Beltes, P., & Vlemmas, I. (1998). In vivo comparison of the biocompatibility of two root canal sealers implanted into the subcutaneous connective tissue of rats. *Journal of Endodontics*, 24(2), 82–85.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(98\)80082-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(98)80082-4)

Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C., & Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental Materials Journal*, 39(5), 703–720.
<https://doi.org/10.4012/dmj.2019-288>

Krell, K. F., & Wefel, J. S. (1984). A calcium phosphate cement root canal sealer—Scanning electron microscopic analysis. *Journal of Endodontics*, 10(12), 571–576.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(84\)80103-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(84)80103-X)

Kronman, J. H., Goldman, M., Goldman, L. B., Coleman, E., & Kliment, C. K. (1979). Microbiologic evaluation of poly-HEMA root canal filling material. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 48(2), 175–177. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(79\)90057-4](https://doi.org/10.1016/0030-4220(79)90057-4)

Kurtzman, G., Norby, C., & von Fraunhofer, J. (2007). The leakage resistance of endodontic fiber obturators. *General Dentistry*, 55, 36–38.

Lai, C.-C., Huang, F.-M., Yang, H.-W., Chan, Y., Huang, M.-S., Chou, M.-Y., & Chang, Y.-C. (2001). Antimicrobial activity of four root canal sealers against endodontic pathogens. *Clinical Oral Investigations*, 5(4), 236–239. <https://doi.org/10.1007/s00784-001-0135-2>

Langeland, K., Olsson, B., & Pascon, E. A. (1981). Biological evaluation of Hydron. *Journal of Endodontics*, 7(5), 196–204.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(81\)80176-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(81)80176-8)

LAWSON, M., LOUSHINE, B., MAI, S., WELLER, R., PASHLEY, D., TAY, F., & LOUSHINE, R. (2008). Resistance of a 4-META-Containing, Methacrylate-based Sealer to Dislocation in Root Canals. *Journal of Endodontics*, 34(7), 833–837. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.03.028>

LeGeros, R., Chohayeb A, & Shulman A. (1982). Apatitic calcium phosphates: possible dental restorative materials. *Journal of Dental Research*, 61(343).

Leonardo, M. R., da Silva, L. A. B., Filho, M. T., & da Silva, R. S. (1999). Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 88(2), 221–225. [https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(99\)70119-8](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(99)70119-8)

Loushine, B. A., Bryan, T. E., Looney, S. W., Gillen, B. M., Loushine, R. J., Weller, R. N., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2011). Setting Properties and Cytotoxicity Evaluation of a Premixed Bioceramic Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, 37(5), 673–677. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.01.003>

Manhart, M. J. (1982). The calcium hydroxide method of endodontic sealing. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 54(2), 219–224. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(82\)90220-1](https://doi.org/10.1016/0030-4220(82)90220-1)

Mariacherng, A., Chow, L., & Takagi, S. (2001). In Vitro Evaluation of a Calcium Phosphate Cement Root Canal Filler/Sealer. *Journal of Endodontics*, 27(10), 613–615. <https://doi.org/10.1097/00004770-200110000-00003>

McMichen, F. R. S., Pearson, G., Rahbaran, S., & Gulabivala, K. (2003). A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *International Endodontic Journal*, 36(9), 629–635. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00701.x>

Mejàre*, I., & Mjör, I. A. (1990). Glass ionomer and resin-based fissure sealants: a clinical study. *European Journal of Oral*

Sciences, 98(4), 345–350. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1990.tb00983.x>

Meryon, S. D., & Brook, A. M. (1990). In vitro comparison of the cytotoxicity of twelve endodontic materials using a new technique. *International Endodontic Journal*, 23(4), 203–210. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1990.tb00101.x>

Mitchell, D. F., & Shankwalker, G. B. (1958). Osteogenic Potential of Calcium Hydroxide and Other Materials in Soft Tissue and Bone Wounds. *Journal of Dental Research*, 37(6), 1157–1163. <https://doi.org/10.1177/00220345580370061501>

Mickel, A., Nguyen, T., & Chogle, S. (2003). Antimicrobial Activity of Endodontic Sealers on *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 29(4), 257–258. <https://doi.org/10.1097/00004770-200304000-00006>

Miletic, I., Ribaric, S., Karlovic, Z., Jukic, S., Bosnjak, A., & Anic, I. (2002). Apical Leakage of Five Root Canal Sealers After One Year of Storage. *Journal of Endodontics*, 28(6), 431–432. <https://doi.org/10.1097/00004770-200206000-00003>

Mohammad, A. R., Younis, O., & Siskin, M. (1979). Scanning x-ray microanalysis of root canal sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 48(6), 558–560. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(79\)90303-7](https://doi.org/10.1016/0030-4220(79)90303-7)

Mohammadi, Z., & Abbott, P. V. (2009). The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *International Endodontic Journal*, 42(4), 288–302. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01540.x>

Mohammadi, Z., Giardino, L., Palazzi, F., & Shalavi, S. (2012). Antibacterial activity of a new mineral trioxide aggregate-based root canal sealer. *International Dental Journal*, 62(2), 70–73. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2011.00090.x>

Monticelli, F., Osorio, R., Mazzitelli, C., Ferrari, M., & Toledano, M. (2008). Limited Decalcification/Diffusion of Self-

adhesive Cements into Dentin. *Journal of Dental Research*, 87(10), 974–979. <https://doi.org/10.1177/154405910808701012>

Morgental, R. D., Vier-Pelisser, F. V., Oliveira, S. D., Antunes, F. C., Cogo, D. M., & Kopper, P. M. P. (2011). Antibacterial activity of two MTA-based root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 44(12), 1128–1133. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01931.x>

Mortier, E., Gerdolle, D., Jacquot, B., & Panighi, M. (2004). Importance of water sorption and solubility studies for couple bonding agent - Resin-based filling material. *Operative Dentistry*, 29, 669–676.

Murrin, J. R., Reader, A., Foreman, D. W., Beck, F. M., & Meyers, W. J. (1985). Hydron versus gutta-percha and sealer: A study of endodontic leakage using the scanning electron microscope and energy-dispersive analysis. *Journal of Endodontics*, 11(3), 101–109. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(85\)80227-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(85)80227-2)

Nagas, E., Uyanik, M. O., Eymirli, A., Cehreli, Z. C., Vallittu, P. K., Lassila, L. V. J., & Durmaz, V. (2012). Dentin Moisture Conditions Affect the Adhesion of Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 38(2), 240–244. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.027>

Nakamura, H., Sakakibara, F., Matsumoto, Y., Hirano, S., Hayakawa, H., Sakai, K., & Yip, M. (1986). Study on the cytotoxicity of root canal filling materials. *Journal of Endodontics*, 12(4), 156–160. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(86\)80054-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(86)80054-1)

Neelakantan, P., Grotra, D., & Sharma, S. (2013). Retreatability of 2 Mineral Trioxide Aggregate-based Root Canal Sealers: A Cone-beam Computed Tomography Analysis. *Journal of Endodontics*, 39(7), 893–896. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.04.022>

Nunes, V. H., Silva, R. G., Alfredo, E., Sousa-Neto, M. D., & Silva-Sousa, Y. T. C. (2008). Adhesion of Epiphany and AH Plus

sealers to human root dentin treated with different solutions. *Brazilian Dental Journal*, 19(1), 46–50. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402008000100008>

Obeid, M. F., & Nagy, M. M. (2015). Retreatability of different endodontic sealers using chemical solvents. *Tanta Dental Journal*, 12(4), 286–291. <https://doi.org/10.1016/j.tdj.2015.06.003>

Okabe, T., Sakamoto, M., Takeuchi, H., & Matsushima, K. (2006). Effects of pH on Mineralization Ability of Human Dental Pulp Cells. *Journal of Endodontics*, 32(3), 198–201. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.10.041>

Ørstavik, D. (1983). Physical properties of root canal sealers: measurement of flow, working time, and compressive strength. *International Endodontic Journal*, 16(3), 99–107. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1983.tb01307.x>

