

İn Vitro Koşullarda Açık Apeksli Dişlerde MTA, CEM ve Biodentine'in Apikal Sızıntıya Etkisinin Değerlendirilmesi

In Vitro Evaluation of the Effects of MTA, CEM and Biodentine on Apical Leakage in Open Apex Teeth

Bilge Gülsüm NUR,^a
Evren OK,^b
Mustafa ALTUNSOY,^a
Mehmet TANRIVER,^a
Abdüssamed KALKAN^b

^aPedodonti AD,
^bEndodonti AD,
Şifa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
İzmir

Geliş Tarihi/Received: 06.05.2014
Kabul Tarihi/Accepted: 04.09.2014

Yazışma Adresi/Correspondence:
Bilge Gülsüm NUR
Şifa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Pedodonti AD, İzmir,
TÜRKİYE/TURKEY
dt.bilgenur@hotmail.com

ÖZET Amaç: Nekroze pulpalı genç daimi dişlerde kök kanal sisteminin geniş ve kök ucuna doğru genişleyerek sonlanması nedeni ile apikal ve lateral yönde sızdırmaz bir şekilde doldurulması diş hekimleri için oldukça zordur. Bu nedenle apeksifikasyon tedavilerinde apikal tıkaç olarak kullanılacak materyalin apikal örtücülük özelliği önem kazanmaktadır. Bu çalışmamızda, hazırlanan simüle immatür dişlerde MTA, CEM ve "Biodentine" materyallerinin apikal örtücülük özelliklerinin in vitro koşullarda karşılaştırılması amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Kırk adet insan üst orta kesici dişi kullanıldı. Köklerin apikalinde kalan fazla kök kısmı su soğutmalı elmas diskler kullanılarak uzaklaştırıldı ve 12 mm uzunluğunda standart kökler elde edildi. Köklere immatür diş kök simülasyonu yapılması amacıyla kök kanalları ProTaper döner aletler ile F5 egesine kadar şekillendirildi. Hazırlanan örnekler üç çalışma grubu (n=10), bir pozitif kontrol grubu (n=5) ve bir negatif kontrol grubu (n=5) olmak üzere toplam beş gruba ayrıldı. Üç çalışma grubunda MTA, "Biodentine" ve CEM immatür dişlerin apikal 3 mm'lik kısmına plugger yardımı ile yerleştirildi. Tüm örnekler 37°C etüvde %2'lik metilen mavisi boya solüsyonu içerisinde 72 saat boyunca bekletildi. **Bulgular:** Kontrol grupları ve deney grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu gözlemlendi (p=0,00). En fazla sızıntı CEM grubunda görülürken, en az sızıntı MTA grubunda görüldü. MTA ve CEM sızıntı açısından kıyaslandığında aralarında istatistiksel farklılık olduğu saptandı (p=0,007). Buna karşın, "Biodentine" grubu ile MTA arasında (p=0,30) ve yine benzer biçimde "Biodentine" grubu ile CEM arasında istatistiksel farklılık olmadığı görüldü (p=0,06). **Sonuç:** "Biodentine", MTA'ya alternatif olarak değerlendirilebilir. Ancak, "Biodentine" materyalinin in vivo koşullardaki etkinliğini değerlendiren klinik çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Apeksifikasyon; dental sızıntı kök kanalı dolgu materyalleri

ABSTRACT Objective: It is a tough challenge for the dental clinician to apically and laterally fill the canals without leakage in necrotized young permanent teeth since the root canal system is wide and ends in blunderbuss type at the apical. Therefore, the apical sealing ability of the material to be used as a plug gains importance in the apexification treatment. It was aimed in this study to compare the Apical sealing ability of MTA, CEM and Biodentine in simulated immature teeth in vitro. **Material and Methods:** Forty human upper central incisors were used in this study. Standardized 12 mm roots were obtained by removing the most apical part under water cooling with diamond disks. In order to perform the immature tooth root simulation, root canals were prepared with ProTaper rotary instruments until F5 files. The prepared specimens were separated into 5 groups as 3 experimental (n=10), one positive (n=5) and one negative control group (n=5). MTA, Biodentine and CEM were applied in the the most apical 3 mm of immature teeth in the experimental groups with a plugger. All the specimens were soaked in %2 methylene blue inside an incubator at 37°C for 72 hours. **Results:** It was observed that statistically significant differences existed between control and experimental groups (p=0.00). Whereas the highest leakage was observed in CEM, the least was observed in MTA group. Statistically significant difference was found between MTA and CEM regarding leakage (p=0.007). Additionally, no statistically significant difference could be found between biodentine and MTA (p=0.30) and as well as Biodentine and CEM (p=0.06). **Conclusion:** Biodentine can be considered as an alternative to MTA. However, clinical studies evaluating the efficiency of Biodentine in vivo are required.

