

# BÖLÜM 8

## PERİAPİKAL CERRAHİ

Yunus BALEL<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Ortograd endodontik tedavi olarak da bilinen geleneksel endodontik tedavi genellikle başarılı bir prosedürdür. Bununla birlikte, vakaların %10'u ile %15'inde semptomlar kendiliğinden devam edebilir veya tekrarlayabilir (1). Drenaj fistülü, çiğneme ağrısı veya radyografide artan radyolüsentlik gibi bulgular, başlangıçta yapılan endodontik prosedürle ilgili problemleri gösterir.

Periapikal bölgede yapılacak olan cerrahi işlemler akut veya kronik periradiküler hastalıkların cerrahi yaklaşımla tedavisini içermektedir. Genel olarak bu yaklaşımlar; apse drenajı, periapikal cerrahi ve kök rezeksiyonu işlemlerini ihtiva etmektedir. Bakıldığında periapikal cerrahinin amacı, cerrahi olmayan retreatment tedavisi sonrası ve/veya primer kök kanal tedavisinden sonra iyileşmenin gerçekleşmediği bazı durumlarda apikal periodontitisin tedavisi edilmesidir. Bu durumlara; kanal anatomisinde iyatrojenik değişikliklerden sonra inatçı veya refrakter kanal içi enfeksiyon varlığı, apikal daralma ve apikal foramene yakın alanlarda mikroorganizmaların bulunması, apikal kök yüzeyinde bakteriyel plak oluşu, ekstraradiküler enfeksiyonların iyileşmesini engelleyen lezyon içi bakterilerin varlığı gibi birçok örnek gösterilebilmektedir.

Cerrahi uygulamalar geleneksel olarak endodontik tedavinin önemli bir parçası olmuştur. Bununla birlikte, yakın zamana kadar çok az araştırma periapikal cerrahinin endikasyon-kontrendikasyonları, teknikleri, başarı ve başarısızlık oranları (uzun süreli prognozu), yara iyileşmesi gibi konulara odaklanmıştır (2). Vakaya cerrahi olarak yaklaşıp yaklaşılmayacağı veya ortograd endodontik retreatment tedavisinin düşünülüp düşünülmeceği kararı çeşitli klinik ve anatomik durumlar tarafından belirlenir. Tedavi seçenekleri gözden geçirilirken uzun vadeli ve yüksek başarı oranı olan tedaviler seçilmelidir. Bu ölçütlerin sağlanamadığı durumlarda, diş çekimini takiben bölgeye kemik içi implant yerleştirilme-

<sup>1</sup> Uzm. Dt., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi AD., yunusbalel@hotmail.com

si gibi, farklı diğer tedavi seçenekleri tercih edilebilir. İster ortograd retreatment tedavisinde isterse de periapikal cerrahi tedavisinde dişin üzerine uygulanacak ek prosedürler, diş yapısından bir parça eksilteceğinden dişin uzun süreli başarı oranını azaltabilir. Ancak ve ancak doğru endikasyon konulduğunda diş ve üstündeki restorasyon korunabilir.

Ameliyat öncesinde hastaya periapikal cerrahi prosedür ve ortaya çıkacak sonuçların net olmadığını söylemek önemlidir. Kesin cerrahi prosedür, alan açığa çıkarıldıktan ve araştırıldıktan sonra klinik bulgularla belirlenir. Örneğin, kök yüzeyi açığa çıkartıldıktan sonra bir kök kırığı gözlemlenebilir ve kökün rezeke edilmesi veya dişin çekim kararının intraoperatif olarak verilmesi gerekebilir.

Cerrahi yaklaşımlar genellikle maksiller sinüs ve inferior alveoler sinir gibi anatomik yapılara yakındır, bu nedenle de bu yapıların zarar görmemesi için belirtilen prosedürlerin uzman kişilerce yapılması önemlidir. Bununla birlikte, genel diş hekimi tanı ve tedavi planlaması konusunda kendini geliştirerek uygulanacak prosedürlere hâkim olmalıdır. Çalışmalar, apikal cerrahinin 3 yıllık bir süre içinde %80'den daha fazla başarı oranına sahip olabileceğini göstermektedir (3). Başarı olasılığını bilmek, sevk eden diş hekiminin cerrahi prosedürü tarif etmesini ve hastaya uygun danışmanlık yapmasını sağlar.

Bu bölümde diş çekiminden önceki son şans olan ve gelişen sosyoekonomik düzey ile sıklıkla uygulanan periapikal cerrahi tedavilerin endikasyon-kontrendikasyonları, tanı-tedavi planlamaları ve cerrahi tekniklerin temelleri hakkında hem uzmanlar hem de genel diş hekimleri tarafından kullanılacak bilgilerden bahsedilecektir.

## **PERİAPİKAL CERRAHİ AŞAMALARI**

Periapikal (periradiküler) cerrahi, semptomları ortadan kaldırmak için yapılan bir dizi prosedür içerir. Periapikal cerrahi aşağıdaki aşamaları içermektedir:

1. Kök ve periapikal bölgenin uygun şekilde açığa çıkartılması
2. Kök yüzeyindeki kırıkların ve/veya diğer patolojik durumların belirlenmesi
3. Periapikal dokuların küretajı
4. Kök apeksinin rezeksiyonu
5. Ultrasonik uçlarla retrograd preperasyon
6. Retrograd dolgu malzemesinin yerleştirilmesi
7. İyileşmeye izin vermek ve dişeti çekilmesini en aza indirmek için uygun kapatma yönteminin seçilerek uygulanması

## ENDİKASYONLAR VE KONTRENDİKASYONLAR

Endodontik tedavi tamamlandıktan sonra, diş ile ilişkili semptomlar periapikal cerrahi gereksinimine yol açabilir. Periapikal cerrahi uygulama için en yaygın fiziksel bulgu kronik bir fistül yolu ve önlenemeyen drenaj varlığıdır. Aniden başlayan ağrı ve enfeksiyon diğer sık gözlenen belirtilerdendir. Başarısız kök kanal tedavisi sonrası yapılan retreatment tedavisi sonuç vermezse; tekrar ortograd bir yaklaşımla tedavi denenerek daha iyi bir sonuç elde edilmesi zordur. Bu gibi durumlarda da başarısızlığın nedeni tespit edilemezse, cerrahi prosedürlerin uygulanması gerekebilir. Periapikal bölgedeki anormal patolojik oluşumların varlığında, bu oluşumun teşhis edilebilmesi için biyopsisi ile birlikte gerekli periapikal cerrahi işlem uygulanmalıdır. Ancak bazen hiçbir fiziksel belirti olmadan, alınan rutin radyografilerde tesadüfi olarak ortaya çıkan periapikal radyolüsent alan artışı periapikal bölgeyi cerrahi olarak tedavi etme kararına sebep olmaktadır (2).