Ørstavik, D. (2005). Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics*, 12(1), 25–38. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00197.x>

Oswald, R. J., & Cohn, S. A. (1975). Systemic distribution of lead from root canal fillings. *Journal of Endodontics*, 1(2), 59–63. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(75\)80081-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(75)80081-1)

Özata, F., Önal, B., Erdilek, N., & Türkün, Ş. L. (1999). A comparative study of apical leakage of apexit, Ketac-Endo, and diaket root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 25(9), 603–604. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80317-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80317-3)

Paqué, F., Luder, H. U., Sener, B., & Zehnder, M. (2006). Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *International Endodontic Journal*, 39(1), 18–25. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.01042.x>

Parirokh, M., & Torabinejad, M. (2010). Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part I: Chemical,

Physical, and Antibacterial Properties. *Journal of Endodontics*, 36(1), 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.006>

Parsons, J., Walton, R., & Rickswilliamson, L. (2001). In Vitro Longitudinal Assessment of Coronal Discoloration from Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, 27(11), 699–702. <https://doi.org/10.1097/00004770-200111000-00012>

Partovi, M., Al-Havvaz, A. H., & Soleimani, B. (2006). In vitro computer analysis of crown discolouration from commonly used endodontic sealers. *Australian Endodontic Journal*, 32(3), 116–119. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2006.00034.x>

Patni, P. M. (2016). Stereomicroscopic Evaluation of Sealing Ability of Four Different Root Canal Sealers- An invitro Study. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/19477.8246>

Perdigao, J., Lopes, M., & Gomes, G. (2007). Interfacial Adaptation of Adhesive Materials to Root Canal Dentin. *Journal of Endodontics*, 33(3), 259–263. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.10.002>

Pinheiro, E. T., Gomes, B. P. F. A., Ferraz, C. C. R., Sousa, E. L. R., Teixeira, F. B., & Souza-Filho, F. J. (2003). Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *International Endodontic Journal*, 36(1), 1–11. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00603.x>

Pinna, L., Brackett, M. G., Lockwood, P. E., Huffman, B. P., Mai, S., Cotti, E., Dettori, C., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2008). In Vitro Cytotoxicity Evaluation of a Self-adhesive, Methacrylate Resin-based Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, 34(9), 1085–1088. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.06.020>

Pinto de Oliveira, D., Vicente Baroni Barbizam, J., Trope, M., & Teixeira, F. B. (2006). Comparison Between Gutta-Percha and Resilon Removal Using Two Different Techniques in Endodontic

Retreatment. *Journal of Endodontics*, 32(4), 362–364.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.12.006>

Pissiotis, E., & Spngberg, L. S. W. (1990). Biological evaluation of collagen gels containing calcium hydroxide and hydroxyapatite. *Journal of Endodontics*, 16(10), 468–473.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(07\)80175-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(07)80175-0)

Pitout, E., Oberholzer, T. G., Blignaut, E., & Molepo, J. (2006). Coronal Leakage of Teeth Root-Filled With Gutta-Percha or Resilon Root Canal Filling Material. *Journal of Endodontics*, 32(9), 879–881. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.02.004>

Poggio, C., Lombardini, M., Colombo, M., Dagna, A., Saino, E., Arciola, C. R., & Visai, L. (2011). Antibacterial Effects of Six Endodontic Sealers. *The International Journal of Artificial Organs*, 34(9), 908–913. <https://doi.org/10.5301/ijao.5000055>

Ray, H., & Seltzer, S. (1991). A new glass ionomer root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 17(12), 598–603.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81832-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81832-7)

Rhyme, B. H., Solomon, E. A., & Rabinowitz, J. L. (1981). Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and Hydron. *Journal of Endodontics*, 7(10), 458–461. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(81\)80306-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(81)80306-8)

Ribeiro, F. C., Souza-Gabriel, A. E., Marchesan, M. A., Alfredo, E., Silva-Sousa, Y. T. C., & Sousa-Neto, M. D. (2008). Influence of different endodontic filling materials on root fracture susceptibility. *Journal of Dentistry*, 36(1), 69–73.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2007.10.007>

Rising, D. W., Goldman, M., & Brayton, S. M. (1975). Histologic appraisal of three experimental root canal filling materials. *Journal of Endodontics*, 1(5), 172–177.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(75\)80116-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(75)80116-6)

Royer, K., Liu, X., Zhu, Q., Malmström, H., & Ren, Y. (2013). Apical and root canal space sealing abilities of resin and glass

ionomer-based root canal obturation systems. *The Chinese Journal of Dental Research : The Official Journal of the Scientific Section of the Chinese Stomatological Association (CSA)*, 16, 47–53.

Rueggeberg, F. A., & Margeson, D. H. (1990). The Effect of Oxygen Inhibition on an Unfilled/Filled Composite System. *Journal of Dental Research*, 69(10), 1652–1658. <https://doi.org/10.1177/00220345900690100501>

Saleh, I. M., Ruyter, I. E., Haapasalo, M., & Ørstavik, D. (2004). Survival of *Enterococcus faecalis* in infected dentinal tubules after root canal filling with different root canal sealers *in vitro*. *International Endodontic Journal*, 37(3), 193–198. <https://doi.org/10.1111/j.0143-2885.2004.00785.x>

Salles, L. P., Gomes-Cornélio, A. L., Guimarães, F. C., Herrera, B. S., Bao, S. N., Rossa-Junior, C., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru-Filho, M. (2012). Mineral Trioxide Aggregate-based Endodontic Sealer Stimulates Hydroxyapatite Nucleation in Human Osteoblast-like Cell Culture. *Journal of Endodontics*, 38(7), 971–976. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.018>

Santerre, J. P., Shajii, L., & Leung, B. W. (2001). Relation of Dental Composite Formulations To Their Degradation and the Release of Hydrolyzed Polymeric-Resin-Derived Products. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 12(2), 136–151. <https://doi.org/10.1177/10454411010120020401>

Sargenti, A. (1973). Debate on N2: is N2 an acceptable method of treatment? *Transaction of the International Conference on Endodontics*, 5, 176–195.

Sari, Ş., & Durutürk, L. (2007). Radiographic evaluation of periapical healing of permanent teeth with periapical lesions after extrusion of AH Plus sealer. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 104(3), e54–e59. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2007.03.024>

Saunders, W. P., Saunders, E. M., Herd, D., & Stephens, E. (1992). The use of glass ionomer as a root canal sealer—a pilot study. *International Endodontic Journal*, 25(5), 238–244. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1992.tb01156.x>

Scarpato, R. K., Grecca, F. S., & Fachin, E. V. F. (2009). Analysis of Tissue Reactions to Methacrylate Resin-based, Epoxy Resin-based, and Zinc Oxide–Eugenol Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, 35(2), 229–232. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.10.025>

Schäfer, E., & Zandbiglari, T. (2003). Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *International Endodontic Journal*, 36(10), 660–669. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00705.x>

Schirrmeister, J. F., Meyer, K. M., Hermanns, P., Altenburger, M. J., & Wrbas, K. -T. (2006). Effectiveness of hand and rotary instrumentation for removing a new synthetic polymer-based root canal obturation material (Epiphany) during retreatment. *International Endodontic Journal*, 39(2), 150–156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01066.x>

Schmalz, G. (1994). Use of cell cultures for toxicity testing of dental materials—advantages and limitations. *Journal of Dentistry*, 22, S6–S11. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(94\)90032-9](https://doi.org/10.1016/0300-5712(94)90032-9)

Schroeder, A. (1981). *Endodontics: Science and Practice*. Quintessence.