Key Words: Apexification; dental leakage; root canal filling materials

doi: 10.5336/dentalsci.2014-40440

Copyright © 2015 by Türkiye Klinikleri

Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2015;21(1):33-9

Cürük veya travma nedeni ile dişler tedavi edilmediğinde canlılığını kaybeder ve pulpa nekrozu oluşur. Bu durum, özellikle immatür daimi dişlerin köklerinde büyüme ve gelişimin durmasına neden olmaktadır.¹ Pulpa nekrozuna bağlı olarak canlılığını kaybetmiş ve kök ucu oluşumu tamamlanmamış dişlerde yaygın olarak apeksifikasyon tedavisi uygulanmaktadır.² Apeksifikasyon, nekrotik pulpa dokusunun biyomekanik olarak çıkarılması ve kök apeksinin sert doku bariyeri oluşumu ile kapanmasına imkân sağlayan bir yöntemdir.³ Bu tedavi yönteminin amacı, diş ve çevre dokulardaki bakteriyel enfeksiyonu engellemek, aynı zamanda kök kanal dolgu maddelerinin taşmasını önlemektir.⁴

İmmatür dişlerde uygulanan apeksifikasyon tedavisinde; kök kanal sisteminin geniş ve kök ucunun açık olması, ince ve kırılğan dentin duvarlarının varlığı uygulanacak endodontik tedavi için her zaman sorun oluşturmuştur.^{4,5} Devital immatür dişlerde görülen apikal açıklık çoğu zaman genişleyerek sonlanmaktadır. Bu açıklık yaygın apikal foramen (blunderbuss type) olarak adlandırılmakta ve kök kanal sisteminde etkili apikal bariyer oluşturmayı zorlaştırmaktadır.^{3,6,7} İlk kez Frank, apeksifikasyon tedavisinde immatür dişlerde kalsiyum hidroksit (CH) kullanarak apikal bariyer oluşumunu gözlemlemiştir.⁸ Yapılan literatür değerlendirmesinde, immatür dişlerde apikal bölgede görülen kalsifik sert doku oluşumu ile köklerde kırılğanlığın azaldığı, gutta-perka (GP) konlarının sıkıştırılabildiği ve apikalden taşmanın önlendiği, buna bağlı olarak da kök kanal tedavisinde başarı oranının yükseldiği bulunmuştur.^{3,4,9,10} CH kullanılarak uygulanan apeksifikasyon tedavilerinde %79-96 oranında başarılı bir apikal bariyer oluşumu gözlenmiştir.^{2,3} Ancak bu başarıya rağmen, CH uygulamalarında tedavi süresinin uzun ve değişken olması, randevu ve alınan radyograf sayısının çokluğu, hasta takibinin güçlüğü, uzun süre CH kullanılmasına bağlı olarak gelişen kök fraktürü riskinin artması gibi dezavantajları bulunmaktadır.^{11,12} Ayrıca, oluşan kalsifiye bariyerin poröz yapısından dolayı mikrosızıntının da tam olarak engellenemediği gözlenmiştir.¹³

Bu dezavantajlar sonucunda araştırmacılar, çalışmalarında mineral trioksit agregat [mineral trio-

xide aggregate (MTA)], kalsiyumdan zengin karışım [calcium enriched mixture (CEM)] ve "Biodentine" gibi farklı dolgu maddelerini kullanarak tek seanslı apeksifikasyon yöntemi uygulamaya başlamışlardır.^{1,6,11,14-16} MTA, apikal bölgede güçlü fiziksel, kimyasal ve klinik özellikler sergilemesi, aynı zamanda bakteriyostatik olması, iyi bir sert doku bariyeri oluşturması, boyutsal stabilite, radyoopasite, biyouyumluluk ve sızdırmazlık gibi özellikleri nedeni ile tek seanslı apeksifikasyon tekniğinde en çok tercih edilen dolgu materyalidir.^{7,17} Ancak sertleşme süresinin uzunluğu, maliyetinin yüksek olması ve dişte renklenmeye neden olması gibi dezavantajları bulunmaktadır.¹⁸ Son zamanlarda CEM ve "Biodentine" gibi MTA'dan farklı kimyasal özelliklere sahip, aynı zamanda MTA'ya oranla fiziksel özellikleri daha iyi olan, sertleşme süresi daha kısa, biyouyumlu, yüksek viskoziteli yeni biyomateryaller geliştirilmiştir.^{11,14}

