

## Bölüm 8

### BİYOSERAMİK ESASLI KÖK KANAL PATLARI

Işınsu ATALAY<sup>1</sup>

#### GİRİŞ

Endodontik tedavilerde, kök kanal dolgusunda kullanılan kök kanal patları temel olarak; boşlukları ve açık aksesuar kanalları kapatmak, kök kanal dolgu malzemesi ile kök kanalı duvarı arasında bir bağ oluşturmak ve güta-perka konularının yerleştirilmesini kolaylaştırmak gibi amaçlarla kullanılmaktadır (1). Etkin bir şekilde dezenfekte edilmiş kök kanal sisteminin üç boyutlu sızdırmaz dolgusu, geleneksel olarak, bir kök kanal patı ile simante edilmiş güta-perka malzemesi kullanılarak elde edilir (2). Biyolojik ve teknik önemleri nedeniyle, kök kanal patlarının kimyasal ve fiziksel özellikleri, yirminci yüzyılın başlarındaki ilk gelişmelerden bu yana büyük ilgi konusu haline gelmiştir (3).

Kök kanal patları, ana kimyasal bileşenlerine göre sınıflandırılmaktadır: Çinko oksit öjenol, kalsiyum hidroksit, cam iyonomer, silikon, reçine ve biyoseramik bazlı kök kanal patları (1). Çinko oksit öjenol esaslı kök kanal patlarının; sitotoksikite ve dentine bağlanmada yetersizlik göstermesinin yanı sıra sert doku birikimi sağlamadığı tespit edilmiştir (2, 4). Bu eksikliklerin üstesinden gelebilmek için, rezin bazlı kök kanal patları piyasaya sürülmüştür. Buna örnek gösterilebilecek günümüzde en çok tercih edilen epoksi rezin bazlı kök kanal patı olan AH Plus™, iyi sızdırmazlık yeteneği, doku sıvılarında düşük çözünürlük ve minimal sitotoksik reaksiyonlar göstermektedir (2).

“Biyoseramik” terimi ilk olarak BioAggregate® materyalini (Innovative BioCeramic, Kanada) tanımlamak için kullanılmıştır (5). Biyoseramikler, tıp ve diş hekimliği alanlarında canlı dokularla doğrudan temas halinde kullanılan inorganik, metalik olmayan, biyoyumlu malzemelerdir (6-8). Kimyasal olarak stabil olmak, aşındırıcı özellik barındırmamak, organik dokularla iyi etkileşime girebilmek gibi avantajları sebebiyle biyoseramik materyaller daha fazla geliştirilmektedir ve endodonti alanında pulpa kuafajı, obtürasyon, apikal bariyer

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Medipol Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD, atalayisinsu@gmail.com

oluşumu, perforasyon onarımları ve kök ucu dolgusu gibi birçok tedavide başarıyla kullanılmaktadır. Endodontik biyoseramikler, manuel karıştırma gerektiren toz/sıvı veya önceden karıştırılmış materyallerden oluşabilmektedir. Bu materyaller sertleşme sonucunda diş yapısı ile üstün bir sızdırmazlık oluşturmaktadır (7, 9).

“Biyoseramik” terimi bilimsel literatürde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Endodonti alanında, esas olarak kalsiyum silikat simanlara dayalı bir grup malzeme için bir tanım olarak yer almaktadır. Ancak, tüm “biyoseramik” endodontik patlar aynı özelliklere sahip değildir. Bileşimlerdeki farklılıklar, “biyoseramik” kelimesinin genel tanımının ardında gizlenmiş bazı özelliklerdeki farklılıkları belirler. Kök kanal sisteminin doldurulması için malzeme seçiminde kesinlik ve öngörülebilirlik sağlayarak kavramları netleştirmeye ihtiyaç vardır. Biyoseramik esaslı endodontik patlar; “sertleşme reaksiyonunun hidrofilik inorganik bileşenlere ve suya dayalı olduğu, endodontik bir pat olarak profesyonel kullanıma yönelik steril olmayan bir madde” tanımı ile açıklanabilir (5).

Biyoseramik esaslı materyaller, son otuz yıldır endodonti alanında kullanıma girmiştir. Bu materyaller; alümina, zirkonya, biyoaktif cam, cam seramikler, hidroksiapatit ve kalsiyum fosfatları içeren medikal ve dental kullanım için özel olarak tasarlanmış seramik malzemelerdir (8). Biyoseramik malzemeler çevrelerindeki canlı doku ile etkileşimlerine göre biyoaktif veya biyo inert olarak sınıflandırılır (10). Cam ve kalsiyum fosfat gibi biyoaktif maddeler, daha dayanıklı dokuların büyümesini teşvik etmek üzere çevre doku ile etkileşime girer. Zirkonya ve alümina gibi biyo inert maddeler, etkili bir şekilde hiçbir biyolojik veya fizyolojik etkiye sahip olmadan, çevre dokuda ile ihmal edilebilir etkileşim gösterir. Biyoseramik materyaller ayrıca stabilizasyonlarına göre biyobozunma, çözünme ve emilebilme özelliklerine göre de sınıflandırılmaktadır (11).