Schwartz, R. (2006). Adhesive Dentistry and Endodontics. Part 2: Bonding in the Root Canal System—The Promise and the Problems: A Review. *Journal of Endodontics*, 32(12), 1125–1134. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.08.003>

Serper, A., Üçer, O., Onur, R., & Etikan, İ. (1998). Comparative neurotoxic effects of root canal filling materials on rat sciatic nerve. *Journal of Endodontics*, 24(9), 592–594. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(98\)80116-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(98)80116-7)

Shakya, V. K. (2016). An Invitro Evaluation of Antimicrobial Efficacy and Flow Characteristics for AH Plus, MTA Fillapex, CRCS and Gutta Flow 2 Root Canal Sealer. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/20885.8351>

Shen C. (2013). *Phillips' science of dental material* (Chiayi Shen, H. Ralph Rawls, Josephine F., & Esquivel-Upshaw, Eds.; 12th ed.). Elsevier/Saunders.

Shipper, G., Orstavik, D., Teixeira, F., & Trope, M. (2004). An Evaluation of Microbial Leakage in Roots Filled with a Thermoplastic Synthetic Polymer-Based Root Canal Filling Material (Resilon). *Journal of Endodontics*, 30(5), 342–347. <https://doi.org/10.1097/00004770-200405000-00009>

Shokouhinejad, N., Gorjestani, H., Nasseh, A. A., Hoseini, A., Mohammadi, M., & Shamshiri, A. R. (2013). Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Australian Endodontic Journal*, 39(3), 102–106. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2011.00310.x>

Shon, W., Bae, K., Baek, S., Kum, K., Han, A., & Lee, W. (2012). Effects of calcium phosphate endodontic sealers on the behavior of human periodontal ligament fibroblasts and MG63 osteoblast-like cells. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 100B(8), 2141–2147. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.32779>

Siqueira, J. F., & Lopes, H. P. (1999). Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *International Endodontic Journal*, 32(5), 361–369. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1999.00275.x>

Siqueira, J. F., Rêças, I. N., & Valois, C. R. A. (2001). Apical Sealing Ability Of Five Endodontic Sealers. *Australian Endodontic Journal*, 27(1), 33–35. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2001.tb00450.x>

Siqueira, J. F., & Rôças, I. N. (2008). Clinical Implications and Microbiology of Bacterial Persistence after Treatment Procedures. *Journal of Endodontics*, 34(11), 1291-1301.e3. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.07.028>

Skidmore, L. J., Berzins, D. W., & Bahcall, J. K. (2006). An In Vitro Comparison of the Intraradicular Dentin Bond Strength of Resilon and Gutta-Percha. *Journal of Endodontics*, 32(10), 963–966. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.03.020>

Sledner, F. S., Ludlow, M. O., & Bohacek, J. R. (1991). Long-term sealing ability of a calcium hydroxide sealer. *Journal of Endodontics*, 17(11), 541–543. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81719-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81719-X)

Soares, I., Goldberg, F., Massone, E. J., & Soares, I. M. (1990). Periapical tissue response to two calcium hydroxide-containing endodontic sealers. *Journal of Endodontics*, 16(4), 166–169. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81964-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81964-3)

Sousa, C. J. A., Montes, C. R. M., Pascon, E. A., Loyola, A. M., & Versiani, M. A. (2006). Comparison of the Intraosseous Biocompatibility of AH Plus, EndoREZ, and Epiphany Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 32(7), 656–662. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.12.003>

Sousa-Neto, M. D., Silva Coelho, F. I., Marchesan, M. A., Alfredo, E., & Silva-Sousa, Y. T. C. (2005). Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er : YAG and Nd : YAG lasers. *International Endodontic Journal*, 38(12), 866–870. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.01027.x>

Staehle, H. J., Spiess, V., Heinecke, A., & Müller, H. -P. (1995). Effect of root canal filling materials containing calcium hydroxide on the alkalinity of root dentin. *Dental Traumatology*, 11(4), 163–168. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1995.tb00480.x>

Stock, C. J. (1985). Calcium hydroxide: root resorption and perio-endo lesions. *British Dental Journal*, 158(9), 325–334. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4805601>

Stuart, C. H., Schwartz, S. A., & Beeson, T. J. (2006). Reinforcement of Immature Roots with a New Resin Filling Material. *Journal of Endodontics*, 32(4), 350–353. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.08.001>

Sun, Z. L., Wataha, J. C., & Hanks, C. T. (1997). Effects of metal ions on osteoblast-like cell metabolism and differentiation. *Journal of Biomedical Materials Research*, 34(1), 29–37. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(199701\)34:1<29::AID-JBM5>3.0.CO;2-P](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(199701)34:1<29::AID-JBM5>3.0.CO;2-P)

Susini, G., About, I., Tran-Hung, L., & Camps, J. (2006). Cytotoxicity of Epiphany[®] and Resilon[®] with a root model. *International Endodontic Journal*, 39(12), 940–944. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01167.x>

Sydney, G., Mônica, F., Deonizio, M., Leonardi, D., & Batista, A. (2009). Analysis of the flow profile of six endodontic cements. *RGO : Revista Gaúcha de Odontologia*, 57.

Tagger, M., & Tagger, E. (1989). Periapical reactions to calcium hydroxide-containing sealers and AH 26[®] in monkeys. *Dental Traumatology*, 5(3), 139–146. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1989.tb00350.x>

Tagger, M., Tagger, E., Tjan, A., & Bakland, L. (2002). Measurement of Adhesion of Endodontic Sealers to Dentin. *Journal of Endodontics*, 28(5), 351–354. <https://doi.org/10.1097/00004770-200205000-00001>

Tanomaru Filho, Leonardo, Silva, & Utrilla. (1998). Effect of different root canal sealers on periapical repair of teeth with chronic periradicular periodontitis. *International Endodontic Journal*, 31(2), 85–89. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1998.00134.x>

Tanomaru, J. M. G., Cezare, L., Gonçalves, M., & Tanomaru Filho, M. (2004). Evaluation of the radiopacity of root canal sealers by digitization of radiographic images. *Journal of Applied Oral Science*, 12(4), 355–357. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572004000400019>

Tanomaru-Filho, M., Jorge, E. G., Tanomaru, J. M. G., & Gonçalves, M. (2008). Evaluation of the radiopacity of calcium hydroxide- and glass-ionomer-based root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 41(1), 50–53. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01309.x>

Tanomaru-Filho, M., Tanomaru, J. M. G., Barros, D. B., Watanabe, E., & Ito, I. Y. (2007). In vitro antimicrobial activity of endodontic sealers, MTA-based cements and Portland cement. *Journal of Oral Science*, 49(1), 41–45. <https://doi.org/10.2334/josnusd.49.41>

Tanomaru-Filho, M., Tanomaru, J. M. G., Leonardo, M. R., & Silva, L. A. B. da. (2009). Periapical repair after root canal filling with different root canal sealers. *Brazilian Dental Journal*, 20(5), 389–395. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402009000500006>

Tay, F., Loushine, R., Labrechts, P., Weller, R., & Pashley, D. (2005). Geometric Factors Affecting Dentin Bonding in Root Canals: A Theoretical Modeling Approach. *Journal of Endodontics*, 31(8), 584–589. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000168891.23486.de>

Tay F, Pashley, D., Williams, M., Raina, R., Loushine, R., Weller, R., Kimbrough, W., & King, N. (2005). Susceptibility of a Polycaprolactone-Based Root Canal Filling Material to Degradation. I. Alkaline Hydrolysis. *Journal of Endodontics*, 31(8), 593–598. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000152301.72828.61>

Tay, F. R., Loushine, R. J., Monticelli, F., Weller, R. N., Breschi, L., Ferrari, M., & Pashley, D. H. (2005). Effectiveness of Resin-Coated Gutta-Percha Cones and a Dual-Cured, Hydrophilic Methacrylate Resin-Based Sealer in Obturating Root Canals.