Literatür değerlendirmesinde MTA ve CEM dolgu materyallerinin revaskülarizasyon, pulpotomi ve furkasyon bölgesinde meydana gelen perforasyonların tamirinde karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur.¹⁹⁻²² Ancak, aynı materyallerin açık apeksli dişlerde apikal örtücülük özelliklerinin değerlendirildiği sadece bir çalışma mevcuttur.¹¹ Ayrıca, "Biodentine" in apikal örtücülük özellikleri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızda simüle edilmiş immatür dişlerde MTA, CEM ve "Biodentine" in apikal örtücülük özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmış ve bu materyallerin apeksifikasyon tedavisi sonrasında kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, Şifa Üniversitesi Tıp Etiği Komitesi tarafından onaylandı (protokol no: #187-54). Çalışmada periodontal harabiyete bağlı olarak çekilen 40 adet insan üst orta kesici dişi kullanıldı. Dişler üzerindeki diş taşı ve yumuşak doku artıkları küret yardımı ile uzaklaştırıldıktan sonra tüm dişler dezenfeksiyon için bir saat süreyle %5,25' lik sodyum hipoklorid içerisinde bekletildi. Dişler stereomikroskop (Zeiss, Oberkochen, Almanya) ile x10 büyütmede değerlendirildi. Kök yüzeyinde çatlak,

kırık ve rezorpsiyon bulunan dişler çalışmaya dâhil edilmedi. Daha sonra dişler çalışmada kullanılmaya kadar salin solüsyonu içerisinde muhafaza edildi.

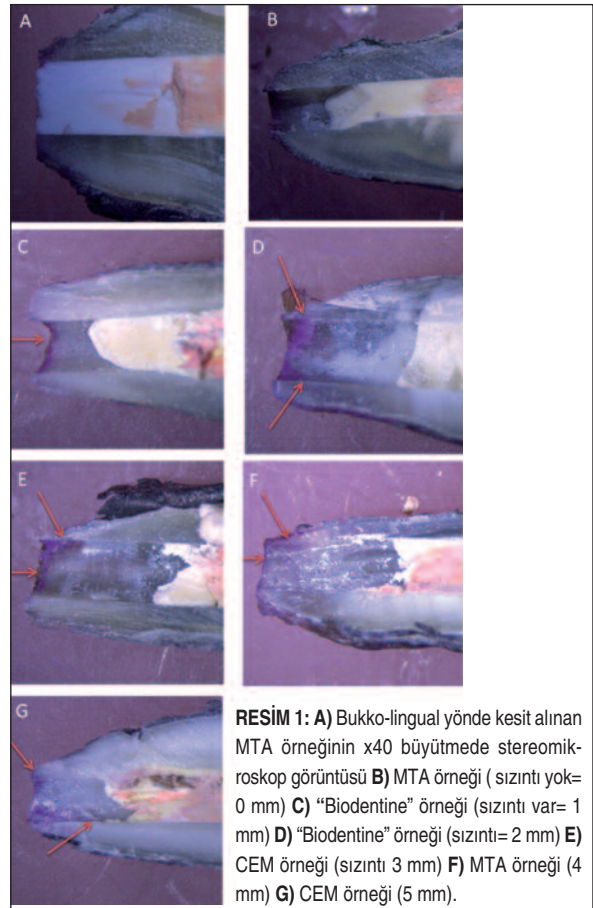
Diş kronları dişlerin mine-sement sınırından su soğutmalı elmas disk (Diabor, İstanbul, Türkiye) yardımı ile uzaklaştırıldı. Elde edilen köklerin apikalinde kalan fazla kök kısmı su soğutmalı elmas diskler kullanılarak uzaklaştırıldı ve 12 mm uzunluğunda standart kökler elde edildi. Köklere immatür diş kök simülasyonu yapılması amacıyla kök kanalları ProTaper döner aletler (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile F5 eğesine kadar şekillendirildi. Preparasyon sırasında kullanılan her bir kanal aletinin değişiminde dişler 5 mL %2,5'lik NaOCl (Wizard, Rehber Kimya, İstanbul, Türkiye) ve 5 mL salin solüsyonu ile yıkandı. Kök kanallarının apikal kısmı 4 numaralı yeşil 1,5 mm çaplı Unicore (Ultradent, Salt Lake City UT, ABD) driller kullanılarak standart örnekler elde edildi. Kanallar yıkama işleminin ardından kâğıt kon (Protaper Universal Paper Points, Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak kurulandı.