Biyoseramik esaslı kök kanal dolgu maddelerinden istenen biyolojik ve fiziksel özellikler, aşağıdaki listede olduğu gibi, Grossman tarafından açıklanan ideal kök kanal dolgu malzemesi özelliklerine göre özetlenmiştir (1):

1. Sertleştiğinde kanal duvarı ile iyi bir adezyon sağlayabilmek adına karıştırıldığında akışkan olmalıdır.
2. Hermetik kapama sağlamalıdır.
3. Radyografide ayırt edilebilmesi için radyopak olmalıdır.
4. Toz parçacıkları, sıvı ile homojen karışım elde edebilmek için oldukça ince yapıda olmalıdır.

5. Sertleştikten sonra büzülmemelidir.
6. Renklemeye sebep olmamalıdır.
7. Bakteriyostatik olmalı veya en azından bakteri üremesini teşvik etmemelidir.
8. Yavaş sertleşmelidir.
9. Doku sıvılarında çözünmemelidir.
10. Periapikal dokular tarafından iyi tolere edilmelidir.
11. Kök kanal dolgusunun yenilenmesini gerektiren durumlarda kanaldan kolay uzaklaştırılabilmelidir.

Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının dentine bağlanma mekanizmaları kesin olarak bilinmemekle birlikte aşağıdaki mekanizmaların gerçekleşiyor olabileceği öne sürülmektedir; (1)

1. Pat partiküllerinin dentin tübüllerine difüzyonu (tübüler difüzyon) ile mekanik kilitli bağların oluşumu (12).
2. Kök kanal patının mineral içeriğinin intertübüler dentine infiltrasyonu sayesinde mineral infiltrasyon bölgesi oluşumu (13).
3. Dentinin nemi sayesinde kalsiyum silikatların reaksiyona girmesi sonucunda oluşan kalsiyum silikat hidrojeni ve kalsiyum hidroksit maddelerinin fosfat ile kısmi reaksiyona girmesi sonucu oluşan hidroksiapatit ve mineral infiltrasyon bölgesi oluşumu (14).

Tıbbi Cihazların Sınıflandırılması için Küresel Sistem (The Global System for the Nomenclature of Medical Devices - GMDN)è göre “biyoseramik” terimi, endodontik pat değil, bir protetik restoratif malzemeye atıfta bulunur. Bu durumda biyoseramik esaslı kök kanal patının bir kavram olarak bulunması doğru değildir. Biyoseramik endodontik pat terimi yerine “Hidroksopik trikal-siyum silikat endodontik pat” terimi önerilmiştir. Ancak “biyoseramik” terimi hem yeni tanıtılan malzemelerin ambalajlarında hem de bilimsel araştırmalarda giderek daha yaygın yer almaya başlamıştır (5, 15). Klinikte endodontik tedaviler sırasında kullanılmakta olan biyoseramik patlar ve içeriklerine aşağıdaki tabloda yer verilmiştir (Tablo1) (1).

**Tablo 1. Biyoseramik esaslı kök kanal patlarına örnekler**

Ana içerik	Firma adı	Üretici	İçerik
Kalsiyum silikat	iRoot SP	Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Kanada	Zirkonyum oksit, kalsiyum silikatlar, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit, doldurucu ve yoğunlaştırıcı maddeler
	EndoSequence BC	Brasseler USA, Savannah, GA, ABD	
Mineral Trioksit Agregat (MTA)	MTA-Fillapex	Angelus, Londrina, PR, Brazilya	Salisilat rezin, seyreltici rezin, doğal rezin, bizmut trioksit, nanopartikül silika, MTA ve pigmentler
	MTA-Angelus	Angelus, Londrina, PR, Brazilya	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, tetrakalsiyum alüminoferrit, bizmut oksit, demir oksit, kalsiyum karbonat, magnezyum oksit, kristal silika ve kalıntılar
	ProRoot Endo Sealer	DENTSPLY Tulsa Dental Specialties	Toz: Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum sülfat, bizmut oksit, az miktarda trikalsiyum alüminat Sıvı: Suda çözünür bir polimerin viskoz sulu çözeltisi
Kalsiyum fosfat	Sankin apatite (I, II ve III)	Sankin Kogyo, Tokyo, Japonya	Toz: Tip I: alfa-trikalsiyum fosfat ve hidroksi-Sankin apatit Tip II (%30) ve tip III (%5): Toza eklenen iyodoform Sıvı: poliakrilik asit ve su