Journal of Endodontics, 31(9), 659–664.
<https://doi.org/10.1097/01.don.0000171942.69081.53>

Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2007). Monoblocks in Root Canals: A Hypothetical or a Tangible Goal. *Journal of Endodontics*, 33(4), 391–398. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.10.009>

Tay, F. R., Pashley, D. H., Yiu, C. K. Y., Yau, J. Y. Y., Yiu-fai, M., Loushine, R. J., Weller, R. N., Kimbrough, W. F., & King, N. M. (2005). Susceptibility of a Polycaprolactone-Based Root Canal Filling Material to Degradation. II. Gravimetric Evaluation of Enzymatic Hydrolysis. *Journal of Endodontics*, 31(10), 737–741. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000155225.40794.79>

Teixeira, F. B., Teixeira, E. C. N., Thompson, J. Y., & Trope, M. (2004). Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *The Journal of the American Dental Association*, 135(5), 646–652. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2004.0255>

Telli, C., Serper, A., Dogan, A. L., & Guc, D. (1999). Evaluation of the cytotoxicity of calcium phosphate root canal sealers by MTT assay. *Journal of Endodontics*, 25(12), 811–813. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80303-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80303-3)

Torabinejad, M., Hong, C. U., Ford, T. R. P., & Kettering, J. D. (1995). Antibacterial effects of some root end filling materials. *Journal of Endodontics*, 21(8), 403–406. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80824-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80824-1)

Torabinejad, M., Kettering, J. D., & Bakland, L. K. (1979). Evaluation of systemic immunological reactions to AH-26 root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 5(7), 196–200. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(79\)80043-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(79)80043-6)

Ulusoy, Ö. İ. A., Genç, Ö., Arslan, S., Alaçam, T., & Görgül, G. (2007). Fracture resistance of roots obturated with three different materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral*

Radiology, and Endodontology, 104(5), 705–708.
<https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2007.07.013>

Veloso, H. H. P., Santos, R. A. do, Araújo, T. P. de, Leonardi, D. P., & Baratto Filho, F. (2006). Histological analysis of the biocompatibility of three different calcium hydroxide-based root canal sealers. *Journal of Applied Oral Science*, 14(5), 376–381.
<https://doi.org/10.1590/S1678-77572006000500014>

Vermilyea, S. G., de Simon, L. B., & Huget, E. F. (1978). The rheologic properties of endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 46(5), 711–716.
[https://doi.org/10.1016/0030-4220\(78\)90468-1](https://doi.org/10.1016/0030-4220(78)90468-1)

Versiani, M. A., Carvalho-Junior, J. R., Padilha, M. I. A. F., Lacey, S., Pascon, E. A., & Sousa-Neto, M. D. (2006). A comparative study of physicochemical properties of AH Plus TM and Epiphany TM root canal sealants. *International Endodontic Journal*, 39(6), 464–471. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01105.x>

Viapiana, R., Flumignan, D. L., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Camilleri, J., & Tanomaru-Filho, M. (2014). Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified <scp>P</scp> ortland cement-based experimental endodontic sealers. *International Endodontic Journal*, 47(5), 437–448. <https://doi.org/10.1111/iej.12167>

Vitti, R. P., Prati, C., Silva, E. J. N. L., Sinhoreti, M. A. C., Zanchi, C. H., de Souza e Silva, M. G., Ogliari, F. A., Piva, E., & Gandolfi, M. G. (2013). Physical Properties of MTA Fillapex Sealer. *Journal of Endodontics*, 39(7), 915–918.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.04.015>

Wainstein, M., Morgental, R. D., Waltrick, S. B. G., Oliveira, S. D., Vier-Pelisser, F. V., Figueiredo, J. A. P., Steier, L., TAVARES, C. O., & Scarparo, R. K. (2016). In vitro antibacterial activity of a silicone-based endodontic sealer and two conventional sealers. *Brazilian Oral Research*, 30(1).
<https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0018>

Walimo, T. M. T., Boiesen, J., Eriksen, H. M., & Ørstavik, D. (2001). Clinical performance of 3 endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 92(1), 89–92. <https://doi.org/10.1067/moe.2001.116154>

Wanees Amin, S. A., Seyam, R. S., & El-Samman, M. A. (2012). The Effect of Prior Calcium Hydroxide Intracanal Placement on the Bond Strength of Two Calcium Silicate–based and an Epoxy Resin–based Endodontic Sealer. *Journal of Endodontics*, 38(5), 696–699. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.007>

Wataha, J. C., Lockwood, P. E., Bouillaguet, S., & Noda, M. (2003). In vitro biological response to core and flowable dental restorative materials. *Dental Materials*, 19(1), 25–31. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(02\)00012-X](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(02)00012-X)

Wesenberg, G., & Hals, E. (1980). The structure of experimental in vitro lesions around glass ionomer cement restorations in human teeth. *Journal of Oral Rehabilitation*, 7(2), 175–184. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1980.tb00434.x>

Wilcox, L. R., Krell, K. V., Madison, S., & Rittman, B. (1987). Endodontic retreatment: Evaluation of gutta-percha and sealer removal and canal reinstrumentation. *Journal of Endodontics*, 13(9), 453–457. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80064-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80064-X)

Williams, C., Loushine, R. J., Weller, R. N., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2006). A Comparison of Cohesive Strength and Stiffness of Resilon and Gutta-Percha. *Journal of Endodontics*, 32(6), 553–555. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.08.002>

Williams, D. F. (1986). Definitions in Biomaterials: Proceedings of a Consensus Conference of the European Society for Biomaterials, Chester, England, March 3-5. In *(No Title)*.

Wilson, A. D., & Mesley, R. J. (1972). Zinc Oxide-Eugenol Cements: III. Infrared Spectroscopic Studies. *Journal of Dental*

Research, 51(6), 1581–1588.
<https://doi.org/10.1177/00220345720510061301>

Yoshikawa, M., Hayami, S., Tsuji, I., & Toda, T. (1997). Histopathological study of a newly developed root canal sealer containing tetracalcium-dicalcium phosphates and 1.0% chondroitin sulfate. *Journal of Endodontics*, 23(3), 162–166. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(97\)80267-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(97)80267-1)

Yücel, A. Ç., Güler, E., Güler, A. U., & Ertaş, E. (2006). Bacterial Penetration After Obturation With Four Different Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 32(9), 890–893. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.04.002>

Zarei, M., Shahrami, F., & Vatanpour, M. (2009). Comparison between gutta-percha and Resilon retreatment. *Journal of Oral Science*, 51(2), 181–185. <https://doi.org/10.2334/josnurd.51.181>

Zetterqvist, L., Anneroth, G., & Nordenram, A. (1987). Glass-ionomer cement as retrograde filling material. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 16(4), 459–464. [https://doi.org/10.1016/S0901-5027\(87\)80085-1](https://doi.org/10.1016/S0901-5027(87)80085-1)

Zhang, H., Shen, Y., Ruse, N. D., & Haapasalo, M. (2009). Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test Against *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 35(7), 1051–1055. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.04.022>

Zhang, W., Li, Z., & Peng, B. (2009). Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 107(6), e79–e82. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.02.024>

Zhou, H., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y., & Haapasalo, M. (2013). Physical Properties of 5 Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 39(10), 1281–1286. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.012>

Zmener, O. (2004). Tissue Response to a New Methacrylate-Based Root Canal Sealer: Preliminary Observations in the

Subcutaneous Connective Tissue of Rats. *Journal of Endodontics*, 30(5), 348–351. <https://doi.org/10.1097/00004770-200405000-00010>

Zmener, O., Banegas, G., & Pameijer, C. (2005). Bone Tissue Response to a Methacrylate-Based Endodontic Sealer: A Histological and Histometric Study. *Journal of Endodontics*, 31(6), 457–459. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000145431.59950.64>

Zmener, O., Guglielmotti, M. B., & Cabrini, R. L. (1988). Biocompatibility of two calcium hydroxide-based endodontic sealers: A quantitative study in the subcutaneous connective tissue of the rat. *Journal of Endodontics*, 14(5), 229–235. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80175-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80175-4)

Zmener, O., Pameijer, C. H., Serrano, S. A., Vidueira, M., & Macchi, R. L. (2008). Significance of Moist Root Canal Dentin with the Use of Methacrylate-based Endodontic Sealers: An In Vitro Coronal Dye Leakage Study. *Journal of Endodontics*, 34(1), 76–79. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.10.012>

BÖLÜM VIII

Development and Evaluation of Endodontic Files and Movements

**Aybüke KARACA SAKALLI
Mügem Aşlı EKİCİ
Bağdagül HELVACIOĞLU KIVANÇ**

The main purpose of root canal preparation, which is considered as one of the most critical stages of endodontic treatment; cleaning the residues in the root canal system and giving the root canal a suitable form for canal filling (Schilder, 1974). Both hand and available for endodontic motors file systems and both stainless steel and nickel-titanium (Ni-Ti) metals can be used for root canal preparation. Various systems and techniques have been proposed for root canal preparation aiming to minimize root canal treatment complications and to increase ergonomy (Gomes & et al., 2021).

