

BİYOSERAMİK ESASLI KÖK KANAL PATLARI

BIOCERAMIC BASED ROOT CANAL SEALERS

ÖZ

Giriş: Biyoseramik esaslı kök kanal patları endodonti alanında yeni olmakla birlikte, pek çok avantajlara sahiptir. Bu derlemede fiziksel özellikler, biyoyumluluk, sızdırmazlık, adezyon, çözünürlük ve antibakteriyel etkinlik dahil olmak üzere biyoseramik esaslı kanal patlarının farklı özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Biyoyumlu olmaları ve iyileştirici özellikleri sebebiyle biyoseramik esaslı kanal patlarının kullanımı yaygınlaşmıştır.

Sonuç: Ancak literatürde biyoseramik esaslı kök kanal patlarının klinik kullanımına dair az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyoseramikler, Kök Kanal Dolumu, Biyoseramik Kanal Patları.

ABSTRACT

Objective: Although bioceramic-based sealers are new to the field of endodontics, they have many advantages. In this review, information is given about the different properties of bioceramic based canal sealers, including physical properties, biocompatibility, impermeability, adhesion, solubility and antibacterial activity. Bioceramic based root canal sealers have become widespread due to their biocompatibility and healing properties.

Conclusion: However, there are few studies on the clinical use of bioceramic root canal sealers in the literature.

Key Words: Bioceramics, Root Canal Filling, Bioceramic Sealers.

Sümeyye KOYUNCU¹
ORCID: 0000-0001-9990-1156

¹Özel Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği,
Karaman, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 15.10.2022
Kabul tarihi / Accepted: 30.11.2022

İletişim Adresi /Corresponding Adress:
Sümeyye KOYUNCU
Özel Ağız Diş Sağlığı Polikliniği,
Karaman, Türkiye
E-posta/e-mail:sumalbayrak@hotmail.com

Kök kanal patlarının ana işlevleri;

- Boşlukları, aksesuar kanalları ve çoklu foramenleri tıkamak
- Kor materyali ile kök kanal duvarı arasında bir bağ oluşturmak
- Kor materyalinin yerleştirilmesini kolaylaştırmak için kayganlaştırıcı görevi görmek
- Kalan bakterilere yaşama alanı bırakmamaktır (1).

Kök kanal patları biyolojik olarak önem arz ettiklerinden, kimyasal ve fiziksel özellikleri, yirminci yüzyılın başlarından bu yana büyük ilgi görmüştür (2). Kök kanal patları ana kimyasal bileşenlerine göre sınıflandırılır: çinko oksit öjenol, kalsiyum hidroksit, cam iyonomer, silikon, rezin ve biyoseramik esaslı kanal patları. Kök kanal patları, çinko oksit öjenol (3), kalsiyum hidroksit (4), cam iyonomer (5) ve rezin bazlı patlar (6) olmak üzere, bileşimlerine dayalı olarak pek çok çalışmada incelenmesine rağmen, biyoseramik esaslı kanal patları hakkında kapsamlı bir inceleme yapılmamıştır.

Biyoseramikler, özellikle tıp ve diş hekimliğinde kullanılmak üzere tasarlanmış seramik malzemelerdir. Biyoseramikler alümina, zirkonya, biyoaktif cam, cam seramikler, hidroksiapatit ve kalsiyum fosfatları içerir (7). Biyoseramik malzemelerin biyoaktif veya biyoinert malzemeler olarak sınıflandırılması, çevredeki canlı doku ile etkileşimlerinin bir fonksiyonudur (8). Cam ve kalsiyum fosfat gibi biyoaktif malzemeler, daha dayanıklı dokuların oluşumunu teşvik etmek için çevre dokular ile etkileşime girer (9). Zirkonya ve alümina gibi biyoinert malzemeler, biyolojik veya fizyolojik etkiye sahip olmadan, çevre dokulardan bağımsızdır (8).