Genel olarak periapikal cerrahinin endikasyonları ve kontrendikasyonları aşağıdaki başlıklar altında toplanmaktadır:

### **Endikasyonlar:**

- Tam debridman veya apikal tıkanmayı önleyen anatomik problemler
- Apikal nekrozla beraber gözlemlenen yatay kök kırığı
- Kök kanalında kanal tedavisini veya retreatmentı engelleyen geri dönüşü olmayan materyal varlığı
- Kök kanal tedavisi ile iyileşmeyen büyük periapikal lezyonlar
- Kalsifiye olmuş kök kanalları
- Kanal tedavisi prosedürlerindeki hatalar:
  1. Apikalden taşan alet kırığı
  2. Kökte konservatif yöntemle iyileşmeyen perforasyonlar
  3. Semptomatik taşkın dolgu
  4. Taşkın genişletme sonucu apikal yapının bozulması
  5. Aşılamayan basamak oluşumu
- İyileşmeyen kök kırığı
- Anker ve köprü varlığı
- Periapikal patolojinin tipi
- Yenilenen kanal tedavisinin başarısızlığı
- Biyopsi

### **Kontrendikasyonlar:**

- Kök kanal tedavisi başarısızlığının tanımlanamayan nedeni
- Geleneksel kök kanal tedavisi mümkün olması
- Başarısız kök kanal tedavisinin tekrarlanması mümkün olması
- Anatomik yapılarla yakınlık (Örneğin sinirler ve damarlar)
- Kök ucuna erişimin ve görünürlüğün olmadığı bölgeler
- Kök-kron oranının çok fazla azaldığı durumlar
- Sistemik hastalıklar (Örneğin Kanama bozuklukları)

### **CERRAHİ OPERASYONA GENEL BAKIŞ**

Operasyon öncesi premedikasyon amaçlı antibiyotik ve kortikosteroidlerin kullanımını konusunda çeşitli görüş farklılıkları bulunmaktadır. Ameliyatın doğası ve enfeksiyonun bitişik alanlara yayılma potansiyeli nedeniyle, ameliyat öncesi profilaktik antibiyotik uygulaması düşünülmelidir (4). İşlem sonrasında hematoma bağlı enfeksiyon gelişebilmektedir. Ek olarak maksiller molar bölgede yapılan endodontik cerrahiler sırasında maksiller sinüsün açılma ve enfekte olma riski vardır. Antibiyotik profilaksisinin temelinde, herhangi bir koruyucu fayda sağlamak için antibiyotiklerin ameliyattan önce uygulanması gerekliliği bulunmaktadır. Cerrah, ameliyattan 1 saat önce preoperatif penisilin V potasyum (2 g) veya klindamisin (600 mg) dozunu düşünmelidir (4). Postoperatif doz miktarı literatürde açıkça tanımlanmamıştır. Kortikosteroidlerin perioperatif uygulanması ödem azaltabilir ve iyileşmeyi hızlandırabilir. Bununla birlikte kortikosteroidlerin kullanımı enfeksiyon riskini artırabilir, bu nedenle profilaktik antibiyotikler gerekli olabilir.

Apikal cerrahi uygulama 9 başlık altında incelenmiştir:

- Anestezi
- Flep Dizaynı
- Osteotomi aşaması
- Küretaj
- Biyopsi
- Kök ucu rezeksiyonu
- Retrograd kavite preperasyonu
- Retrograd dolgu
- Flebin kapatılması

## **Anestezi**

Cerrahi prosedürler için anestezi yaklaşımlar kaçınılmazdır. İlgili alanda anatomik yapılar, işlemin zorluğu, süresi ve istenilen hemostaz miktarına bağlı olarak uygun anestezi tekniği seçilmelidir. Sıklıkla, hasta enflamatuvar dokunun kürtajında, özellikle de lingual bölgelerde yapılan küretajlarda ağrı hisseder. Duyarlılığın bir kısmı, bu amaç için özel olarak tasarlanmış cihazlar kullanılarak periodontal ligament veya intraosseöz enjeksiyon ile azaltılabilir. Lokal anestezi çözeltiye batırılmış bir pamuk peleti kürete edilecek bölgeye yerleştirmek de bu rahatsızlığı azaltabilir.

Inferior alveoler sinir bloğu için bupivakain gibi uzun etkili bir anestezi ajan önerilir. 1: 100.000'lik epinefrin içeren %0,5'lik bupivakainin veya 1:100.000'lik epinefrin içeren %0,4'lük artikainin uzun süreli anestezi ve post operatif dönemde yeterli analjezi sağladığı gösterilmiştir. Bupivakain ve artikain gibi uzun etkili lokal anestezi ajanlar yüksek oranda proteine bağlandığı için dokuya iyi yayılmazlar, bu da infiltrasyon tipi enjeksiyon için etkinliklerini sınırlar (7).

Cerrahi prosedürle ilgili endişeleri olan bazı hastalarda sedasyon gereksinimi doğabilir. Bölgede aktif enfeksiyon varsa, derin lokal anestezi elde etmek mümkün olmayabilir ve bu hastalar intravenöz sedasyon veya genel anestezi için uygun aday olabilir.

## **Flep Dizayını**

İnsizyon sırasında oral mukozadan ve periosteumdan kemiğe düzgün bir kesi yapılmalıdır. Tam kalınlıktaki bir flep insizyonu ve flebi kaldırma işlemi, kanamayı en aza indirmek ve dokunun yırtılmasını önlemek için önemlidir. Flep kaldırmaya keskin bir periost elevatörü yardımıyla dikey insizyonlardan başlanıp daha sonra yatay insizyonlara doğru devam edilir. Periosteumu kaldırmak için, elevatör doku kaldırılırken kemiğe sıkıca temas etmelidir. Flebin gerilmesini önlemek için yeterli genişliği ve dikey serbestliğinin olması önemlidir, bu sayede doku iyileşme hızlanır ve flep yırtılması gibi istenmeyen durumlardan kaçınılmış olunur. Periodontal sağlık ile ilgili farklı insizyon türlerini ve sonuçlarını gözden geçirilmiş olan literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda interdental papilden doğrudan, dikey serbest (trapezoidal olmayan) insizyonlarla yapılan sülküler insizyonun en iyi sonucu sağladığı gözlemlenmiştir (8,9).