Traditional techniques using stainless steel hand files have some disadvantages. These disadvantages are; such as requiring a large number of hand files while shaping, complications being time-

consuming and tiring for the physician, inadequate preparation, transportation, step in formation and perforation, especially in excessively inclined canals. The advancement of technology and especially the developments in Ni-Ti have led to significant advances in the development of endodontic file systems (Peters & Paque, 2010). They have some advantages such as shortening the shaping time, preserving the original shape of the root canal and reducing the risk of procedural errors (Kuhn & et al., 1997; Reddy & Hicks, 1998). Also, they are popular because of their superior elasticity and resistance to torsional fracture versus stainless steel hand files (Thompson, 2000).

Ni-Ti alloys were first introduced in 1962 by metallurgist W.J. Buehler et al. (Buehler, Gilfrich & Wiley, 1963) at the United States Naval Ordnance Laboratories (NOL) in Maryland (Buehler, 1969). The name "Nitinol (Ni=Nickel, Ti=Titanium, NOL=Naval Ordnance Laboratory)" is given, referring to the symbols of the metals involved in the alloy structure and the initials of the center where it was developed (Thompson, 2000). Ni-Ti alloys are distinguished from other alloys by their four properties (Walia, Brantley, & Gerstein, 1988):

- Low modulus of elasticity (35 KN/mm²)
- Very high deflection ability (4-8%)
- Shape memory effect
- Pseudoelasticity (superelasticity).

Proportion of Ni-Ti alloy used in endodontics is 56% nickel and 44% titanium metals. The atomic ratios of its main components are equal thus it has 3 different crystallographic structures at the same time, namely austenite, martensite and R phase (Shen & et al., 2013). Due to the fact that Ni-Ti alloys are superelastic metal, the crystals in the austenite phase transform into martensite phase when force is applied without any stress or strain. The metal is soft, malleable and easily deformed in martensite phase. It is quite flexible in the stress-excited martensite (superelastic) form, and hard

and durable in the austenite form. Ni-Ti alloys can be also found in three forms depending on their temperatures (Shen & et al., 2013). The superelastic feature, which is defined as the ability to return to its original form after being deformed, emerges due to the transformable crystal structure. The austenite phase has a cubic lattice structure and occurs at high temperatures and low stresses. The martensite phase has a monoclinical lattice structure; occurs at low temperatures and high stresses. The R-phase is an intermediate phase; It is a rhombic structure formed during accelerated transformation from martensite to austenite by heating and reverse transformation from austenite to martensite by cooling (Zhou & et al., 2012).

Developments of new generation Ni-Ti endodontic files

First Generation Rotary Instrument Systems

In 1992, Dr. Mcspadden designed the first rotary file with a .02 taper. In 1994, Dr. Johnson developed the Profile 0.04 series with a 0.04 taper. All first generation files are systems with a passive radial cutting edge, standard angle of taper and multiple files. Quantec, Greter taper and Profile 0.04 file systems are involved in this group (Liang & Yue, 2022).

Second Generation Rotary Instrument Systems

This generation files differ from the first generation in that they work with an active cutting edge without a radial field and the number of tools used during preparation is significantly reduced. The cutting efficiency of the files is higher due to a positive rake angle. Examples of this generation are Protaper Universal and Biorace (Liang & Yue, 2022).

Third Generation Rotary Instrument Systems

In the third generation files, metallurgical properties are changed by subjecting metals to heating and cooling processes. K3XF and Twisted files are examples of this generation (Bhagabati, Yadav, & Talwar, 2012).

Fourth Generation Rotary Instrument Systems

The most important feature of this generation files are their reciprocating motion. During the reciprocal movement, it is aimed to lift the dentin with the movement made in the cutting direction of the file, and to release the file with the movement made against the cutting direction. Examples of this generation are Reciproc (VDW) and WaveOne (Dentsply).

Fifth Generation Rotary Instrument Systems

The features of the files in this generation can be do eccentric movement, which is outside the rotation center. This feature minimizes the risk of the file getting stuck and jamming in the canal and facilitates the coronal removal of dentin chips (Goel & et al., 2015). Protaper Next, Wave One Gold and OneShape are included in this generation.

Today, apart from this classification, there are also new generation rotary instrument files that adapt to the root canal anatomy, make a difference in terms of both alloys and the design and shape with minimally invasive approach due to these features. The aim of minimally invasive shaping with rotary instruments in root canal treatment is to preserve as much dentin tissue as possible. XP Endo Shaper, Trushape and Trunatomy are included in this classification. These instruments adapt to the existing root canal anatomy rather than shaping the root canal.

One another classification was done according to applied different processes for improving the properties of Ni-Ti alloy.

Surface Treated Ni-Ti (Electropolishing)

The electropolishing process provides a 3 nm oxide layer on the surface of the files, cleans the areas that may disrupt the physical structure of the files and provides a smooth surface. This layer imparts superior corrosion resistance and biocompatibility to the alloy. Heroshaper and Revo-S files developed by Mikro Mega are files produced by this method.

M-Wire

It is produced by special heat treatment of Ni-Ti wires before turning. As a result of the heat treatment, while the metal preserves its superelastic structure, it also contains martensite and R phases. GT Series X, Profile Vortex, Protaper Next, WaveOne and Reciproc systems can be given as examples for produced with this technique.

R Phase

The R phase is formed in a very narrow temperature range between the martensite and austenite phases of Ni-Ti alloys. It is more flexible than an austenite wire due to its lower Young's modulus (Hou, Yang, & Qian, 2020). K3XF and Twisted Files systems can be given for examples.

Control Memory Wire

With a special heat treatment applied after the wire has been processed, the cyclic fatigue resistance has been increased and it has been allowed to be bent beforehand (Zhou & et al., 2012).

In 2011, Coltene company was launched Hyflex CM files. When these files undergo plastic deformation during use, they become grooved and return to their original shape by exposed to high temperature in the autoclave (Al-Sudani, 2014).

Electrical Discharge Machining (EDM)

It is a non-contact machining procedure that enables the removal of sensitive materials via pulsed electrical discharge. HyFlex EDM (Coltene/ Whaledent) instruments are manufactured from the same controlled memory wire as HyFlex CM but are produced via electro-discharge machining (EDM), a non-contact thermal erosion process that partially melts and evaporates the wire by high-frequency spark discharges (Iacono & et al., 2017; Liu, 2003).

Blue Wire – Gold Wire

As a result of a special heat treatment, a titanium oxide layer is formed on its surface. The color of the metal changes depending

on the thickness of this layer (Shen & et al., 2016). Vortex Blue, Reciproc Blue, Waveone Gold, Protaper Gold can be given as examples (Gavini & et al., 2018).

Max Wire

Max Wire instruments pass from the martensite phase to the austenite phase over 35 degrees while working in the mouth due to applied special heat treatment. XP-Endo Finisher and XP Endo Shaper can be given as examples of instruments produced by FKG with this technology.

Movement types for endodontic motors

Movement

First generation simple electric motors for rotary instruments was developed in the early 1990s. Electric motors with gear reduction are most suitable for rotary Ni-Ti files, because they ensure a constant rpm level and constant torque. Different rotation movements for example, reciprocal or combined can also be adjusted by endodontic motors programme selection.