Kök kanal patı olarak biyoseramik materyallerin kullanılması iki büyük avantaj sağlar. İlk olarak, biyoyoumlulukları sayesinde çevre dokular tarafından reddedilmezler (9). İkinci olarak, biyoseramikler diş ve kemik yapısında bulunan hidroksiapatit kristallerinin kimyasal bileşimine benzeyen kalsiyum fosfat içerir. Kalsiyum fosfat, biyoseramiklerin sertleşme özelliklerini artırarak kök dentini ve kanal patı arasındaki bağlantıyı güçlendirir (10). Bununla birlikte, bu malzemelerin en önemli dezavantajı, post boşluğu hazırlanırken ya da kanal tedavisinin yenilenmesi gerektiği durumlarda kanaldan uzaklaştırılmasının zorluğudur.

Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının kök dentinine bağlanma mekanizması kesin olarak bilinmemektedir; bununla birlikte, kalsiyum silikat esaslı kanal patları için aşağıdaki mekanizmalar önerilmiştir;

1-Tübüleri difüzyon; Mekanik kilitli bağlar oluşturmak için dentin tübüllerine pat partiküllerinin difüzyonu (11).

2- Kollajen liflerinin güçlü bir alkalen pat ile denatüre edilerek, patın mineral içeriğinin intertübüler dentine sızmasıyla mineral infiltrasyon bölgesinin oluşması (12, 13).

3- Fosfatın kalsiyum silikat ve kalsiyum hidroksitle kısmi reaksiyonu sonucu, mineral infiltrasyon bölgesi boyunca hidroksiapatit oluşması (14).

Piyasada çeşitli markalara ait biyoseramik esaslı kök kanal patları bulunurken, pek çoğu hala deneyselemdir ve etkinliklerini belirlemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının biyolojik ve fiziksel özellikleri, aşağıdaki listede olduğu gibi Grossman (15) tarafından tanımlanan ideal kök kanal patı özelliklerine dayalı olarak incelenmiştir:

- 1) Sertleştiğinde kanal duvarı ile arasında iyi bir adezyon sağlamak için ilk karıştırıldığında akışkan olmalıdır.
- 2) Hermetik kapama sağlamalıdır.
- 3) Radyografta görülebilmesi için radyopak olmalıdır.
- 4) Toz parçacıkları, sıvı ile kolayca karışabilmeleri için çok ince olmalıdır.
- 5) Sertleşirken büzülmemelidir.
- 6) Diş yapısının rengini bozmamalıdır.
- 7) Bakteriyostatik olmalı veya en azından bakteri üremesini teşvik etmemelidir.
- 8) Çok hızlı sertleşmemeli, çalışma süresi uzun olmalıdır.
- 9) Doku sıvılarında çözünmemelidir.
- 10) Periapikal doku tarafından iyi tolere edilmelidir.
- 11) Kök kanal dolgusunun çıkarılması gerekiyorsa, bilinen çözücülerle kolayca çözülmelidir.

Biyoseramik Esaslı Kök Kanal Patların Sınıflandırılması

1. Kalsiyum-silikat içerenler

- a) iRoot SP
- b) EndoSequence BC Sealer

2. Mineral Trioksit Agregat (MTA) içerenler

- ProRoot EndoSealer
- MTA Angelus
- Endo CPM Sealer
- MTA-Fillapex

3. Kalsiyum fosfat içerenler

- Sankin Apatite kök kanal patı
- Capseal

İdeal Kök Kanal Patının Özellikleri

Biyouyumluluk

Kök kanal patı, kökün apikal ve lateral foramenleri ile direk veya yüzey restorasyonu üzerinden indirek olarak vital dokularla temas ettiğinden, kök kanal patının biyouyumlu olması temel bir gerekliliktir (2). Biyouyumluluk, bir materyalin uygulandığı bölgede, avantajlı bir konak yanıtı elde etme yeteneği olarak tanımlanır (16). Başka bir deyişle, doku ile temas eden materyal, toksisite, tahriş, iltihaplanma, alerji gibi olumsuz bir reaksiyonu tetiklemiyorsa o materyalin biyouyumlu olduğu söylenir (17). Çoğu çalışma, materyalin hücre sağ kalımı üzerindeki etkisine atıfta bulunarak, sitotoksisite üzerinden biyouyumluluğu değerlendirir (18). Biyoseramik esaslı kanal dolgu patlarının sitotoksisitesi, fare ve insan osteoblast hücreleri (19, 20) ve insan periodontal bağ hücreleri (21) kullanılarak in vitro olarak değerlendirilmiştir. Çoğu biyoseramik esaslı kök kanal patının biyouyumlu olduğu bulunmuştur. Bu biyouyumluluk patın içeriğinde bulunan kalsiyum fosfat varlığından kaynaklanır. Kalsiyum fosfat aynı zamanda sert dokuların (dişler ve kemik) ana inorganik bileşenidir. Sonuç olarak, literatür, birçok biyoseramik patın kök kanal dolgusu veya kök perforasyonlarının onarımı sırasında apikal foramenden ekstrüze edildiğinde kemik rejenerasyonunu teşvik etme potansiyeline sahip olduğunu belirtmektedir (21,22).