## **BİYOSERAMİK ESASLI KÖK KANAL PATLARININ FİZİKSEL, KİMYASAL VE BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

### **Biyoyumluluk**

Biyoyumluluk; patın apikal ve lateral foramenlerde canlı doku ile doğrudan veya yüzey restorasyonu yoluyla dolaylı olarak temas edeceğinden dolayı kök kanal patı için oldukça önemlidir (3). Biyoyumluluk, bir materyalin, kontakta herhangi bir lokal veya sistemik olumsuz tepkiye neden olmadan istenen işlevi

yerine getirme yeteneğidir (16). İnsan osteoblast ve periodontal ligament hücreleri gibi çeşitli dokularda yapılan çalışmalarda biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patlarının çeşitli şekillerde biyoyumluluk ve biyoaktif etkinlik gösterebildiği görülmüştür (17, 18). Literatür, birçok biyoseramik patın, kök kanal dolgusu veya kök perforasyonlarının onarımı sırasında kasıtsız olarak apikal foramenen ekstrüde edildiğinde kemik rejenerasyonunu destekleme potansiyeline sahip olduğunu belirtmektedir (18, 19).

Yapılan farklı araştırmalarda iRoot SP, Endosequence BC, hücre kültürlerinde biyoyumlu özellik göstermiştir (20-22). Yapılan bir diğer araştırmada biyoseramik esaslı patların biyoyumlu özelliği desteklenmiş ve ayrıca sitotoksitesinin kullanılan materyalin konsantrasyonuna bağlı olabileceği dile getirilmiştir (21). MTA-Fillapex ile yapılan bir araştırmada, yeni hazırlanmış materyalin yüksek sitotoksikite gösterdiği izlenmiştir. Bu durumun zamanla azalmadığı da dikkat çekmiştir. Yeni hazırlanmış patlarda görülebilen bu sitotoksikite; bu materyallerin içerisinde bulunan az miktarda toksik maddenin salınmasına bağlı olabilir (23). Sertleşmenin son aşamasından önce, kök kanal patları, doku tahrişine neden olabilecek, iyileşmeyi geciktirebilecek veya önleyebilecek sitotoksik yan ürünleri salma potansiyeline sahiptir (24). Yapılan farklı analizlerde bu tip durumların 5 hafta sonra azalma gösterdiği görülmüştür (23).

### **Sertleşme Süresi**

Sertleşme süresi, 100 g kütleli bir girinti ve 2 mm'lik dairesel bir ucun, sertleşme süresi yaklaştıkça karıştırılan malzemenin düz yüzeyine indirilmesiyle ölçülür (3). Üretici firmalar, aşırı kuru kanallarda sertleşme süresinin uzadığını öne sürmektedir. Bununla birlikte aşırı ıslak kanallar da sertleşme süresinin etkilenebileceği ve özellikle sertleşme sonrası patın mikrosertliğinin olumsuz etkilenebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, ıslak kanallarda pat sertleştiğinde daha gözenekli bir matrisin ortaya çıkması ve bu durumun, pattan dokuyu irrite edici maddelerin sızıntısına yol açabileceği dikkate alınmalıdır (24).

Üretici firma EndoSequence BC kanal patının, sertleşme reaksiyonunu başlatmak ve tamamlamak için kanal irrigasyonundan sonra dentin tübüllerinde kalan nemi kullandığını belirtmektedir. Üreticiler, bu patın sertleşme süresinin süresinin 4 saat olduğunu ve aşırı kuru kanallarda bu sürenin uzayabileceğini öne sürmektedir. Buna karşılık yapılan bir çalışmada sertleşme süresinin 168 saatte son bulduğu da görülmektedir (24). EndoSequence BC Sealer'ın sertleşme reaksiyonu iki fazlı bir reaksiyondur. Faz I, monobazik kalsiyum fosfatın, su

ve hidroksiapatit üretmek için su varlığında kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girmesinden oluşur. Faz II, dentindeki nem ve faz I'den elde edilen suyun, kalsiyum silikat hidrat fazını tetiklemeğe katkıda bulunması ile meydana gelir (1).

MTA Fillapex'in özelliklerinin incelendiği bir araştırmada 2,27-4,55 saat arasında sertleşme reaksiyonun başladığı ve sonlandığı görülmüştür (25). Başka bir araştırmada bu sürenin daha kısa sürebildiği (66 dk) tespit edilmiştir (26).

