

TEK SEANS APEKSİFİKASYON TEDAVİSİNDE KULLANILAN BİOAGREGAT KALINLIĞININ MİKROSIZINTI ÜZERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Evaluation of the effect of Bioaggregate thickness on microleakage used in one-step
cavitation treatment

apexifi-

Betül MEMİŞ ÖZGÜL*
Cem ŞAHİN***

Tuğba BEZGİN**
Şaziye SARI****

ABSTRACT

Providing adequate apical plug forms a challenge for dentist when dealing with immature teeth with open apices that has necrotic pulp. The sealing ability of the filling used has an important role in success of the root canal treatment. The aim of this study was to evaluate the microleakage of Bioaggregate [(BioAggregate, Verio Dental Co. Ltd., Vancouver, Canada) (BA)] by liquid filtration technique with different application thicknesses in an apexification model. In this study, 24 lower premolar teeth extracted for orthodontic reasons were used. After sectioning from enamel-cement junction, teeth were sectioned from apical 3-4 mm to achieve 12mm root length. To mimic the clinical situation, apical&coronal 1/3 parts of the roots were prepared with 2-6 no Gates Glidden burs. Teeth were divided into 3 groups according to thickness of BA: Group 1: 2mm, Group 2: 4mm and Group 3: 12mm (total length). After teeth were stored at 37°C for 4 days for setting of the BA, the empty parts of roots were filled with gutta-percha in first 2 groups and leakage amounts were evaluated. Kruskal Wallis H test was used for statistical analysis. There was no statistical difference between Group 1 and 2 ($p>0.05$). Root that were filled with BA totally (Group 3) showed statistically less leakage than other groups ($p<0.01$).

Key Words: Apexification treatment, Bioaggregate, Immature permanent teeth, Liquid filtration technique

ÖZET

Nekrotik pulpal kök ucu kapanmamış daimi dişlerin kanal tedavisinde, yeterli apikal tıkanmanın sağlanması diş hekimliğinde zorluk yaratan klinik bir durumdur. Kullanılan kanal dolgu materyalinin sızdırmazlığı başarı için önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, tek seans apeksifikasyon modelinde, farklı kalınlıklarda uygulanan BioAgregat'ın [(BioAggregate, Verio Dental Co. Ltd., Vancouver, Kanada) (BA)] sızıntı oranlarının sıvı filtrasyon yöntemi kullanılarak karşılaştırılmasıdır. Çalışmamızda 24 adet ortodontik amaçla çekilmiş tek köklü alt küçük azı kullanıldı. Dişler, mine-sement birleşiminden kesildikten sonra, kök boyu 12mm olacak şekilde apikal kök ucundan 3-4mm kesildi. Klinik durumu taklit etmek için köklerin apikal ve kural 1/3'lük kısımları 2-6 numaralı Gates glidden frezlerle genişletildi. Dişler kanala yerleştirilen BA kalınlığına göre rastgele 3 gruba ayrıldı: Grup 1:2mm, Grup 2:4mm, ve Grup 3:12mm (tam kanal boyu). BA'nın sertleşme reaksiyonunun gerçekleşmesi amacıyla dişler 37°C'de 4 gün bekletildikten sonra, ilk 2 grupta kanalların boş kısımları gutaperka ile dolduruldu ve tüm gruplarda sıvı transport yöntemi ile sızıntı miktarları ölçüldü. Verilerin analizinde Kruskal Wallis H testi kullanıldı. Grup 1 ve 2 arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmezken ($p>0,05$), tamamı BA ile doldurulmuş kanalların (Grup 3) diğer gruplara göre sızdırmazlığı istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az bulundu ($p<0,01$).