Sertleşme Zamanı

İdeal kök kanal patı, yeterli çalışma süresine izin vermelidir. Bununla birlikte, sertleşme süresinin yavaş olması doku tahrişine neden olabilir ve çoğu kanal patı tamamen sertleşene kadar az da olsa toksisite üretir. EndoSequence BC Sealer veya iRoot SP üreticilerine göre, sertleşme reaksiyonu dentin tübüllerindeki nem varlığı ile katalize edilir. Normal sertleşme süresi dört saat iken özellikle kanalları kuru olan hastalarda bu süre oldukça uzun olabilir (23). Dentin tübüllerinde bulunan nem miktarı, kağıt kon

kullanımından (24), smear tabakadan veya tübüler sklerozdan (25) etkilenebilir. Loushine ve ark. (19), EndoSequence BC Sealer'ın farklı nem koşulları altında tamamen sertleşmesi için en az 168 saat gerektiğini bildirirken, Zhou ve ark. (26) ise 2,7 saatlik bir süre bildirmiştir. EndoSequence BC Sealer'ın sertleşme reaksiyonu iki fazlı bir reaksiyondur. Faz I'de, monobazik kalsiyum fosfat, su ve hidroksiapatit üretmek için nem varlığında kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girer. Faz II'de, dentin neminden elde edilen su ve ayrıca faz I reaksiyonu tarafından üretilen su, kalsiyum silikat hidrat fazını tetiklemek için kalsiyum silikat partiküllerinin hidrasyonuna katkıda bulunur (19).

MTA-Fillapex üreticisi, ürünlerinin en az iki saat içinde sertleşeceğini ve bu sertleşme süresinin en az iki çalışmada doğrulandığını iddia etmektedir (26, 27). Bununla birlikte, MTA-Fillapex için daha kısa sertleşme süreleri (66 dakika) bildirilmiştir (28). MTA malzemesinin sertleşme reaksiyonu karmaşıktır ve literatürde açıklanmamıştır.

Akıcılık

Kanal patının akışkanlığı, isthmus, aksesuar kanallargibi erişilmesi zor alanların doldurulabilmesi için önemli bir özelliktir (29). ISO 6786/2001'e göre, bir kök kanal patının akış hızı, 20 mm'den az olmamalıdır (30). Kanal patının akış hızını etkileyen faktörler arasında partikül boyutu, sıcaklık, karıştırılma hızı ve karıştırmadan itibaren geçen süre yer alır (4). Reometre yöntemi ile EndoSequence BC Sealer için akış hızı 23.1 mm ve 26.96 mm, MTA-Fillapex için akış hızı 22 mm, 24,9 mm ve 29,04 mm olarak çeşitli şekillerde rapor edilmiştir (26, 27, 28).

Sökülebilirlik

Kök dolum materyalleri, periapikal inflamasyonun veya postoperatif ağrının devam etmesinden sorumlu nekrotik doku veya bakterilerin izolasyonu için mekanik bir bariyer sağlar (31, 32). Wilcox ve ark. (33)retreatment sonrası kalan artıkların çoğunun pat olduğunu gözlemlerler. Bu nedenle, patın tamamen çıkarılabilmesi, sağlıklı periapikal dokular elde etmek için gereklidir. EndoSequence BC Sealer'ın ısı, kloroform, döner aletler ve el eğeleri gibi geleneksel yöntemler kullanılarak kök kanalından çıkarılması zordur. Buna karşılık, Sankin Apatit kök kanal patının, çözücü kullanılarak veya kullanılmadan kolayca çıkarılabildiği söylenmiştir (34).

