MTA-Fillapex'in Radyoopasitesinin Gri MTA ile Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi

Comparative Evaluation of Radiopacity Between MTA Fillapex and Grey MTA

Yrd.Doç.Dr. Merve AKÇAY,[a]
Yrd.Doç.Dr. Volkan ARIKAN,[b]
Yrd.Doç.Dr. Levent DEMİRİZ,[c]
Dt. Burcu N. ÇELİK,[d]
Prof.Dr. Şaziye SARI[d]

[a]Çocuk Diş Hekimliği AD,
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, İzmir
[b]Çocuk Diş Hekimliği AD,
Kırıkkale Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Kırıkkale
[c]Çocuk Diş Hekimliği AD,
Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Zonguldak
[d]Çocuk Diş Hekimliği AD,
Ankara Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Ankara

Yazışma Adresi/*Correspondence:*
Yrd.Doç.Dr. Merve AKÇAY
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Çocuk Diş Hekimliği AD,
İzmir, TÜRKİYE
mrv_orhan@hotmail.com

ÖZET Amaç: Bu çalışmada MTA-Fillapex'in radyoopasitesinin dijital görüntüleme tekniği kullanılarak, Gri MTA ile karşılaştırmalı değerlendirilmesi amaçlandı. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışmada Gri MTA Angelus'un ve MTA-Fillapex'in (Angelus, Londrina, Brezilya) opazitesi değerlendirildi. Örneklerin yerleştirilmesi için 1 mm derinliğinde ve 5 mm çapında 5 akrilik levha hazırlandı. Akrilik levhalar üzerinde ayrıca alüminyumdan yapılmış penetremetre yerleştirilerek opasite yoğunluğu hesaplandı. Radyografik değerlendirme, direkt dijital görüntüleme tekniği ile yapıldı. Tüm radyograflar sıkıştırma algoritması olmaksızın TIFF formatında kaydedildi. Daha sonra kaydedilen görüntüler üzerinde densite değerleri mm alüminyum (mmAl) eşdeğerinde belirlendi. Bu süreç her bir örnek için üç kez tekrarlandı ve ortalamaları hesaplandı. İstatistiksel değerlendirmeler Mann Whitney U testi ile yapıldı. **Bulgular:** MTA Angelus'un radyoopasite değerinin 6,48 mm Al, MTA Fillapex'in ise 1,8 mm Al olduğu belirlendi ve iki materyal arasında hesaplanan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlendi ($p<0,05$). **Sonuç:** MTA Fillapex'in, ISO'nun önerdiği minimum değerin çok altında bir radyoopasite değerine sahip olduğu belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Radyografi, dental, dijital; MTA Angelus; MTA Fillapex; radyoopasite

ABSTRACT Objective: The aim of this study was the comparative evaluation of the radiopacity between MTA-Fillapex and grey MTA using a digital imaging system. **Material and Methods:** The radiopacities of Grey MTA Angelus and MTA Fillapex were evaluated. The specimens were placed in circular spaces with 1mm depth and 5 mm diameters in preprepared rectangular five acrylic plates. An aluminum stepwedge was also placed on acrylic plates in order to calculate the opacities of the materials. Radiographical evaluation was made using a digital imaging system. All images were saved in TIFF formats without a compression algorithm and density measures were calculated as mm-Al equivalent. This procedure was carried out three times and mean values were calculated. Mann Whitney U test was used for statistical analysis. **Results:** The opacity value was 6.48 mm AL for MTA Angelus and 1.8 mm AL for MTA Fillapex. The difference between two materials was statistically significant ($p<0.05$). **Conclusion:** It was concluded that MTA Fillapex has low radiopacity value which is far below the minimum value ISO suggests.

Key Words: Radiography, dental, digital; MTA Angelus; MTA Fillapex; radiopacity

Turkiye Klinikleri J Dental Sci-Special Topics 2012;3(1):45-9

Radyopasite, dişhekimliğinde kullanılan birçok malzemede olduğu gibi endodontik patlarda da arzu edilen bir özellik olarak kabul edilmektedir. Kanal dolgu maddesiyle çevresindeki anatomik yapılar arasında net bir ayırım yapabilmek ve kanal dolgusunun kalitesini değerlendirebilmek amacıyla kök kanal