* Dt., Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı, Ankara

** Dr. Dt., Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı, Ankara

*** Yrd. Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Tedavi Anabilim Dalı, Ankara

**** Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı, Ankara

Anahtar sözcükler: *Apeksifikasyon tedavisi, Bioagregat, Genç daimi diş, Sıvı transport yöntemi*

GİRİŞ

Genç daimi dişlerin travma, derin çürük veya diğer pulpa patolojileri nedeniyle kök gelişiminin tamamlayamadan endodontik tedavi gereksinimi duyması diş hekimleri için zorluk yaratan bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır (1). Bu dişlerin apekslerinin açık, köklerinin geniş ve kırılğan olması ayrıca apeks bölgesinin dişin anatomisine bağlı olarak huni şeklinde açılması ve düzensiz dentin duvarlarına sahip olması kök kanal şekillendirmesinde ve doldurulmasında zorluklar yaratmaktadır (2,3). Bu dişlerde uygulanan geleneksel tedavi, kalsiyum hidroksit (KH) içerikli patlar ile apikal bariyer oluşturulması esasına dayanan apeksifikasyon tedavisidir (4,5). Ancak KH ile apeksifikasyon tedavisinin yüksek başarı oranları sağlamasına rağmen; birçok dezavantajı da bulunmaktadır. Bunlar; tedavinin uzun sürmesi, birçok tedavi seansı gerektirmesi, diş yapısının kırılğanlığını arttırması, bariyer oluşumunun tespitinin zor olması ve kimi zaman kök gelişiminin devam etmesini sağlayamamasıdır. KH patının diğer bir dezavantajı ise daha sonra uygulanacak daimi kanal dolgu patlarıyla etkileşime girerek olumsuz etkiler yaratmasıdır (6-11). Tüm bu dezavantajları elimine etmek için, KH apeksifikasyonuna alternatif olarak 'tek seans apeksifikasyon tedavisi' önerilmektedir (4, 12).

Tek seans apeksifikasyon tedavisinde, kanalın hemen doldurulmasına olanak sağlayan apikal bir bariyer noktasının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Böylece daimi kök-kanal dolgusunun hemen yapılabileceği belirtilmiştir (4,12,13). Günümüze kadar, bu tedavi yönteminde; trikalsiyum fosfat, dondurulmuş kurutulmuş dentin veya kortikal kemik kullanılmıştır (14,15). Son yıllarda ise, mineral trioksit agregat (MTA) başarıyla kullanılmaktadır (16-18).

MTA, hidrofilik partiküller içeren ve trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum aluminat, kalsiyum sülfat dehidrat ve bizmut oksitten oluşan bir tozudur. Nem varlığında sertleşen bu materyalin pH'sı yaklaşık olarak 12,5'tir. MTA'nın en önemli fiziksel özelliği sızdırmazlığıdır. Bu özelliğine ek olarak, sert doku oluşumunda rol alan sitokin sentezini uyardığı ve antibakteriyel olduğu bildirilmiştir (19, 20).

MTA bu özelliklerinin yanında, uzun sertleşme süresine sahip olması (20,21), manipülasyonunun zor olması (21,22), pahalı olması (23) ve koronal renklenmeye neden olması gibi (24, 25) dezavantajlara sahiptir. Ayrıca her ne kadar biyoyumluluğunun çok iyi olduğu kanısı hakim olsa da (26-28), son dönem çalışmalarda biyoyumluluğunun zayıf olduğunu öne süreren araştırmalar da soru işareti yaratmaktadır (29-31). Bu nedenle farklı MTA formülasyonları üzerinde çalışılmaktadır. Bunlardan biri olan BioAgregat (BA) yapısında alüminyum bileşenleri ve demir iyonları içermemektedir ve bu nedenle dişte renklenmeye neden olmadığı ve MTA'ya oranla daha biyoyumlu olduğu belirtilmiştir (29,32,33). Yapısal olarak; trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, tantalum pentoksit, kalsiyum fosfat monobazik ve amorf silikon oksitten oluşmaktadır ve üretici firma tarafından kanal içinde sementogenezisi destekleyen hermetik bir tıkaçlama sağladığı ve güçlü bir apikal bariyer oluşturduğu savunulmaktadır (34).