Çözünürlük

Çözünürlük, bir materyalin sıvı içerisinde moleküllerine ayrışırken oluşan kütle kaybıdır. ANSI/ADA Spesifikasyonu 57'ye göre, kök kanal

patının çözünürlüğü kütlece %3'ü geçmemelidir (35). Çözünürlüğü yüksek olan kök kanal patları, kor materyal ile dentin arasında boşluklar oluşturarak ağız boşluğundan ve periapikal dokulardan sızıntıya sebep olur. Bu durum kanal tedavisinin başarısız sonuçlanmasına neden olmaktadır(2). Biyoseramik esaslı kanal patlarının kök kanalında boyutsal olarak stabil kaldığı, taşırıldığında ise çözüldüğü gösterilmiştir (36). Başka bir çalışmada bu patların rezin ve silikon esaslı patlardan daha fazla çözünür olduğu belirtilmiştir (26).

Diş Yapısının Renklenmesi

Kanal dolgu patları dişte renk değişikliğine sebep olmamalıdır. Pulpa odasından uzaklaştırılamayan pat artıklarının kromojenik etkileri arttığından dişin renk değiştirmesine sebep olurlar. Bu yüzden kanal patı veya dolum materyallerinin artıkları pulpa odasından tam olarak temizlenmelidir. MTA-Fillapex'in klinik olarak algılanamayacak ölçüde az kuron renk değişikliğine neden olduğu bulunmuştur (37).

Radyoopasite

Kök kanal patları komşu anatomik yapılardan ayırt edilebilmesi için yeterince radyopak olmalıdır (38). Bu, kök kanal dolumunun kalitesinin radyografik değerlendirilmesine olanak sağlar. ISO 6876/2001'e göre, bir kök kanal patı için minimum radyoopasite 3,00 mm alüminyum standardına dayanmaktadır. Biyoseramik esaslı patların radyoopasitesinin 3.83 mm olduğunu bildirilmiştir (29). Yapılarında bulunan bizmut trioksit ve baryum sülfat radyopak görünümün kaynağıdır.

Antimikrobiyal Özellikler.

Kök kanal tedavisi sırasında ortadan kaldırılamayan veya daha sonra mikrosızıntı yoluyla kanala sızan bakteriler ve intraradiküler enfeksiyonlar üzerinde antibakteriyel etkinliği olan kanal patları, endodontik tedavilerin başarı oranını artırır (39, 40). Literatüre göre, biyoseramik esaslı kök kanal patlarının temel antimikrobiyal özellikleri alkali olmalarında ve kalsiyum iyonlarının salınımında yatmaktadır (4). Bu sayede mineralize doku birikimi ile onarım sağlanır (41).

Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının antibakteriyel aktivitesini değerlendirmek için yaygın olarak iki yöntem kullanılır: agar difüzyon testi (42, 43) ve doğrudan temas testi (14, 43). Biyoseramik esaslı kanal patlarının *E. faecalis*'e karşı antibakteriyel etkinliklerinin olduğu ve sitotoksitesinin minimum düzeyde olduğu da bildirilmiştir (29).

Adezyon

Kök kanal patının adezyonu, kök dentini ve kor materyali arasındaki bağlanma kapasitesi olarak tanımlanır (44). Kök kanal patının dentine adezyonunu ölçmek için kullanılan standart bir yöntem yoktur. Yaygın olarak mikrosızıntı ve bağlanma dayanımı testleri kullanılmaktadır (45). Bir kök kanal patının sızdırmazlığı, ilk olarak çözünürlük seviyesine, ikinci olarak dentine ve kor materyaline bağlantısına bağlıdır (4). Biyoseramik esaslı kanal patlarının adezyonunun tatmin edici olduğu ve diğer kanal patlarıyla karşılaştırılabilir olduğu bulunmuştur.

