

Bölüm 3

ENDODONTİK TEDAVİ SIRASINDA GÖRÜLEN KÖK PERFORASYONLARI ve YÖNETİMİ

Nihan ÇELİK UZUN¹

GİRİŞ

Perforasyon, kök kanalı ile dişi çevreleyen periodontal dokular arasında meydana gelen yapay açıklıktır. Endodontik tedavide görülen başarısızlıkların yaklaşık %3 ile %10'unu perforasyonlar oluşturmaktadır (1). Perforasyonlar, çürük ve travma sonucu patolojik kaynaklı olabildiği gibi, endodontik tedavi sırasında veya sonrasında iyatrojenik kaynaklı da meydana gelebilir. Özellikle giriş kavitesinin açılması, kanal ağzlarının aranması, kanalların preparasyonu veya post boşluğunun hazırlanması sırasında kök perforasyonları meydana gelebilmektedir (2, 3).

Kök Perforasyonları

Kök duvarlarındaki perforasyonlar sıklıkla iyatrojenik nedenler, rezorpsiyon veya çürük sebebiyle oluşur (4).

İyatrojenik perforasyonların %53'ü post uygulanması, %47'si ise endodontik işlemler sırasında oluşmaktadır. Endodontik tedavi görmüş dişlerin ise yaklaşık %2- 12'sinde iyatrojenik kök perforasyonları meydana gelmektedir (5,6). İyatrojenik perforasyonlar genellikle anatomik varyasyonların gözden kaçırılmasıyla ya da giriş kavitesi açılması veya kök kanal preparasyonu hazırlığı sırasında ortaya çıkar (7).

Rezorpsiyon kaynaklı perforasyonlarda; dişte rezorpsiyon başladığında pulpayı içeren kök kanalı ve periodontal dokular birbirleriyle etkileşime geçebilir. Bu etkileşim internal veya eksternal kaynaklı olabilir (8). İnternal rezorpsiyon, pulpa boşluğundan kaynaklanan ve çevre dentin dokusunun kaybıyla sonuçlanan fizyolojik veya patolojik bir süreçtir. İnternal rezorpsiyonun etiyolojisi tam olarak bilinmemekle birlikte travma, çürük, periodontal hastalıklar, ortodon-

¹ Uzm. Dr., Özel Klinik Endodonti, dt.nihancelik@gmail.com

tik tedaviler, bruksizm veya kavite preparasyonu sırasında oluşan problemlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (8,9). İnternal rezorpsiyon ilerleyip kökte perforasyon oluşturursa, pulpa dokusu ağız sıvılarıyla temasa geçer ve pulpal enfeksiyon veya periodontal enfeksiyon gelişebilir ve dişin prognozu tehlikeye girer (10). Eksternal rezorpsiyon; genellikle travma, ortodontik kuvvetler veya enfeksiyondan kaynaklanan, periodontal ligament ve sementin harabiyetiyle sonuçlanan patolojik bir süreçtir. Eksternal kök rezorpsiyonları sonucu oluşan perforasyonlar, genellikle periodontal ligamentin hasarı ve osteoklastik aktiviteyi indükleyen inflamatuvar süreçle ilgilidir (4).

Çürük kaynaklı perforasyonlarda çürük, pulpa odasının tabanı boyunca ilerleyerek furkasyon alanına ulaşabilir ve perforasyona sebep olabilir (8).

Kök Perforasyonlarının Teşhisi

Koronal ve furkasyon perforasyonları daha kolay tespit edilirken, strip ve apikal perforasyonların tespiti daha zordur. İyatrojenik perforasyonlar sıklıkla kanama odağının varlığı ve kâğıt konlarla tespit edilirler (11,12). Ancak, sistemik durumlar, ilaç kullanımı, apeksi açık ve internal rezorpsiyonu olan dişler ve akut apikal periodontitis, aşırı kanama ile ilişkili olabilir ve kök perforasyonu ile karıştırılabilir (7). Bu gibi durumlarda klinik olarak teşhis etmek zordur ancak, perforasyondan şüphelenilen alanda apeks bulucuların kullanılması, oldukça pratik bir yöntemdir. Bu gibi durumlarda, kanal aleti perforasyon bölgesine yerleştirildiğinde, periodontal ligament ile etkileşime geçeceğinden, apeks bulucu erken yanıt verecektir (11,12).

Önceden var olan ve tedavi edilmemiş bir perforasyon ise; perforasyon bölgesinde seröz eksüda varlığı, ilgili dişin perküsyona duyarlılığı veya diş etinin kronik iltihabı şeklinde bulgu verir. Ek olarak, yeterli bir endodontik tedaviye rağmen sinüs yolunun varlığı, cep oluşumu veya furkasyon tutulumu gibi lokalize problemlerin ortaya çıkması da iyatrojenik veya patolojik perforasyonun varlığını gösterebilir (13,14).