Yapılan çalışmalarda apikalde 4 mm'lik MTA varlığının mikrosızıntı için ideal olduğu belirtilmesine karşın (35-38), BA için uygun olabilecek apikal tıkaç kalınlığı henüz belirlenmemiştir. Bu nedenle çalışmamızda, bu materyalin tek seans apeksifikasyon tedavisinde kullanılabilmesi için, farklı kalınlıklardaki sızıntı değerlerinin karşılaştırılması ve bu anlamda ideal olabilecek kalınlığın bulunması amaçlanmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamızda 24 adet ortodontik amaçla çekilmiş tek köklü alt küçük azı dişi kullanıldı. Dişler, öncelikle mine-sement birleşiminden kesildikten sonra, kök boyu 12mm olacak şekilde apikal kök ucundan 3-4mm kesildi. Kanal içi dokular tırnerf kanal aletleri (Medin Barbed Broach, Vlachovicka, Czech Republic) ile uzaklaştırıldıktan sonra kök kanallarının genişletilme ve şekillendirilme işlemlerine başlandı. Klinik koşulları taklit ederek apeksi ka-

panmamış genç daimi dişlerdeki huni şeklindeki apeksi oluşturmak amacıyla köklerin apikal ve kural 1/3'lük kısımları 2-6 numaralı Gates glidden frezlerle (Antaeos, VDW GmbH, Munich, Germany) genişletildi. Kök kanallarının orta üçlüsü ise K-tipi kanal aletleri ile master eğe 80'e (G-star Medical Co., Ltd) kadar genişletildi. Aletlerin kullanım aralığında kanallar 2ml %5'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) ile yıkandı. Kanal genişletme işlemlerinin bitmesinden sonra dişler sırası ile 5 ml %5'lik NaOCl, 5 ml distile su, 5ml %17'lik Etilendiamintetraasetik asit (EDTA) solüsyonu ve son olarak 5ml distile su ile yıkandı. Kanallar kağıt kon kullanılarak kurutulduktan sonra, dişlerin apikal huni görünümünü teyid etmek amacıyla periapikal radyografi alındı.

Hazırlanan dişler apikalden itibaren, kanaldaki BA kalınlığına göre rastgele n=8 olacak şekilde 3 gruba ayrıldı: Grup 1'de köklerin apikal 2mm'lik kısımları, Grup 2'de köklerin 4mm'lik kısımları, Grup 3'te ise köklerin tamamı (12mm) üretici firma önerileri doğrultusunda Bioagregat [(BioAggregate, Verio Dental Co. Ltd., Vancouver, Canada) kullanılarak dolduruldu ve periapikal radyograflar ile dolulukları kontrol edildi.

Tablo 1. Çalışmanın İstatistiksel verilerine ait bulgular

	Grup	n	Mean	Median	Minimum	Maximum	ss	Kruskal-Wallis H		
								Mean Rank	H	P
Sızıntı	2 mm	7	0,010	0,0100	0,0080	0,0120	0,0016	15,50	24,74	0,0001
	4 mm	8	0,010	0,0110	0,0080	0,0120	0,0015	16,56		
	12mm	8	0,001	0,0000	0,0000	0,0020	0,0009	4,50		

TARTIŞMA

Açık apeksli dişlerin endodontik tedavilerinde temel amaçlardan biri, sement benzeri bir doku oluşumuyla periapikal tıkaç oluşumunu sağlamaktır. Bu nedenle, kök ucu dolgusunda kullanılacak materyallerin inert ve biyoyumlu olması, periapikal dokularda iritasyon oluşturmaması ve sızdırmazlığının yüksek olması gerekmektedir (40,41). Bu amaçla günümüzde sıklıkla kullanılan MTA'nın sızdırmazlığının yüksek olduğu kabul edilmektedir (5,19,20). Ancak yapısındaki alüminyum nedeniyle toksik etkileri olduğu gösterilmiş (42) ve bu nedenle