### **Akışkanlık**

Akışkanlık bir reometre ile veya sabit miktarda (0,05 mL) hazır karıştırılmış malzemenin iki cam plaka arasına yerleştirilmesi ve toplam 120 g yüke maruz bırakılmasıyla ölçülebilir. 10 dakika sonra, plakalar arasındaki malzemenin çapı ölçülür: Çap ne kadar küçükse, karışım o kadar koyu olur (3, 27).

Kök kanalları katı bir kor materyal ile doldurulurken, bu kor materyal ile kanalın dentin duvarı arasında kalan küçük boşlukların doldurulması amacıyla sızıntıyı önleyecek ve hermetik tıkamayı sağlayacak akışkan bir kanal patına gereksinim duyulmaktadır (28). Akışkanlık, kanal patının dentindeki dar düzensizlikler, isthmus, aksesuar kanallar ve ana ve aksesuar konlar arasındaki boşluklar gibi erişilmesi zor alanları doldurmasını sağlayan önemli bir kriterdir. Parçacık boyutu, sıcaklık veya karıştırmadan itibaren geçen süre gibi durumlar akışkanlığı etkilemektedir (27). Bir kök kanal patının akış hızı 20 mm'den az olmamalıdır (1, 3).

MTA Fillapex kök kanal patının akışkanlık hızının ortalama 25 mm ve EndoSequence BC kök kanal patının akışkanlık hızının ortalama 23-27 mm aralığında olduğu saptanmıştır. Bu düzeyler ideal bir kök kanal patının akışkanlık kriterlerine uygundur (29, 30).

### **Çözünürlük**

Çözünürlük, bir maddenin suda kaldığı süre boyunca uğradığı kütle kaybıdır (1). Kök kanal patının çözünmesi, kök kanal tedavisinin genel kalitesini riske atar. Çözünme sebebiyle periapikal dokuda inflamatuvar değişiklikleri tetikleyebilecek kimyasal bileşikler salınabilir. Ayrıca; kök kanal patları, sızdırmazlık kabiliyetini korumak ve kök kanalı ile dolgu materyali arasındaki boşlukları yeniden enfeksiyona açık hale getirmemek adına düşük çözünürlük oranları sunmalıdır (31). Endodontik patlar için çözünürlük (ISO 6876, 2012), kullanılan materyalin başlangıç kütlelerinin maksimum %3'lük bir kaybı ile belirlenir (26). Genel olarak altın standart patlar sınıfı olarak kabul edilen epoksi rezin esaslı

kök kanal patları, ISO 6876:2012 ve ANSI/ADA 57:2000 yönergelerine uygun olarak düşük çözünürlük sunmaktadır (31). Buna karşılık epoksi rezin esaslı kök kanal patları ile karşılaştırıldığında; biyoseramik esaslı kök kanal patları bazı araştırmalarda benzer veya daha düşük çözünürlük sonuçları verirken, bazılarında ise daha yüksek sonuçlar vermiştir (32-35).

MTA Fillapex çözünürlüğü yüksek bulunmuş bir materyaldir. Bunun sebebinin patın bileşimine dahil edilen ve matrisin stabilizasyonunu değiştiren katkı maddeleriyle ilgili olduğu düşünülmektedir (26). Çözünürlük bu materyalin bir dezavantajı olsa da çözünürlük aralığının ISO 6876:2001 tarafından önerilen aralık (%3'ten az) içerisinde olduğu görülmüştür (25). Yapılan bir başka araştırmada MTA Fillapex, Endosequence BC kök kanal patından daha etkin film kalınlığı ve akışkanlık, ancak daha yüksek çözünürlük göstermiştir (29). Bununla birlikte bir başka çalışmada iRoot SP ve MTA Fillapex ANSI/ADA'nın çözünürlük kriterlerine uygun sonuçlar vermemiştir. iRoot SP, kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat ve kalsiyum oksidin kompleks bir bileşimidir. Ortamdaki nemin, kalsiyum silikat hidrojel ve kalsiyum hidroksit üretmek için kalsiyum silikatların hidrasyon reaksiyonlarını kolaylaştırmaktadır. iRoot SP oldukça ince hidrofilik parçacıklardan oluşmaktadır. Bu parçacıkların aktif kalsiyum hidroksit ile difüzyonu, bu materyalin yüksek çözünürlüğünü ve ortama kalsiyum iyonu salınımını açıklayabilir. iRoot SP'nin son derece küçük parçacık boyutunun akışkanlığı iyi etkilediği düşünülmektedir. Ancak artmış yüzey alanı nedeniyle çözünürlük artmaktadır (36).

