

BIOfactor MTA'nın Radyoopasitesinin Dijital Radyografi ile Değerlendirilmesi

Şeref Nur Mutlu(0000-0001-9556-3495)^a, Makbule Bilge Akbulut(0000-0001-9082-3120)^b

Selcuk Dent J, 2022; 9: 520-526 (Doi: 10.15311/selcukdentj.1140745)

Başvuru Tarihi: 05 Temmuz 2022
Yayına Kabul Tarihi: 18 Ağustos 2022

ÖZ

BIOfactor MTA'nın Radyoopasitesinin Dijital Radyografi ile Değerlendirilmesi

Amaç: İdeal bir kök kanal materyali, kemik ve diş gibi anatomik yapılardan ve diğer dental materyallerden ayırt edilmesine izin verecek kadar yeterli seviyede radyopak olmalıdır. Bu çalışmada Angelus MTA, Biodentine ve yeni bir kalsiyum silikat esaslı materyal olan BIOfactor MTA'nın radyoopasitesi alüminyum basamaklı blok yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Gereç ve Yöntemler: Kalsiyum silikat esaslı materyaller olan Angelus MTA, Biodentine ve BIOfactor MTA üretici firmalarının talimatları doğrultusunda karıştırıldı ve standart bir teflon kalıba yerleştirildi. Başlangıç sertleşmelerini tamamlayan materyaller kalıptan çıkarılarak 37°C'de, %95 nemli ortamda 48 saat inkübe edildi. Her gruptan alınan birer numune ve saf alüminyumdan yapılan on iki basamaklı merdiven şeklindeki blok, fosfor plak üzerine yerleştirilerek radyografisi çekildi. Dijital görüntüler bir yazılım kullanılarak bilgisayara aktarıldı. Numunelerin radyografik yoğunlukları Image J programı kullanılarak belirlendi ve değerler bir denklem kullanılarak milimetre alüminyum'a (mmAl) dönüştürüldü. İstatistiksel analiz için One-way ANOVA ve post-hoc Tukey testleri yapıldı.

Bulgular: Ortalama radyoopasite değerleri Angelus MTA'nın 3.66, Biodentine'in 2.43 ve BIOfactor MTA'nın 4.41 mmAl idi.

Sonuç: Biodentine en düşük radyoopasite değerini gösterirken, BIOfactor MTA en yüksek radyoopasite değerini gösterdi. Angelus MTA ve yeni bir materyal olan BIOfactor MTA'nın radyoopasitesi standarta uygundu.

ANAHTAR KELİMELE

Biodentine, dijital radyografi, kalsiyum silikat esaslı materyaller, radyoopasite

ABSTRACT

Evaluation of Radiopacity of BIOfactor MTA by Digital Radiography

Background: The ideal root canal material should be radiopaque enough to distinguish it from anatomical structures like bone and teeth, as well as other dental materials. In this study, the radiopacity of Angelus MTA, Biodentine and a new calcium silicate-based material, BIOfactor MTA, were evaluated using the aluminum step wedge.

Methods: Calcium silicate based materials Angelus MTA, Biodentine and BIOfactor MTA were mixed according to the manufacturer's instructions and placed in a standard teflon mold. The samples were removed from the mold after initial setting and incubated at 37°C, 95% humidity for 48 hours. One sample from each group was taken and were radiographed together with the aluminum step wedge. The digital images were transferred to the computer using a software. Radiographic densities of the samples were determined using the Image J program and the values were converted to millimeter aluminum (mmAl). One-way ANOVA and post-hoc Tukey tests were used for statistical analysis.

Results: The mean radiopacity values were 3.66 mmAl for Angelus MTA, 2.43 mmAl for Biodentine and 4.41 mmAl for BIOfactor MTA.

Conclusion: While Biodentine showed the lowest radiopacity value while BIOfactor MTA showed the highest radiopacity value. The radiopacity of Angelus MTA and a novel material, BIOfactor MTA, were in accordance with the standard.