Periapikal radyografi; endodontik tanı, tedavi planı ve takip için sıklıkla kullanılan görüntüleme yöntemidir. Ancak, çoğu zaman endodontik olarak tedavi edilmiş bir dişin kök perforasyonu ile ilişkili olup olmadığının tespiti, periapikal görüntüleme yöntemiyle karmaşık hale gelebilir. Konik ışınli bilgisayarlı tomografinin (KIBT) endodontik prosedürlere dahil edilmesi, bu patolojik ve iyatrojenik durumların teşhisine ve prognozuna yardımcı olacak yeni parametreler sağlamaktadır (15). Ancak, klinisyenler, önceden var olan gutta perka, kanal içi

post veya restorasyon materyallerinin artefaktlara neden olabileceğinin farkında olmalıdırlar. Örneğin, kanal içi postlarla ilişkili metalik artefaktlar, özellikle kök perforasyonu veya kemik yıkımından şüphelenildiğinde yanlış tanı için potansiyel bir risk oluşturur (13). Bueno ve ark.(16) yaptıkları çalışmada; KIBT görüntülerini kullanarak kanal içi postların etrafındaki kök perforasyonlarını teşhis etmek için bir harita okuma stratejisini önermiştir. Bu stratejiye göre; koronal-den apikale veya apikalden koronale olacak şekilde ve 0.1 mm/ 0.1 mm aksiyal kesitler ile her bir kökün aksiyal kesitlerini tarayarak, kanal içi post ve endodontik materyal ile ilişkili metalik artefaktların en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

Perforasyonların belirlenmesinde operasyon mikroskopları da popüler hale gelmektedir. Parlak çalışma ışığının ve büyütme sisteminin, perforasyonun konumu ve büyüklüğünün saptanmasında oldukça etkili olduğu düşünülmektedir (13).

Perforasyonların Sınıflandırılması

Fuss & Trope (1) tarafından önerilen aşağıdaki kök perforasyonları sınıflandırması, klinisyene bir tedavi stratejisi seçmede yardımcı olabilir:

1. Oluştuktan sonra perforasyon tamirine kadar geçen süreye göre;
 - Yeni oluşmuş perforasyonlar: Aynı seansta meydana gelir ve tedavisi aseptik koşullarda yapılabilir.
 - Önceden var olan perforasyonlar: Önceden oluşmuştur ve tedavi edilmediği için bakteriyel kontaminasyon riski fazladır.
2. Perforasyonun büyüklüğüne göre;
 - Küçük perforasyonlar: Prognozu daha iyidir.
 - Büyük perforasyonlar: Doku yıkımının fazla olduğu, enfeksiyon riski fazla ve tedavi edilmesi zor perforasyonlardır.
3. Perforasyonun olduğu yere göre;
 - Koronal perforasyon: Dişin koronal kısmında, krestal kemik ve epitelyal atışmana kadar olan kısmı içerir. Giriş kavitesi açılması sırasında, çapraşık dişlerde veya alt premolarlardaki linguale doğru daralan meziodistal çap nedeniyle ya da pulpa odasının veya kanal ağzlarının kalsifikasyonu nedeniyle meydana gelebilir (2,17).
 - Krestal Perforasyon: Krestal kemik ve epitelyal atışman seviyesinde yer alır.

- Apikal perforasyon: Apikalden krestal kemik ve epitelyal atışmana kadar olan kısmı içerir. Apikal perforasyonlar, kök kanalının anatomik apikal forameninin ilerisinde yapılan enstrümantasyonunun bir sonucu olarak da ortaya çıkabilir. Özellikle eğimli kanallarda kanal eğesinin düzleşme eğiliminden dolayı da meydana gelebilir. Basamak oluşumu sonrasında preparasyonun devam ettirilmesiyle zip perforasyonlar da oluşabilir (4).
4. Destek dokularla olan ilişkisine göre;
- Lateral perforasyonlar: Strip perforasyon olarak da adlandırılan bu perforasyonlar, fazla miktarda yapılan enstrümantasyon sonucu eğimli kök kanallarının iç yüzeyindeki ince dentinin uzaklaştırılmasıyla kanal duvarında oluşan perforasyonlardır. Koronal veya apikal yerleşimli olabilirler.
 - Furkasyon perforasyonları: Krestal kemikle kaplı perforasyonlardır. Giriş kavitesi hazırlığı esnasında, pulpa odasının tabanı ve tavanının birbirine yakın olduğu durumlarda ya da post preparasyonu sırasında frezin yanlış yönlendirilmesiyle meydana gelebilir. Ayrıca, travma veya yaşlanmaya bağlı olarak kanalın kalsifiye olduğu durumlarda kanal ağzı aranması sırasında da furkal perforasyonlar oluşabilir (2).

Perforasyonların Tedavisi

Perforasyon tamirinde tedavinin başarısı; perforasyon alanının erişilebilirliği ve görünürlüğü, perforasyonun boyutu, periodontal durum, dişin stratejik önemi, hastanın ağız hijyeni, kanal tedavisinin kalitesi, kullanılan tamir materyali ve klinisyenin deneyimine bağlıdır. Periodontal olarak şüpheli, endodontik tedavinin mümkün olmadığı, perforasyon alanına hiçbir şekilde erişimin sağlanmadığı, çok büyük perforasyonu olan ve restore edilemeyecek olan dişler çekilebilir. Ayrıca, kötü ağız hijyeni olan hastalarda stratejik önemi çok az olan veya hiç olmayan dişler de çekim için endikasyon oluşturabilir (4,13).