Vestibül sulkus derinliği, kök çıkıntıları, frenulum varlığı gibi bölgedeki anatomik yapılar insizyon açısından önemlidir. İnsizyon hattının kök çıkıntılarının üzerinden geçmesi bölgede diş eti çekilmelerine ve iyileşme problemlerinin ortaya çıkmasına neden olur. Vertikal insizyon eğer uygulanacak ise, kök apeksini

tamamen ortaya çıkaracak ve retraktörün yerleşmesine izin verecek şekilde yapılmalıdır. Flebin daha sağlıklı iyileşmesi ve vaskülarizasyon problemlerinin ortaya çıkmaması için flep tabanı insize edilen kenardan daha geniş olmalıdır. Kemikte oluşan defekt ile insizyonun geçeceği hat arasında 5 mm'lik mesafe olması önerilmektedir (10). Flep uçları sağlam osseöz doku üzerinde birleştirilmelidir.

Apikal rezeksiyon operasyonunda sıklıkla kullanılan 5 farklı flep dizaynı vardır. Bunlar;

- Submarjinal rektangular flep
- Sulküler rektangular flep
- Submarjinal triangular flep
- Sulküler triangular flep
- Semilunar flep

Flebin sınırları ister rektangular ister triangular olsun, esas olarak köklerin uzunluğuna, anatomik yapıya yakınlığına ve tedavi edilen dişin veya dişlerin apikal alanına ulaşma kolaylığına bağlıdır.

**Rektangular(dikdörtgen) flep**, rezeke edilen dişin mesialinden ve distalinden yapılan iki dikey serbestleştirici insizyondan oluşur. Rektangular flep genellikle ön bölgedeki bir veya daha fazla diş tedavi edildiğinde veya üst kanin gibi çok uzun köke sahip dişlerde kullanılır.

**Submarjinal Rektangular tipteki flep**, genellikle estetik kaygıların ön planda olduğu anterior bölgede endikedir. Yatay submarjinal insizyon yapışık diş etinin içinde yapılır. Yapışık dişetini doğru şekilde değerlendirmek için, lokal anestezi-den sonra ilgili dişlerin periodontal sondla sondlanması tavsiye edilir. Yumuşak dokular düzgün bir şekilde uyuşturulduğunda, dişeti sulkusunun derinliği ve yapışık dişeti boyutları daha doğru bir şekilde değerlendirilebilir. En az 2mm yapışık dişetinin bulunduğu bölgelerde bu flep dizaynı kullanılmalıdır[5].

**Sulküler Rektangular flep**, genellikle diş kronlarla kaplanmadığında, potansiyel vertikal fraktür veya perforasyonu kontrol etmek için kökün bukkal yönünü tamamen açığa çıkarmak gerektiğinde endikedir.

**Submarjinal Triangular flep** tasarımı kısa köklerle sahip kron restorasyonu bulunan anterior dişleri tedavi ederken endikedir. Tedavi edilen dişin apikal bölgesine sadece bir dikey insizyon ile rahatça erişilebildiğinde triangular flep kullanılır.

**Sulküler Triangular flep**, dişler kronlarla kaplanmadığında ve genellikle posterior bölgede endikedir. Mandibular molar ve premolar dişlerin tedavisi sırasında

da kullanılan dikey insizyonlarda mental foramene dikkat edilmelidir. Yüksek gü-lümseme hattına sahip hastalarda insizyona özellikle dikkat edilmelidir.

**Semilunar flep**, alveolar mukozada kavisli bir yarım ay yatay kesidir. Her ne kadar basit bir insizyon ile periradiküler yapılara hızlı erişim sağlansa da ope-ratörün kök yüzeyinin tamamen değerlendirmesini kısıtlar. Bu insizyonun diğer dezavantajları arasında aşırı kanama, gecikmiş iyileşme ve skar oluşumudur. Bu nedenle semilunar flep tasarımı endodontik cerrahi prosedürler için artık kulla-nılmamaktadır.

İnsizyon içerisine dahil edildiğinde papillaları düzgün bir şekilde konum-landirmek çok önemlidir. Sulküler flep tasarımı için; dikey insizyon, lateral ya-tay insizyon ile papil üzerinde 90 derecelik bir açıyla birleştirmelidir. Dikey ve yatay insizyonlar arasındaki bu tür birleşme, serbest ve yapışık dokulara yeterli kan desteğini sağlar ve böylece papil çekilmesini önler. Papillalar tamamen eleve edildiğinde, dikkatli bir diseksiyon ve özel aletler kullanılarak mümkün olduğun-ca uzunlamasına bir sulküler kesi oluşturulmalıdır. Bu sayede çift papil olarak adlandırılan durumun oluşumu engellenecektir. Papil çekilmesi, doku az kera-tinize olduğunda, çok ince bir papilla varlığında veya yumuşak dokular dikkatle rekonstrükte edilmediğinde ortaya çıkabilir.

### **Osteotomi aşaması**

Flebin kaldırılmasının ardından dişin apeks hizası belirlenir. Genellikle dişteki enfeksiyona bağlı olarak apeks bölgesindeki kemikte incelme gözlemlenmektedir. Bölgedeki kemik 6 veya 8 numaralı tungsten karbid frez kullanılarak serum fizyo-lojik irrigasyonu altında kaldırılır ve dişin apeksi açığa çıkarılır. Kemik kaldırılır-ken oluşan ısıya dikkat edilmelidir. Isı 56 °C'yi geçtiğinde geri dönüşümsüz kemik nekrozları görülebilir (11). Frezin tasarımı, uygulanan basınç, irrigasyon ve dönüş hızı oluşan ısıyı etkilemektedir.

Apikal rezeksiyon cerrahisi için 3 tip osteotomi seçeneği önerilmiştir. Kök ucunu açığa çıkartacak şekilde standart yuvarlak osteotomi bunların ilkidir ve en çok uygulanan yöntemdir.

Anahtar Deliği Modifikasyonu, özellikle ön dişlerde endikedir. Apikal rezeksi-yonda kanala 3 mm'den daha derin bir retrograd dolgu gereksinimi olması duru-munda bu tip osteotomi modifikasyonu, 9 mm'ye kadar çıkabilen retrograd ult-rasonik uçların kullanımına olanak sağlar (12). Osteotomi aşamasında apikal bir yönde dar bir dikey uzantı oluşturularak anahtar deliği modifikasyonu yapılması yeterli alan sağlayacaktır.