Rotational Movement

The centripetal rotation movement, which started to be used in the early 1980s, is the most widely used movement in file systems today. This movement consists of making continuous 360-degree rotations around the center of the file (Gavini & et al., 2018).

Reciprocal Movement

This movement was first introduced in endodontics by Micro-Mega with a device called Giromatic. In reciprocal movement, the file rotates in one direction and then reverses direction before completing a full rotary cycle (Yared, 2008). It completes a 360-degree tour with 3 reciprocal movements by moving counter clockwise and clockwise at different angles. Reciprocal movement can provide several opportunities for motions and angles, each of which may influence performance and failure resistance (Gavini & ark 2018).

Combined Movement

This movement is aimed to reduce the stress accumulated on the files by switching from rotational motion to reciprocal motion when they are exposed to a high resistance in the root canal. Twisted File Adaptive System (Sybron Endo) is used this movement for root canal preparation (Gavini & et al., 2018).

Eccentric Movement

Files that make this movement have a center located outside the rotation axis due to their geometric structure. This movement is aimed to carry the debris towards the coronal by the instrument that contacts the canal walls from two points, and to prevent compression and instrument breakage due to debris accumulation (Gavini & et al., 2018). Examples of these files used this movement are Protaper Next, Waveone Gold, Oneshape, Trushape.

An overview of studies on endodontic files and movements

Cyclic fatigue resistance

Cyclic fatigue; It occurs when a certain region of the file is exposed to repetitive compression and tensile forces (Bahia & et al., 2005). Cyclic fatigue in rotary Ni-Ti files; it is affected by many variables such as the rotation speed and torque of the instrument, the angle of canal inclination, the design of the file, the material used in production, environmental conditions, and the experience of the clinician.

In many studies comparing the effects of reciprocating and rotational movements on cyclic fatigue, the results were found to be in favor of the reciprocating movement (Ahn, Kim, & Kim, 2016).

The same file system was evaluated in two different kinematics in order to prevent the file design and alloy from getting in the way of the motion effect. The results of these study showed that mostly reciprocating motion increased cyclic fatigue resistance (Lopes & et al., 2013).

Merima et al. used different files with worked with reciprocation and rotation movement for instrumentation of 40 clear resin blocks containing a simulated curved root canal. They showed that instruments worked with reciprocation movement have superior cyclic fatigue resistance compared with instruments worked with rotation movement (Merima & et al., 2023).

Root canal shaping ability

While insufficient dentin removal during the mechanical preparation of the root canal may not reduce the microbial load due to infected dentin, excessive dentin removal may cause adverse formations such as fractures and cracks in the root.

In file systems that shape with rotation movement, the rate of staying in the center of the canal can be better than single file systems that work with reciprocation movement. The reason for this is thought to be gradual shaping.

Guedes et al. evaluated the shaping ability of different rotary and reciprocating instruments in mesial canals of mandibular molars and they showed that there was no statistically significant difference between shaping ability of these instruments (Guedes & et al., 2022). Also, similiar findings was showed in another in vitro study (Sousa-Neto & et al., 2020).In the clinical studies, he stated that the reciprocating movement reduces the formation of steps and transport, and at the same time, it saves time because it provides the opportunity to shape faster (Hamid & et al., 2018).

Effects on the number of microorganisms

E. faecalis is the most common microorganism in apical periodontitis cases and is thought to be responsible for treatment failure (Alghamdi & Shakir, 2020).

In studies examining the effect of rotation and reciprocating systems and shaping on *E. faecalis* removal by culture and PCR methods, no difference was observed between the groups (Machado & et al., 2013).

Mariho et al. compared effectiveness of rotary and reciprocating instrument system for the removal of bacteria and endotoxins from root canals (Marinho & et al., 2015). In this study, the reciprocating single file system was as effective as the multifile rotary systems for bacterial and endotoxin removal from the root canals. They showed that any instrumentation system was not completely rendered root canals free from bacteria or endotoxins. Thus, they suggested that for root canal disinfection, mechanical preparation and chemical disinfection protocols were used combined.

Current systematic review and meta-analysis was emphasized both rotary and reciprocating systems were equally effective in reducing the microbial load during root canal treatment based on the present findings. But also, authors reported that neither instrument systems resulted in complete eradication of microorganisms in root canals (Küçükkaya Eren, Uzunoğlu-Özyürek, & Karahan, 2021).

Apical debris extraction

Debris formed during canal preparation contains bacteria, bacterial products, necrotic pulp tissue and dentin. The apical extraction of this content and irrigation solutions is one of the main causes of periodontal inflammation. No file system has been able to prevent all apical expulsion of debris.

This difference was attributed to the presence of fewer files in the reciprocal system in studies in which more debris output was observed in the rotational motion than in the reciprocal motion (Ahn, Kim, & Kim, 2016).

A systematic review reported that the cross-sectional design of the rotary instrument had a more significant influence on the amount of extruded debris apically than the kinematics used during instrumentation (Caviedes & et al., 2016).

Dentin defects and crack formation

Contact of the files with the dentinal wall during shaping; It can cause microcracks in the dentin tissue or defects that can turn

into vertical fractures. Dentin defects can be associated with the stress that occurs during shaping exceeds the tensile strength of the collagen matrix.

In the reciprocating motion, the direction of rotation changes periodically. Counter-clockwise movements are the cutting process, while clockwise movements reduce the torsional stress on the file. For this reason, the magnitude of the force that will occur in the root dentin decreases, and the probability of cracks and fractures in the root may decrease (Bürklein, Tsotsis, & Schäfer, 2013).

Studies have reported that the incidence of dentin defects with various Ni-Ti instruments ranges from 4% to 80% (Nagendrababu & Ahmed, 2019). Four studies (Cassimiro & et al., 2017; de Oliveira & et al., 2017; Stringheta & et al., 2017; Zuolo & et al., 2017) showed no relationship between instrument kinematics and dentin microcrack formation and no new cracks formed after instrumentation, while one study reported that the length of microcracks in dentin was less in reciprocating files compared to rotating files (Li, Liao, & Cai, 2018; Nagendrababu & Ahmed, 2019).

Defect formation in dentin depends on many factors such as the cross-section, size, conicity, production, material and shaping technique of the formed file. In addition, it is not known whether the resulting dentin defects transform into fractures in the clinical setting. There was no definite consensus on whether microcracks cause fractures, but it was emphasized that microcrack formation should be prevented.

Cutting efficiency

The main goal of cutting efficiency is to remove the maximum necessary amount of tooth structure in minimum time and with minimum effort.

An increase in cutting efficiency is generally associated with an increase in cleaning efficiency. The cutting efficiency of Ni-Ti endodontic instruments depends on many factors such as the design

of the file, helix and rake angle, flute pitch, alloy used, manufacturing processes and surface properties, as well as the movement in which the instrument is used (Gambarini & et al., 2016).

Effect on postoperative pain

Postoperative pain is one of the major unfavorable outcomes after endodontic treatment. There are many preoperative and procedural factors that affect pain after root canal treatment.

Despite an abundance of studies on the topic, the mechanism of postoperative pain remains unclear. Postoperative pain is usually attributed to a complex multifactorial process influenced by sex (postoperative pain is reported more often by females than males), pulpal and periradicular status, tooth type, sinus tracts, preoperative pain, systemic steroid therapy for other medical reasons, preoperative swelling and number of treatment visits (Levin, Amit, & Ashkenazi, 2006; Ng & et al., 2004; Walton & Fouad, 1992).

A meta-analysis by Hou et al. (Hou, Su, & Hou, 2017) showed that the use of rotary instruments in canal preparation was associated with a lower incidence of post-endodontic pain than reciprocating instruments. Torabinejad et al. (Torabinejad, Cotti, & Jung, 1992) reported that the incidence of postoperative pain was lower in patients treated with rotary instruments than reciprocating instruments and this results were associated with rotary instruments which may reduce debris extrusion so decreases the irritation and minimizes inflammation and the release of chemical substances. However, there are contradictory results in this subject.