Cerrahi Olmayan Tedavi

Perforasyon tamirinde genellikle cerrahi olmayan tedaviler tercih edilir. İşlem sırasında oluşan perforasyonlarda, kanal girişleri geçici olarak cavit, gutta perka, kağıt kon veya pamukla kapatıldıktan sonra perforasyon tamirine başlanmalıdır (13). Önceden var olan ve periodontal dokularla etkileşime geçmiş perforasyonlarda öncelikle enfekte alan dezenfekte edilmelidir. Eğer perforas-

yon bölgesinde hiperplastik granülasyon dokusu oluşmuşsa, küretle dikkatlice temizlenip kanama kontrol altına alındıktan sonra tamir edilmelidir. Eğer dentinin kaldırılması gerekiyorsa, komşu dokulara daha az zarar veren ultrasonik uçlar tercih edilmelidir. Arens & Torabinejad ve ark.(18), tamir materyalinin yerleştirilmesinden önce %2,5 sodyum hipoklorit ile bol irrigasyon ile enfekte perforasyonun ve yara bölgesinin temizlenmesini önermiştir. Sodyum hipokloritin periradiküler dokulara taşma riski varsa steril su kullanılmalı ya da hastanın alerjik bir durumu söz konusuysa klorheksidin de kullanılabilir (13).

Perforasyon alanındaki kanamayı durdurmak için yaygın olarak ferrik sülfat kullanılırdı. Ancak, bu ajanın alveolar kemikte geri dönüşümsüz hasara neden olması ve iyileşmeyi geciktirmesinden dolayı artık kullanımı önerilmemektedir (19-21). Hemostazın sağlanmasında kollajen, kalsiyum sülfat veya kalsiyum hidroksit gibi ajanlar kullanılabilir. Ayrıca, epinefrin emdirilmiş pamuk peletle tampon şeklindeki uygulamalar da kanamanın durdurulmasında etkili bir yöntemdir (13). Yapılan işlemlere rağmen kanama hala devam ediyorsa, perfore alan geçici bir dolgu materyali ile kapatılıp, kanama kontrol altına alındıktan sonra tedaviye devam edilmelidir (22).

Koronal perforasyonlar alveol kretinin üzerinde bulunurlar ve direk olarak oral kaviteyle ilişkiindedirler. Periodontal dokularla temas halinde olmadıkları için restoratif dolgu materyalleri ya da kron ile tamir edilebilirler (1). Perfore alan kök kanal tedavisinin yapılmasına izin vermeyecek durumdaysa, öncelikli olarak perforasyon tedavi edilmelidir. Perforasyon alanı geleneksel simanlar veya biyoyumlu biyoseramik materyallerle tamir edilmelidir (23,24).

Kökün orta üçlüsündeki perforasyonlar genellikle strip perforasyonlardır ve perfore alan küçükse konservatif yaklaşımla tedavi edilebilir. Eğer perfore alan büyükse; ilk seçenek, perfore alanın apikalindeki bölgenin gutta perka ile doldurulduktan sonra perfore alanın Mineral trioksit agregat (MTA) gibi biyoyumlu bir materyalle kapatılmasıdır. Bu teknikte, obturasyon materyalinin perforasyon alanına itilmemesine dikkat edilmelidir. Diğer bir seçenek ise; kök kanalının temizlenmesi ve şekillendirilmesinden sonra perfore alanın apikaline sert ve kolayca çıkarılabilen gutta perka veya kağıt konların geçici olarak yerleştirilmesinden sonra perfore alanın tamir edilmesidir (13,25).

Perforasyon alveol kretinin 1-2 mm altında ise, perfore diş ortodontik olarak ekstrüze edilir ve alveol kretinin üstüne çıkarılır. Böylece cerrahi müdahale olmaksızın dişin onarımına olanak sağlanır (37).

Apikal perforasyonlar ulaşılması güç ve tamir edilmesi zor olan perforasyonlardır. Apikal perforasyonlarda, kök kanalı yeterli miktarda prepare edilmeli ve perfore alan mümkünse aynı seansta biyouyumlu bir materyalle kapatılmalıdır (1). Ancak, düz ve geniş bir kanal olmadıkça perforasyon alanına ulaşmak ve MTA'yı yerleştirmek kolay olmayabilir. Bu durumda, sıcak gutta perka tekniği kullanılarak perforasyon alanının kapatılması mümkün olabilir. Semptomlar devam ederse veya apikal patoloji durumunda apikal cerrahiye veya çekime karar verilir (26).