### **Kök Kanal Tedavisinin Tekrarına Olanak Sağlama**

Cerrahi olmayan endodontik tedavi tekrarı; kural veya apikal sızıntı nedeniyle tıkalı bir kök kanal sisteminin etkisiz tedavisinden veya yeniden enfeksiyonundan sonra sağlıklı periapikal dokuları yeniden oluşturma girişimidir. Orijinal kök kanal dolgusunun çıkarılması, daha fazla temizlik ve hermetik kanal dolgusuna olanak sağlayacak şekilde, tüm kök kanal sistemine yeniden erişim sağlanmasını gerektirir. Güta-perka ve patın çıkarılması, kök kanalının yeniden tedavisinde önemli bir faktördür. Kalan güta-perka veya pat ile kaplanmış nekrotik doku veya bakteriler, periapikal inflamasyon veya ağrıdan sorumlu olabilir (37). Kanal tedavisinin yenilenmesi sırasında, kök kanal sisteminde en fazla kalan materyalin kök kanal patı olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple kök kanal patının, kanal tedavisinin yenilenmesi sırasında kök kanal sisteminden etkili bir şekilde uzaklaştırılması, tedavini başarısı için önemli bir kriterdir (38).

EndoSequence BC ve MTA Fillapex patlarının kök kanalından uzaklaştırılmasının zorlayıcı olduğu görülmüştür (39-41). Kanal tedavisi tekrarı sırasında kanal dolgusunun daha etkin uzaklaştırılabilmesi adına, ultrasonik cihazlardan destek alınması önerilmektedir (39).

### **Radyoopasite**

Radyoopasite; kök kanal patının radyografik görüntü sırasında komşu anatomik yapılardan ayırt edilmesi, kök kanal tedavisinde aksesuar kanalların infiltrasyonu dahil olmak üzere kök kanal dolgusunun kalitesinin değerlendirilmesi açısından oldukça önemli bir kriterdir (30, 42). Ayrıca, rezorbe olabilen ve ekstrüze materyallerin durumu, kontrast özellik sayesinde yalnızca radyografik olarak takip edilebilir. Ancak kapsamlı araştırmalar sonucunda, radyopasitelik sağlayan maddelerdeki çeşitlilikler sebebiyle kök kanal dolgu kalitesinin tam olarak anlaşılmasında bazı güçlükler olabileceği de görülmüştür (42).

Kanal patının tipi ve yoğunluğu kök kanal dolgusunun radyoopasitesini etkilemektedir (43). ISO 6876/2001'e göre, bir kök kanal patı için minimum radyoopasite, 3,00 mm alüminyum referans standardına dayanmaktadır (1, 27, 30). EndoSequence BC 3,83 mm (30), MTA-Fillapex 7 mm (26) değerlerinde radyoopasitelik kriterlerine sahiptir.

### **Adezyon**

Endodontik tedavide adezyon; kök kanal patının, kök kanal dentinine ve güta-perka konilerinin birbirine ve dentine bağlanmasını sağlama kapasitesi olarak tanımlanır (44).

Bir patın kök dentinine adezyonunu ölçmek için kullanılan standart bir yöntem yoktur; bu nedenle, kanal patlarının adezyon potansiyeli, yaygın olarak mikrosızıntı ve bağlanma dayanımı testleri kullanılarak ölçülmektedir (45). Bir patın sızdırmazlık yeteneği, o patın çözünürlüğü ve dentin ve güta perka konlarına adezyon yeteneğine bağlıdır (27).

Kullanılan metodoloji çeşitlerinden bağımsız olarak, yapılan birçok incelemenin sonucunda biyoseramik esaslı kök kanal patlarının sızdırmazlık kabiliyetinin tatmin edici olduğu ve piyasada bulunan diğer patlarla kıyaslanabilir olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, yakın zamana kadar, biyoseramik esaslı patlara ilişkin uzun vadeli sızdırmazlık kabiliyeti veya klinik sonuçlarla ilgili daha çok araştırma yapılması önerilmektedir (1).



Bağlanma dayanımı, adeziv materyali dentinden ayırmak için gereken birim alan başına kuvvettir (45). Patın, dişi sızdırmazlığa ve olası kırığa karşı güçlendiren tek bir ünite oluşturmak için hem kor malzemeye hem de dentin duvarına bağlanması prensibine dayanan “Monoblok” konseptin gelişimi ile birlikte bağlanma dayanımı testlerine verilen önem de artmıştır (46). Biyoseramik esaslı patlar, dentin ve gütaperka arasında kuvvetli bir bağ oluşturma yeteneğine sahiptir (11).