BA'nın sertleşme reaksiyonunun gerçekleşmesi amacıyla dişler nemli gazlı beze sarıldıktan sonra, üretici firma önerisi doğrultusunda 37°C'de 4 gün bekletildi. Bu işlemleri takiben ilk 2 grupta kanalların boş kısımları güta-perka (DiaDent, Almere, Netherlands) ve AH plus kanal patı (Dentsply, Maillefer, Switzerland) kullanılarak lateral kondensasyon yöntemi ile dolduruldu. Güta-perka ve kanal patının sertleşmesinin tamamlanması amacıyla nemli gazlı beze sarılan kökler 37°C de 24 saat süreyle bekletildi. Tüm gruplardaki sızıntı miktarları modifiye sıvı transport yöntemi ile ölçüldü (39). Verilerin analizinde Kruskal Wallis H testi kullanıldı.

BULGULAR

Sıvı transport sistemi ile mikrosızıntı ölçümleri sonucunda; Grup 1 ve Grup 2 için ortalama $1 \times 10^{-2} \mu\text{l} \times \text{dk}^{-1} \times \text{cmH}_2\text{O}^{-1}$, Grup 3 için ise $1 \times 10^{-3} \mu\text{l} \times \text{dk}^{-1} \times \text{cmH}_2\text{O}^{-1}$ sızdırma değerleri bulundu. BA'nın 2mm (Grup 1) ve 4 mm (Grup 2) olarak kullanılması arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmezken ($p>0,05$), tamamı BA ile doldurulmuş kanalların (Grup 3) diğer gruplara göre sızdırmazlığı istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az bulundu ($p<0,01$) (Tablo1).

daha biyoyumlu materyallerin arayışı devam etmektedir. Bu amaçla üretilen su bazlı bir materyal olan, içeriğinde alüminyum olmadığı için toksik olmadığı belirtilen (24) BA'nın kök ucu kanal dolgu maddesi olarak kullanımı ile ilgili literatürde yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır.

Yapılan çalışmalarda BA materyalinin ve antibakteriel etkilerinin ve örtücülüğünün MTA'ya benzer olduğu, biyoyumluluğunun ise daha yüksek olduğu gösterilmiştir (29,31,33,43,44). MTA'nın tek seans apeksifikasyon tedavisinde apikalde 3-5 mm kalınlıkta

kullanılması genel olarak kabul edilen başarılı klinik sonuçlar vermektedir (35-39). Ancak BA'nin tek seans apeksifikasyon tedavisinde kullanılması için yeterli olacak apikal kalınlık konusunda herhangi bir literatür bilgisi bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmamızda BA'nin genel olarak kabul edilen MTA kalınlığı olan 4mm ve daha az olan 2 mm kalınlıkta apikal tıkaç olarak uygulanması ile tam kanal dolgusu şeklinde uygulanmasının açık apeksli diş modellerindeki sızdırmazlık miktarlarının değerlendirilmesi ve ideal kalınlığın belirlenmeye çalışılması amaçlanmıştır.