Copyright © 2012 by Türkiye Klinikleri

dolgu maddesinin yeterli seviyede radyoopasiteye sahip olması gerekmektedir.[1-3] ISO (International Organization for Standardization), kök kanal dolgu maddesinin 3 mm alüminyum eşdeğerinden daha az olmaması gerektiğini bildirmiştir.[4] Bu radyoopasite gereksinimi, gütaperka konlarda fazlasıyla sağlanmasına rağmen, bazı materyaller bu gereksinimi karşılayamamaktadır.[2,5]

Higginbotham kanal dolgusu için kullanılan farklı endodontik patların ve konların radyoopasitesini inceleyen ilk araştırmacıdır.[6] Eliasson ve Haasken ise ilk defa alüminyum basamaklı bir materyal yardımıyla radyoopasite ölçümlerini standart bir yöntemle değerlendirmiştir.[7] Bu yöntem alüminyumdan (Al) yapılmış penetremetre ismi verilen basamaklı bir test objesi ile birlikte elde edilen görüntüler üzerinde opasite yoğunluğunun seçilen metal kalınlığı eşdeğerinde ve milimetre cinsinde hesaplanması esasına dayanmaktadır.[8]

Geleneksel periapikal radyografi, dolgusu tamamlanan kök kanallarının kalitesinin değerlendirilmesi için en çok tercih edilen yöntemdir. Fakat dijital görüntüleme tekniği endodontik uygulamalarda birçok avantaja sahiptir. Bu tekniğin en büyük avantajlarından biri bilgisayar ortamında görüntülerin işlenebilmesi ve analiz edilebilmesidir.[9] Bu nedenle son dönemde yapılan çalışmalarda dijital görüntüleme tekniği kullanılmıştır.[10-16]

İlk olarak 1993 yılında Torabinejad ve ark. tarafından tanıtılan mineral trioksit agregat (MTA), 1998 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmasının ardından hem deneysel hem de klinik olarak geniş çaplı kullanım alanına sahip olmuştur.[17,18] Kullanıma sunulduğundan beri endodontinin birçok alanında başarıyla kullanılan MTA, ilk olarak kök ucu dolgu materyali olarak ve kök perforasyonu tamiri amacıyla kullanılmış ve oldukça başarılı sonuçlar sergilemiştir.[17,19] Materyalin nem varlığında da sertleşebilme özelliği, apeksifikasyon gibi kanama ve eksuda nedeniyle tamamen kuru bir ortam elde edilmesinin imkansız olduğu yerlerde kullanımını oldukça avantajlı hale getirmektedir.[20] Bu nedenle MTA ve MTA içerikli materyaller tüm diş hekimliğinde olduğu gibi çocuk diş hekimliğinde de apeksifikasyon gibi zorlu tedavilere alternatif olarak kullanılabilmektedir.

MTA-Fillapex (Angelus, Londrina, Brezilya) son zamanlarda geliştirilmiş olan MTA içerikli bir kanal dolgu patıdır. Materyalin bileşiminde; salisilat rezin, seyreltilmiş rezin, natürel rezin, bizmut trioksit, nano tanecikli silis ve MTA bulunmaktadır. Bu yeni materyalin radyoopasiteyi de içeren fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Yeni bir materyal olması nedeniyle MTA-Fillapex'in radyoopasitesinin değerlendirildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada MTA-Fillapex'in radyoopasitesinin dijital görüntüleme tekniği kullanılarak, Gri MTA ile karşılaştırmalı değerlendirilmesi amaçlandı.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmada 2 adet materyalin opasitesi değerlendirildi: Gri MTA Angelus ve MTA-Fillapex (Angelus, Londrina, Brezilya). Materyaller üretici firma talimatlarına göre hazırlandı.

Örneklerin hazırlanması için 1 mm derinliğinde ve 5 mm çapında 2 adet dairesel boşluk içeren dikdörtgen şekilli 5 adet akrilik levha hazırlandı. Akrilik levhalar üzerinde ayrıca alüminyum basamaklı penetremetrenin dikey olarak yerleşeceği dikdörtgen şekilli ve 16 mm uzunluğunda bir boşluk da oluşturuldu. Penetremetre, %99,5 saf alüminyumdan yapıldı ve her basamakta 2 mm artış gösteren, 2-16 mm aralığına sahipti. Akrilik levha üzerinde hazırlanan boşluklara yerleştirilen materyaller üzerine şeffaf strip bantlar yerleştirildikten sonra, üst ve alt yüzeylerin düz ve aynı hizada olması için iki cam plaka kullanıldı. Tamamen sertleşene kadar materyaller 37°C'de etüvde saklandı. Sertleşmenin ardından tüm örnekler kullanılıncaya kadar musluk suyunda muhafaza edildi.