Hazırlanan örnekler üç çalışma grubu (n=10), bir pozitif kontrol grubu (n=5) ve bir negatif kontrol grubu (n=5) olmak üzere toplam beş gruba ayrıldı. Üç çalışma grubunda MTA (White Angelus, Londrina-PR-Brezilya), "Biodentine" (Septodont, Fransa) ve CEM (Bionique Dent, Tahran, İran) immatür dişlerin apikal 3 mm'lik kısmına plugger #3 ve #4 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) yardımı ile yerleştirildi. Apikal tıkaçın yoğunluğu ve kalınlığı kanal içerisine yerleştirilen nemli kâğıt kon yardımı ile periapikal radyografi alınarak değerlendirildikten sonra köklerin kalan kısmı gutta perka (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve AH plus kanal dolgu patı (Dentsply, Konstanz, Almanya) kullanılarak dolduruldu ve köklerin koronal kısmı cam iyonomer siman (Ketac Molar, 3M ESPE, ABD) ile kapatıldı. Örnekler 37°C ve %100 nemli ortamda bir hafta bekletildi. Kontrol gruplarında örnekler sadece AH plus kanal dolgu patı ve gutta perka kullanılarak dolduruldu. Benzer şekilde köklerin koronal kısmı cam iyonomer siman ile kapatıldı. Pozitif kontrol ve deney gruplarındaki dişlerin apikal uçları hariç, diğer tüm alanlar iki kat

tırnak cilası ile kaplandı. Negatif kontrol grubunda ise tüm yüzeyler tırnak cilası ile iki kat kaplandı. Tüm örnekler 37°C etüvde %2'lik metilen mavisi içerisinde 72 saat boyunca bekletildikten sonra çıkartılarak musluk suyu altında 5 dakika boyunca yıkandı ve kurulandı.

Kurutulan örnekler, bukko-lingual yönde ve kökün ortasından geçecek doğrultuda, elmas separe (Isomet, Buehler Ltd., Evanston, Illinois, ABD) ile ikiye ayrıldı. Alınan kesitlerde apikalden koronale doğru oluşan boya sızıntıları stereomikroskop ile x40 büyütmede kalibre edilmiş bir endodonti uzmanı tarafından değerlendirildi (Resim 1). Stereomikroskop ile yapılan değerlendirmede yardımcı olması amacıyla köklerin yanına 12 mm uzunluğunda milimetrik cetvel yerleştirildi.

Sızıntı miktarının değerlendirilmesi amacıyla hazırlanan yöntem; De Moor ve ark.nın çalışmalarında kullandıkları yöntemin modifiye edilmesi ile oluşturuldu (Tablo 1).²³ Elde edilen sonuçlar One-



TABLO 1: Boya sızıntısı değerlendirme tablosu.

Puan	Boya sızıntısı
0	Boya sızıntısı yok
1	0,5'ten daha az
2	0,5-1 arası
3	1-2 arası
4	2-3 arası
5	Tüm kök boyunca boya sızıntısı

Sample Kolmogorov-Smirnov testi ve Kruskal-Wallis testi ile deney grupları kendi arasında Mann-Whitney-U testi ile istatistiksel olarak değerlendirildi ve $p < 0,05$ için sonuçlar anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Boya sızıntı testinin uygulanması ve sonuçların değerlendirilmesi sırasında, çalışma dışında bırakılan herhangi bir örnek olmadı. Pozitif kontrol grubunda yer alan tüm örneklerin sızıntı değerinin skor 5 olduğu gözlemlendi. Negatif kontrol grubunda yer alan tüm örneklerin sızıntı değerinin ise skor 0 olduğu gözlemlendi. Pozitif ve negatif kontrol gruplarının kendi aralarında ve bu grupların deney grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu gözlemlendi ($p=0,00$). En fazla sızıntı CEM grubunda görülürken, en az sızıntı MTA grubunda görüldü (Tablo 2). MTA ve CEM sızıntı açısından kıyaslandığında aralarında istatistiksel farklılık olduğu görüldü ($p=0,007$) (Tablo 3). "Biodentine" grubu ile MTA arasında ($p=0,30$) ve yine benzer biçimde "Biodentine" grubu ile CEM arasında istatistiksel farklılık olmadığı görüldü ($p=0,06$).

TARTIŞMA

Travma veya pulpal patolojiler nedeni ile kök gelişimi tamamlanmamış açık apeksli dişler sıklıkla genişleyerek sonlanan kök kanal sistemine sahiptir.⁷ Bu dişlerin tedavi ve restorasyonlarında, köklerin ince ve kırılğan dentin duvarlarına sahip olması ve aynı zamanda kanal dolgu materyallerinin kontrolünü sağlayan sert doku bariyerlerinin olmaması sorun oluşturmaktadır.²⁴ Genellikle açık apeksli dişler ile ilgili deneysel çalışmalarda, kök gelişimini tamamlamış dişlere standart ve tekrarlanabilir kök simülasyonu yapılır.²⁴⁻²⁷ Genişleyerek sonlanan bu kök kanal modeline "blunderbus type" oluşumu da denilmektedir.⁷ Çalışmamızda da, diğer çalışmalara benzer şekilde kök gelişimini tamamlamış dişlere "blunderbus" tipte sonlanan immatür kök simülasyonu oluşturulmuştur.^{11,24,27} Literatürde nekroze pulpal immatür dişlere uygulanan apeksifikasyon tedavilerinde CH, MTA, CEM ve "Biodentine" kanal dolgu materyallerinin kullanıldığı bildirilmektedir.^{11,14,28}