Araştırmalarda iRoot SP patının bağlanma dayanımının AH Plus ile benzer olduğu görülmüştür. Bu etkin bağlanma dayanımının dentin tübüllerinde bulunan nemi kullanan kalsiyum silikat partikülleri sayesinde olduğu ve böylece sertleşme sonrası büzülme meydana gelmesinin de önlendiği düşünülmektedir. Yüksek dislokasyon direnci de göz önünde bulundurulduğunda iRoot SP patının etkin sızdırmazlık göstereceği öngörülebilmektedir (47). Bir araştırmada Gütaperka/AH Plus ve gütaperka/EndoSequence BC patlarının bağlanma dayanımlarının birbirine benzer ölçüde olduğu saptanmıştır (48). AH Plus ve iRoot SP kök kanal patları ile kıyaslandığında; MTA Fillapex’in orta ve apikal segmentlerde önemli ölçüde daha düşük bağlanma ve push-out testi değerlerine sahip olduğu görülmüştür (49).

### **Diş Dokusunda Renklenme**

Endodontik patların neden olduğu diş renklenmesi, endodontik tedavinin başarısını estetik açıdan riske atmaktadır. Kuronal bölge üzerinde yapılan analizlerde, en fazla renk değişikliğinin kuronun servikal üçte birlik bölümünde meydana geldiği görülmüştür (50). Anterior estetik bölgede patın sebep olduğu kuronal bölgedeki renk değişikliğinin önlenmesi için kök kanal dolgusunun bu alanda servikal bölgenin altına indirilmesi gerekir (51).

Biyoseramik esaslı patlarda kahverengi (NaOCl ile temas halinde), gri (klorheksidin ile temas halinde) veya hatta siyah (glutaraldehit ile temas halinde) renklenmelere sebep olabilmesi sebebiyle, bizmut oksit bileşeni yerine daha farklı radyoopasite verici maddeler (zirkonya dioksit, tantal oksit vb.) eklenmiştir (50). Kuronda oluşan renk değişiminin incelendiği bir araştırmada; MTA Fillapex’in klinik olarak algılanabilir bir değişikliğe neden olmadığı gözlenmiştir (51).

### **Antimikrobiyal Özellikler**

Endodontik başarısızlıkların altında yatan en büyük sebep bakteriyel enfeksiyondur. Bakteriler, kök kanalının ekstirpe edilmemiş bir bölgesinde kalabilir veya restorasyonda meydana gelen mikrosızıntı sebebiyle kök kanal sistemine geçebilir (52).

Bir kök kanal patının antimikrobiyal aktivitesi, kök kanal tedavisinde elimine edilememiş veya tedavi sonrasında mikrosızıntı yoluyla kanalı istila etmiş olabilecek rezidüel intraradiküler enfeksiyonları ortadan kaldırarak endodontik tedavinin başarı oranını artırır (1, 27).

Biyoseramik patların temel antimikrobiyal özellikleri, mineralize doku birikimi yoluyla onarımı uyaran alkalinitelerinde ve kalsiyum iyonlarının salınmasında yatmaktadır (27, 53). Bu materyaller sertleşme sırasında pH ve iyon salınımını arttırarak antimikrobiyal aktivitenin gerçekleşmesini sağlar (7).

iRoot SP patında bulunan kalsiyum hidroksit, fosfatla kısmen reaksiyona girerek hidroksiapatit ve su oluşturur. Suyun reaksiyon döngüsünü yeniden başlatması ve kalsiyum silikat hidrojel ve kalsiyum hidroksit üretmek için kalsiyum silikatlarla reaksiyona girmesi gerekir. Bu tepkimeleri oluşturması, patın yüksek pH'ını açıklayabilir. iRoot SP patının antibakteriyel etkisi, yüksek pH, hidrofiliklik ve aktif kalsiyum hidroksit difüzyonunun bir kombinasyonu olabilir. Bununla birlikte, antimikrobiyal etkinin, patın karıştırılmasından 7 gün sonra büyük ölçüde azaldığı görülmüştür (14).

MTA Fillapex, sertleşme öncesi *E. faecalis*'e karşı antibakteriyel etkisi göstermektedir. Ancak bu etki sertleşme sonrası devam etmemektedir. Araştırmacılar, MTA-Fillapex'in antibakteriyel aktivitesini, materyal içerisinde ana bileşen olarak yer alan rezin varlığına bağlamaktadır (54).

Yapılan incelemelerde EndoSequence BC patının etkin antimikrobiyal etkiye sahip olduğu görülmüştür (55). Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının nötr koşullarda benzer ve etkin antibakteriyel aktivite gösterirken, asidik pH ortamında bu etkilerinin azalmaktadır (56).