Kanal patlarının sızdırmazlığı ve bağlanma dayanımı arasında bir ilişki tespit edilmemesine rağmen (46), kanal patının hem kor materyaline hem de dentin duvarına bağlanarak sızdırmazlığı artıran ve kanal tedavili dişlerin kırılmaya karşı direncini artıran "monoblok" kavramının geliştirilmesi nedeniyle bağlanma dayanımı testi büyük ilgi görmüştür (47). Biyoseramik esaslı patlar, dentin ve kor materyali arasında bağ oluşturma yeteneğine sahiptir (9).

SONUÇ

Biyoseramik esaslı kök kanal patları ile tamamlanan endodontik tedaviler umut vericidir. Ancak yapılan çalışmaların sonuçlarındaki farklılıklar, bu patlardan istenen tüm gereksinimleri karşılayamadığını ortaya koymaktadır. Biyoseramik esaslı kanal patlarının kullanımıyla ilişkili klinik sonuçları netleştirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Kaur A, Shah N, Logani A, Mishra N. Biototoxicity of commonly used root canal sealers: a meta-analysis. *J. Conserv. Dent.* 2015; 18(2): 83–88.
2. Orstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics.* 2005; 12(1): 25–38.
3. Markowitz K, Moynihan M, Liu M, Kim S. Biologic properties of eugenol and zinc oxide-eugenol. A clinically oriented review. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* 1992; 73(6): 729–737.
4. Desai S, Chandler N. Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review. *J Endod.* 2009; 35(4): 475–480.
5. Buck RA. Glass ionomer endodontic sealers-a literature review. *Eur J Gen Dent.* 2002; 50(4): 365–368.
6. Kim YK, Grandini S, Ames JM et al. Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod.* 2010; 36(3): 383–399.

7. Hench LL. Bioceramics: from concept to clinic. *J. Am. Ceram. Soc.* 1991; 74(7): 1487–1510.
8. Best SM, Porter AE, Thian ES, Huang J. Bioceramics: past, present and for the future. *J. Eur. Ceram. Soc.* 2008; 28(7): 1319–1327.
9. Koch K, Brave DA. New day has dawned: the increased use of bioceramics in endodontics. *Dentaltown.* 2009; 10: 39–43.
10. Ginebra MP, Fernandez E, De Maeyer EAP, et al. Setting reaction and hardening of an apatitic calcium phosphate cement. *J. Dent. Res.* 1997; 76(4): 905–912.
11. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 107(6): 79–82.
12. Han L, Okiji T. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *Int Endod J.* 2011; 44(12): 1081–1087.
13. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *J. Dent. Res.* 2012; 91(5): 454–459.
14. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2009; 35(7): 1051–1055.
15. Grossman L. "Obturation of root canal," in *Endodontic Practice*, L. Grossman, Ed., p. 297, Lea and Febiger, Philadelphia, Pa, USA, 10th edition, 1982.
16. Williams DF. Definitions in Biomaterials: Proceedings of a Consensus Conference of the European Society for Biomaterials, Chester, England, March 3–5, 1986, vol. 4 of *Progress in Biomedical Engineering*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1987.
17. Sun ZL, Wataha JC, Hanks CT. Effects of metal ions on osteoblast-like cell metabolism and differentiation. *J. Biomed. Mater. Res.* 1997; 34(1): 29–37.
18. Schmalz G. Use of cell cultures for toxicity testing of dental materials—advantages and limitations. *J Dent.* 1994; 22(2):6-11.
19. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Endod.* 2011; 37(5): 673– 677.
20. Salles LP, Gomes-Cornelio AL, Guimarães FC, et al. Mineral trioxide aggregate-based endodontic sealer stimulates hydroxyapatite nucleation in human osteoblast-like cell culture. *J Endod.* 2012; 38(7): 971–976.
21. Bae WJ, Chang SW, Lee SI, Kum KY, Bae KS, Kim EC. Human periodontal ligament cell response to a newly developed calcium phosphate-based root canal sealer. *J Endod.* 2010; 36(10): 1658–1663.
22. Bryan TE, Khechen K, Brackett MG, et al. In vitro osteogenic potential of an experimental calcium silicate-based root canal sealer. *J Endod.* 2010; 36(7):1163– 1169.
23. Yang Q, Lu D. Premixed biological hydraulic cement paste composition and using the same. *Google Patents*, 2013.
24. Hosoya N, Nomura M, Yoshikubo A, Arai T, Nakamura J, and Cox CF. Effect of canal drying methods on the apical seal. *J Endod.* 2000; 26(5): 292–294.
25. Paque F, Luder HU, Sener B, and Zehnder M. Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *Int Endod J.* 2006; 39(1): 18–25.
26. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod.* 2013; 39(10): 1281–1286.
27. Vitti RP, Prati C, Silva EJNL, et al. Physical properties of MTA fillapex sealer. *J Endod.* 2013; 39(7): 915–918.
28. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J.* 2014; 47(5): 437– 448.
29. Candeiro GTDM, Correia FC, Duarte MAH, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod.* 2012; 38(6): 842–845.
30. International Organization for Standardization, "Dental root canal sealing materials," ISO 6876, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2001.