İlk kez Frank tarafından uygulanan CH ile apeksifikasyon yöntemi, günümüzde immatür dişlerin tedavisinde hâlâ yaygın olarak kullanılmaktadır.^{8,29,30} Yapılan çalışmalarda bu tedavi yönteminde başarı oranı yüksek olmasına rağmen, uzun dönem takibinde dişlerin kırılğanlığının arttığı görülmüştür.⁵ Ayrıca, tedavi seanslarının uzaması hasta takibini zorlaştırmakta ve tekrarlayan enfeksiyonların meydana gelme olasılığını arttırmaktadır.^{2,3,9,31} Araştırmacılar, CH'nin olası bu dezavantajlarından dolayı alternatif bir materyal arayışına girmişlerdir.

MTA, ilk kez 1993 yılında Torabinejad ve ark. tarafından geliştirilmiştir.¹⁵ MTA biyo-uyumlu,

TABLO 2: Boya sızıntısı değerlendirme sonuçları

Gruplar	Skor											
	0		1		2		3		4		5	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
MTA	4	%20	11	%55	4	%20	0	0	1	%5	0	0
CEM	1	%5	6	%30	6	%30	5	%25	1	%5	1	%5
"Biodentine"	2	%10	10	%50	6	%30	2	%10	0	0	0	0

MTA: Mineral trioksit agregat; CEM: Kalsiyumdan zengin karışım.

TABLO 3: MTA, CEM ve "Biodentine" materyallerinde meydana gelen sızıntının ortalama ve standart sapma (SS) değerleri.

Gruplar	Sayı	Ortalama±SS
MTA	20	1,15±0,9
CEM	20	2,10±1,2
Biodentine	20	1,40±0,8

MTA: Mineral trioksit agregat; CEM: Kalsiyumdan zengin karışım.

bakteriyostatik etkisi olan ve güçlü fiziksel özellikleri bulunan bir materyal olması nedeni ile günümüzde tek seans apeksifikasyon tedavisinde tercih edilmektedir.^{32,33} Literatürde açık apeksli immatür dişlerde apikal tıkaç olarak MTA'nın kullanılması başarılı sonuçlar verdiğini gösteren birçok çalışma vardır.^{1,7,34,35} Ancak son zamanlarda araştırmacılar, MTA'nın yüksek maliyeti, çalışma zamanının uzunluğu ve dişte renklenmeye neden olması gibi dezavantajlarından dolayı CEM ve trikalsiyum silikat içerikli "Biodentine" materyallerini tek seans apeksifikasyon çalışmalarında kullanmışlardır.^{11,14,36}

İN vitro koşullarda materyallerin apikal örtücülük özelliklerinin değerlendirmesinde elektrokimyasal analiz, radyoizotop yöntemi, kimyasal ajanların kullanımı, basınçlı hava kullanımı, bakteri sızıntı yöntemi ve boyama yöntemi gibi pek çok sızıntı testi kullanılmaktadır.³⁷⁻⁴⁰ Bu test yöntemleri içerisinde uygulanması kolay ve daha ekonomik olması nedeni ile en çok tercih edilen yöntem, boya sızıntı testidir.^{38,39} Metilen mavisinin molekül hacmi bakteriyel ürünlere benzer biçimde düşük molekül hacmine sahip olduğu için, diğer boyalara göre kanal boyunca daha derin bölgelere penetrasyon olabileceğine sahiptir.^{38,41} Bu nedenle restoratif materyallerin mikrosızıntısının değerlendirildiği çalışmalarda sıklıkla tercih edilen metilen mavisinin %0,2-2 gibi farklı yüzdelerde ve 48-72 saat gibi değişen sürelerde kullanılmaktadır.^{24,42-44}

Literatürde, MTA ve CEM dolgu materyallerinin apikal örtücülüğünün değerlendirildiği çalışmalarda, örneklerin 72 saat boyunca 37°C'de etüv cihazında %1 veya %2 oranlarında metilen mavisi solüsyonunda bekletildiği bildirilmektedir.^{24,38,44-46} Benzer şekilde araştırmamızda, örnekler 72 saat bo-

yunca 37°C'de etüv cihazında %2'lik metilen mavisi solüsyonunda bekletilmiş ve apikal sızıntı miktarı değerlendirilmiştir.