Çalışmamızda mikrosızıntı değerlerinin ölçülmesi amacıyla modifiye sıvı transport yöntemi kullanılmıştır (39). Pashley ve ark.(45) tarafından ilk olarak geliştirilen sıvı transport modeli koronal restorasyonların ve kanal dolgularının çevresindeki mikrosızıntının yıkım olmadan ölçülmesini sağlayan bir modeldir (46,47) Bu model esas alınarak kök kanal dolgularının etrafındaki sızıntının belirlenmesi amacıyla geliştirilen modifiye dizaynların, bakteriyel penetrasyon ve geleneksel boya penetrasyon metodlarından daha hassas olduğu gösterilmiştir (48,49). Bu nedenle çalışmamızda modifiye sıvı transport yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre BA'nin tüm kanal boyunca doldurulmasının 2 ve 4 mm'lik apikal bariyer uygulamasına göre istatistiksel olarak daha iyi sızdırmazlık gösterdiği belirlenmiş olmasının yanı sıra 2 ve 4 mm'lik apikal bariyer seviyeleri arasında herhangi bir fark gözlenememiştir. Konu ile ilgili olarak yapılmış bir çalışmaya rastlanmadığı için sonuçların karşılaştırılması mümkün olmamıştır. Ancak MTA ile yapılan benzer bir çalışmada uygun kalınlık olarak kabul edilen 3-5mm'lik apikal dolgunun, sıvı transport yöntemi ile $4 \times 10^{-1} \mu\text{l} \times \text{dk}^{-1} \times \text{cmH}_2\text{O}^{-1}$ 'lik sızıntı değeri gösterdiği bulunmuştur (50). Dolayısıyla bu çalışmada 2 ve 4mm için bulunan $1 \times 10^{-2} \mu\text{l} \times \text{dk}^{-1} \times \text{cmH}_2\text{O}^{-1}$ sızdırmazlık değerine yakın olan bu değerlere bakarak; açık apeksli dişlerde tek seans apeksifikasyon tedavisi uygulanması gereken durumlarda, 2-4mm'lik apikal BA uygulamasının sızıntı açısından uygun kalınlık olduğunu söylemek mümkündür.

SONUÇ

Tek seans apeksifikasyonda, BA'nin tüm kanal boyunca uygulanması en ideal sonucu vermektedir ancak materyalin maliyeti düşü-

nüldüğünde, 2-4mm'lik apikal kalınlığın uygulanabilir olduğu görülmektedir. Bu alanda yapılacak ilave çalışmalara konuya netlik kazandırmak bakımından ihtiyaç olduğu kanısındayız.

KAYNAKLAR

1. Hong ST, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee W. Microleakage of accelerated mineral trioxide aggregate and Portland cement in an in-vitro apexification model. J Endod. 2008;34:56-8.
2. Lieberman N, Trombridge C, Klein A, Levy S. Endodontic retreatment: a rational approach to non-surgical root canal therapy of immature teeth. Endod. Dent. Traumatol. 1996;12: 246-53.
3. Camp JH, Fuks AB. Pediatric endodontics: Endodontic treatment for the primary and young permanent dentition. In: Pathways of the pulp. Ed.: S. Cohen, K.M. Hargreaves, 9th. Ed., St Louis: Mosby Inc, 2006, Chapter 22.
4. Morse DR, O'Larnic J, Yesilsoy C. Apexification: review of the literature. Quintessence Int. 1990;7:589-98.
5. Shabahang S, Torabinejad M, Boyne PP, Abedi H, McMillan P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. J Endod. 1999 ;25:1-5.
6. Ricucci D, Langeland K. Incomplete Calcium Hydroxide Removal from the Root Canal: A Case Report. Int. Endod. J. 1997; 30: 418-21.
7. Margelos J, Eliades G, Verdelis C, Palaghias G. Interaction of Calcium Hydroxide with Zinc Oxide-Eugenol Type Sealers: A Potential Clinical Problem. J Endod. 1997; 23: 43-8.
8. Lambrianidis T, Margelos J, Beltes P. Removal Efficiency of Calcium Hydroxide Dressing from the Root Canal. J Endod. 1999; 25: 85-8.
9. Kim SK, Kim YO. Influence of Calcium Hydroxide Intracanal Medication on Apical Seal. Int Endod J 2002; 35: 623-8.