KEYWORDS

Biodentine, calcium-silicate based materials, digital radiography, radiopacity

GİRİŞ

İdeal bir kök kanal dolgu materyali, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yeterli olmasının yanı sıra, kortikal kemik ve diş gibi anatomik yapılardan ve diğer dental materyallerden ayırt edilmesine izin verecek kadar radyopak olmalıdır.^{1,2}

Higginbotham,³ kök kanallarını doldurmak için kullanılan çeşitli endodontik patların ve güta-perka konilerinin radyoopasitesini karşılaştıran ilk araştırmacıdır. Eliasson ve Haasken,⁴ ölçü materyalleri için optik radyografik yoğunluk ölçümleri ve benzer radyografik yoğunluk üretebilen eşdeğer bir alüminyum kalınlığı kullanarak radyoopasite çalışmaları için bir karşılaştırma standardı

oluşturmuştur. Beyer-Olsen ve Orstavik⁵ çalışmalarında, birkaç kök kanal patının radyoopasitesini belirlemek için 2 mm'lik artışlarla alüminyum basamaklı blok (penetrometre) kullanarak tekrarlanabilir bir karşılaştırma standardı elde etmiş, numune tarafından iletilen ışık miktarını bir optik dansitometre yardımıyla ölçmüş ve radyografisi çekilen penetrometre ile karşılaştırarak eşdeğer alüminyum kalınlığına çevirmiştir. Bu çalışma, kök kanal dolgu materyallerinin minimum radyoopasite gereksinimini belirlemek üzere Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO)⁶ ve Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü/Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ANSI/ADA)⁷ için bir referans görevi görmüştür.

Hem ISO⁶ hem de ANSI/ADA⁷ tarafından belirlenen

^a Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Ağız ve Diş Sağlığı Programı, Konya, Türkiye

^b Necmettin Erbakan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD, Konya, Türkiye

standartlar, endodontik simanların radyoopasitesini ölçmek için numunelerin standart diskler üzerinde hazırlanmasını ve saflığı en az %98 olan basamaklı bir alüminyum blok yanında geleneksel radyografik film kullanarak radyograf çekilmesini ve radyoopasitenin bir foto-dansitometre ile değerlendirilmesini önermektedir. Hem ANSI/ADA⁷ hem de ISO⁶ standartlarına göre 1 mm kalınlığındaki endodontik siman, en az 3 milimetre alüminyuma (mmAl) eşdeğer bir radyoopasiteye sahip olmalıdır.⁸ Standart protokole göre alüminyum penetrometre ile ışınlanmış D hızında okluzal film kullanılması, röntgen cihazının voltajının 65 ± 5 kVp olması ve röntgen cihazının objeye mesafesinin 30 cm olması gerektiği bildirilmiştir.⁹

Dental materyallerin radyoopasitesi, geleneksel radyografların sayısallaştırılmış görüntüleri kullanılarak indirekt teknik^{10,11} veya dijital radyografi ile direkt teknik kullanılarak değerlendirilmektedir.¹²⁻¹⁴ İndirekt teknikte, geleneksel radyografik görüntüler yüksek çözünürlüklü tarayıcı veya dijital kamera tarafından dijital sinyale dönüştürülür. Direkt teknikte, dijital sensörler, şarj bağlantılı cihazlar¹⁵ ya da tamamlayıcı metal oksit yarı iletkenler kullanılır.¹⁶ Ayrıca ışığa duyarlı fosfor plakalar da bu teknikte kullanılır.¹⁷

Geleneksel radyograflarda, materyallerin ve alüminyum basamaklı bloğun optik yoğunluk birimlerinin değerini belirlemek için bir foto-dansitometre kullanılmalıdır.¹⁸ Dijital radyograflarda ve görüntülerde ise, gri tonlama değerlerini elde etmek için özel yazılımlar (örn. ImageJ, Adobe Photoshop) kullanılır. Bir sonraki adım, materyallerin radyoopasite değerlerini mmAl cinsinden elde etmektir. Gri tonlamayı eşdeğer bir alüminyum numune kalınlığına dönüştürmek için denklem kullanılır.^{16,19}

Bu çalışmanın amacı, Angelus MTA (Londrina, Brazil), Biodentine (Septodont, USA) ve yeni bir kalsiyum silikat esaslı materyal olan BIOfactor MTA'nın (Imicryl Konya, Turkey) radyoopasitelerini uluslararası standartlara göre alüminyum basamaklı blok yöntemini kullanarak değerlendirmek ve karşılaştırmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada kalsiyum silikat esaslı materyaller olan Angelus MTA, Biodentine ve BIOfactor MTA kullanıldı. Materyallerin üretici firmaları ve içerikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.