İN vitro çalışmalarda, farklı kalınlıklarda yerleştirilen MTA ve CEM'nin apikal örtücülüğü değerlendirilmiştir.^{45,47-49} Genellikle bu çalışmalarda MTA 3 mm kalınlığında apikal tıkaç olarak yerleştirilmiştir. Yıldırım ve ark., farklı kalınlıklarda (3 mm ve 5 mm) MTA'nın apikal örtücülüğünü bakteriyel sızıntı metodu ile değerlendirdikleri çalışmalarının sonucunda; apikal sızıntı değerleri açısından her iki grup arasında istatistiksel farklılık olmadığını bulmuşlardır.⁵⁰ Yukarıdaki çalışmalar göz önüne alınarak, araştırmamızda benzer şekilde MTA, CEM ve "Biodentine" simüle immatür diş köklerine 3 mm kalınlığında yerleştirilmiştir.

Rahimi ve ark., farklı kalınlıklarda (1 mm, 2 mm ve 3 mm) MTA'nın apikal örtücülüğünü boya sızıntı yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda 3 mm ve 2 mm kalınlığında yerleştirilen MTA'nın 1 mm yerleştirilene oranla daha az sızıntı oluşturduğunu, ancak aralarında istatistiksel farklılık görülmediğini bildirmişlerdir.²⁷

Bir diğer çalışmada Al-Kahtani ve ark., simüle edilmiş açık apeksli dişlerde farklı kalınlıklardaki (2 mm ve 5 mm) MTA'nın apikal örtücülüğünü bakteri sızıntı yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, 5 mm kalınlığında yerleştirilen MTA'nın bakteri sızıntısını tamamen engellediğini ve gruplar arasında da istatistiksel farklılık görüldüğünü bildirmişlerdir.²⁵

Adel ve ark., in vitro koşullarda gerçekleştirdikleri çalışmalarında, simüle açık apeksli 136 tek köklü dişe apikal bölgede 3 mm veya 5 mm kalınlığında MTA veya CEM uygulamışlardır.¹¹ Dört farklı deney grubunda 1., 7., ve 30. günlerde örneklerde meydana gelen sızıntıyı değerlendirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, tüm zamanlarda MTA grubunun istatistiksel farklılık oluşturacak şekilde CEM grubuna oranla daha fazla sızıntı oluşturduğunu bulmuşlardır. Kazem ve ark., yine benzer bir çalışmada sızıntı değerleri açısından MTA ve CEM arasında istatistiksel farklılık olmadığı sonucuna varmışlardır.⁵¹ Bizim araştırmamızda ise diğer çalışmalardan farklı olarak, CEM gru-

bunda MTA grubuna kıyasla istatistiksel farklılık oluşturacak şekilde daha fazla sızıntı oluştuğu gözlenmiştir ($p=0,007$). Çalışmamızda diğer araştırmalar arasında farklı sonuçların gözlenmesinin muhtemel nedeni olarak, farklı sızıntı test yöntemlerinin uygulanması düşünülebilir.

Çalışmalarda trikalsiyum silikat içerikli materyallerin CH içerikli materyallere oranla diş yapısında daha homojen bir dentin köprüsü oluşturdukları, aynı zamanda açık apeksli dişlerde kök dentin yapısının daha erken tamamlandığı bildirilmektedir.^{10,14,36}

Literatür değerlendirmesinde immatür dişlerde "Biodentine" materyalinin apikal örtücülük özelliği ile ilgili çalışma yapılmadığı görülmüştür. Çalışmamızda, "Biodentine" grubu MTA grubu ile sızıntı düzeyi açısından kıyaslandığında aralarında istatistiksel farklılık olmadığı görülmüştür ($p=0,30$). Benzer biçimde "Biodentine" grubu CEM grubu ile apikal örtücülük özellikleri kıyaslandığında aralarında istatistiksel farklılık olmadığı ($p=0,06$), ancak CEM grubunun "Biodentine" grubuna oranla daha fazla sızıntıya neden olduğu görülmüştür.