Radyografik görüntüler, 70 kV, 7 mA'de, Belmont (Takara Belmont, Somerset, New Jersey, ABD) röntgen cihazı kullanılarak elde edildi. Odaklama mesafesi 30 cm olarak ayarlandı ve ışın dozu fosfor plaklar kullanılması nedeniyle 0,2 s süre ile verildi. Radyografik değerlendirme, fosfor plak sensörlü bir sistem (Digora Soredex, Soredex Medical Systems, Helsinki, Finland) yardımıyla direkt dijital görüntüleme tekniği ile yapıldı. Akrilik plakalar arasındaki olası farklılıkları önlemek için tüm pozlama 3 numaralı aynı fosfor plaka ile yapıldı. Tüm radyograflar digora cihazına ait yazılımla, sıkıştırma algoritması olmaksızın TIFF formatında kaydedildi. Daha sonra kaydedilen görüntüler üzerinde densite değerleri mm alüminyum (mmAl) eşdeğerinde belirlendi. Bu işlemler her bir örnek için üç kez tekrarlandı ve ortalamaları hesaplandı. Ölçümler bir değerlendirici tarafından yapıldı. Gri MTA ve MTA Fillapex materyalleri için hesaplanan Al değerlerinin istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 1'de görülmektedir. İstatistiksel değerlendirmeler Mann Whitney U Testi ile yapıldı ve $p<0,05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

TABLO 1: Gri MTA ve MTA Fillapex materyalleri için hesaplanan Al değerlerinin istatistiksel değerlendirilmesi (Mann Whitney U testi).

	N	Ort.±S.S	Sıra Ort.	Minimum Değer	Maksimum Değer	U	P
Gri MTA	5	6,48±0,361	8,00	5,89	6,81	15,000	0,009*
MTA Fillapex	5	1,80±0,194	3,00	1,57	2,07		

BULGULAR

Gri MTA materyalinin 5 örnek için hesaplanan Al ortalaması 6,48, MTA Fillapex materyalinin hesaplanan Al ortalaması 1,80'dir. Uygulanan Mann Whitney U testi sonucunda, iki materyal arasında hesaplanan Al açısından anlamlı farklılık bulunmaktadır (U:15,000, $p<0,05$). Buna göre Gri MTA materyalinin hesaplanan Al değerleri, MTA Fillapex materyalinin hesaplanan Al değerlerinden anlamlı derecede daha yüksektir (Tablo 1).

TARTIŞMA

Radyoopasite varlığı, kanal patlarında olması gereken temel özelliklerden biridir. Diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerine ek olarak, ideal kök kanal patının radyografi üzerinde açıkça görülebilecek seviyede radyoopasiteye sahip olması gerekmektedir.[14] Kemik ve kök dentinin süperpozisyonları nedeniyle, kullanılan materyalin özellikle kök ucu dolgusu olarak da kullanılacak ise, net olarak ayırt edilebilmesi için radyoopasite değerinin 3 mm alüminyum eşdeğerinden düşük olmaması gerektiği bildirilmiştir.[21] Kök kanal dolgu maddesinin 3 mm alüminyum eşdeğerinden daha az olmaması gerektiği, ayrıca ISO (International Organization for Standardization) ve Amerikan Diş Hekimliği Birliği (ADA) tarafından da bildirilmiştir.[4,22] Bu çalışmada bu standartlar baz alınarak yeni MTA bazlı bir materyalin geleneksel MTA ile radyoopazitesinin karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Radyopasite değerleri, materyalin kalınlığı ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle kanalın apikal kısımlarında guta-perka kalınlığı azalır, bu durumda patın radyoopasitesi genel opasiteyi etkileyen önemli bir faktör haline gelir.[14] Radyoopasite seviyesi düşük seviyede olan bir materyal kullanıldığında apikal bölgede belirgin bir radyografik analiz yapılamayabilir.[23] Bu nedenle, kalınlığı standardize etmek için çalışmamızda tüm materyaller 1 mm kalınlığında dairesel boşluklardan oluşan standart akrilik levhalar içine yerleştirildi. Birçok çalışmada da benzer şekilde 1 mm kalınlığında örnekler hazırlanmıştır.[12-13,24-26]