Test Edilen Materyallerin İçerik ve Üretici Firma Bilgileri

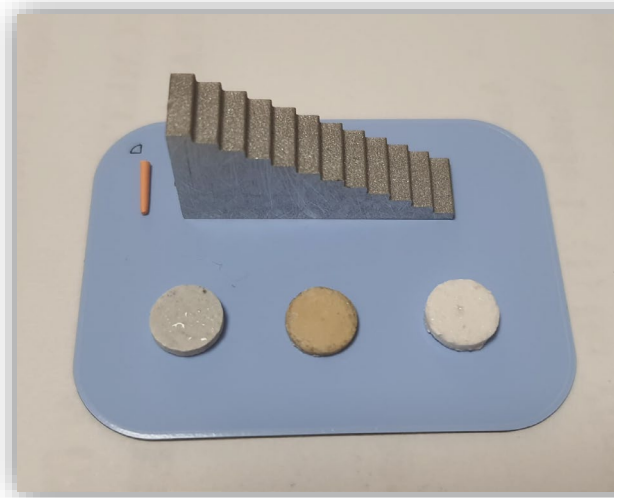
Materyal	İçerik	Üretici Firma
BIOfactor MTA	Tozu: trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, yiterbiyum oksit (radyoopaklaştırmacı olarak) Likit: %0.3-%0.5 suda çözünür karboksilli polimer, demineralize su	Imicryl, Konya, Türkiye
Biodentine	Tozu: trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum karbonat, kalsiyum oksit, zirkonyum oksit (radyoopaklaştırmacı olarak) Likit: su, kalsiyum klorit, suda çözünür polimer	Septodont, Fransa
Angelus MTA	Tozu: trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, kalsiyum oksit, bizmut oksit (radyoopaklaştırmacı olarak) Likit: distile su	Angelus, Londrina, Brezilya

Örnek Hazırlama

Her bir materyal üretici firmanın talimatları doğrultusunda karıştırıldı ve 5 mm iç çapında 1 mm yüksekliğinde teflon kalıplara yerleştirildi. Materyaller kondanse edildikten sonra eşit yükseklik sağlamak ve düzgün örnekler elde etmek amacıyla, materyalin üst kısmı kalıbın üst kısmını sıfırlayacak şekilde selofan bant ile kapatıldı. Başlangıç sertleşmesini tamamlayan materyaller teflon kalıptan çıkarıldı ve tamamen sertleşme sağlanması için 37°C ve %95 nemli ortamda 48 saat inkübe edildi. Her bir materyal için 5 örnek hazırlandı. Pürüzlü olmayan ve düzgün şekilli 3'er örnek ile çalışmaya devam edildi.

Dijital Radyografi

Test edilen materyallerin radyoopasitelerini karşılaştırmak amacıyla %99 saf alüminyumdan yapılan 12 basamaklı, her basamağı 1mm artan 1-12 mm kalınlıkta merdiven şeklinde bir blok kullanıldı. Her gruba ait üç materyal diski ve alüminyum blok, fosfor plak (Vistascan PSP, Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya; boyut 4) üzerine yerleştirildi. Radyoopasite analizi sırasında materyalin yerinin kolayca tespit edilebilmesi için örnekler fosfor plak üzerine her görüntülemeye aynı sırayla yerleştirildi ve alüminyum bloğun yanına yerleştirilen güta-perka ile işaretlendi (Şekil1).

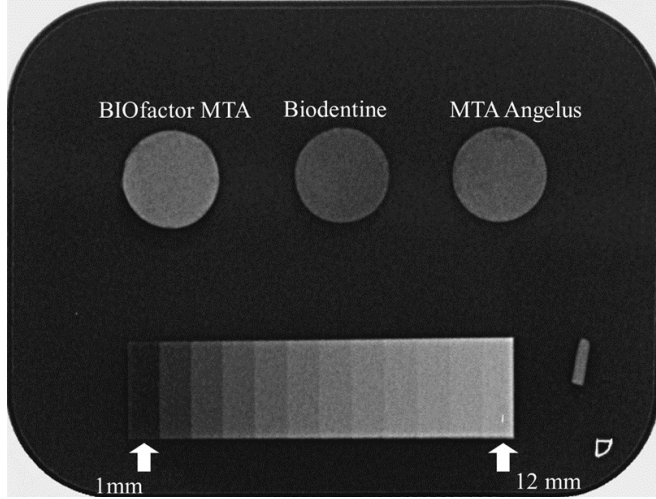


Şekil 1

Kalsiyum silikat esaslı materyaller ve alüminyum bloğun görüntüsü

Sabit periapikal röntgen cihazının (Planmeca®, Helsinki, Finlandiya) konu fosfor plak yüzeyine 90° açıyla yönlendirilen merkezi ışın ile aynı konumda ve objeye 30 cm uzaklıkta konumlandırıldı. Radyografik görüntüler, 70 kVp, 8 mA'da, 0.2 sn pozlama süresi parametreleri kullanılarak alındı. Her materyal üçlüsü 5 kez ışınlandı ve her bir materyal grubundan 15'er görüntü elde edildi (n=15). Işına maruz kalan plaklar üreticinin standart talimatları izlenerek fosfor plak tarayıcısı (Vistascan Mini, Dürr Dental, Bietigheim-