10. Goldberg F, Artaza LP, de Silvio AC. Influence of Calcium Hydroxide Dressing on the Obturation of Simulated Lateral Canals. *J Endod* 2002; 28: 99-101.
11. Sevimay S, Öztan S, Dalat D. Effects of Calcium Hydroxide Paste Medication on Coronal Leakage. *J Oral Rehabil.* 2004; 31: 240-4.
12. Sarris S, Tahmassebi JF, Duggal MS, Cross IA. A clinical evaluation of mineral trioxide aggregate for root-end closure of non-vital immature permanent incisors in children- a pilot study. *Dent Traumatol.* 2008;24:79-85.
13. Alaçam A. Kök Ucu Kapanmamış Genç Sürekli Dişlerde Kök Gelişiminin Teşviki ve Tedavi Yöntemleri, In: Endodonti, Ed.: T. Alaçam, İ. Uzel, A. Alaçam, M. Aydın. 2. Baskı. Ankara: Barış Yayınları 2000: Bölüm 30, s: 723-31.
14. Roberts SC, Brilliant JD. Tricalcium Phosphate as an Adjunct to Apical Closure in Pulpless Permanent Teeth. *J Endod.* 1975;1: 263-9.
15. Harbert H. One-Step Apexification without Calcium Hydroxide. *J Endod.* 1996; 22: 690-2.
16. El Meligy OMS, Avery DR. Comparison of Apexification with Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide. *Pediatr. Dent.* 2006; 28: 248-53.
17. Sarris S, Tahmassebi JF, Duggal MS, Cross IA. A Clinical Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate for Root-End Closure of Non-Vital Immature Permanent Incisors in Children- A Pilot Study. *Dent Traumatol* 2008; 24: 79-85.
18. Erdem PA, Sepet L. Mineral Trioxide Aggregate for Obturation of Maxillary Central Incisors with Necrotic Pulp and Open Apices. *Dent. Traumatol.* 2008; 24: e38-e41.
19. Torabinejad M, Watson TF, Ford TRP. Sealing Ability of a Mineral Trioxide Aggregate When Used As a Root End Filling Material. *J Endod.* 1993; 19: 591-5.
20. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Ford TRP. Physical and Chemical Properties of a New Root-End Filling Material. *J Endod.* 1995; 21: 349-53.
21. Camilleri J, Montesin FE, Di Silvio L, Pitt Ford TR. The chemical constitution and biocompatibility of accelerated Portland cement for endodontic use. *Int Endod J.* 2005;38:834-42.
22. Santos AD, Moraes JC, Araújo EB, Yukimitu K, Valério Filho WV. Physicochemical properties of MTA and a novel experimental cement. *Int Endod J.* 2005;38:443-7.
23. Srinivasan V, Waterhouse P, Whitworth J. Mineral trioxide aggregate in paediatric dentistry. *Int J Paediatr Dent.* 2009;19:34-47.
24. Sarris S, Tahmassebi JF, Duggal MS, Cross IAA. Clinical evaluation of mineral trioxide aggregate for root-end closure of non-vital immature permanent incisors in children- a pilot study. *Dent Traumatol.* 2008;24:79-85.
25. Moore A, Howley MF, O'Connell AC. Treatment of open apex teeth using two types of white mineral trioxide aggregate after initial dressing with calcium hydroxide in children. *Dent Traumatol.* 2011;27:166-73.
26. Keiser K, Johnson CC, Tipton DA. Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod.* 2000;26:288-91.
27. Balto HA. Attachment and morphological behavior of human periodontal ligament fibroblasts to mineral trioxide aggregate: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 2004 Jan;30(1):25-9.
28. Al-Sa'eed OR, Al-Hiyasat AS, Darmani H. The effects of six root-end filling materials and their leachable components on cell viability. *J Endod.* 2008;34:1410-4.
29. De-Deus G, Canabarro A, Alves G, Linhares A, Senne MI, Granjeiro JM. Optimal cytocompatibility of a bioceramic nanoparticulate cement in primary human mesenchymal cells. *J Endod.* 2009;35:1387-90.
30. Vajrabhaya LO, Korsuwannawong S, Jantarat J, Korre S. Biocompatibility of furcal perforation repair material using cell culture technique: Ketac Molar versus ProRoot MTA. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;102:e48-50.
31. Amani B, Vatanpour M, Roghanizad N, Rakhshan V. Comparative adhesion and cell viability of human gingival fibroblast to three retrograde filling materials: Bioaggregate, Retro-

plast and MTA. *Med Oral Patol Oral Cir Buccal.* 2012 Dec 10. [Epub ahead of print]