In 2019, a more comprehensive review on this subject was made. This systematic review and meta-analysis was showed that rotary motion had a negative impact on postoperative pain after endodontic treatment (Martins & et al., 2019).

Conclusion

Every day a new instrument system is introduced to the dental markets. The properties sought in an ideal file system;

- ease of use
- low deformation and breakage risk
- movement easily in anatomical difficulties of root canals
- cost efficient.

Until today, these properties have been tried to be provided in many file systems. According to the literature review, it is seen that both rotary and reciprocation movements/files have advantages and disadvantages. The clinician should prefer to be used appropriate file system and file movement according to the experience, the position of the tooth on the arch, the anatomical difficulties

REFERENCES

Ahn, S. Y., Kim, H. C., & Kim, E. (2016) Kinematic effects of nickel-titanium instruments with reciprocating or continuous rotation motion: A systematic review of in vitro studies. *Journal of Endodontics*, 42 (7), 1009-1017. Doi: 10.1016/j.joen.2016.04.002

Alghamdi, F., & Shakir, M. (2020) The influence of enterococcus faecalis as a dental root canal pathogen on endodontic treatment: A systematic review. *Cureus*, 12 (3), e7257. Doi: 10.7759/cureus.7257

Al-Sudani, D. (2014) Topographic analysis of HyFlex(®) controlled memory nickel-titanium files. *Journal of International Oral Health*, 6 (6), 1-4.

Bahia, M. G., Martins, R. C., Gonzalez, B. M., & Buono, V. T. (2005) Physical and mechanical characterization and the influence of cyclic loading on the behaviour of nickel-titanium wires employed in the manufacture of rotary endodontic instruments. *International Endodontic Journal*, 38 (11), 795-801. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2005.01016.x

Bhagabati, N., Yadav, S., & Talwar, S. (2012) An in vitro cyclic fatigue analysis of different endodontic nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics*, 38 (4), 515-518. Doi: 10.1016/j.joen.2011.12.034

Buehler, W. J. (1969) 55-Nitinol unique wire alloy with a memory. *Wire Journal*, 2, 41-49.

Buehler, W. J., Gilfrich, J. V., & Wiley, R. (1963) Effect of low-temperature phase changes on the mechanical properties of alloys near composition TiNi. *Journal of applied physics*, 34 (5), 1475-1477. Doi: 10.1063/1.1729603

Bürklein, S., Tsotsis, P., & Schäfer, E. (2013) Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*, 39 (4), 501-504. Doi: 10.1016/j.joen.2012.11.045

Cassimiro, M., Romeiro, K., Gominho, L., de Almeida, A., Costa, L., & Albuquerque, D. (2017) Occurrence of dentinal defects after root canal preparation with R-phase, M-Wire and Gold Wire instruments: A micro-CT analysis. *BMC Oral Health*, 17 (1), 93. Doi: 10.1186/s12903-017-0387-0

Caviedes-Bucheli, J., Castellanos, F., Vasquez, N., Ulate, E., & Munoz, H. R. (2016) The influence of two reciprocating single-file and two rotary-file systems on the apical extrusion of debris and its biological relationship with symptomatic apical periodontitis. A systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 49 (3), 255-270. Doi: 10.1111/iej.12452

de Oliveira, B. P., Câmara, A. C., Duarte, D. A., Heck, R. J., Antonino, A. C. D., & Aguiar, C. M. (2017) Micro-computed tomographic analysis of apical microcracks before and after root canal preparation by hand, rotary, and reciprocating instruments at different working lengths. *Journal of Endodontics*, 43 (7), 1143-1147. Doi: 10.1016/j.joen.2017.01.017

Gambarini, G., Giansiracusa Rubini, A., Sannino, G., Di Giorgio, G., Piasecki, L., Al-Sudani, D., Testarelli, L. (2016) Cutting efficiency of nickel-titanium rotary and reciprocating instruments after prolonged use. *Odontology*, 104 (1), 77-81. Doi: 10.1007/s10266-014-0183-0

Gavini, G., Santos, M. D., Caldeira, C. L., Machado, M. E. L., Freire, L. G., Iglecias, E. F., Candeiro, G. T. M. (2018) Nickel-titanium instruments in endodontics: A concise review of the state of the art. *Brazilian oral research*, 32 (suppl 1), e67. Doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0067

Goel, A., Rastogi, R., Rajkumar, B., Choudary, T. M., Boruah, L., & Gupta, V. (2015) An overview of modern endodontic NiTi systems. *International Journal of Scientific Research*, 4 (4), 595-597.

Gomes, M. S., Vieira, R. M., Böttcher, D. E., Plotino, G., Celeste, R. K., & Rossi-Fedele, G. (2021) Clinical fracture incidence

of rotary and reciprocating NiTi files: A systematic review and meta-regression. *Australian Endodontic Journal*, 47 (2), 372-385. Doi: 10.1111/aej.12484

Guedes, I. G., Rodrigues, R. C. V., Marceliano-Alves, M. F., Alves, F. R. F., Rôças, I. N., & Siqueira, J. F., Jr. (2022) Shaping ability of new reciprocating or rotary instruments with two cross-sectional designs: An ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 55 (12), 1385-1393. Doi: 10.1111/iej.13834

Hamid, H. R., Gluskin, A. H., Peters, O. A., & Peters, C. I. (2018) Rotary versus reciprocation root canal preparation: Initial clinical quality assessment in a novice clinician cohort. *Journal of Endodontics*, 44 (8), 1257-1262. Doi: 10.1016/j.joen.2018.04.017

Hou, X. M., Su, Z., & Hou, B. X. (2017) Post endodontic pain following single-visit root canal preparation with rotary vs reciprocating instruments: A meta-analysis of randomized clinical trials. *BMC Oral Health*, 17 (1), 86. Doi: 10.1186/s12903-017-0355-8

Hou, X. M., Yang, Y. J., & Qian, J. (2020) Phase transformation behaviors and mechanical properties of NiTi endodontic files after gold heat treatment and blue heat treatment. *Journal of Oral Science*, 63 (1), 8-13. Doi: 10.2334/josnusd.19-0331

Iacono, F., Pirani, C., Generali, L., Bolelli, G., Sassatelli, P., Lusvardi, L., Prati, C. (2017) Structural analysis of HyFlex EDM instruments. *International Endodontic Journal*, 50 (3), 303-313. Doi: 10.1111/iej.12620

Kuhn, W. G., Carnes, D. L., Jr., Clement, D. J., & Walker, W. A., 3rd. (1997) Effect of tip design of nickel-titanium and stainless steel files on root canal preparation. *Journal of Endodontics*, 23 (12), 735-738. Doi: 10.1016/s0099-2399(97)80345-7

Küçükaya Eren, S., Uzunoğlu-Özyürek, E., & Karahan, S. (2021) Influence of reciprocating and rotary instrumentation on microbial reduction: A systematic review and meta-analysis of in

vitro studies. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 46 (2), e19. Doi: 10.5395/rde.2021.46.e19

Levin, L., Amit, A., & Ashkenazi, M. (2006) Post-operative pain and use of analgesic agents following various dental procedures. *American Journal of Dentistry*, 19 (4), 245-247.