-Bissingen) ile pozlamadan hemen sonra tarandı. Standardizasyonu sağlamak için tüm pozlamalarda aynı fosfor plak kullanıldı. Görüntüler sistemin kendi yazılımı (DBSWIN 5.2.0, Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya) kullanılarak bilgisayar ortamına aktarıldı (Şekil 2).



Şekil 2

Kalsiyum silikat esaslı materyaller ve alüminyum bloğun dijital radyografik görüntüsü

Dijital Görüntülerin Değerlendirilmesi

Dijital radyograflar üzerindeki materyallerin ve alüminyum blok basamaklarının ortalama gri değerlerini (OGD) ölçmek üzere Image J programı kullanıldı. Elde edilen görüntüler üzerinde her bir materyalin ve blok basamaklarının 3 farklı alanından 10 × 10 pixel boyutunda ölçüm yapıldı ve ortalamaları alındı. Sonrasında 15 görüntünün ortalaması her bir materyal için hesaplandı. Hesaplanacak alanlar seçilirken görüntünün bozulmamış olmasına dikkat edildi. Görüntüler, materyallere kör bir araştırmacı tarafından değerlendirildi. Elde edilen OGD aşağıdaki formül kullanılarak mmAl birimine çevrildi.^{20,21}

$$x = \frac{A \times 1}{B} + \text{materyalin OGD'sinin altındaki mmAl}$$

Denklemden;

A: Materyalin OGD'si – Materyalin OGD'sinin hemen altındaki alüminyum basamağın OGD'si

B: Materyalin OGD'sinin hemen üstündeki alüminyum basamağın OGD'si – Materyalin OGD'sinin hemen altındaki alüminyum basamağın OGD'si

1: Alüminyum bloğun basamak kalınlığını temsil etmektedir.

Örneğin;

Materyalin OGD'si = 54.780

Materyalin OGD'sinin hemen altındaki alüminyum

Materyalin OGD'sinin hemen altındaki alüminyum basamağın (3mm) OGD'si = 53.600

Materyalin OGD'sinin hemen üstündeki alüminyum basamağın (4mm) OGD'si = 68.760

$$A (54.780 - 53.600) = 1.180$$

$$B (68.760 - 53.600) = 15.160$$

$$(1.180 \times 1 / 15.160) + 3 \text{ mmAl} = 3.077836 \text{ mmAl}$$

İstatistiksel Analiz

Verileri analiz etmek için IBM SPSS Statistics for Windows version 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) programı kullanıldı. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilks testi ile değerlendirildi. Gruplar arasında istatistiksel fark olup olmadığını anlamak için One-way ANOVA ve post-hoc Tukey testleri yapıldı. Anlamlılık düzeyi p < 0.05 olarak belirlendi.

BULGULAR

Her bir materyal için 15 görüntü değerlendirilmiştir. Rastgele seçilen bir görüntüdeki alüminyum bloğun OGD değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Materyal gruplarının mmAl cinsinden radyoopasite değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2.

Rastgele seçilen bir görüntüdeki Alüminyum bloğun basamaklarına göre OGD değerleri

	Ort ± SS	Min	Maks
1mm	22.87 ± 2.31	18	29
2mm	34.77 ± 3.43	28	45
3mm	48.23 ± 4.47	39	57
4mm	63.14 ± 6.31	45	77
5mm	78.96 ± 5.55	66	95
6mm	88.28 ± 5.44	69	104
7mm	103.2 ± 6.24	89	120
8mm	110.17 ± 6.35	93	127
9mm	121.52 ± 5.65	106	136
10mm	129.78 ± 7.41	111	152
11mm	140.23 ± 7.97	117	156
12mm	148.04 ± 7.20	129	167

Tablo 3.