## **Küretaj**

Apeksi çevreleyen granülatöz, inflamatuvar dokuların çoğu histolojik incelemek ve kanamayı en aza indirmek için çıkarılmalıdır. Uygun boyuttaki keskin bir küret yardımıyla dişin apeksi etrafında bulunan inflamatuvar doku kürete edilmelidir. Çoğu zaman dişin apeks bölgesinde yapılan kanal tedavisine bağlı olarak taşkın dolgu materyalleri bulunmaktadır. Bölgede akut veya kronik enfeksiyonun oluşumunun önlenmesi amacıyla bu artıklar tamamen temizlenmelidir.

Küretaj sırasında yandaki dişin kan akışını bozmamaya özen gösterilmelidir. Komşu dişin apeksi hizasında yapılan küretajlar sağlıklı pulpaya sahip dişin nekroze olmasına ve ilerleyen safhalarda ilgili dişlerde enfeksiyon gelişimine yol açabilir. Anatomik yapılara (örneğin mandibular sinir gibi) zarar verme riski varsa bölgedeki inflamatuvar doku tamamen temizlenmeyebilir. Kist epitelinin parçalanması bile çoğu zaman iyileşmede yeterli olmaktadır (13).

Yumuşak veya sert dokudan gelen kanama, görüşü tamamen engelliyorsa, he-mostatik ajanlar veya diğer kontrol teknikleri faydalıdır. Kanama kontrolü, epinefrin içeren lokal anestetik çözeltiye batırılmış gazlı bez ile kanama bölgesi üzerinde doğrudan basınç uygulayarak elde edilebilir.

## **Biyopsi**

Cerrahi olarak tedavi edilen tüm periapikal lezyonlarda bulunan yumuşak dokunun çıkarılıp çıkarılmayacağı ve histolojik değerlendirme için sunulup sunulmadığı konusunda bir klinik tartışma mevcuttur. Amerikan Endodontistler Derneği apikal cerrahiden çıkarılan yumuşak dokuların patolojik değerlendirmeye tabi tutulması gerektiğini belirtmiştir. Bu görüşlerin aksine bazı yazarlar tarafından; periapikal granülom veya periapikal kist arasındaki farklılaşmanın klinik sonuçlar üzerinde doğrudan bir etkisi olmadığı ve bu nedenle çıkarılan dokunun patolojik incelemesinin fayda sağlamayacağı desteklenmektedir. Amerikan Oral ve Maksillofasiyal Cerrahlar Derneği'nin yakın tarihli bir toplantısında, endodontik cerrahi sempozyumuna katılanların sadece %8'inin çıkardıkları dokuları "her zaman" histolojik incelemeye gönderdiklerini bildirmişlerdir.

## **Kök ucu rezeksiyonu**

Aksesuar kanallarının varlığı, başlangıçta temizlenmemiş ve debride edilmemiş olabilecek apeks varlığından dolayı kök ucu rezeksiyonu kaçınılmazdır.

Kök ucu kesilmeden önce fissür frez kullanılarak apeks tamamen açığa çıkartılır. Rezeksiyon konik fissür frezle yapılmalıdır. Apeks minimum fasiolingual açı verilerek yani dik veya dike yakın bir açı ile rezekle edilmelidir. Eğimin uzunluğunu en aza indirmek, daha az dentin tübülünün açığa çıkmasına neden olur ve



böylece apikal bölgeye sızıntı ihtimali azalır.

Kaldırılan kök miktarı, rezeksiyonun yapılma nedenine bağlıdır. Daha geniş bir yüzey sağlamak ve ek kanallar açığa çıkarmak için yeterli kök ucu rezeksiyonun yapılmalıdır. Genel olarak, yaklaşık 2 ila 3 mm kök rezeksiyon aksesuar kanallarının ve tıkanıkların giderilmesi için yeterlidir (5). Kök ucunun mandibular kanala, mental sinire veya sinüs membranına yakın olması gibi durumlarda 3 mm kök ucu rezeksiyonu kuralı uygulanmayabilir.

### **Retrograd kavite preperasyonu**

Retrograd dolgu, herhangi bir engel olmadığı sürece uygulanmalıdır. Apikal bölgede yapılan dolgu, sızıntıyı önleyerek kök kanal sistemini tamamen kapatır. Kök ucu rezeksiyonu eğimli yapılmışsa apeksi preperasyonun derinliği, eğimin uzunluğundan en az 1 mm daha derin olmalıdır. Geçmişte, kök ucu preperasyonu düşük hızlı, özel olarak tasarlanmış mikro el aletleri ile yapılmıştır. Döner alet sistemi ile kök kanal morfolojisini takip etmek çok zordur. Bu durum da yanlış hazırlanmış preperasyonlara ve lingual perforasyonlara yol açar. Son zamanlarda retrograd kavite hazırlanmasında ultrasonik uçların kullanılması literatür tarafından desteklenmektedir (14,15).

Ultrasonik aletler, kontrol ve kullanım kolaylığı avantajları sunar; ayrıca belirli durumlarda daha az kök ucu rezeksiyonuna olanak sağlar. Ultrasonik uçların bir başka avantajı, özellikle elmasla kaplandığında, daha pürüzsüz, daha iyi şekillendirilmiş preperasyona olanak sağlamasıdır. Yapılan çalışmalar, ultrasonik preperasyon ile başarı oranlarının önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Ultrasonik uç, geleneksel endodontik tedavinin başarısızlığının önemli bir nedeni olan üst birinci azı dişlerinin meziobukkal kökündeki iki kanalı arasında bulunan isthmu'su hazırlayabilir. Retrograd kavite ultrasonik aletlerle hazırlanırken, aşırı ısınmayı önlemek için serum fizyolojik irrigasyonuna ihtiyaç vardır.

Her dişin farklı morfolojilerdeki apekslerine erişmek için çeşitli tasarımlar ve uç şekilleri mevcuttur. Kullanım kolaylığı ve özel angulasyonlar, daha az kemik kaldırma ve apikal bölgenin daha az eğimli rezeksiyonuna olanak sağlar ve daha derin, daha yoğun bir doluma izin verir.

Ultrasonik üniteler 30 ila 40 kHz aralığında titreşimler oluşturur. Oluşturulan enerji, ultrasonik uca taşınır ve tek bir düzlemde ileri ve geri titreşimler üretir. Kesme ucu boyunca yapılan sürekli irrigasyon yüzeyi soğutur ve debridman ile beraber temizliği en üst düzeye çıkarır.

KiS ultrasonik uçlar iyi kesme kabiliyetine ve verimli bir irrigasyon portuna sahiptir. Zirkonyum nitür ile kaplanırlar ve şaft boyunca değil, ucun yanında bir

sulama portuna sahiptirler. Bu gelişmiş uçlar, irrigasyonun daha iyi konumlandırılması nedeniyle daha hızlı ve daha düzgün kesime olanak sağlarlar ve daha az mikro kırığa neden olur (16).