- 31.** Wilcox LR. Endodontic retreatment: ultrasonics and chloroform as the final step in reinstrumentation. *J Endod.* 1989; 15(3): 125–128.
- 32.** Schirrmeister JF, Wrbas KT, Meyer KM, Altenburger MJ, Hellwig E. Efficacy of different rotary instruments for gutta-percha removal in root canal retreatment. *J Endod.* 2006; 32(5): 469–472.
- 33.** Wilcox LR, Krell KV, Madison S, Rittman B. Endodontic retreatment: evaluation of gutta-percha and sealer removal and canal reinstrumentation. *J Endod.* 1987; 13(9): 453–457.
- 34.** Erdemir A, Adanir N, Belli S. In vitro evaluation of the dissolving effect of solvents on root canal sealers. *J Oral Sci.* 2003; 45(3): 123–126.
- 35.** ANSI/ADA, Specification No 57 Endodontic Sealing Material, ADA Publishing, Chicago, Ill, USA, 2000.
- 36.** Shinbori N, Grama AM, Patel Y, Woodmansey K, He J. Clinical outcome of endodontic microsurgery that uses EndoSequence BC root repair material as the root-end filling material. *J Endod.* 2015; 41: 607-612.
- 37.** Ioannidis K, Mistakidis I, Beltes P, Karagiannis V. Spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by MTA- and ZnOE-based sealers. *J. Appl. Oral Sci.* 2013; 21(2): 138–144.
- 38.** Imai Y, Komabayashi T. Properties of a new injectable type of root canal filling resin with adhesiveness to dentin. *J Endod.* 2003; 29(1): 20–23.
- 39.** G. S. P. Cheung. Endodontic failures—changing the approach. *Int Dent J.* 1996; 46(3): 131–138.
- 40.** Sjogren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 1997; 30(5): 297–306.
- 41.** Okabe T, Sakamoto M, Takeuchi H, Matsushima K. Effects of pH on mineralization ability of human dental pulp cells. *J Endod.* 2006; 32(3): 198–201.
- 42.** Tanomaru-Filho M, Tanomaru JMG, Barros DB, Watanabe E, Ito IY. In vitro antimicrobial activity of endodontic sealers, MTA-based cements and Portland cement. *J Oral Sci.* 2007; 49(1): 41–45.
- 43.** Morgental RD, Vier-Pelisser FV, Oliveira SD, Antunes FC, Cogo DM, Kopper PMP. Antibacterial activity of two MTA-based root canal sealers. *Int Endod J.* 2011; 44(12): 1128–1133.
- 44.** Sousa-Neto MD, Silva Coelho FI, Marchesan MA, Alfredo E, Silva-Sousa YTC. Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er: YAG and Nd: YAG lasers. *Int Endod J.* 2005; 38(12): 866–870.
- 45.** Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system—the promise and the problems: a review. *J Endod.* 2006; 32(12): 1125–1134.
- 46.** Wennberg A, Orstavik D. Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *Int Endod J.* 1990; 23(1): 13–19.
- 47.** Teixeira FB, Teixeira ECN, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *J Am Dent Assoc.* 2004; 135(5): 646–652.