Farklı kök kanal patlarının radyopasite değerleri ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda dentin ve patlar için verilen alüminyum değer karşılıklarının farklı olması, penetremetrede kullanılan alüminyum alaşımı, ışınlama süresi, kVp, mAs, film-odak mesafesi, kullanılan filmin tipi ve hızı, görüntüleme tekniği gibi birçok faktörden etkilenebilmektedir.[23] Çalışmada standardizasyonu sağlamak için, alüminyum penetremetre kullanılarak standart radyoopasite ölçümlerinin yapılması hedeflenmiş ve tüm örnekler aynı koşullar altında değerlendirilmiştir.[7]

Radyografinin asıl amacının bir görüntü elde etmekten çok teşhiste yardımcı bilgilerin elde edilmesi olduğu göz önünde bulundurulduğunda, görüntünün işlenebilme ve geliştirilebilme özelliği dijital radyografiyi konvansiyonel yöntemlere göre daha avantajlı hale getirmektedir.[27] Huda ve ark. da E-speed filmler ile Digora sistemini görüntü kalitesi açısından karşılaştırdıkları çalışmalarında, Digora sisteminin fosfor plaklarının X ışınına karşı daha hassas olmaları nedeniyle düşük kontrast varlığında daha yüksek başarı elde edildiğini bildirmişlerdir.[28] Ayrıca araştırıcılar çalışmalarında kullandıkları Al penetremetreye ait görüntülerde, X ışını dozu değişse de sistemin görüntü geliştirme teknikleri kullanılarak basamakların gözlenebildiği kaliteli görüntüler elde edilebildiğini bildirmişlerdir. Çalışmadaki bu sonuçlar aslında Digora sisteminin en önemli avantajlarından birisi olan, ışınlama dozundan bağımsız olarak yüksek kalitede görüntü elde edilebilmesi özelliğinin bir yansımasıdır. Sistemin bu özelliği sayesinde ışınlama süreleri değişse de benzer görüntüler elde edilebilir ve konvansiyonel filmlerde yüksek veya düşük doz nedeniyle oluşan bozuk görüntü kalitesi riski elimine edilmiş olur.[28] Bu nedenlerle araştırmamızda radyografik değerlendirmelerde standardizasyonun sağlanabilmesi için Digora Optime fosfor plak sistemi kullanılmıştır.

MTA; kimyasal içeriği, fiziksel ve mekanik özellikleri, ulaştığı yüksek pH değeri, düşük çözünürlük, minimal pulpa iritasyonu, biyouyumluluk, temasta olduğu orijinal dokunun rejenerasyonunu destekleme, yüksek örtücülük, sızdırmazlık ve antimikrobiyal özellikleri yanında sert doku oluşumunu indükleme gibi avantajları sayesinde; diş hekimliğinin birçok alanında uygulama

alanı bulmuştur.[17,29] Materyalin ana bileşeni olan Portland çimentosu; dikalsiyum silikat, trikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, alçıtaşı ve tetrakalsiyum alumino-ferrit karışımından oluşmaktadır.[18,29] Diş ve kemik gibi komşu anatomik yapılardan ayırt edilebilmesi için MTA'nın kimyasal yapısına bizmut oksit eklenerek radyoopak özellik kazandırılmıştır.[29]

Daha önce ProRoot MTA'nın radyoopasitesinin ölçüldüğü çalışmalar değerlendirildiğinde sonuçların 5,34 ile 9,3 arasında değiştiği fakat aralığın geniş olmasına rağmen değerlerin ISO'nun ve ADA'nın belirlediği değerden oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir.[29-34] Bu sonuçlar arasındaki farklılık daha önce de belirtildiği gibi birçok faktörden kaynaklanabileceği gibi, dijital radyografi ya da konvansiyonel yöntemlerin kullanımıyla yakından ilişkili olabilir. MTA-Angelus'un (Angelus, Londrina, PR, Brezilya) radyoopasitesinin ölçüldüğü bir çalışmada materyalin gri ve beyaz formunda değerlerin 3-3,3 mm Al seviyesinde olduğu bildirilirken, Vivan ve ark. ise materyalin radyoopazitesini 6,45 mm Al değerinde olduğunu belirtmişlerdir.[35,36] Oliveira ve ark. MTA ProRoot ve MTA Angelusun içeriklerini inceledikleri çalışmalarında, MTA ProRoot'un daha fazla bizmut oksit içerdiğini bildirmişlerdir.[37] Bu sonuç firma farklılıklarının da opazite değerlerini doğrudan etkileyebildiğini göstermektedir. Çalışmamızda ise MTA Angelus'un radyoopasite değerinin 6,48 olduğu, bu sonucun Vivan ve ark.nın elde ettiği değerlerle benzer olduğu ve ISO'nun ve ADA'nın belirlediği değerden oldukça yüksek olduğu gözlendi.[36]