32. Veriodent Bioaggregate. <http://www.veriodent.com/>, 2012

33. Yan P, Yuan Z, Jiang H, Peng B, Bian Z. Effect of bioaggregate on differentiation of human periodontal ligament fibroblasts. *Int Endod J.* 2010;43:1116-21

34. Park JW, Hong SH, Kim JH, Lee SJ, Shin SJX-Ray diffraction analysis of white ProRoot MTA and Diadent BioAggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109:155-8

35. Erdem AP, Sepet E. Mineral trioxide aggregate for obturation of maxillary central incisors with necrotic pulp and open apices. *Dent Traumatol.* 2008;24:e38-41

36. Park JB, Lee JH. Use of mineral trioxide aggregate in the open apex of a maxillary first premolar. *J Oral Sci.* 2008;50:355-8.

37. Zhu WH, Pan J, Yong W, Zhao XY, Wang SM. Endodontic treatment with MTA of a mandibular first premolar with open apex: case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106:e73-5.

38. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 1999;25:197-205.

39. Fogel HM. Microleakage of posts used to restore endodontically treated teeth. *J Endod.* 1995;21:376-9.

40. Rafter M. Apexification: a review. *Dent Traumatol.* 2005;21:1-8.

41. Mente J, Hage N, Pfefferle T, Koch MJ, Dreyhaupt J, Staehle HJ, Friedman S. Mineral trioxide aggregate apical plugs in teeth with open apical foramina: a retrospective analysis of treatment outcome. *J Endod.* 2009;35:1354-8.

42. Duarte MA, De Oliveira Demarchi AC, Yamashita JC, Kuga MC, De Campos Fraga S.

Arsenic release provided by MTA and Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;99:648-50.

43. Zhang H, Pappen FG, Haapasalo M. Dentin enhances the antibacterial effect of mineral trioxide aggregate and bioaggregate. *J Endod.* 2009;35:221-4.

44. Leal F, De-Deus G, Brandão C, Luna AS, Fidel SR, Souza EM. Comparison of the root-end seal provided by bioceramic repair cements and White MTA. *Int Endod J.* 2011;44:662-8.

45. Pashley DH, Andringa HJ, Derkson GD, Derkson ME, Kalathoor SR. Regional variability in the permeability of human dentine. *Arch Oral Biol.* 1987;32:519-23.

46. Weldon JK Jr, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Sealing ability of mineral trioxide aggregate and super-EBA when used as furcation repair materials: a longitudinal study. *J Endod* 2002;28:467-70

47. Wu MK, Wesselink PR, Boersma J. A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *Int Endod J* 1995;28:185-9.

48. Goldman M, Simmonds S, Rush R. The usefulness of dye-penetration studies reexamined. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989;67:327-32

49. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *Int Endod J.* 1994;27:233-8.

50. Martin RL, Monticelli F, Brackett WW, Loushine RJ, Rockman RA, Ferrari M, Pashley DH, Tay FR. Sealing properties of mineral trioxide aggregate orthograde apical plugs and root fillings in an in vitro apexification model. *J Endod.* 2007;33:272-5

Yazışma Adresi:

Dt. Betül MEMİŞ ÖZGÜL

Tel: +90 (312) 2965670

Faks: +90 (312) 2123954

Ankara Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi

Pedodonti Anabilim Dalı

Beşevler /Ankara 06500

e-posta: dtbetulmemis@hotmail.com