SONUÇ

Araştırmamızın sonuçlarına göre, kök gelişimi tamamlanmamış dişlerde uygulanan apeksifikasyon tedavisinde;

1. Deney gruplarının tamamında apikal sızıntı gözlenmiştir.

2. En az apikal sızıntı MTA grubunda iken, en fazla sızıntı CEM grubunda görülmüştür.

3. MTA'nın dişte renklenmeye neden olması, yüksek maliyeti ve sertleşme süresinin uzunluğu gibi dezavantajlarından dolayı, "Biodentine" MTA'ya alternatif olarak değerlendirilebilir. Ancak "Biodentine" materyalinin in vivo koşullardaki etkinliğini değerlendiren klinik çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

4. CEM dolgu materyali deney grupları arasında en fazla apikal sızıntıya neden olmasına rağmen, özellikle klinik çalışmalarda vital pulpa tedavilerinde başarılı sonuçlar göstermektedir. İleride gerçekleştirilecek olan çalışmalarda CEM materyalinin apikal örtücülüğü farklı sızıntı yöntemleri ile değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Simon S, Rilliard F, Berdal A, Machtou P. The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *Int Endod J* 2007;40(3):186-97.
- Ghose LJ, Baghdady VS, Hikmat YM. Apexification of immature apices of pulpless permanent anterior teeth with calcium hydroxide. *J Endod* 1987;13(6):285-90.
- Soares J, Santos S, César C, Silva P, Sá M, Silveira F, et al. Calcium hydroxide induced apexification with apical root development: a clinical case report. *Int Endod J* 2008; 41(8):710-9.
- Cauwels RG, Pieters IY, Martens LC, Verbeeck RM. Fracture resistance and reinforcement of immature roots with gutta percha, mineral trioxide aggregate and calcium phosphate bone cement: a standardized in vitro model. *Dent Traumatol* 2010;26(2):137-42.
- Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol* 2002;18(3):134-7.
- Witherspoon DE, Ham K. One-visit apexification: technique for inducing root-end barrier formation in apical closures. *Pract Proced Aesthet Dent* 2001;13(6):455-60.
- Erdem AP, Sepet E. Mineral trioxide aggregate for obturation of maxillary central incisors with necrotic pulp and open apices. *Dent Traumatol* 2008;24(5):e38-41.
- Frank AL. Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *J Am Dent Assoc* 1966;72(1):87-93.
- Chawla HS. Apical closure in a nonvital permanent tooth using one Ca(OH)₂ dressing. *ASDC J Dent Child* 1986;53(1):44-7.
- Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod* 2010;36(3): 400-13.
- Adel M, Nima MM, Shivaie Kojoori S, Norooz Oliaie H, Naghavi N, Asgary S. Comparison of endodontic biomaterials as apical barriers in simulated open apices. *ISRN Dent* 2012; 2012:359873.
- Martin RL, Monticelli F, Brackett WW, Loushine RJ, Rockman RA, Ferrari M, et al. Sealing properties of mineral trioxide aggregate orthograde apical plugs and root fillings in an in vitro apexification model. *J Endod* 2007; 33(3):272-5.
- Trope M. Treatment of the immature tooth with a non-vital pulp and apical periodontitis. *Dent Clin North Am* 2010;54(2):313-24.
- Villat C, Grosogeat B, Seux D, Farge P. Conservative approach of a symptomatic carious immature permanent tooth using a tricalcium silicate cement (Biodentine): a case report. *Restor Dent Endod* 2013;38(4): 258-62.
- Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993;19(12):591-5.
- Asgary S, Eghbal MJ, Ehsani S. Periradicular regeneration after endodontic surgery with calcium-enriched mixture cement in dogs. *J Endod* 2010;36(5):837-41.