MTA-Fillapex (Angelus, Londrina, Brezilya) bileşiminde ise; salisilat rezin, seyreltilmiş rezin, natürel rezin, bizmut trioksit, nano tanecikli silis ve MTA bulunmaktadır. Firma tarafından materyalin uygun radyoopasiteye sahip olduğu belirlenmesine rağmen çalışmamızda radyoopasite değerleri 1,8 olarak bulundu. Materyalin opasitesinin değerlendirildiği bir çalışma bulunmamakla birlikte, bu değerin ISO'nun ve ADA'nın belirlediği değerin altında olduğu ve radyografik teşhisin doğru şekilde yapılabilmesi için oldukça yetersiz kaldığı belirlendi.

Bizim MTA-Fillapex ile elde etiğimiz düşük değerlerin aksine Guerreiro-Tanomaru ve ark. yine MTA bazlı bir kanal dolgu patı olan Endo CPM patı (EGEO S.R.L. Bajo Licencia MTM, Arjantin) ile 6 mm Al eşdeğerinde, yeterli seviyede radyoopasite değerleri elde etmişlerdir. Materyalin yapısındaki bizmut oksit ve baryum sülfat varlığı nedeniyle bu sonuçların elde edildiği ve bu sonuçların diğer kanal patlarıyla karşılaştırılabilir seviyede olduğu da vurgulanmıştır.[38]

Katz ve ark. güta-perka konlar1n radyoopasitesini değerlendirdikleri çalışmalarında alüminyum değerini yaklaşık 7,4 seviyesinde bulmuşlar ve bunun ISO'nun belirlediği seviyeden oldukça yüksek olduğuna dikkat çekmişlerdir.[2] MTA-Fillapex'in kanal tedavisi sırasında güta-perka ile kullanılacağı göz önünde bulundurulduğunda, elde ettiğimiz radyoopasite değerlerinin güta-perka konların sahip olduğu alüminyum değerinden çok uzak olduğu, tedavi sırasında radyografik teşhisin yapılabilmesi ve kanal dolgusunun kalitesinin değerlendirebilmesi için yetersiz olduğu gözlenmiştir.

SONUÇ

Çalışmamızın sonuçlara göre, MTA Angelus'un ve MTA-Fillapex'in oldukça farklı radyoopasite değerlerine sahip olduğu ve yeni bir MTA bazlı bir kanal patı olan MTA Fillapex'in ISO'nun önerdiği minimum değerin çok altında bir radyoopasite gösterdiği belirlendi.

KAYNAKLAR

1. Beyer-Olsen EM, Orstavik D. Radiopacity of root canal sealers. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1981;51(3):320-8.
2. Katz A, Kaffe I, Littner M, Tagger M, Tamse A. Densitometric measurement of radiopacity of Gutta-percha cones and root dentin. J Endod 1990;16(5):211-3.
3. Goldman M, Simmonds S, Rush R. The usefulness of dye-penetration studies reexamined. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1989;67(3):327-32.
4. International Organization for Standardization (ISO) 6876:2001 Dental Root Canal Sealing Materials Geneva, Switzerland; 2001.
5. Kaffe I, Littner MM, Tagger M, Tamse A. Is the radiopacity standard for gutta-percha sufficient for clinical use? J Endod 1983;9(2):58-9.
6. Higginbotham TL. A comparative study of the physical properties of five commonly used root Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1967;24:89-101.
7. Eliasson ST, Haasken B. Radiopacity of impression materials. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1979;47(5):485-91.
8. Watts DC, McCabe JF. Aluminium radiopacity standards for dentistry: an international survey. J Dent 1999;27(1):73-8.
9. Shearer AC, Mullane E, Macfarlane TV, Grondahl HG, Horner K. Three phosphor plate systems and film compared for imaging root canals. Int Endod J 2001;34(4):275-9.
10. Tagger M, Katz A. Radiopacity of endodontic sealers: development of a new method for direct measurement. J Endod 2003;29(11):751-5.
11. Tanomaru JM, Cezare L, Goncalves M, Tanomaru Filho M. Evaluation of the radiopacity of root canal sealers by digitization of radiographic images. J Appl Oral Sci 2004;12(4):355-7.