Materyallerin radyoopasite değerleri (Ortalama ve standart sapma)

Materyal	Radyoopasite değeri (mmAl) (Ort ± SS)	P
BIOfactor MTA	4.41 ± 0.86 ^a	< 0.0001***
Biodentine	2.43 ± 0.5 ^a	
MTA Angelus	3.66 ± 0.53 ^b	

One way Anova Test, *** p < 0.00019

One-way ANOVA testinin sonuçları gruplar arasında anlamlı farkın olduğunu göstermiştir ($p < 0.05$). BIOfactor MTA (4.41mmAl) grubunda en yüksek radyoopasite değerleri gözlenirken, Biodentine (2.43 mmAl) grubu en düşük radyoopasite değerini göstermiştir ($p < 0.05$). MTA Angelus (3.66 mmAl) grubu ise BIOfactor MTA'dan daha düşük Biodentine'den daha yüksek radyoopasite sergilemiştir ($p < 0.05$).

TARTIŞMA

Radyoopaklık, endodontik tedavide kullanılan materyallerin çevre dokulardan ayırt edilmesini ve endodontik tedavi sınırlarını, kondensasyonunu ve kalitesini, radyografik olarak değerlendirilmesini sağlayan önemli bir özelliktir.²

Bir materyalin moleküler yapısı ve kalınlığı radyoopasite üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle kök kanal dolgu materyallerinin radyoopasitesine ilişkin uluslararası standartlar, test materyallerinin, standart diskler elde etmek için kalıplarda hazırlanmasını önermiştir.⁶ Bu çalışmada test numunelerinin hazırlanmasında 5 mm çapında teflon kalıp kullanılmıştır. ANSI/ADA Spesifikasyonu No. 57'ye⁷ göre teflon kalıpta hazırlanan kuyucukların çapları, 10 mm'den 5 mm'ye düşürülerek örnekler için kullanılan malzeme hacmi azaltılmış ve daha fazla örneğin fosfor plağın orta kısmına yerleşmesine imkân vermiştir.²² Tagger ve Katz'a⁹ göre, daha küçük çaplı hazırlanan örnekler, yüksek büyütme altında görüntünün titizlikle incelenebilmesi ve bilgisayar ekranında doğrudan ölçülebilmesini mümkün kılar. Bu yöntem, çıplak gözle görülemeyen yerel düzensizliklerin etkisini dengelemek için, optik dansitometre kullanılan yöntemden farklı olarak ölçüm için temsili bir homojen alan seçmeyi sağlar.⁹

Dental materyallerin radyoopasitesini değerlendirmek için, kontrollü radyografik koşullar (70 kVp, 8 mA, pozlama, 0.2 saniye) altında belirli kalınlıktaki materyaller, alüminyum basamaklı blokla karşılaştırılır.¹ Çalışmamızda da, 30 cm'lik nesne-odak mesafesi, her örnekleme için aynı pozlama parametreleri (70 kVp, 8 mA, pozlama 0.2 saniye) korunmuş ve basamakları 1mm'lik artış gösteren 12 mm basamaklı alüminyum blok kullanılmıştır. ANSI/ADA,⁷ alüminyum basamaklı bloğun 1 ila 10 mm arasında değişen kalınlıklarda, her biri 1 mm'lik artış gösteren basamaklarla üretilmesini önermektedir. Basamaklı blok için alüminyum kullanılmıştır, çünkü alüminyum mineninkine benzer doğrusal bir absorpsiyon katsayısına sahiptir.²³

Dijital röntgen sistemleri, dental materyallerin radyoopasitesini değerlendirmek için pek çok çalışmada kullanılmıştır.²⁴⁻²⁶ Çalışmamızdaki deneysel modelde alüminyum basamaklı blok, dijital fosfor plak ve tarayıcısı ve görüntülerin bilgisayar ortamına aktarılması için bir yazılım kullanıldı. Bu sistem geleneksel radyografik filme ve kimyasal işleme ihtiyaç duymaz,²⁷ böylece zamandan tasarruf sağlar ve

radyografik kaliteyi etkileyen aşamalar yoktur.^{28,29} Görüntü tamamen aynı cihazda işlenir, saklanır ve değerlendirilir, optik dansitometre kullanımı gerekmez. Geleneksel filmlerde radyoopasite optik dansitometre ile ölçülerek sayısallaştırılır ve bir yazılım kullanarak piksel gri değeri ölçülür.⁹ Dijitalleştirilmemiş bir filmde görünmeyen detaylar dijital görüntü üzerinde işlenebilir. Dijital olmayan bir filmde insan gözü, grinin 255 tonunu tanımlayamaz. Bir bilgisayar ekranında, dijital bir sistem, dijital bir görüntüdeki bu farklı gri tonlarının hepsini ayırt edebilir.³⁰

