

# KÖK UCU DOLGU MATERYALLERİNİN pH'SININ KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ

## COMPARATIVE EVALUATION of pH of NEW ROOT-END FILLING MATERIAL

Nuray TÜLOĞLU\*  
Abdurrahman AKSOY\*\*\*

Emine ŞEN TUNÇ\*\*

Şule BAYRAK\*\*  
Enes ATMACA\*\*\*\*

### ABSTRACT

*Aim: This study aimed to comparative evaluation the pH of BioAggregate, Mineral Trioxide Aggregate (MTA) and MTA-Angelus in- vitro in a simulated periapical environment.*

*Materials-Methods: Materials were mixed according to the manufacturers' instructions and placed in polyethylene tubes (10mm x 1.5mm dia.) using a lentulo spiral. The samples were then placed in glass flasks containing 5 ml distilled water. The pH of the solutions was measured at 1, 2, 3, 24, and 72 hours using pH meter. One-way ANOVA and Tukey tests were used for statistical analysis of data.*

*Results: All the materials showed alkaline pH. The highest mean pH values for all materials were observed at 24 hours. Mean pH values for all materials were significantly lower at 1, 2 and 3 hours than at 24 and 72 hours ( $p<0.05$ ) and the mean pH values at 1, 2 and 3 hours did not differ significantly for all materials ( $p>0.05$ ). Comparisons among root-end filling materials showed pH values of MTA-Angelus was significantly higher than those of MTA and BioAggregate at 72 hour ( $p>0.05$ ).*

*Conclusion: As a result of this in-vitro study determined that BioAggregate, MTA and MTA-Angelus to have similar pH characteristics.*

*Key words: BioAggregate; root-end filling; Mineral Trioxide Aggregate; MTA-Angelus; pH.*

### ÖZET

*Amaç: Bu çalışmanın amacı; in-vitro olarak periapikal ortam taklit edilerek, BioAggregate, Mineral Trioksit Aggregate (MTA) ve MTA-Angelus'ın pH'sinin karşılaştırmalı değerlendirilmesidir.*

*Gereç ve Yöntem: Üretici firma talimatlarına göre hazırlanan kök ucu dolgu materyalleri, lentülo yardımıyla polietilen tübüllere (10mm x 1.5mm) yerleştirilerek, içerisinde 5ml distile su bulunan cam kaplara konuldu. Solüsyonların pH'sı 1., 2., 3., 24. ve 72.saatlerde pH metre kullanılarak ölçüldü. Elde edilen verilen istatistiksel analizinde one-way ANOVA ve Tukey testleri kullanıldı.*

*Bulgular: Bütün deney periyotlarında tüm materyallerin alkalın pH'ya sahip olduğu ve en yüksek ortalama pH değerinin 24. saatte gözlemlendiği belirlendi. Materyallerin 1., 2. ve 3. saatlerdeki pH değerlerinin 24. ve 72. saatlerden anlamlı olarak düşük olduğu ( $p<0,05$ ), buna karşın 1., 2. ve 3. saatler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptandı ( $p>0,05$ ). Kök ucu dolgu materyalleri karşılaştırıldığında ise, sadece 72. saatte MTA-Angelus'ın ortalama pH değerinin MTA ve BioAggregate'ten istatistiksel olarak daha yüksek olduğu görüldü ( $p>0,05$ ).*

*Sonuç: İn vitro olarak yapılan bu çalışma sonucunda, BioAggregate, MTA ve MTA-Angelus'un benzer pH özelliklerine sahip olduğu belirlendi.*

*Anahtar kelimeler: BioAggregate; kök ucu dolgu materyali; Mineral Trioksit Aggregate; MTA-Angelus; pH.*

\* Yrd.Doç.Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı, ESKİŞEHİR

\*\* Doç.Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı, SAMSUN

\*\*\* Prof.Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji-Toksikoloji Anabilim Dalı, SAMSUN

\*\*\*\* Yrd.Doç.Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji-Toksikoloji Anabilim Dalı, SAMSUN

## GİRİŞ

Endodontik cerrahi, geleneksel kök kanal tedavisine yanıt vermeyen (1-3) ya da ortograt tedavinin mümkün olmadığı (4-7) periapikal lezyonlu dişlerin tedavisi için önerilen güvenilir bir yöntemdir (8). Endodontik cerrahi; patolojik periradiküler dokuların küretajını, kök ucu rezeksiyonunu ve kök ucu dolgu materyalinin yerleştirilmesini içermektedir (9).