12. Carvalho-Junior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoreti MA, Consani S, Sousa-Neto MD. Radiopacity of root filling materials using digital radiography. Int Endod J 2007;40(7): 514-20.
13. Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Guerreiro Tanomaru JM, Goncalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. J Endod 2007;33 (3):249-51.
14. Baksi BG, Ermis RB. Comparison of conventional and digital radiography for radiometric differentiation of dental cements. Quintessence Int 2007;38(9):e532-6.
15. Rasimick BJ, Shah RP, Musikant BL, Deutsch AS. Radiopacity of endodontic materials on film and a digital sensor. J Endod 2007;33(9): 1098-101.
16. Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Tanomaru JM, Goncalves M. Evaluation of the radiopacity of calcium hydroxide- and glass-ionomer-based root canal sealers. Int Endod J 2008;41(1):50-3.
17. 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.
18. Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walker WA, 3rd. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. J Am Dent Assoc 1999;130(7):967-75.
19. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. J Endod 1993;19(11):541-4.
20. Maroto M, Barberia E, Planells P, Garcia Godoy F. Dentin bridge formation after mineral trioxide aggregate (MTA) pulpotomies in primary teeth. Am J Dent 2005;18(3):151-4.
21. Shah PM, Chong BS, Sidhu SK, Ford TR. Radiopacity of potential root-end filling materials. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1996;81(4):476-9.
22. Association AD. Specification 57: Endodontic sealing material. Chicago: ANSI/ADA; 2000.
23. Laghios CD, Benson BW, Gutmann JL, Cutler CW. Comparative radiopacity of tetracalcium phosphate and other root-end filling materials. Int Endod J 2000;33(4):311-5.
24. Bodrumlu E, Sumer AP, Gungor K. Radiopacity of a new root canal sealer, Epiphany. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007;104(5):e59-61.
25. Gorduysus M, Avcu N. Evaluation of the radiopacity of different root canal sealers. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2009;108(3):e135-40.
26. Baksi BG, Sen BH, Eyuboglu TF. Differences in aluminum equivalent values of endodontic sealers: conventional versus digital radiography. J Endod 2008;34(9):1101-4.
27. van der Stelt PF. Better imaging: the advantages of digital radiography. J Am Dent Assoc 2008;139 Suppl:7S-13S.
28. Huda W, Rill LN, Benn DK, Pettigrew JC. Comparison of a photostimulable phosphor system with film for dental radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1997;83(6):725-31.
29. 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.
30. Danesh G, Dammaschke T, Gerth HU, Zandbiglari T, Schafer E. A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. Int Endod J 2006;39(3):213-9.
31. Islam I, Chng HK, Yap AU. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and portland cement. J Endod 2006;32(3): 193-7.
32. Chng HK, Islam I, Yap AU, Tong YW, Koh ET. Properties of a new root-end filling material. J Endod 2005;31(9):665-8.
33. Chiang TY, Ding SJ. Comparative physicochemical and biocompatible properties of radiopaque dicalcium silicate cement and mineral trioxide aggregate. J Endod 2010;36(10): 1683-7.
34. Porter ML, Berto A, Primus CM, Watanabe I. Physical and chemical properties of new-generation endodontic materials. J Endod 2010;36(3):524-8.
35. Tanomaru-Filho M, da Silva GF, Duarte MA, Goncalves M, Tanomaru JM. Radiopacity evaluation of root-end filling materials by digitization of images. J Appl Oral Sci 2008; 16(6):376-9.
36. Vivan RR, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, Hungaro Duarte MA, et al. Evaluation of the radiopacity of some commercial and experimental root-end filling materials. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2009;108(6):e35-8.
37. Oliveira MG, Xavier CB, Demarco FF, Pinheiro AL, Costa AT, Pozza DH. Comparative chemical study of MTA and Portland cements. Braz Dent J 2007;18(1):3-7.
38. Guerreiro-Tanomaru JM DM, Gonçalves M, Tanomaru-Filho M. Radiopacity evaluation of root canal sealers containing calcium hydroxide and MTA. Braz Oral Res 2009;23(2):119-23.