Furkasyon perforasyonları direk sulkusla bağlantılı oldukları için tedavi edilmeleri klinisyene güçlük yaratabilir. Bu tür perforasyonlarda, perfore alan tamir materyali ile sızdırmaz bir şekilde kapatılmalıdır (27). Küçük furkasyon perforasyonları, hızlı sertleşen bir tamir materyali ile kapatıldığında prognozu iyidir. Ancak, büyük boyutlu perforasyonlarda, tamir materyalinin taşarak periodontal ligamente yayılma riski vardır (28). Dolayısıyla hem kanamanın önlenmesi hem de tamir materyallerinin periodontal aralığa taşmasını engellemek amacıyla rezorbe olabilen, hemostatik kollajen bariyerler kullanılabilir (29,30). Ancak günümüzde geliştirilen biyoseramik esaslı materyaller nemden etkilenmediği ve sement formasyonunu engellemediği için bariyer kullanılmadan da başarılı tedaviler yapılabilmektedir (13).

Cerrahi Tedavi

Perforasyonlarda cerrahi tedavi endikasyonları; büyük perforasyonlar, ulaşılması güç alanlar, rezorpsiyon sonucu oluşan perforasyonlar, perfore dişte geniş çapta intrakoronel veya ekstrakoronel restorasyon varlığı ve cerrahi olmayan tedavi sonucu oluşan başarısızlık olarak sıralanabilir (31).

Furkasyon perforasyonlarında özellikle mandibular molarların lingualinde ya da maksiller molarların trifurkasyonunda yer alan perforasyonlara erişim zordur. Bu durumlarda biküspidizasyon, hemiseksiyon veya kök amputasyonu tercih edilebilir (4). Hangi tedavi seçeneğini uygulayacağımız; krestal kemiğin seviyesine ve bunun perfore alanla olan ilişkisine, furkasyon bölgesindeki kökün eğimine ve kök uzunluğuna bağlıdır. Krestal kemik seviyesi yeterli ise ve kabul edilebilir bir kök desteği varsa hemiseksiyon veya biküspidizasyon yapılabilir (1).

Kökteki harabiyetin fazla olduğu dişlerde ise kök amputasyonu endikedir (38). Furkasyon perforasyonlarında uygulanan cerrahi tedaviler cep oluşumuna sebep olabileceğinden, bu tür perforasyonlarda genellikle cerrahi olmayan tedaviler önerilmektedir (39). Cerrahi olmayan tedaviyle ulaşamayan ya da cerrahi

olarak da tedavi edilemeyen internal veya eksternal rezorpsiyon kaynaklı perforasyonlar kasıtlı replantasyonla tedavi edilebilir (4). Apikal perforasyonlarda ise, eğer kök kanal enstrümantasyonu ve kök kanallarının doldurulması zorlaşırsa kabul edilebilir bir kron-kök oranı kalması şartıyla apikoektomi yapılması önerilmiştir (40).

Perforasyon Tamirinin Prognozu

Perforasyon tamirinin prognozu; perforasyonun yeri, perforasyon onarımına kadar geçen süre, perforasyonun boyutu, perfore alanın kontaminasyonu ve kullanılan tamir materyali ile ilişkilidir (1).

Perforasyonun Yeri

Perforasyonun prognozu belirlenirken, perforasyonun krestal kemik seviyesine ve epitelyal ataçmana göre konumu dikkate alınmalıdır. Bu bölge, kritik bölge olarak adlandırılır. Bu kritik bölgeyi içine alan perforasyonların prognozu en kötüdür. Çünkü, perforasyon alanının dişeti dokularıyla olan teması, bakteriyel kontaminasyona neden olabilir. Kritik bölgenin koronalindeki perforasyonlar ise iyi bir prognoza sahiptir. Bunun nedeni, perforasyon alanına kolayca erişim sağlanabilmesi ve sızdırmaz bir materyalle kapatılabilmesidir (13).

Dişeti sulkusundan uzakta ve sağlıklı periodonsiyumla çevrili ve krestal kemiğin apikalinde kalan perforasyonların ise prognozu daha iyidir. Ancak, apikal bölgedeki perforasyonların prognozu iyi olsa da, apikal bölgeye ulaşmak ve tamir materyallerini yerleştirmek daha zordur (1,41).

Furkasyon bölgesini içeren koronal üçlüdeki perforasyonların gingival sulkusa yakınlığı nedeniyle prognozu kötüdür. Furkasyon perforasyonları başarılı bir şekilde tedavi edilemezse, periodontal dokulardan kaynaklanan sızıntı nedeniyle dişin prognozu olumsuz etkilenebilir (4).

Perforasyonun Tamir Edilmesine Kadar Geçen Süre

Perforasyon tamiri mümkün olduğunca en kısa sürede tamamlanmalıdır. Aradan geçen süre, özellikle furkasyon perforasyonlarının sulkus ile bağlantılı olması nedeniyle periradiküler dokularda kronik enflamasyona ve ataşman kaybına sebep olabilir. Ayrıca bu durum, kanama ve kontaminasyon riskinin de artmasına yol açabilir (42).

Perforasyon, kök kanal tedavisi tamamlanmadan önce oluşmuşsa, öncelikle perforasyon alanı kapatılmalıdır. Aksi halde kök kanal tedavisi sırasında kulla-

nılan materyallerin ve enfekte kanal içeriğinin perforasyon aracılığıyla periodonsiyuma ulaşması kaçınılmaz olur (6).