Kök ucu dolgu materyallerinin yerleştirilmesinin amacı, apikal kanal boşluğunu doldurmak ve sızdırmazlık sağlamak ve böylece enfekte kök kanalından bakteri ve bakteri ürünlerinin periradiküler dokulara geçişini önlemektir (10,11). İdeal kök ucu dolgu materyali, biyouyumlu, antibakteriyel, radyoopak olmalı, nemden etkilenmemeli, çözünmemeli ve toksik etki göstermemelidir. Ayrıca maliyeti düşük, uygulaması kolay, kavite duvarlarına adaptasyonu iyi olmalı ve doku tamirini uyarabilmelidir (12-14). Ancak günümüzde ideal kök ucu dolgu materyalinin tüm özelliklerine sahip olan herhangi bir materyal yoktur.

Kök ucu dolgu materyali olarak 90'lı yılların başlarında üretilen ve daha sonra ProRoot MTA adıyla piyasaya sürülen MTA'nın (ProRoot Mineral Trioksit Aggregate, Dentsply, Amerika) tıkaçlama özelliğinin iyi olduğu, alkali pH'ya sahip olduğu, çözünürlüğünün ve sitotoksitesinin düşük olduğu, biyouyumlu olduğu ve mineralize doku oluşumunu uyardığı gösterilmiştir (15-17). Bununla birlikte MTA'nın sertleşme süresinin uzun (17), uygulamasının zor (18), maliyetinin yüksek (19) ve radyoopasitesinin yetersiz olması gibi (16) gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Bu nedenle günümüze kadar farklı MTA formülasyonları geliştirilmiştir. 2001 yılında piyasaya sürülen MTA-Angelus (Angelus, Londrina, Brezilya) isimli materyal, MTA'dan farklı olarak yapısında kalsiyum sülfat içermediğinden (20) daha kısa sertleşme süresine sahiptir (21). MTA'nın istenmeyen özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla geliştirilen BioAggregate (DiaRoot BioAggregate, DiaDent Group International, Innovative BioCeramik Inc., Vancouver, BC, Kanada) (22) ise MTA'dan farklı olarak yapısında alüminyum bileşenleri, bizmut oksit ve demir iyonları içermemektedir (23).

BioAggregate'de, MTA'ya radyoopaklık özelliği kazandıran bizmut oksit yerine tantalum oksit bulunmaktadır (23,24). Ayrıca üretici firma, BioAggregate'in manüplasyon ve uygulanma kolaylığına sahip olduğunu öne sürmektedir (23).

Yapılan çalışmalarda, kök kanalından hidrokسيل iyonlarının difüzyonu sonucu periodontal dokulara komşu kök yüzeyinde pH'nın arttığı bildirilmektedir (25,26). Ayrıca yüksek pH'nın, periapikal bölgede bakterisidal etkiye neden olduğu, osteoklastik aktiviteyi baskıladığı ve yara iyileşmesi için uygun bir alkali ortam sağladığı bildirilmektedir (25,26). Bu bilgiler göz önüne alındığında, kök ucu dolgu materyallerinin alkali pH'ya sahip olması biyolojik ve antimikrobiyal aktiviteleri için oldukça önemlidir.