17. Felipe WT, Felipe MC, Rocha MJ. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2006; 39(1):2-9.
18. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995; 21(7):349-53.
19. Nosrat A, Seifi A, Asgary S. Regenerative endodontic treatment (revascularization) for necrotic immature permanent molars: a review and report of two cases with a new biomaterial. *J Endod* 2011;37(4):562-7.
20. Nosrat A, Seifi A, Asgary S. Pulpotomy in caries-exposed immature permanent molars using calcium-enriched mixture cement or mineral trioxide aggregate: a randomized clinical trial. *Int J Paediatr Dent* 2013;23(1):56-63.
21. Nosrat A, Peimani A, Asgary S. A preliminary report on histological outcome of pulpotomy with endodontic biomaterials vs calcium hydroxide. *Restor Dent Endod* 2013;38(4):227-33.
22. Samiee M, Eghbal MJ, Parirokh M, Abbas FM, Asgary S. Repair of furcal perforation using a new endodontic cement. *Clin Oral Investig* 2010;14(6):653-8.
23. De Moor RJ, Hommez GM. The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta percha obturation techniques. *Int Endod J* 2002;35(3):275-82.
24. Demiriz L, Arkan V, Akçay M, Sari S, Çetiner S. [Evaluation of the effect of MTA fillapex to apical leakage in teeth with open apex]. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci-Special Topics* 2012;3(1):26-31.
25. Al-Kahtani A, Shostad S, Schifferle R, Bhambhani S. In-vitro evaluation of microleakage of an orthograde apical plug of mineral trioxide aggregate in permanent teeth with simulated immature apices. *J Endod* 2005;31(2):117-9.
26. Hachmeister DR, Schindler WG, Walker WA 3rd, Thomas DD. The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *J Endod* 2002;28(5):386-90.
27. Rahimi S, Shahi S, Lotfi M, Yavari HR, Charehjo ME. Comparison of microleakage with three different thicknesses of mineral trioxide aggregate as root-end filling material. *J Oral Sci* 2008;50(3):273-7.
28. Rafter M. Apexification: a review. *Dent Traumatol* 2005;21(1):1-8.
29. Kleier DJ, Barr ES. A study of endodontically apexified teeth. *Endod Dent Traumatol* 1991; 7(3):112-7.
30. Cehreli ZC, Işbitiren B, Sara S, Erbas G. Regenerative endodontic treatment (revascularization) of immature necrotic molars medicated with calcium hydroxide: a case series. *J Endod* 2011;37(9):1327-30.
31. Finucane D, Kinirons MJ. Non-vital immature permanent incisors: factors that may influence treatment outcome. *Endod Dent Traumatol* 1999;15(6):273-7.
32. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review-part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod* 2010;36(2):190-202.
33. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review-Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod* 2010;36(1):16-27.
34. Nuvvula S, Melkote TH, Mohapatra A, Nirmala S. Management of immature teeth with apical infections using mineral trioxide aggregate. *Contemp Clin Dent* 2010;1(1):51-3.
35. Shabahang S, Torabinejad M. Treatment of teeth with open apices using mineral trioxide aggregate. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 2000;12(3):315-20.
36. Tran XV, Gorin C, Willig C, Baroukh B, Pellat B, Decup F, et al. Effect of a calcium-silicate-based restorative cement on pulp repair. *J Dent Res* 2012;91(12):1166-71.
37. Lolayekar N, Bhat SS, Hegde S. Sealing ability of ProRoot MTA and MTA-Angelus simulating a one-step apical barrier technique--an in vitro study. *J Clin Pediatr Dent* 2009;33(4): 305-10.
38. Kazem M, Eghbal MJ, Asgary S. Comparison of bacterial and dye microleakage of different root-end filling materials. *Iran Endod J* 2010; 5(1):17-22.
39. Ahlberg KM, Assavanop P, Tay WM. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and india ink in root-filled teeth. *Int Endod J* 1995;28(1):30-4.
40. Taylor MJ, Lynch E. Microleakage. *J Dent* 1992;20(1):3-10.
41. Kersten HW, Moorer WR. Particles and molecules in endodontic leakage. *Int Endod J* 1989;22(3):118-24.
42. Ayyıldız S, Uyar HA, Yüzügülü B. [Microleakage and the evaluation methods in dentistry]. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg* 2009;19(3): 219-26.
43. Alhaddad Alhamoui F, Steffen H, Splieth CH. The sealing ability of ProRoot MTA when placed as an apical barrier using three different techniques: an in-vitro apexification model. *Quintessence Int* 2014. doi: 10.3290/j.qi.a32567. [Epub ahead of print]
44. Demiriz L, Akçay M, Arkan V, Çetiner S, Sari S. [Comparative evaluation of different root canal sealers to coronal leakage]. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci-Special Topics* 2012; 3(1):32-8.
45. Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M, Torabzadeh H. Sealing ability of three commercial mineral trioxide aggregates and an experimental root-end filling material. *Iran Endod J* 2006;1(3): 101-5.
46. Tanomaru Filho M, Figueiredo FA, Tanomaru JM. Effect of different dye solutions on the evaluation of the sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate. *Braz Oral Res* 2005;19(2): 119-22.
47. Andelin WE, Browning DF, Hsu GH, Roland DD, Torabinejad M. Microleakage of resected MTA. *J Endod* 2002;28(8):573-4.
48. Lee SJ, Chung J, Na HS, Park EJ, Jeon HJ, Kim HC. Characteristics of novel root-end filling material using epoxy resin and Portland cement. *Clin Oral Investig* 2013;17(3):1009-15.
49. Arruda RA, Cunha RS, Miguita KB, Silveira CF, De Martin AS, Pinheiro SL, et al. Sealing ability of mineral trioxide aggregate (MTA) combined with distilled water, chlorhexidine, and doxycycline. *J Oral Sci* 2012;54(3):233-9.
50. Yildirim T, Er K, Tasdemir T, Tahan E, Buruk K, Serper A. Effect of smear layer and root-end cavity thickness on apical sealing ability of MTA as a root-end filling material: a bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109(1):e67-72.
51. Kazem M, Mahjour F, Dianat O, Fallahi S, Jahankhah M. Root-end filling with cement-based materials: an in vitro analysis of bacterial and dye microleakage. *Dent Res J (Isfahan)* 2013;10(1):46-51.