ANSI/ADA,⁷ alüminyum blokların 1 ila 10 mm arasında değişen kalınlıklarda, her biri 1 mm'lik üniform basamaklarla üretilmesini önermektedir. Mutlak beyaz (gri skala değeri 255), alüminyum basamaklı blok 10 mm kalınlığa kadar üretildiğinde bulunabilir. Gu ve ark.'ları²⁴ 1 -15 mm arasında değişen kalınlıklarda alüminyum basamaklı kamalar kullanarak gri tonlama değerini 255 olarak bulmuştur. Çalışmamızda ise, 0.2 saniyelik bir ışınlama ve 30 cm'lik nesne-odak mesafesi kullanılarak görüntülenen 12 basamaklı alüminyum bloğun basamakları, 0-255 yerine yaklaşık 22.87-152.39 ölçeğinde temsil edildi.

Bu çalışmada, yakın zamanda piyasaya sürülen kalsiyum silikat içerikli BIOfactor MTA'nın radyoopasitesi değerlendirilerek, Angelus MTA ve Biodentine ile karşılaştırıldı. Sonuçlarımıza göre BIOfactor MTA, Angelus MTA ve Biodentine'e göre daha yüksek radyoopasite değeri gösterdi. BIOfactor MTA ve Angelus MTA 3 mmAl'u aşan radyoopasite değeri vermişlerdir.

MTA Angelus, radyoopasite ile ilgili yapılan çalışmalarda da değerlendirilmiş ve farklı araştırmacılar tarafından farklı sonuçlar elde edilmiştir. Vivan ve ark.'ları³¹ bu materyalin 6.45 mmAl kadar yüksek bir ortalama radyoopasiteye sahip olduğunu buldu, ancak bazı çalışmalarda daha düşük sonuçlar elde edildi.³² Üretici tarafından 3:1 toz/sıvı oranı savunulsa da, radyoopasite değerini değiştirebilecek başka karışım türleri de mümkündür. Yakın zamanda yapılan bir çalışma, Beyaz MTA için 4:1 toz/sıvı oranı seçildiğinde daha yüksek radyoopasite değerlerinin elde edilebileceği sonucuna varmıştır.³³ Böyle bir karışım, yüksek radyoopasitenin önemli olduğu durumlarda uygun olsa da, materyalin fiziksel ve biyolojik özelliklerinin etkilendiği şüphelidir.

MTA Angelus'un radyoopaklık sağlayan ajanı bizmut oksittir. Bizmut oksitin sertleşme reaksiyonunu olumsuz etkilediği araştırmacılar tarafından dile getirilmiştir.³⁴ Bazı çalışmalar ayrıca bizmut oksitin insan dental pulpa hücrelerine toksik olduğunu göstermiştir.³⁵ Coomaraswamy ve ark.³⁶ portland çimentosuna, bizmut oksit ilavesinin malzemenin fiziksel özelliklerini önemli ölçüde değiştirdiğini, simanın matrisinde kusurlar oluşturduğunu ve daha fazla reaksiyona girmemiş su bırakarak gözenekliliği arttırdığını söylemişlerdir. Bu bulgular daha yüksek çözünürlük ve bozunma oranlarına neden olabilir.

Biodentine, toz kısmı dikalsiyum silikat ve trikalsiyum silikat tozundan oluşan, likit kısmı ise suda çözünebilir polimer, kalsiyum klorürden oluşan, kapsül formunda piyasaya sürülen kök tamir materyalidir. Biodentine'in radyoopasite sağlaması için zirkonyum oksit kullanılmıştır. Bizmut oksitin aksine, zirkonyum oksitin biyouyumlu olduğu gösterilmiş ve yüksek mekanik özelliklere ve korozyona karşı dirence sahip biyo inert bir malzeme olduğu belirtilmiştir.³⁷ Yapılan çalışmalarda Biodentine'in radyoopasitesinin, ProRoot MTA,³⁸ MTA Angelus, Micro Mega MTA'dan önemli ölçüde düşük olmasının yanı sıra ³⁹ ISO ⁶ standartlarından da daha düşük olduğu bildirilmiştir.^{38,39} Çalışmamızda da benzer şekilde, Biodentine (2.43 mmAl) hem Angelus MTA (3.66 mmAl) ve BIOfactor MTA'dan (4.41mmAl), hem de ISO 6 ve ANSI/ADA 7 tarafından belirlenen standarttan (en az 3mmAl) daha düşük radyoopasite değeri göstermiştir.