80 derece açılı ve 0.24 mm çapında olan KiS 1 ucu, mandibular anterior dişler ve küçük azı dişleri için tasarlanmıştır. KiS 2 ucu daha geniş çaplı bir uca sahiptir ve daha geniş dişler için tasarlanmıştır (örneğin, maksiller anterior). KiS 3 ucu arka dişler için tasarlanmıştır. Maksiller sol tarafta veya mandibular sağ tarafta kullanım için çift eğim ve 75 derece açılı bir ucu vardır. KiS 4 ucu, molar köklerin lingual apeksine ulaşmak için uç açısının 110 derece olması dışında KiS 3'e benzer. KiS 5 ucu, maksiller sağ taraf ve mandibular sol taraf için KiS 3'ün analogudur. KiS 6 ucu, KiS 4 ucunun analogudur.

Son zamanlarda Jet Tips tanıtılmıştır. Bu ucun özel bir özelliği, gutta perka'nın kanaldan hızlı ve tam olarak çıkarılmasını sağlayan kesme yüzeyinin mikro-enjeksiyonudur. Kök kanal morfolojisine daha iyi erişim için herhangi bir yönde bükülebilir, bükülebilir ultrasonik uçları (B&L Biotech) vardır. JETip'ler, tüm mikrocerrahi ihtiyaçlarını karşılamak için özelleştirilmiş bir uç açısı sağlayacak olan uç bükme aparatıyla bükülmeye izin veren 2 mm-6 mm arası uçlara sahiptir (17).

Stropko Irrigator / Drier: Bu basit ama kullanışlı cihaz standart bir hava / su sıringasına benzer ve ucu küt 0.5 mm çaplı mikro uçlar kullanır (Ultradent Co.). Retrograd preparasyonların ve rezeke edilmiş kök yüzeylerinin irrigasyonu ve kurutulması için kullanımı kolaylığı sağlar. Retrograd kavite preparasyonunun kurulması için paper point kullanılmasını sağlar (18,19).

## **Retrograd dolgu**

Kök ucu dolgu malzemesinin yerleştirilmesinde temel amaç, kök rezeksiyonu ve kök ucu preparasyonundan sonra mikro sızıntı olmasını önlemek ve cerrahi sonrası başarısızlığa neden olabilecek apikal sızıntı ihtimalini ortadan kaldırmaktır. Sızdırmazlık özelliğinin yanı sıra, ideal bir kök ucu dolgu malzemesi için diğer temel özellikler şunlardır:

- Biyouyumlu
- Bakterisidal veya bakteriyostatik
- Boyutsal olarak kararlı
- Kullanımı kolay
- Diş veya dokuda renklenme yapmamalı
- Çözünmeye karşı dayanıklı
- Diş yapısına yapışan
- Dentino, osteo ve sementojenik
- Radyopak olmalıdır.

Kök ucu preperasyonunu doldurmanın en önemli amacı, kök kanal sistemini hermetik olarak sızdırmaz hale getirmektir. Bu nedenle ideal dolgu malzemesi dentin duvarlarına tamamen yapışmalıdır. Ayrıca amalgamın yaptığı gibi uzun süre yapısal bütünlüğünü kurmalı ve doku sıvılarıyla temas halinde çözülmemeli veya aşınmamalıdır. Kök ucu dolgusu bakteriyostatik veya tercihen bakterisidal ise sızdırmazlık kabiliyeti daha da arttırılır. Ameliyatın başarısı tam kemik ve periodontal ligament rekonstrüksiyonuna bağlı olduğundan, kök ucu dolgu malzemesi rezeke edilen kök yüzeyinde dentin ve sement oluşumunu desteklemelidir. Yukarıda belirtilen tüm istenen özelliklerden, toksik olmaması ve sızdırmazlık yeteneği, ideal bir malzemenin en önemli iki gereksinimidir. Malzemenin gösterdiği radyoopasite gibi diğer özellikler, operatörün postoperatif radyografide dolgunun kalitesini değerlendirmesine yardımcı olacaktır.

Kök ucu dolgu malzemeleri kolayca bulunmalı, kullanımı kolay olmalı, yeterli çalışma süresine sahip olmalı ve makul fiyatlı olmalıdır. Bu nedenle, ideal özellikler biyolojik, fiziksel, pratik ve ekonomik kriterleri karşılamalıdır.

Geçmişte kök ucu dolgusu için çeşitli malzemeler kullanılmıştır: Amalgam, altın folyo, çinko oksit öjenol simanlar, Diaket, cam iyonomer simanlar, kompozit reçineler, ara restoratif malzeme (IRM, Caulk / Dentsply, Milford, DE, ABD) ve SuperEBA (Keystone Industries, Gibbstown, NJ) (20).

Mineral trioksit agregat (ProRoot MTA, Dentsply Interantional, Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, OK, ABD) ve Endo-Sequence Kök Onarım Malzemesi (Endo-Sequence kök tamir malzemesi (RRM) Brasseler, ABD) son zamanlarda cerrahlar arasında popüler olan malzemelerdir. Yukarıdakilerin hiçbiri ideal bir kök onarım malzemesinin tüm gereksinimlerini karşılamasa da, MTA ve yeni Biyoseramikler sızdırmazlık yeteneği, biyoyumumluluk ve biyoaktivite açısından en yüksek potansiyele sahiptir (20).

**Amalgam:** Son dönemlere kadar amalgam en popüler ve en yaygın kullanılan retrograd dolgu maddesiydi. Kolaylıkla bulunması, manipülasyon basit, radyoopasitesi ve dokular tarafından iyi tolare edilebilmesi gibi avantajlara sahip olmasına rağmen pek çok dezavantajı vardı. Yavaş sertleşme, boyutsal stabilite yetersizliği, cıva salınımı, korozyona uğraması, galvanik akım oluşturmaması, köklerde mikro çatlaklara sebep olması, diş ve yumuşak dokuda renklenmeye sebep olması gibi dezavantajlara sahiptir (21). Tüm bu dezavantajlar göz önünde bulundurulduğunda amalgamın retrograd dolgu maddesi olarak popüleritesini yitirmiştir.

**MTA:** MTA aslen Portland simanından geliştirilmiştir ve ardından Dentsply International (Tulsa, OK, ABD) tarafından üretilen "ProRoot MTA" olarak sa-

tlmıştır. Estetik kaygılar nedeniyle diş renklemeye neden olmayan bir formül geliştirilmiştir (Beyaz MTA). Gri MTA'nın temel bileşikleri trikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, trikalsiyum oksit, silikat oksit, mineral oksit ve bizmut oksittir. Radyoopasiteyi arttırmak için bizmut oksit eklenir. Beyaz MTA'nın gri MTA'dan farkı demir içermemesidir (22).