Perforasyonun Boyutu

Doku yıkımının daha az olduğu küçük boyutlu perforasyonların prognozu, büyük boyutlu perforasyonlara göre daha iyidir. Çünkü, küçük perforasyonlarda periodontal yıkım olasılığı azalmakta ve uygun bir materyalle tamir etmek kolaylaşmaktadır (31). Perforasyon alanı büyüdükçe hem izolasyonu sağlamak zorlaşır hem de bakteriyel kontaminasyon riski artar (1).

Perforasyon Alanının Kontaminasyonu

Özellikle oral kaviteye açılan ve koronal bölgedeki perforasyonlarda bakteriyel kontaminasyon riski daha fazladır ve prognoz kötü etkilenir (1,8,29).

Kullanılan Tamir Materyali

Perforasyon tamirinde en önemli unsurlardan biri kullanılan materyalinin özelliğidir. İdeal bir tamir materyali; defekti hermetik olarak kapatabilmeli, bakteriyel sızıntıyı engelleyebilmeli, boyutsal olarak stabil olmalı, oral doku ve periradiküler dokular arasında akışkanlık göstermemeli, zamanla rezorbe olmamalı, renklenmeye neden olmamalı, okluzal yükler altına dayanıklı olmalı, toksik olmamalı ve manipülasyonu kolay olmalıdır (32-34).

Perforasyon tamiri için günümüze kadar çok çeşitli tamir materyalleri kullanılmıştır. Ancak, ideal tamir materyalinin bütün özelliklerini karşılayan bir materyal bulunamamıştır (4, 35,36).

Perforasyon Tamirinde Kullanılan Materyaller

Günümüze kadar perforasyon tamiri için;

- Amalgam,
- Paris alçısı,
- Çinko oksit ojenol,
- Süper EBA,
- IRM,
- Gutta perka,
- Cavit,
- Cam iyonomer siman,

- Kompozit rezin,
- Dekalsifiye dondurulmuş kurutulmuş kemik,
- Kalsiyum fosfat siman,
- Trikalsiyum fosfat siman,
- Hidroksiapatit, kalsiyum hidroksit,
- CEM,
- MTA,
- Biodentine
- BioAggregate

gibi çeşitli materyaller kullanılmıştır (23,24). MTA piyasaya sürülene kadar perforasyon tamirinde kullanılan amalgam, çinko oksit ojenol, paris alçısı, cavit ve cam iyonomer siman gibi pek çok materyal ile ilgili yapılan çalışmalarda; perforasyon bölgesindeki iyileşmenin tam olarak görülmediği ve inflamatuvar bir yanıtı sebep olduğu bildirilmiştir (1,37).

MTA ve diğer biyoseramik esaslı materyallerin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, bu materyallerin sadece çevre dokularla biyouyumlu olduğu gösterilmemiş, aynı zamanda sert doku oluşturma yeteneklerinin de olduğu görülmüştür (43).

MTA, kök ucu dolgu materyali olarak endodontik uygulamalarda kullanılmak üzere, Torabinejad tarafından tanıtilen ilk biyoseramik esaslı tamir materyalidir. İlk olarak ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Johnson City, TN, ABD) adıyla piyasaya sürülen bu kalsiyum silikat esaslı materyal, nem varlığında sertleşen ince hidrofilik partiküller içeren gri renkli bir tozdan meydana gelmektedir. MTA'nın bileşenleri; trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum sülfat, kalsiyum karbonat, ve kalsiyum alüminattır (44,45). Ayrıca eser miktarda silisyum oksit, kalsiyum oksit, magnezyum oksit, potasyum sülfat ve sodyum sülfat içerir ve ilk araştırmaların çoğu bu formülasyon üzerinde yapılmıştır (46).

MTA, perforasyon tamirinde sıklıkla tercih edilen biyouyumlu, antibakteriyel etkili ve osteogenezis ve sementogenezisi indükleyen bir materyaldir (47). Histolojik çalışmalar, MTA ile onarılan lateral ve furkasyon perforasyonlarında, perforasyon alanında mineralize dokunun oluştuğunu göstermiştir (48,49). Ayrıca, in vitro ve in vivo çalışmalarda, MTA'nın önemli bir sızdırmazlık kabiliyetine ve marjinal adaptasyona sahip olduğu bildirilmiştir (50,51). Lee ve ark.

(52), yaptıkları çalışmada lateral kök perforasyonlarının tedavisinde kullandıkları amalgam, IRM ve MTA'nın mikrosızıntılarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda MTA'nın, IRM ve amalgamdan önemli derecede daha az mikrosızıntı gösterdiğini rapor etmişlerdir.

MTA'nın, perforasyon tamirinde sıklıkla kullanılan biyouyumlu bir materyal olmasına rağmen; sertleşme süresinin uzun olması, klinik kullanım zorluğu, renkleme potansiyeli, tedavi sürecinde ikinci seansa ihtiyaç duyulması gibi dezavantajları vardır. Klinisyenler, perforasyon tamirinde özellikle MTA kullanırken estetik olarak renk değişimlerini göz önünde bulundurmalıdırlar (47,53).