Li, M. L., Liao, W. L., & Cai, H. X. (2018) A micro-computed tomographic evaluation of dentinal microcrack alterations during root canal preparation using single-file Ni-Ti systems. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 15 (1), 494-499. Doi: 10.3892/etm.2017.5399

Liang, Y., & Yue, L. (2022) Evolution and development: Engine-driven endodontic rotary nickel-titanium instruments. *International Journal of Oral Science*, 14 (1), 12. Doi: 10.1038/s41368-021-00154-0

Liu, C.C. (2003) Microstructure and tool electrode erosion in EDMed of TiN/Si₃N₄ composites. *Materials Science and Engineering: A*, 363 (1-2), 221-227. Doi: [10.1016/S0921-5093\(03\)00630-0](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(03)00630-0)

Lopes, H. P., Elias, C. N., Vieira, M. V., Siqueira, J. F., Jr., Mangelli, M., Lopes, W. S., Soares, T. G. (2013) Fatigue Life of Reciproc and Mtwo instruments subjected to static and dynamic tests. *Journal of Endodontics*, 39 (5), 693-696. Doi: 10.1016/j.joen.2012.11.048

Machado, M. E., Nabeshima, C. K., Leonardo, M. F., Reis, F. A., Britto, M. L., & Cai, S. (2013) Influence of reciprocating single-file and rotary instrumentation on bacterial reduction on infected root canals. *International Endodontic Journal*, 46 (11), 1083-1087. Doi: 10.1111/iej.12108

Marinho, A. C., Martinho, F. C., Gonçalves, L. M., Rabang, H. R., & Gomes, B. P. (2015) Does the Reciproc file remove root canal bacteria and endotoxins as effectively as multifile rotary

systems? *International Endodontic Journal*, 48 (6), 542-548. Doi: 10.1111/iej.12346

Martins, C. M., De Souza Batista, V. E., Andolfatto Souza, A. C., Andrada, A. C., Mori, G. G., & Gomes Filho, J. E. (2019) Reciprocating kinematics leads to lower incidences of postoperative pain than rotary kinematics after endodontic treatment: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trial. *Journal of Conservative Dentistry*, 22 (4), 320-331. Doi: 10.4103/jcd.Jcd_439_18

Merima, B., Ivona, B., Dubravka, M., Gianluca, P., & Ivica, A. (2023) Surface roughness and cyclic fatigue resistance of reciprocating and novel rotary instruments after use in curved root canals. *Australian endodontic journal*, 49 (1), 117-123. Doi: 10.1111/aej.12627

Nagendrababu, V., & Ahmed, H. M. A. (2019) Shaping properties and outcomes of nickel-titanium rotary and reciprocation systems using micro-computed tomography: A systematic review. *Quintessence International*, 50 (3), 186-195. Doi: 10.3290/j.qi.a41977

Ng, Y. L., Glennon, J. P., Setchell, D. J., & Gulabivala, K. (2004) Prevalence of and factors affecting post-obturation pain in patients undergoing root canal treatment. *International Endodontic Journal*, 37 (6), 381-391. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2004.00820.x

Peters, O. A., & Paque, F. (2010) Current developments in rotary root canal instrument technology and clinical use: A review. *Quintessence International*, 41 (6), 479-488.

Reddy, S. A., & Hicks, M. L. (1998) Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *Journal of Endodontics*, 24 (3), 180-183. Doi: 10.1016/s0099-2399(98)80179-9

Schilder, H. (1974) Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America*, 18 (2), 269-296.

Shen, Y., Hieawy, A., Huang, X., Wang, Z. J., Maezono, H., & Haapasalo, M. (2016) Fatigue resistance of a 3-dimensional conforming nickel-titanium rotary instrument in double curvatures. *Journal of Endodontics*, 42 (6), 961-964. Doi: 10.1016/j.joen.2016.02.012

Shen, Y., Zhou, H. M., Wang, Z., Campbell, L., Zheng, Y. F., & Haapasalo, M. (2013) Phase transformation behavior and mechanical properties of thermomechanically treated K3XF nickel-titanium instruments. *Journal of Endodontics*, 39 (7), 919-923. Doi: 10.1016/j.joen.2013.04.004

Sousa-Neto, M. D., Crozeta, B. M., Lopes, F. C., Mazzi-Chaves, J. F., Pereira, R. D., Silva-Sousa, A. C., Silva-Sousa, Y. T. C. (2020) A micro-CT evaluation of the performance of rotary and reciprocating single-file systems in shaping ability of curved root canals. *Brazilian Oral Research*, 34, e039. Doi: 10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0039

Stringheta, C. P., Pelegrine, R. A., Kato, A. S., Freire, L. G., Iglescias, E. F., Gavini, G., & Bueno, C. (2017) Micro-computed tomography versus the cross-sectioning method to evaluate dentin defects induced by different mechanized instrumentation techniques. *Journal of Endodontics*, 43 (12), 2102-2107. Doi: 10.1016/j.joen.2017.07.015

Thompson, S. A. (2000) An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *International Endodontic Journal*, 33 (4), 297-310. Doi: 10.1046/j.1365-2591.2000.00339.x

Torabinejad, M., Cotti, E., & Jung, T. (1992) Concentrations of leukotriene B4 in symptomatic and asymptomatic periapical lesions. *Journal of Endodontics* 18 (5), 205-208. Doi: 10.1016/s0099-2399(06)81261-6

Walia, H. M., Brantley, W. A., & Gerstein, H. (1988) An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *Journal of Endodontics*, 14 (7), 346-351. Doi: 10.1016/s0099-2399(88)80196-1

Walton, R., & Fouad, A. (1992) Endodontic interappointment flare-ups: a prospective study of incidence and related factors. *Journal of Endodontics*, 18 (4), 172-177. Doi: 10.1016/s0099-2399(06)81413-5

Yared, G. (2008) Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: Preliminary observations. *International Endodontic Journal*, 41 (4), 339-344. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01351.x

Zhou, H. M., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y. F., & Haapasalo, M. (2012) Mechanical properties of controlled memory and superelastic nickel-titanium wires used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Journal of Endodontics*, 38 (11), 1535-1540. Doi: 10.1016/j.joen.2012.07.006

Zuolo, M. L., De-Deus, G., Belladonna, F. G., Silva, E. J., Lopes, R. T., Souza, E. M., Zaia, A. A. (2017) Micro-computed tomography assessment of dentinal micro-cracks after root canal preparation with TRUShape and Self-Adjusting File systems. *Journal of Endodontics*, 43 (4), 619-622. Doi: 10.1016/j.joen.2016.11.013

Diş Hekimliğinde Farklı Tedavi Yaklaşımları

“Diş Hekimliğinde Farklı Tedavi Yaklaşımları”, değerli akademisyen arkadaşlarımız ile birlikte hazırladığımız, belirli konularda rehber niteliğinde olacak bir kitaptır. Bildiğiniz üzere; Diş Hekimliği, sürekli gelişen ve değişen dinamik bir branştır. Tedavi yaklaşımlarımız geleneksel yöntemlerden çıkıp daha inovatif yöntemlere evrilmektedir. Gelişmeleri yakından takip eden değerli akademisyen arkadaşlarımız ile sunduğumuz bu kitapta diş hekimliğinin farklı alanlarına ait yenilikçi tedaviler hakkında fikir edineceksiniz. Ayrıca; bu kitap ile diş hekimliği alanında sayılı olan Türkçe kaynak açığını bir basamak da olsa azaltmak düşüncesindeyiz. Kitabımızda; Çocuklarda Bruksizm Tanı ve Tedavisi, Ortodontide Kök Hücrelerin Kullanımı, Diş Hekimliğinde Düşük Doz Lazer Tedavisi ve Kullanım Alanları, Beyazlatıcı Diş Macunlarının Kompozit Resinlerde Yüzey Pürüzlülüğü, Renk Değişimi ve Mikrosertlik Üzerine Etkileri, Alveolar Mukozal Fenestrasyonda Tedavi Yaklaşımı, Endodontide Biyoseramikler Patlar, Kök Kanal Dolgu Patlarına Güncel Bakış ve Development and Evaluation of Endodontic Files and Movements konuları hakkında güncel bilgiler bulacaksınız. Katkı sağlamış olan bütün meslektaşlarıma derin şükranlarımı sunuyorum.

“Diş Hekimliğinde Farklı Tedavi Yaklaşımları” Kitabının akademisyenler ve araştırmacılar için ilgi çekici ve değerli olacağını düşünüyorum. Faydalı olması temennisiyle...