Toz, su varlığında yerleşen ince hidrofilik parçacıklardan oluşur. MTA karışımı için başlangıç sertleşme süresi yaklaşık 4 saattir. Tozun hidrasyonu, sert bir yapıya katılan bir koloidal jel oluşumuna yol açar. Ayarlanan materyalin özellikleri, parçacık boyutuna, toz / su oranına, karıştırma sıcaklığına, suyun varlığına ve ortamın pH'ına bağlıdır. Bununla birlikte, kalıcı olarak sertleşmesi için en az 48 saat gerekir (23).

MTA'nın sızdırmazlığı üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır. MTA; amalgam, IRM veya SuperEBA'ya kıyasla boya, sıvı ve bakteri penetrasyonuna karşı en dayanıklı kök ucu dolgu malzemesi gibi görünmektedir. Bununla birlikte, MTA'nın mükemmel sızdırmazlık özelliği sadece doğru toz/su oranında karıştırıldığında ortaya çıkar (24,25).

Beyaz MTA'nın yerleştirilmesi sırasında tükürük kontaminasyonu bakteriyel sızıntıyı artırır. Son araştırmalar, MTA karıştırılması sırasında doku sıvısı ile temas halinde MTA yüzeyi üzerinde "biyomineralizasyon" olarak da bilinen bir hidroksi apatit (HA) tabakasının oluşumunu göstermektedir. Bu HA tabakasının, MTA ve dentin arayüzü arasında biyolojik bir sızdırmazlık oluşturması ve MTA'nın uzun vadede sızdırmazlık kabiliyetini arttırması beklenmektedir (26,27).

Birçok insan, hayvan ve in vitro çalışma, MTA'nın diğer materyallerle karşılaştırıldığında mükemmel biyouyumluluğunu kanıtlamıştır. MTA, hayvan modellerinde kök ucu dolgu malzemesi olarak kullanıldığında, histolojik olarak çok az inflamasyon gözlemlenmiş veya hiç inflamasyon görülmemiştir. Bazı histolojik gözlemler ayrıca MTA ve çevresindeki kemik boyunca periodontal ligament hücresi bulmuştur ve yeni oluşan sementin doğrudan MTA üzerinden rejenerasyonunu göstermiştir. Pennsylvania Üniversitesi de MTA bir köpek modelinde test edilmiş ve MTA kök ucu dolgusu üzerinde yeni kemik ve sement büyümesi bulunmuştur. MTA'nın sitotoksitesi ve biyouyumluluğu da in vitro hücre kültürü çalışmalarında test edilmiştir. Sonuçlar, bu hücreler gri veya beyaz MTA üzerinde büyütüldüğünde çeşitli hücre tiplerinin (MDPC23, fare primer osteoblastları, PY1A, insan çimentodan türetilmiş hücreler ve DPSC) mükemmel hücre bağlanması ve büyümesini göstermiştir (28,29).

MTA'nın enflamatuar yanıtları ve sert doku oluşumunu kontrol eden sitokin salınımını uyardığı bildirilmektedir. MTA, IL-6, IL-8 ve osteokalsin ekspresyon

seviyelerini artırır. Aslında osteoklastik ve osteoblastik aktiviteyi artırarak kemik döngüsünü artırabilir. MTA'nın PDL fibroblastları, osteoblastları ve pulpa hücrelerinin hücre çoğalmasını ve farklılaşmasını indüklediği görülmektedir. Ek olarak, MTA'nın yüzeyi üzerinde oluştururken oluşan HA kristalleri sert doku indüktif özelliklerine sahip olabilir. MTA üzerinde yeni sement rejenerasyonu ve kemik büyümesi çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir; ancak kesin mekanizma bilinmemektedir (30,31).

MTA'nın dezavantajları; kullanım zorlukları, tozdaki ağır metaller, uzun sertleşme süresi, yüksek maliyet ve kalan diş yapısında olası renklenmelere neden olmasıdır. MTA karışımı kum benzeri bir macun olduğundan, MTA'nın hazırlanan kök ucu boşluklarına yerleştirilmesi zordur. MTA'nın sertleşme süresi yaklaşık 3-4 saattir ve bu birçok klinik durumda dezavantaj olarak kabul edilir. Bu sorunları atlatmak için, metilselüloz, kalsiyum klorür ve dibazik sodyum fosfat gibi katkı maddeleri, sertleşme süresini azaltmak için kullanılır. Bununla birlikte, bu bileşikler MTA'nın fiziksel ve / veya biyolojik özelliklerini değiştirebilir. Örneğin, kalsiyum klorür çözeltisinin eklenmesi sertleşme süresini azaltır, fakat aynı zamanda nihai basınç mukavemetini düşürür (32).

**Biyoseramikler:** Biyoseramikler, vücudun hastalıklı veya hasarlı kısımlarının onarımı, rekonstrüksiyonu ve değiştirilmesi için kullanılan çok çeşitli özel olarak tasarlanmış seramikleri ifade eder. Diş hekimliğinde, biyoseramikler sıklıkla orofasiyal bölge rekonstrüksiyonu, implant yüzey kaplaması ve kron/köprü üretimi için kullanılır. Zirkonya ve hidroksiapatit diş hekimliğinde kullanılan biyoseramiklere iki yaygın örnektir.

MTA, endodontide kullanılan ilk nesil Biyoseramik'tir. Trikalsiyum silikat esaslı siman kategorisine aittir. MTA'nın sızdırmazlığı ve biyouyumluluğu trikalsiyum silikat varlığına atfedilir. Bununla birlikte, MTA'nın en büyük dezavantajı, kullanım özellikleri, uzun sertleşme süresi ve kalan diş yapısının renginin değişmesidir. Son yıllarda, bu sınırlamaların üstesinden geldiği iddia edilen diğer biyoaktif trikalsiyum silikat ve fosfat simanlar getirilmiştir.

Endo-Sequence kök onarım malzemesi (RRM) (Brasseler ABD, Savannah, GA, ABD. Farklı ülkelerde IRoot ve TotalFill olarak pazarlanan aynı ürün) endodontik tedavilerde ve cerrahilerde kullanılmak üzere geliştirilmiş bir Biyoseramik malzemedir. Kök ucu dolgusu, apeksifikasyon, kök rezorpsiyonunun onarımı ve perforasyon onarımı gibi endikasyonlarda kullanımı mevcuttur. Üreticiye göre, kalsiyum silikatlar, zirkonyum oksit, tantalum pentoksit, kalsiyum fosfat monobazik ve çeşitli dolgu maddelerinden oluşur (33).