Dental endüstride MTA'dan sonra Biodentine, BioAggregate, EndoSequence ve iRoot gibi birçok biyoseramik esaslı materyal piyasaya sürülmüştür (54). Biyoseramik-biyoaktif materyaller doku rejenerasyonunu ve tamirini destekleyen, osteokondüktif özellik gösteren, diş dokusuyla kimyasal olarak bağlanan, üstün fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip biyouyumlu tamir materyalleridir (55).

Biyoseramik simanların başlıca avantajları, fizikokimyasal ve biyolojik özellikleri ile ilgilidir. Çevre dokularla olan fizikokimyasal etkileşimleri ve yüksek biyouyumlulukları nedeniyle mükemmel sızdırmazlık yeteneği sunarlar (56). Biyoseramiklerin biyolojik etkinlikleri; alkali pH'ı (pH>12), yüksek kalsiyum (Ca) iyonlarının salınımı ve hidroksiapatit oluşumu ile ilişkilidir (57,58). Ca ve hidroksil iyonlarının çökmesi sonucu oluşan hidroksiapatit tabakası, materyal ve dentin arasında kimyasal bağlantıyı sağlar. Ayrıca, oluşan bu hidroksiapatit tabakası sementoblast tutulumuna, gelişimine, mineralize matriks geni üretimine ve osteokalsin salınımına öncülük eder (70). Yüksek pH antimikrobiyal etkinliği sağlanmasında etkilidir (57). Oluşan bu alkali ortamın; Candida albicans, Enterococcus faecalis, Staphylococcus aureus ve Fusobacterium nucleatum'a karşı antimikrobiyal etkili olduğu gösterilmiştir (59,60).

Biyoseramik esaslı materyaller endodontide; direkt kuafaj, apeksogenezis, apeksifikasyon ve rejeneratif tedavi prosedürlerinde kullanıldığı gibi, perforasyon tamir materyali, retrograd dolgu ve kök kanal dolgu materyali olarak da kullanılmaktadır (55).

Kakani ve ark.'nın (61) perforasyon tamirinde, tamir materyallerinin sızdırmazlık yeteneklerini bir protein sızıntı modelini kullanarak değerlendirdikleri çalışmada; Biodentine ve Endosequence'in, MTA-Angelus'a kıyasla önemli ölçüde daha iyi sızdırmazlık kabiliyetine sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Perforasyon tamirinde kullanılan materyaller, çiğneme esnasında ya da materyallerin kondensasyonu sırasında yer değiştirme kuvvetlerine maruz kalabilirler. Bu nedenle, yer değiştirmeye karşı materyalin gösterdiği direnç endodontik prosedürlerin başarısı için önemli bir faktördür (62). Dolayısıyla; başarılı bir perforasyon tamirinde, tamir materyallerinin dentine olan bağlanma dayanımının yüksek olması beklenir. Tamir materyallerinin kimyasal bileşimi ya da ortama bağlı faktörler, materyallerin bağlanma dayanımını etkileyebilir (63-65).

Biyoseramik materyaller, yüksek basınç dayanımına ve dentine benzer fiziksel özelliklere sahiptir. Materyallerin bağlanma dayanımı değerlerinin yüksek olması, dentine olan güçlü mikromekanik bağlantıyı sağlayan biyoaktiviteleriyle ilgilidir (66). Bu materyallerin yüksek biyoaktivitesi ise; fosfat içeren fizyolojik sıvılarla temas halindeyken, Ca iyonları salma ve apatit benzeri kristalli çökeltiler üreterek, tag benzeri yapılara sahip bir ara yüzey tabakası oluşturma kapasitesine bağlıdır (46,67,68). Singla ve ark.'nın (69) yaptığı bir çalışmada; furkasyon tamirinde kullanılan hidroksiapatit, cam iyonomer siman, MTA ve Biodentin'in bağlanma dayanımları karşılaştırılmış ve Biodentinin bağlanma dayanımının, diğer tamir materyallerinden daha fazla olduğu bildirilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise; MTA-Angelus, Biodentine ve BIOfactor MTA'nın bağlanma dayanımları incelenmiş ve aralarında anlamlı fark olmadığı rapor edilmiştir (62).

SONUÇ

Kök perforasyonları, endodontik tedavinin prognozunu etkileyen önemli komplikasyonlardan biridir. Perforasyonların iyi şekilde yönetilebilmesi; doğru tanı, teşhis ve tedavi protokolünün uygulanmasıyla mümkündür.

KAYNAKLAR

1. Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Dental Traumatology*. 1996;12(6):255-264.
2. Grossman L. The management of accidents encountered in endodontic practice. *Dent Clin North Am*. 1957;11:903-912.
3. Krause TA, Liewehr FR, Hahn C-L. The antimicrobial effect of MTAD, sodium hypochlorite, doxycycline, and citric acid on *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*. 2007;33(1):28-30.
4. Alhadainy HA. Root perforations: a review of literature. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1994;78(3):368-374.

5. Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phases I and II: Orthograde retreatment. *Journal of Endodontics*. 2004;30(9):627-633.
6. Kvinnsland I, Oswald R, Halse A, Grønningsaeter, AG. A clinical and roentgenological study of 55 cases of root perforation. *International endodontic journal*. 1989;22(2):75-84.
7. Estrela C, Decurcio DdA, Rossi-Fedele G, Silva JA, Guedes OA, Borges ÁH. Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Brazilian oral research*. 2018;32.
8. Sinai IH. Endodontic perforations: their prognosis and treatment. *The Journal of the American Dental Association*. 1977;95(1):90-95.
9. Vajda TT. Treatment of internal resorption--involving lateral root perforation--by immediate root resection technique. Case report. *Australian Dental Journal*. 1969;14(5):325-326.
10. Trope M. Root resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology. *Practical periodontics and aesthetic dentistry: PPAD*. 1998;10(4):515-522
11. Bakland L. Endodontic mishaps: perforations. *Journal of the California Dental Association*. 1991;19(4):41-44, 46.
12. Kaufman AY, Keila S. Conservative treatment of root perforations using apex locator and thermatic compactor—case study of a new method. *Journal of endodontics*. 1989;15(6):267-272
13. Saed SM, Ashley M, Darcey J. Root perforations: aetiology, management strategies and outcomes. The hole truth. *British dental journal*. 2016;220(4):171.
14. Taatz H, Stiefel A. Zur therapie von zahnperforationen. *Zahnaertztl Welt*. 1965;66:814-819
15. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA Pécora, JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal*. 2002;13:113-117.
16. Bueno MR, Estrela C, De Figueiredo JA, Azevedo BC. Map-reading strategy to diagnose root perforations near metallic intracanal posts by using cone beam computed tomography. *J Endod*. 2011 Jan;37(1):85-90.
17. Weisman MI. Treatment of an unusual perforation of an anterior tooth: Report of a case. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1959;12(6):732-735.
18. Arens DE, Torabinejad M . Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate: two case reports. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 82: 84–88
19. Lemon R R, Steele P J, Jeansonne B G . Ferric sulfate hemostasis: effect on osseous wound healing. I. Left in situ for maximum exposure. *J Endod* 1993; 19: 170–173.
20. Carr GB . Ch. 24: retreatment. In Cohen S, Burns RC (eds). *Pathways of the pulp*. 7th ed. St. Louis: Mosby, 1998.
21. Jeansonne B G, Boggs W S, Lemon R R . Ferric sulfate hemostasis: effect on osseous wound healing. II. With curettage and irrigation. *J Endod* 1993; 19: 174–176

22. Jeansonne BG, Boggs WS, Lemon RR. Ferric sulfate hemostasis: effect on osseous wound healing. II. With curettage and irrigation. *Journal of endodontics*. 1993;19(4):174-176.
23. Alsubait SA. Effect of sodium hypochlorite on push-out bond strength of four calcium silicate-based endodontic materials when used for repairing perforations on human dentin: an in vitro evaluation. *J Contemp Dent Pract*. 2017;18(4):289-294.
24. do Prado M, de Lima CO, das Neves Marques J, Balbal V, Simão R, Campos CN. Effect of different irrigation regimens on the bond strength of Biodentine used for furcal perforation repair. *International Journal of Prosthodontics*. 2019;32(2).
25. Allam CR. Treatment of stripping perforations. *Journal of endodontics*. 1996;22(12):699-702
26. Roda R, Gettleman B H . Nonsurgical retreatment. In S. Cohen K M. Hargreaves (eds) *Pathways of the Pulp*. 9th ed. St. Louis: Mosby, 2006.
27. Charrier M, Medioni E. Microleakage of three filling materials for furcation perforation. *Eur Cell Mater*. 2007;13: 9.
28. Beavers R, Bergenholtz G, Cox C. Periodontal wound healing following intentional root perforations in permanent teeth of Macaca mulatta. *International Endodontic Journal*. 1986;19(1):36-44.
29. Grossman LK. Endodontic failures. *Dent Clin North Am* 1972;16:59-70.
30. Lemon RR. Nonsurgical repair of perforation defects. Internal matrix concept. *Dental Clinics of North America*. 1992;36(2):439-457.
31. Nicholls E. Treatment of traumatic perforations of the pulp cavity. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1962;15(5):603-612.
32. Seltzer S, Sinai I, August D. Periodontal effects of root perforations before and during endodontic procedures. *Journal of dental research*. 1970;49(2):332-339.
33. Elnaghy AM. Influence of QMix Irrigant on the Micropush-out Bond Strength of Biodentine and White Mineral Trioxide Aggregate. *J Adhes Dent*. 2014;16(3):277-283
34. Ford TRP, Torabinejad M, McKendry DJ, et al. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1995;79(6):756-763.
35. Setzer FC, Boyer KR, Jeppson JR, et al. Long-term prognosis of endodontically treated teeth: a retrospective analysis of preoperative factors in molars. *Journal of endodontics*. 2011;37(1):21-25.
36. Hashem AAR, Amin SAW. The effect of acidity on dislodgment resistance of mineral trioxide aggregate and bioaggregate in furcation perforations: an in vitro comparative study. *Journal of endodontics*. 2012;38(2):245-249.
37. Simon JH, Kelly WH, Gordon DG, Ericksen GW. Extrusion of endodontically treated teeth. *The Journal of the American Dental Association*. 1978;97(1):17-23.
38. Frank A. Resorption, perforations, and fractures. 1974