Kök ucu dolgu materyallerinin pH'sı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, MTA ve MTA-Angelus'in pH'sını değerlendiren çalışmalar olmasına rağmen (20,21,27,28), BioAggregate'in pH'sı hakkında yeterli bilgi mevcut değildir. Bu nedenle bu çalışmada, in-vitro olarak periapikal ortam taklit edilerek, BioAggregate, MTA ve MTA-Angelus'in pH'sının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmada üç farklı kök ucu dolgu materyali kullanıldı (Tablo 1). Her grupta toplam 10 adet olacak şekilde üretici firma talimatlarına göre hazırlanan kök ucu dolgu materyalleri lentülo yardımıyla polietilen tübüllere (10mm x1,5mm) yerleştirildi. Kontrol grubu olarak ise her bir grup için 5 adet boş tübül kullanıldı. Periapikal ortamı taklit etmek için polietilen tübüllerin bir ucu kapatıldı. Materyaller yerleştirilmeden önce ve sonra tübüllerin ağırlığı analitik terazi (AUW220D, Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) ile tartılarak her tübülün içeriğindeki materyal miktarı standardize edildi. Ardından tübüller, içinde 5ml distile su (pH 6,55) bulunan ağız kapalı cam kaplara konularak 37°C'de etüvde (Elektro-Mag, M5040 BP, İstanbul, Türkiye) bekletildi.

Kök ucu dolgu materyallerinin karıştırılmasından sonra 1., 2., 3., 24., ve 72. saatlerde tübüllerin bulunduğu solüsyonların pH değerleri,

pH metre (Orion 710A+, Thermo Electron Corp., Beverly, MA, Amerika) ile 3 kez tekrarlanarak ölçüldü ve ortalama değerler kaydedildi. Ölçümlerden önce materyallerin bulunduğu tübüller solüsyonlardan uzaklaştırıldı ve taze distile su içeren yeni cam kaplara kondu.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan kök ucu dolgu materyalleri

Materyal	Kimyasal İçeriği	Üretici Firma	Lot Numarası
MTA	Trikalsiyum silikat, bizmut oksit, dikalsiyum silikat, trikalsiyum aluminat, kalsiyum sülfat dihidrat	ProRoot MTA, Dentsply, Tulsa Dental, OK, Amerika	09001921
BioAggregate	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, tantalum pentoksit, kalsiyum fosfat monobazik, amorf silikon oksit	Diaroot BioAggregate, DiaDent Group International, Innovative BioCeramik Inc., Vancouver, BC, Kanada	070009BA
MTA-Angelus	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum aluminat, tetrakalsiyum aluminaferrit, bizmut oksit	MTA-Angelus, Londrina, Brezilya	12873

Her ölçümden önce pH elektrodu (Orion 8102BN, Ross Combination pH electrode, Beverly, MA, Amerika), pH'sı 4,01, 7,0 ve 10,01 olan standart solüsyonlar (Orion pH buffers, Fisher Scientific, Beverly, MA, Amerika) kullanılarak kalibre edildi. Ölçüm sırasında, cam kaplardaki tübüller dışarı alındıktan sonra, magnetik karıştırıcı ( $Zx^3$ , Velp Scientifica, Usmate, İtalya) kullanılarak solüsyonların homojenizasyonunu sağlandı. Ardından pH elektrodu solüsyon içine daldırıldı ve sabitlenen pH değeri kaydedildi. Ölçümler arasında, elektrodun ucunda kalan hidroksil iyonlarını uzaklaştırmak için elektrot distile su ile yıkandı ve peçete ile kurulandı. Sıcaklık gibi çevresel değişkenleri elimine etmek için ölçümler arasında tüm örnekler 37°C de etüvde saklandı.

#### İstatistiksel Değerlendirme

Kök ucu dolgu materyallerinin her bir ölçüm zamanındaki ortalama pH değerleri ve standart sapmaları hesaplandı. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi "Statistical Package

for the Social Sciences" yazılımı (SPSS 12 for Windows, SPSS Inc, Chicago, IL, Amerika) kullanılarak gerçekleştirildi. Materyaller ve ölçüm zamanları için elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi (one-way-ANOVA) kullanıldı. Eğer farklılık mevcut ise, hangi gruplar arasında farklılık olduğunu tespit etmek için Tukey Çoklu Karşılaştırma testi uygulandı.

Analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak kabul edildi.

#### BULGULAR

Kök ucu dolgu materyallerinin her bir ölçüm zamanındaki ortalama pH değerleri ve standart sapmaları Tablo 2'de gösterildi.

**Tablo 2.** Kök ucu dolgu materyallerinin her bir ölçüm zamanındaki ortalama pH değerleri ve standart sapmaları

Materyaller	Ölçüm zamanı (Saat)				
	1	2	3	24	72
MTA	7.87±0.66 <sup>A,3</sup>	7.61±0.78 <sup>A,3</sup>	7.35±0.66 <sup>A,3</sup>	9.73±0.3 <sup>A1</sup>	8.69±0.64 <sup>B,2</sup>
BioAggregate	7.48±0.29 <sup>A,3</sup>	7.51±0.88 <sup>A,3</sup>	7.53±0.91 <sup>A,3</sup>	9.68±0.6 <sup>A1</sup>	8.63±0.79 <sup>B,2</sup>
MTA-Angelus	7.50±0.13 <sup>A,2</sup>	7.24±0.09 <sup>A,2</sup>	7.40±0.68 <sup>A,2</sup>	9.78±0.3 <sup>A1</sup>	9.63±0.21 <sup>A1</sup>

\*Farklı sayılar satırlardaki, farklı harfler sütunlardaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ( $p < 0,05$ ) (1, A= En iyi değerler)

Çalışmada kullanılan distile suyun başlangıç pH'sının 6,55 olduğu ve deney periyodu boyunca yapılan tüm ölçümlerde bu değerin sabit kaldığı gözlemlendi.

Tüm materyaller için en yüksek ortalama pH değeri 24. saatte gözlemlendi.

Her bir materyalin kendi içinde zamanla pH değişimleri karşılaştırıldığında, 1., 2. ve 3. saatlerdeki ortalama pH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmezken ( $p > 0,05$ ), bu zamanlardaki ortalama pH değerlerinin 24. ve 72. saatlerden anlamlı olarak daha düşük olduğu tespit edildi ( $p < 0,05$ ).

Kök ucu dolgu materyallerinin her bir ölçüm zamanındaki ortalama pH değerleri karşılaştırıldığında ise, 1., 2., 3. ve 24. saatlerde materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptandı ( $p > 0,05$ ). MTA-Angelus'ın 72. saatteki ortalama pH değerinin, hem MTA'dan hem de BioAggregate'den anlamlı olarak daha yüksek olduğu gözlemlendi.

( $p=0,000$ ). Bununla birlikte 72. saatte MTA ve BioAggregate'ın ortalama pH değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edildi ( $p>0,05$ ).

## TARTIŞMA

Endodontik materyallerin periapikal dokularla teması sonucu ortamın pH değerinin alkali olması, osteoklastlar tarafından salgılanan laktik asidi nötralize ederek sert dokuların daha fazla parçalanmasını önlemekte, antimikrobiyal etki göstermekte ve sert doku oluşumu için alkalen fosfataz enzimini aktive ederek iyileşme sürecine yardımcı olmaktadır (25,26). Bu nedenle kök ucu dolgusunda kullanılacak materyalin, periapikal bölgede alkali pH oluşturabilmesi önemlidir. Bu çalışmada, 72 saatlik periyot boyunca 5 farklı zaman diliminde kök ucu dolgu materyallerinin pH değerleri ölçüldü ve tüm ölçüm zamanlarında materyallerin alkali pH'ya sahip olduğu gözlemlendi.