Şırıngada veya bir kutuda karıştırılmış ve kullanıma hazır olarak satılırlar. Klinik deneyime dayanan RRM'nin bir avantajı, Cavit'inkine benzer şekilde kullanım özellikleridir (3M, St. Paul, MN ABD). RRM biyolojik olarak uyumludur, hidrofildir, çözünmezler ve boyutsal olarak kararlıdır. Yüksek pH'a, 30 dakikalık çalışma süresine ve 2 saatlik sertleşme süresine sahiptir (34).

Çalışmalar, antimikrobiyal etkiler, biyouyumluluk ve sızdırmazlık yeteneği açısından RRM ve ProRoot MTA arasında önemli bir fark olmadığını göstermektedir. Kök ucu dolgu malzemesi olarak RRM ve MTA kullanan bir hayvan çalışmasında, iyileşme üzerine cerrahi bölgede hiç inflamasyon gözlemlenmemiştir veya minimal inflamasyon görülmüştür. Apikal rezeksiyon tedavisinde RRM kullanımında, MTA kullanımında oluşan sement dokusuna benzer özelliklerde yeni sement dokusu oluşumu gözlenmiştir. Histometrik analiz kullanılarak RRM ile doldurulmuş rezeke edilmiş kök uç yüzeylerine MTA'dan daha belirgin bir şekilde PDL benzeri doku ve kemik bulundu, bu da materyalin biyouyumlu olduğunu ve iyi bir sızdırmazlık kabiliyetine sahip olduğunu gösterir. RRM, bu çalışmada, MTA ile karşılaştırıldığında, mikroCT ve CBCT üzerinde daha yüksek iyileşme skorları açısından anlamlı olarak daha iyi performans göstermiştir.(35–37)

**Super Ethoxybenzoic Asid (SuperEBA):** SuperEBA, etoksibenzoik asit simanı ile modifiye edilmiş bir çinko oksit ojenol simanıdır. Etoksibenzoik asit, sertleşme süresini değiştirmek ve temel çinko oksit ojenol simanlarının mukavemetini arttırmak amacıyla geliştirilmiştir (38).

Stailine SuperEBA'nın (Stailine ve Staident, Middlesex, İngiltere) toz bileşeninde % 60 çinko oksit, % 34 silikon dioksit ve % 6 doğal reçine ve sıvı içinde % 62.5 etoksibenzoik asit artı % 37.5 ojenol içerir (39).

Doku toleransı çalışmaları, SuperEBA ve ojenol simanlarının benzer şekilde hafif reaksiyonlar ürettiğini göstermektedir. In vitro olarak etoksibenzoik asit simanının; amalgam, cam iyonomer siman ve sıcak akışkan güta perka ile karşılaştırıldığında sıkı bir dolum sağladığı gösterilmiştir (40). SuperEBA'nın amalgamdan önemli ölçüde daha az sızıntıya izin verir. Ayrıca, SuperEBA; amalgam ile karşılaştırıldığında kanal duvarlarına çok iyi uyum sağlar ancak adaptasyonu zayıf. Bununla birlikte, sertleşme süresi kısa olduğundan ve nemden büyük ölçüde etkilendiği için SuperEBA'nın manipüle edilmesi zor bir malzemedir. Özetle, SuperEBA dokular tarafından iyi tolere edilir, hızlı sertleşir, cilalanabilir, boyutsal olarak kararlıdır ve iyi apikal tıkama sağlar. SuperEBA'nın dezavantajları, manipüle edilmesinin, sıcaklığa ve neme duyarlı olması ve sadece orta derecede radyopak olmasıdır (39). Uygulama için, sıvı ve toz 1: 4 oranında karıştırılır. Toz, sıvıya yavaş yavaş küçük artışlarla karıştırılır.

## **Flebin Kapatılması**

Cerrahi operasyonun son aşaması, operasyon sahasının temizlenmesi ve flebin eski konumuna getirilmesi işlemidir. Retrograd dolgu yerleştirildikten sonra, operasyon sahasındaki dolgu parçaları, kemik veya enflamatuar artıkları uzaklaştırarak kanama kontrol altına alınmalıdır. Primer kapatma, flebin köşe noktalarından başlayarak dikiş atılarak sağlanır. İnsize edilen doku parçalarının birbirleriyle çok yakın ilişkide olması ve tam ve doğru birleştirilmesi, optimal bir iyileşme için önemlidir. Hematomu engellemek için kanama kontrol altına alındıktan sonra, dikiş işlemine geçilebilir.

## **KAYNAKLAR**

1. Dhillon H, Kaushik M, Sharma R. Regenerative endodontics--Creating new horizons. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2016 May;104(4):676–85.
2. Liebllich SE. Current Concepts of Periapical Surgery: 2020 Update. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2020 Nov;32(4):571–82.
3. von Arx T, Jensen SS, Janner SFM, Hänni S, Bornstein MM. A 10-year Follow-up Study of 119 Teeth Treated with Apical Surgery and Root-end Filling with Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod.* 2019 Apr;45(4):394–401.
4. Lindeboom JAH, Frenken JWH, Valkenburg P, van den Akker HP. The role of preoperative prophylactic antibiotic administration in periapical endodontic surgery: a randomized, prospective double-blind placebo-controlled study. *Int Endod J.* 2005 Dec;38(12):877–81.
5. Ordinola-Zapata R, Martins JNR, Niemczyk S, Bramante CM. Apical root canal anatomy in the mesiobuccal root of maxillary first molars: influence of root apical shape and prevalence of apical foramina - a micro-CT study. *Int Endod J.* 2019 Aug;52(8):1218–27.
6. Peñarrocha M, Martí E, García B, Gay C. Relationship of periapical lesion radiologic size, apical resection, and retrograde filling with the prognosis of periapical surgery. *J oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2007 Aug;65(8):1526–9.
7. Alemanno F. *Biochemistry for Anesthesiologists and Intensivists.* Springer; 2019.
8. Geisinger ML, Howard JH, Abou-Arrej R V, Kaur M, Basma H, Geurs NC. A Prospective, Randomized Controlled Pilot Trial to Compare Vestibular Incision Subperiosteal Access and Sulcular Tunnel Access Root Coverage Procedures to Treat Gingival Recession. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2022;42(4):e91–102.
9. Del Fabbro M, Corbella S, Sequeira-Byron P, Tsesis I, Rosen E, Lolato A, et al. Endodontic procedures for retreatment of periapical lesions. *Cochrane database Syst Rev.* 2016 Oct;10(10):CD005511.
10. Hupp JR, Tucker MR, Ellis E. *Contemporary oral and maxillofacial surgery.* Vol. 262. Mosby; 2017.
11. Scarano A, Lorusso F, Nounbissi S. Infrared Thermographic Evaluation of Temperature Modifications Induced during Implant Site Preparation with Steel vs. Zirconia Implant Drill. *J Clin Med.* 2020 Jan;9(1).
12. Kim S, Kratchman S, Karabucak B, Kohli M, Setzer F. *Microsurgery in endodontics.* John Wiley & Sons; 2017.
13. Miloro M, Ghali GE, Larsen PE, Waite PD. *Peterson's principles of oral and maxillofacial surgery.* Vol. 1. Springer; 2004.
14. Weissman A, Goldberger T, Wigler R, Kfir A, Blau-Venezia N. Retrograde root canal retreatment with pre-bent ultrasonic files. A retrospective outcome study. *Int Endod J.* 2019