39. Bryan EB, Woollard G, Mitchell W. Nonsurgical repair of furcal perforations: a literature review. *General dentistry*. 1999;47(3):274-278; quiz 279.
40. Mitsis F. Flap operation techniques for the treatment of certain endodontic and periodontic problems. *International Endodontic Journal*. 1970;4(1):6-9.
41. Tsesis I, Fuss Z. Diagnosis and treatment of accidental root perforations. *Endodontic Topics*. 2006;13(1):95-107.
42. Meister Jr F, Lommel TJ, Gerstein H, Davies EE. Endodontic perforations which resulted in alveolar bone loss: report of five cases. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1979;47(5):463-470
43. Main C, Mirzayan N, Shabahang S & Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *Journal of endodontics*, 2004 30(2), 80-83.
44. Koch K, Brave D, Nasseh AA. A review of bioceramic technology in endodontics. CE article. 2012;4:6-12.
45. Atmeh A, Chong E, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *Journal of dental research*. 2012;91(5):454-459.
46. Sarkar N, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*. 2005;31(2):97-100.
47. Parirokh M, Torabinejad M, Dummer P. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview—part I: vital pulp therapy. *International endodontic journal*. 2018;51(2):177-205.
48. Holland R, Otobani Filho JA, Souza V, Nery MJ, Bernabé PF, Dezan Junior E. Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. *J Endod*. 2001 Apr;27(4):281-4.
49. Ford TR, Torabinejad M, McKendry DJ, Hong CU, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1995 Jun;79(6):756-63.
50. Ingle JI. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1961;14:83-91.
51. Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod*. 1979;5:83-90.
52. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993 Nov;19(11):541-4.
53. Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, et al. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: a review of the literature. *Dental materials*. 2008;24(2):149-164.
54. Estrela C, Decurcio DA, Rossi-Fedele G, et al. Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Braz Oral Res*. 2018 Oct 18;32(suppl 1):e73. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0073. PMID: 30365614.
55. Swarup S, Rao A. *Bioceramics in pediatric endodontics: Lap Lambert Academic Publishing* 2013.

56. Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. *Endod Topics*. 2015 May;32(1):3-30.
57. Al-Hezaimi K, Al-Hamdan K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon J-HS, Rotstein I. Effect of white-colored mineral trioxide aggregate in different concentrations on *Candida albicans* in vitro. *Journal of endodontics*. 2005;31(9):684-686.
58. Siqueira Jr J, Lopes H. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *International endodontic journal*. 1999;32(5):361-369.
59. Al-Hezaimi K, Al-Shalan TA, Naghshbandi J, Simon J-HS, Rotstein I. MTA preparations from different origins may vary in their antimicrobial activity. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2009;107(5):e85-e88.
60. Stowe TJ, Sedgley CM, Stowe B, Fenno JC. The effects of chlorhexidine gluconate (0.12%) on the antimicrobial properties of tooth-colored ProRoot mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*. 2004;30(6):429-431.
61. Kakani, Abhijeet K., and Chandrasekhar Veeramachaneni. "Sealing ability of three different root repair materials for furcation perforation repair: An in vitro study." *Journal of Conservative Dentistry: JCD* 23.1 (2020): 62.
62. Akbulut MB, Bozkurt DA, Terlemez A, et al. The push-out bond strength of BIOfactor mineral trioxide aggregate, a novel root repair material. *Restorative dentistry & endodontics*. 2019;44(1).
63. Torabinejad M, Hong C, McDonald F, et al. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *Journal of endodontics*. 1995;21(7):349-353.
64. Saghiri MA, Orangi J, Asatourian A, et al. Calcium silicate-based cements and functional impacts of various constituents. *Dental materials journal*. 2017;36(1):8-18.
65. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Irvani A, Kharrazifard MJ, Dummer PM. Effect of acidic environment on the push-out bond strength of mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*. 2010;36(5):871-874.
66. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. The biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement on dentin enhances the push-out strength. *Journal of endodontics*. 2010;36(2):286-291.
67. Han L, Okiji T. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *International endodontic journal*. 2011;44(12):1081-1087.
68. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *Journal of endodontics*. 2009;35(5):731-736.
69. Singla, Metashi, et al. "Comparison of push-out bond strength of furcation perforation repair materials—Glass ionomer cement Type II, hydroxyapatite, mineral trioxide aggregate, and biodentine: An in vitro study." *Contemporary clinical dentistry* 9.3 (2018): 410
70. Okabe T, Sakamoto M, Takeuchi H, et al. Effects of pH on mineralization ability of human dental pulp cells. *Journal of endodontics*. 2006;32(3):198-201