## **SONUÇ**

Biyoseramik materyallerin kök kanal patı olarak tercih edilmesinin önemli avantajları vardır. Bunlar arasında endodontik açıdan en önemli olanı, bu materyallerin kök kanal sisteminden ekstrüze olmaları durumunda inflamatuvar yanıt vermemesidir. Diğer avantajları arasında biyoseramiklerin oldukça biyouyumlu olması, toksik olmaması, kimyasal stabilizasyon gibi özellikler sayılabilir. Ayrıca bu materyaller hidroksiapatit oluşturma ve dentin ile pat arasında kuvvetli bir bağ oluşturma yeteneğine sahiptir. Bununla birlikte, kök kanal tedavisi tekrarı veya post boşluğu hazırlığı amacıyla kök kanal sisteminden zor uzaklaştırılmaları veya yüksek çözünürlük gösterebilmeleri bu materyaller için dezavantaj oluşturabilmektedir.

## **KAYNAKLAR**

1. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-based root canal sealers: a review. *International journal of biomaterials*. 2016;2016.
2. Badawy RE-S, Mohamed DA. Evaluation of new bioceramic endodontic sealers: An in vitro study. *Dental and Medical Problems*. 2022;59 (1):85-92.
3. Ørstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic topics*. 2005;12 (1):25-38.
4. Markowitz K, Moynihan M, Liu M ve ark. Biologic properties of eugenol and zinc oxide-eugenol: a clinically oriented review. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1992;73 (6):729-37.
5. Zhekov K, Stefanova VP. Definition and classification of bioceramic endodontic sealers. *Folia Medica*. 2021;63:901.
6. Edrees HY, Abu Zeid ST, Atta HM ve ark. Induction of osteogenic differentiation of mesenchymal stem cells by bioceramic root repair material. *Materials*. 2019;12 (14):2311.
7. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Antimicrobial and Antibiofilm Properties of Bioceramic Materials in Endodontics. *Materials*. 2021;14 (24):7594.
8. Hench LL. Bioceramics: from concept to clinic. *Journal of the american ceramic society*. 1991;74 (7):1487-510.
9. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *Journal of endodontics*. 2010;36 (1):16-27.
10. Best S, Porter A, Thian E ve ark. Bioceramics: Past, present and for the future. *Journal of the European Ceramic Society*. 2008;28 (7):1319-27.
11. Koch K, Brave D. The increased use of bioceramics in endodontics. *Dentaltown*. 2009;10:39-43.
12. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2009;107 (6):e79-e82.
13. 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):1081-7.
14. Zhang H, Shen Y, Ruse ND ve ark. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *Journal of endodontics*. 2009;35 (7):1051-5.
15. Ha W, Kahler B, Walsh LJ. Classification and nomenclature of commercial hygroscopic dental cements. *European Endodontic Journal*. 2017;2 (1):1.
16. Zafar MS, Ullah R, Qamar Z ve ark. Properties of dental biomaterials. *Advanced dental biomaterials: Elsevier*; 2019. p. 7-35.
17. Salles LP, Gomes-Cornélio AL, Guimarães FC ve ark. Mineral trioxide aggregate-based endodontic sealer stimulates hydroxyapatite nucleation in human osteoblast-like cell culture. *Journal of endodontics*. 2012;38 (7):971-6.
18. Bae W-J, Chang S-W, Lee S-I ve ark. Human periodontal ligament cell response to a newly developed calcium phosphate-based root canal sealer. *Journal of endodontics*. 2010;36 (10):1658-63.

19. Bryan TE, Khechen K, Brackett MG ve ark. In vitro osteogenic potential of an experimental calcium silicate-based root canal sealer. *Journal of endodontics*. 2010;36 (7):1163-9.
20. Zoufan K, Jiang J, Komabayashi T ve ark. Cytotoxicity evaluation of Gutta flow and endo sequence BC sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2011;112 (5):657-61.
21. Mukhtar-Fayyad D. Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2011;112 (6):e137-e42.
22. Meneses CB, Gambini AF, Olivi LT ve ark. Effect of CPoint, EndoSequence BC, and gutta-percha points on viability and gene expression of periodontal ligament fibroblasts. *Eur Endod J*. 2019;4 (2):57-61.
23. Silva EJNIld, Santos CC, Zaia AA. Long-term cytotoxic effects of contemporary root canal sealers. *Journal of Applied Oral Science*. 2013;21:43-7.
24. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW ve ark. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *Journal of endodontics*. 2011;37 (5):673-7.
25. Vitti RP, Prati C, Silva EJNI ve ark. Physical properties of MTA Fillapex sealer. *Journal of endodontics*. 2013;39 (7):915-8.
26. Viapiana R, Flumignan D, Guerreiro-Tanomaru J ve ark. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified P ortland cement-based experimental endodontic sealers. *International endodontic journal*. 2014;47 (5):437-48.
27. Desai S, Chandler N. Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review. *Journal of endodontics*. 2009;35 (4):475-80.
28. Grossman LI. An improved root canal cement. *The journal of the american dental association*. 1958;56 (3):381-5.
29. Zhou H-m, Shen Y, Zheng W ve ark. Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of endodontics*. 2013;39 (10):1281-6.
30. de Miranda Candeiro GT, Correia FC, Duarte MAH ve ark. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *Journal of endodontics*. 2012;38 (6):842-5.
31. Silva EJ, Cardoso ML, Rodrigues JP ve ark. Solubility of bioceramic-and epoxy resin-based root canal sealers: a systematic review and meta-analysis. *Australian Endodontic Journal*. 2021;47 (3):690-702.
32. Lopes FC, Zangirolami C, Mazzi-Chaves JF ve ark. Effect of sonic and ultrasonic activation on physicochemical properties of root canal sealers. *Journal of Applied Oral Science*. 2019;27.
33. Mendes AT, Silva PBd, Só BB ve ark. Evaluation of physicochemical properties of new calcium silicate-based sealer. *Brazilian dental journal*. 2018;29:536-40.
34. Siboni F, Taddei P, Zamparini F ve ark. Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *International endodontic journal*. 2017;50:e120-e36.
35. Torres F, Zordan-Bronzel C, Guerreiro-Tanomaru J ve ark. 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*. 2020;53 (3):385-91.