Bu çalışmada test edilen materyallerden olan BIOfactor MTA, kısa süre önce piyasaya sunuldu. BIOfactor MTA'nın tozu, trikalsiyum ve dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat ve yiterbiyum oksitten oluşurken likit kısmı, % 0.5-3 suda çözünür karboksilatlı polimer ve demineralize su içermektedir.⁴⁰ Bu yeni materyalin radyoopasite özelliklerine ilişkin henüz bir çalışma yapılmamıştır.

Çalışmamızın bulguları, BIOfactor MTA'nın ISO ⁶ ve ANSI/ADA ⁷ tarafından belirlenen standartta uygun olduğunu ve Angelus MTA ve Biodentine'den daha yüksek radyoopasiteye sahip olduğunu göstermektedir. Diğer kalsiyum silikat esaslı materyallerden farklı olarak BIOfactor MTA, radyoopaklık veren ajan olarak yiterbiyum oksit içermektedir.⁴⁰ Costa ve ark.⁴¹ yaptıkları çalışmada yiterbiyum oksitin, bizmut oksite göre daha yüksek hücre canlılığı gösterdiğini ve biyouyumlu olduğunu bildirmişlerdir. Yiterbiyum oksit, kalsiyum silikat esaslı materyallerin biyoaktif potansiyelini korumanın yanı sıra fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerini de etkilemez.⁴¹ BIOfactor MTA'nın biyouyumluluğu, biyoaktivitesi ve fizikokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesi için daha fazla araştırma yapılmalıdır.