Materyallerin pH'larının değerlendirildiği çalışmalarda test materyallerinin ya kök kanallarının içine (32-34) ya da bizim çalışmamızdaki gibi bir ucu kapalı polietilen tübüllerin içerisine (27,29-31) yerleştirildiği görülmektedir. Ancak polietilen tübüller yerine dişler kullanıldığında, apikal formanın boyutlarındaki potansiyel farklılıklar yüzünden örneklerin konacağı solüsyon miktarı aynı kullanılsa bile daha küçük temas bölgelerinde daha düşük pH değerleri elde edilmekte (27) ve bu da yanlış sonuçlara neden olabilmektedir. Buna karşın materyallerin tübül içerisine yerleştirilmesi klinik koşulları tam olarak taklit etmemesine rağmen, tekrar edilebilirliği güç olan, hatta bazen yorumlanması bile zor olan karmaşık modellerde elde edilen sonuçlara çok yakın sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (31). Ayrıca bu yöntem; basit, sonuçların çoğaltılabildiği, zamandan tasarruf sağlayan ve bu nedenle de farklı materyaller arasında *in vitro* karşılaştırmaların kolaylıkla gerçekleştirilebilmesine olanak sağlayan bir yöntemdir (31). Bu yüzden çalışmamızda, test materyalleri bir ucu kapalı polietilen tübüllerin içerisine yerleştirilip, içerisinde distile su bulunan ağzı kapalı cam kaplara konulduktan sonra örneklerin kendilerinden ziyade ortamın pH'sının ölçülmesi tercih edildi.

Yapılan çalışmalarda pH düzeyinin belirlenmesinde farklı metotlar kullanılmaktadır. pH kağıtları ve indikatörler bir rehber olarak kullanılmasına karşın doğrulukları sınırlıdır ve yorumlanmaları da subjektiftir (35). Bununla birlikte Larsen ve Horsted-Bindslev (36) tarafından güvenilirliği kanıtlanan pH metre ile objektif sayısal değerler elde edilmektedir (35). Bu nedenle araştırmamızda kök ucu dolgu materyallerinin pH değerlerinin belirlenmesinde, birçok çalışmada olduğu gibi (20,21,27,31,35,36) pH metre kullanıldı ve güvenilir değerler elde etmek için her ölçümden önce pH elektrodu kalibre edildi.

Çalışmamızda, diğer çalışmalarla uyumlu olarak (18,20,37), materyallerin pH düzeyinin ilk 24 saatte en yüksek değere ulaştığı ve tüm ölçüm zamanlarında alkali pH'ya sahip olduğu tespit edildi. En yüksek pH değerinin 24. saatte gözlenmesi, materyallerin sertleşme süresinin uzun olması ile açıklanabilir.

Bu çalışmada MTA'nın ortalama pH değerinin diğer çalışmalarda rapor edilenlerden daha düşük olduğu gözlemlendi (17,28,38). Bunun, materyallerin pH'sının değerlendirilmesinde kullanılan yöntemin farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Araştırmacılar (17,28,38) mikroelettrot kullanarak direkt olarak materyalin pH'sını ölçmelerine karşın, biz bu çalışmada materyallerin kendilerinin değil yerleştirildiği sıvı ortamın pH'sını ölçtük. Uyguladığımız bu yöntem sadece materyallerin sertleşme zamanı boyunca pH'yı değerlendirmeyi sağlamaz aynı zamanda materyallerin kendi pH'larından ziyade materyallerin neden olduğu alkalinizasyonu da göstermektedir (20). Bizimle aynı yöntemi kullanan Duarte ve ark. (27), MTA-Angelus'ın pH'sını ProRoot MTA ile karşılaştırdıkları çalışma sonucunda, 3. saatte bizden daha yüksek pH değerleri (3 saat sonra ProRoot MTA için 9,32 ve MTA-Angelus için ise 9,52) tespit ederken, 24. ve 72. saatlerde çalışmamıza benzer pH değeri tespit etmişlerdir. Duarte ve ark. (27)'nin 3. saatte daha yüksek pH değerleri saptamaları, bizden farklı olarak 1. ve 2. saatlerde ara ölçüm yapmamaları ve dolayısıyla 3. saatte kümülatif pH değerini bildirmelerine bağlanabilir.