36. Borges R, Sousa-Neto MDd, Versiani M ve ark. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *International endodontic journal*. 2012;45 (5):419-28.
37. Schirrmeister JF, Wrbas K-T, Meyer KM ve ark. Efficacy of different rotary instruments for gutta-percha removal in root canal retreatment. *Journal of Endodontics*. 2006;32 (5):469-72.
38. Wilcox LR, Krell KV, Madison S ve ark. Endodontic retreatment: evaluation of gutta-percha and sealer removal and canal reinstrumentation. *Journal of Endodontics*. 1987;13 (9):453-7.
39. Hess D, Solomon E, Spears R ve ark. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *Journal of endodontics*. 2011;37 (11):1547-9.
40. Ersev H, Yılmaz B, Dinçol M ve ark. The efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment instrumentation to remove single gutta-percha cones cemented with several endodontic sealers. *International endodontic journal*. 2012;45 (8):756-62.
41. Neelakantan P, Grotra D, Sharma S. Retreatability of 2 mineral trioxide aggregate-based root canal sealers: a cone-beam computed tomography analysis. *Journal of endodontics*. 2013;39 (7):893-6.
42. Beyer-Olsen EM, Ørstavik D. Radiopacity of root canal sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1981;51 (3):320-8.
43. Baksı BG, Eyübo-lu TF, Şen BH ve ark. The effect of three different sealers on the radiopacity of root fillings in simulated canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2007;103 (1):138-41.
44. Wu S-Y, Chang L-T, Peng S ve ark. Calcium-activated gene transfection from DNA/poly (amic acid-co-imide) complexes. *International journal of nanomedicine*. 2015;10:1637.
45. Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system—the promise and the problems: a review. *Journal of endodontics*. 2006;32 (12):1125-34.
46. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson JY ve ark. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *The Journal of the American Dental Association*. 2004;135 (5):646-52.
47. Ersahan S, Aydın C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. *Journal of endodontics*. 2010;36 (12):2000-2.
48. Shokouhinejad N, Gorjestani H, Nasseh AA ve ark. Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Australian Endodontic Journal*. 2013;39 (3):102-6.
49. Sagsen B, Ustün Y, Demirbuga S ve ark. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *International endodontic journal*. 2011;44 (12):1088-91.
50. Savadkouhi ST, Fazlyab M. Discoloration potential of endodontic sealers: A brief review. *Iranian endodontic journal*. 2016;11 (4):250.
51. Ioannidis K, Mistakidis I, Beltes P ve ark. Spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by MTA-and ZnOE-based sealers. *Journal of Applied Oral Science*. 2013;21:138-44.

52. Cheung G. Endodontic failures--changing the approach. *International Dental Journal*. 1996;46 (3):131-8.
53. Okabe T, Sakamoto M, Takeuchi H ve ark. Effects of pH on mineralization ability of human dental pulp cells. *Journal of endodontics*. 2006;32 (3):198-201.
54. Morgental RD, Vier-Pelisser FV, Oliveira SDd ve ark. Antibacterial activity of two MTA-based root canal sealers. *International endodontic journal*. 2011;44 (12):1128-33.
55. Singh G, Elshamy FM, Homeida HE ve ark. An in vitro Comparison of Antimicrobial Activity of Three Endodontic Sealers with Different Composition. *The journal of contemporary dental practice*. 2016;17 (7):553-6.
56. Bosaid F, Aksel H, Azim AA. Influence of acidic pH on antimicrobial activity of different calcium silicate based–endodontic sealers. *Clinical Oral Investigations*. 2022;26 (8):5369-76.