Nov;52(11):1547–55.

15. Premjith, Shetty D, Kailar A, Pare S, Kumar P, Ragher M. The Effect of Root End Cavity Preparation Using Er,Cr:YSGG Laser, Ultrasonic Retrotip, and Bur on the Apical Microleakage of Retrograde Cavity Filled with MTA Plus. *J Pharm Bioallied Sci.* 2020 Aug;12(Suppl 1):S299–303.
16. Tomson PLM, Lea SC, Lumley PJ, Walmsley AD. Performance of ultrasonic retrograde systems. *J Endod.* 2007 May;33(5):574–7.
17. Chen I, Karabucak B, Wang C, Wang H-G, Koyama E, Kohli MR, et al. Healing after root-end microsurgery by using mineral trioxide aggregate and a new calcium silicate-based bioceramic material as root-end filling materials in dogs. *J Endod.* 2015;41(3):389–99.
18. Song M, Kim SG, Lee S-J, Kim B, Kim E. Prognostic factors of clinical outcomes in endodontic microsurgery: a prospective study. *J Endod.* 2013;39(12):1491–7.
19. Ananad S, Soujanya E, Raju A, Swathi A. Endodontic microsurgery: An overview. *Dent Med Res.* 2015;3(2):31.
20. Torabinejad M, Rubinstein R. *The art and science of contemporary surgical endodontics.* Quintessence Publishing Company; 2019.
21. Haque N, Yousaf S, Nejatian T, Youseffi M, Mozafari M, Sefat F. Dental amalgam. In: *Advanced Dental Biomaterials.* Elsevier; 2019. p. 105–25.
22. Rao A, Rao A, Shenoy R. Mineral trioxide aggregate—a review. *J Clin Pediatr Dent.* 2009;34(1):1–8.
23. Charland T, Hartwell GR, Hirschberg C, Patel R. An evaluation of setting time of mineral trioxide aggregate and EndoSequence root repair material in the presence of human blood and minimal essential media. *J Endod.* 2013;39(8):1071–2.
24. Camilleri J. Evaluation of selected properties of mineral trioxide aggregate sealer cement. *J Endod.* 2009;35(10):1412–7.
25. Gomes-Filho JE, Watanabe S, Bernabé PFE, de Moraes Costa MT. A mineral trioxide aggregate sealer stimulated mineralization. *J Endod.* 2009;35(2):256–60.
26. 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. *J Endod.* 2009;35(5):731–6.
27. Dreger LAS, Felipe WT, Reyes-Carmona JF, Felipe GS, Bortoluzzi EA, Felipe MCS. Mineral trioxide aggregate and Portland cement promote biomineralization in vivo. *J Endod.* 2012;38(3):324–9.
28. Lessa FCR, Aranha AMF, Hebling J, Costa CA de S. Cytotoxic effects of White-MTA and MTA-Bio cements on odontoblast-like cells (MDPC-23). *Braz Dent J.* 2010;21:24–31.
29. de Souza Costa CA, Duarte PT, De Souza PP, Giro EM, Hebling J. Cytotoxic effects and pulpal response caused by a mineral trioxide aggregate formulation and calcium hydroxide. *Am J Dent.* 2008;21(4):255–61.
30. Mitchell PJC, Ford TRP, Torabinejad M, McDonald F. Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials.* 1999;20(2):167–73.
31. Ciasca M, Aminoshariae A, Jin G, Montagnese T, Mickel A. A comparison of the cytotoxicity and proinflammatory cytokine production of EndoSequence root repair material and ProRoot mineral trioxide aggregate in human osteoblast cell culture using reverse-transcriptase polymerase chain reaction. *J Endod.* 2012;38(4):486–9.
32. Purra AR, Ahangar FA, Chadgal S, Farooq R. Mineral trioxide aggregate apexification: A novel approach. *J Conserv Dent JCD.* 2016;19(4):377.
33. Hegde V, Arora S. Sealing ability of three hydrophilic single-cone obturation systems: An in vitro glucose leakage study. *Contemp Clin Dent.* 2015;6(Suppl 1):S86.
34. Ring J, Murray PE, Namerow KN, Moldauer BI, Garcia-Godoy F. Removing root canal obturation materials: a comparison of rotary file systems and re-treatment agents. *J Am Dent Assoc.* 2009;140(6):680–8.



35. Gandolfi MG, Iezzi G, Piattelli A, Prati C, Scarano A. Osteoinductive potential and bone-bonding ability of ProRoot MTA, MTA Plus and Biodentine in rabbit intramedullary model: Microchemical characterization and histological analysis. *Dent Mater.* 2017;33(5):e221–38.
36. Damas BA, Wheeler MA, Bringas JS, Hoen MM. Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and EndoSequence bioceramic root repair materials. *J Endod.* 2011;37(3):372–5.
37. Shin S, Chen I, Karabucak B, Baek S, Kim S. MTA and bioceramic root end filling materials. *Microsurg Endod.* 2017;91–9.
38. Rubinstein RA, Kim S. Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of a surgical operation microscope and Super-EBA as root-end filling material. *J Endod.* 1999;25(1):43–8.
39. Yaccino JM, Walker III WA, Carnes Jr DL, Schindler WG. Longitudinal microleakage evaluation of super-EBA as a root-end sealing material. *J Endod.* 1999;25(8):552–4.
40. Seedat HC, Van der Vyver PJ, De Wet FA. Micro-endodontic surgery Part 2: Root-end filling materials-A literature review. *South african Dent J.* 2018;73(5):336–42.