Kök ucu dolgu materyalleri karşılaştırıldığına ise diğer çalışmalarla uyumlu olarak (20,27), MTA-Angelus'ın 72. saatte hem MTA hem de BioAggregate'ten daha yüksek pH değerine sahip olduğu bulundu. MTA-Angelus'ın daha yüksek pH değerine sahip olmasının nedeni olarak, MTA-Angelus'ın yapısında diğer materyallere göre Portland siman (%80 Portland siman) veya diğer kalsiyum salan ürünlerin daha fazla oranda bulunmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Sonuç olarak, MTA'nın yeni modifiye versiyonu olan BioAggregate'in pH'sının MTA ve MTA-Angelus ile benzer olduğu gözlemlendi. Bununla birlikte, BioAggregate'in MTA esaslı diğer materyallere alternatif olarak önerilmeden önce, sertleşme zamanı, çözünürlüğü, biyouyumluluğu, antimikrobiyal etkisi ve sert doku oluşumunu indüklemeye yeteneği gibi önemli diğer özelliklerinin değerlendirildiği gelecek çalışmalara gereksinim vardır.

#### KAYNAKLAR

- Harrison JW. Surgical management of endodontically treated teeth. *Curr Opin Dent* 1992; 2: 115-21.
- Danin J, Strömberg T, Forsgren H, Linder LE, Ramsköld LO. Clinical management of nonhealing periradicular pathosis. Surgery versus endodontic retreatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 82: 213-7.
- Briggs PF, Scott BJ. Evidence-based dentistry: endodontic failure--how should it be managed? *Br Dent J* 1997; 183: 159-64.
- el-Swiah JM, Walker RT. Reasons for apicectomies. A retrospective study. *Endod Dent Traumatol* 1996; 12: 185-91.
- Wada M, Takase T, Nakanuma K, Arisue K, Nagahama F, Yamazaki M. Clinical study of refractory apical periodontitis treated by apicectomy. Part 1. Root canal morphology of resected apex. *Int Endod J* 1998; 31: 53-6.
- Danin J, Linder LE, Lundqvist G, Ohlsson L, Ramsköld LO, Strömberg T. Outcomes of periradicular surgery in cases with apical pathosis and untreated canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 87: 227-32.
- von Arx T, Walker WA 3rd. Microsurgical instruments for root-end cavity preparation following apicoectomy: a literature review. *Endod Dent Traumatol* 2000; 16: 47-62.
- Maddalone M, Gagliani M. Periapical endodontic surgery: a 3-year follow-up study. *Int Endod J* 2003; 36: 193-8.
- Gutmann JL, Harrison JW. *Surgical endodontics*. 1st ed. Boston, MA, USA: Blackwell Scientific Publications; 1991.
- Çalışkan K. Endodontide tanı ve tedaviler. Kaçınıcı baskı. İstanbul, Türkiye: Nobel Tıp Kitabevleri; 2006.
- Tobón-Aroyave SI, Restrepo-Pérez MM, Arismendi-Echavarría JA, Velásquez-Restrepo Z, Marín-Botero ML, García-Dorado EC. Ex vivo microscopic assessment of factors affecting the quality of apical seal created by root-end fillings. *Int Endod J* 2007; 40: 590-602.
- Gartner AH, Doran SO. Advances in endodontic surgery. *Dent Clin North Am* 1992; 36: 357-79.
- McDonald NJ, Torabinejad M. Endodontic surgery. In: Walton RE, Torabinejad M. *Principles and practice of endodontics*, vol 3rd ed. Philadelphia, Pennsylvania: W.B. Saunders Co, 2002; p.424-4.
- Torabinejad M, Pitt Ford TR. Root end filling materials: a review. *Endod Dent Traumatol* 1996; 12: 161-78.
- Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller DA, Kariyawasam SP. Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *J Endod* 1997; 23: 225-8.
- Kim S, Pecora G, Rubinstein RA. Retrofilling materials and techniques. Color atlas of microsurgery in endodontics. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders; 2000.
- Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995; 21: 349-53.

18. Santos AD, Moraes JC, Araújo EB, Yukimitu K, Valério Filho WV. Physico-chemical properties of MTA and a novel experimental cement. *Int Endod J* 2005; 38: 443-7.
19. Srinivasan V, Waterhouse P, Whitworth J. Mineral trioxide aggregate in paediatric dentistry. *Int J Paediatr Dent* 2009; 19: 34-47.
20. de Vasconcelos BC, Bernardes RA, Cruz SM, et al. Evaluation of pH and calcium ion release of new root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 108: 135-9.
21. Vivan RR, Zapata RO, Zeferino MA, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, Hungaro Duarte MA, Tanomaru Filho M, Gomes de Moraes I. Evaluation of the physical and chemical properties of two commercial and three experimental root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 110: 250-6.
22. Dohaithem A, Al-Nasser A, Al-Badah A, Al-Nazhan S, Al-Maflehi N. An in vitro evaluation of antifungal activity of bioaggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; 112: 27-30.
23. [http://www.endo.bg/images/DiaRoot\\_Booklet.pdf](http://www.endo.bg/images/DiaRoot_Booklet.pdf)
24. Park JW, Hong SH, Kim JH, Lee SJ, Shin SJ. X-Ray diffraction analysis of white ProRoot MTA and Diadent BioAggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109: 155-8.
25. Hosoya N, Takahashi G, Arai T, Nakamura J. Calcium concentration and pH of the periapical environment after applying calcium hydroxide into root canals in vitro. *J Endod* 2001; 27: 343-6.
26. Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod* 1981; 7: 17-21.
27. Duarte MA, Demarchi AC, Yamashita JC, Kuga MC, Fraga Sde C. pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 95: 345-7.
28. Chng HK, Islam I, Yap AU, Tong YW, Koh ET. Properties of a new root-end filling material. *J Endod* 2005; 31: 665-8.
29. Duarte MA, Demarchi AC, Giaxa MH, Kuga MC, Fraga SC, de Souza LC. Evaluation of pH and calcium ion release of three root canal sealers. *J Endod* 2000; 26: 389-90.
30. Duarte MA, de O Demarchi AC, de Moraes IG. Determination of pH and calcium ion release provided by pure and calcium hydroxide-containing AHPlus. *Int Endod J* 2004; 37: 42-5.
31. Eldeniz AU, Erdemir A, Kurtoglu F, Esener T. Evaluation of pH and calcium ion release of Acroseal sealer in comparison with Apexit and Sealapex sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 103: e86-91.
32. Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod* 1981; 7: 17-21.
33. Simon ST, Bhat KS, Francis R. Effect of four vehicles on the pH of calcium hydroxide and the release of calcium ion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; 80: 459-64.
34. Ardesna SM, Qualtrough AJ, Worthington HV. An in vitro comparison of pH changes in root dentine following canal dressing with calcium hydroxide points and a conventional calcium hydroxide paste. *Int Endod J* 2002; 35: 239-44.
35. Teixeira FB, Levin LG, Trope M. Investigation of pH at different dentinal sites after placement of calcium hydroxide dressing by two methods. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 99: 511-6.
36. Larsen MJ, Horsted-Bindslev P. A laboratory study evaluating the release of hydroxyl ions from various calcium hydroxide products in narrow canal-like tubes. *Int Endod J* 2000; 33: 238-42.
37. Zhang H, Pappen FG, Haapasalo M. Dentin enhances the antibacterial effect of mineral trioxide aggregate and bioaggregate. *J Endod* 2009; 35: 221-4.

38. Islam I, Chng HK, Yap AU.  
Comparison of the physical and mechanical  
properties of MTA and portland cement. J  
Endod 2006; 32: 193-7.

**Yazışma Adresi:**

Yrd.Doç.Dr. Nuray TÜLOĞLU  
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği  
Fakültesi  
Pedodonti Anabilim Dalı, 26480, Eskişehir, Türkiye  
**Tel:** 0 222 2393750/1332  
**Fax:** 0 222 2391273  
**e-mail:** nuraytuloglu@yahoo.com