SONUÇ

MTA Angelus ve BIOfactor MTA yeterli oranda radyoopasite sergilemektedir. Radyoopasite, genel olarak başarılı bir tedavinin yalnızca bir bileşenidir. Perforasyon tamiri, retrograd dolgu, apeksifikasyon, kuafaj gibi işlemlerde en doğru materyali seçmek için materyalin biyolojik ve fizikokimyasal pek çok özelliği de göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Council on Dental Materials I, Equipment. American National Standards Institute/American Dental Association Specification No. 61 for zinc polycarboxylate cement. *J Am Dent Assoc.* 1980;101:669-671.
2. Imai Y, Komabayashi T. Properties of a new injectable type of root canal filling resin with adhesiveness to dentin. *J Endod.* 2003;29:20-23.
3. Higginbotham TL. A comparative study of the physical properties of five commonly used root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Path.* 1967;24:89-101.
4. Eliasson ST, Haasken B. Radiopacity of impression materials. *Oral Surg Oral Med Oral Path.* 1979;47:485-491.
5. Beyer-Olsen EM, Ørstavik D. Radiopacity of root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Path.* 1981;51:320-328.
6. International Organization for Standardization - ISO IG, Switzerland. Dental root canal sealing materials. In: International Organization for Standardization Geneva, Switzerland; 2001.
7. American National Standard/American Dental Association AAS, Standard No. 57, Chicago,. Endodontic Sealing Material. 2000.
8. Ochoa-Rodríguez VM, Wilches-Visbal JH, Roma B, et al. Radiopacity of endodontic materials using two models for conversion to millimeters of aluminum. *Braz Oral Res.* 2020;34.
9. Tagger M, Katz A. Radiopacity of endodontic sealers: development of a new method for direct measurement. *J Endod.* 2003;29:751-755.
10. Siboni F, Taddei P, Prati C, Gandolfi M. Properties of Neo MTA Plus and MTA Plus cements for endodontics. *Int Endod J.* 2017;50:e83-e94.
11. Tanomaru-Filho M, Torres FFE, Chávez-Andrade GM, et al. Physicochemical properties and volumetric change of silicone/bioactive glass and calcium silicate-based endodontic sealers. *J Endod.* 2017;43:2097-2101.
12. Akcay I, İlhan B, Dundar N. Comparison of conventional and digital radiography systems with regard to radiopacity of root canal filling materials. *Int Endod J.* 2012;45:730-736.
13. Chen Y-Z, Lü X-Y, Liu G-D. Effects of different radiopacifying agents on physicochemical and biological properties of a novel root-end filling material. *PLoS one.* 2018;13:e0191123.
14. Versiani MA, Abi Rached-Junior FJ, Kishen A, Pécora JD, Silva-Sousa YT, de Sousa-Neto MD. Zinc oxide nanoparticles enhance physicochemical characteristics of Grossman sealer. *J Endod.* 2016;42:1804-1810.
15. Rasimick BJ, Shah RP, Musikant BL, Deutsch AS. Radiopacity of endodontic materials on film and a digital sensor. *J Endod.* 2007;33:1098-1101.
16. Ochoa-Rodríguez VM, Tanomaru-Filho M, Rodrigues EM, Guerreiro-Tanomaru JM, Spin-Neto R, Faria G. Addition of zirconium oxide to Biodentine increases radiopacity and does not alter its physicochemical and biological properties. *J Appl Oral Sci.* 2019;27.
17. Sabbagh J, Vreven J, Leloup GJOd. Radiopacity of resin-based materials measured in film radiographs and storage phosphor plate (Digora). 2004;29:677-684.
18. Baksi BG, Sen BH, Eyuboglu TF. Differences in aluminum equivalent values of endodontic sealers: conventional versus digital radiography. *J Endod.* 2008;34:1101-1104.
19. An S-Y, An C-H, Choi K-S, et al. Radiopacity of contemporary luting cements using conventional and digital radiography. *Imaging Sci Dent.* 2018;48:97-101.
20. Lachowski KM, Botta S, Lascalea C, Matos A, Sobral M. Study of the radio-opacity of base and liner dental materials using a digital radiography system. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42:20120153.
21. Yasa B, Kucukyilmaz E, Yasa E, Ertaş ET. Comparative study of radiopacity of resin-based and glass ionomer-based bulk-fill restoratives using digital radiography. *J Oral Sci.* 2015;57:79-85.
22. Carvalho-Junior J, Correr-Sobrinho L, Correr A, Sinhoretto M, Consani S, Sousa-Neto M. Radiopacity of root filling materials using digital radiography. *Int Endod J.* 2007;40:514-520.
23. Goshima T, Goshima Y. The optimum level of radiopacity in posterior composite resins. *Dentomaxillofac Radiol.* 1989;18:19-21.
24. Gu S, Rasimick BJ, Deutsch AS, Musikant BL. Radiopacity of dental materials using a digital X-ray system. *Dent Mater J.* 2006;22:765-770.
25. Sabbagh J, Vreven J, Leloup G. Radiopacity of resin-based materials measured in film radiographs and storage phosphor plate (Digora). *Oper Dent.* 2004;29:677-684.
26. Silveira G. Comparative study of the radiopacity of the light-cured dental composite resins of high or low flowable, using digital image, Doctoral Thesis. Sao Paulo: School of Dentistry, University of Sao Paulo; 2002.
27. McDonnell D, Price C. An evaluation of the Sens-A-Ray digital dental imaging system. *Dentomaxillofac Radiol.* 1993;22:121-126.
28. Gürdal P, Akdeniz B. Comparison of two methods for radiometric evaluation of resin-based restorative materials. *Dentomaxillofac Radiol.* 1998;27:236-239.
29. Syriopoulos K, Sanderink G, Velders X, Van Der Stelt P. Radiographic detection of approximal caries: a comparison of dental films and digital imaging systems. *Dentomaxillofac Radiol.* 2000;29:312-318.
30. Farman A, Scarfe W. Pixel perception and voxel vision: constructs for a new paradigm in maxillofacial imaging. *Dentomaxillofac Radiol.* 1994;23:5-9.

31. Vivan RR, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, 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:e35-e38.
32. Tanomaru-Filho M, Silva GFd, Duarte MAH, Gonçalves M, Tanomaru JMG. Radiopacity evaluation of root-end filling materials by digitization of images. *J Appl Oral Sci.* 2008;16:376-379.
33. Cavenago B, Pereira T, Duarte M, et al. Influence of powder-to-water ratio on radiopacity, setting time, pH, calcium ion release and a micro-CT volumetric solubility of white mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2014;47:120-126.
34. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2007;40:462-470.
35. Min K-S, Chang H-S, Bae J-M, Park S-H, Hong C-U, Kim E-C. The induction of heme oxygenase-1 modulates bismuth oxide-induced cytotoxicity in human dental pulp cells. *J Endod.* 2007;33:1342-1346.
36. Coomaraswamy KS, Lumley PJ, Hofmann MP. Effect of bismuth oxide radioopacifier content on the material properties of an endodontic Portland cement-based (MTA-like) system. *J Endod.* 2007;33:295-298.
37. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials.* 1999;20:1-25.
38. Kaup M, Schäfer E, Dammaschke T, medicine f. An in vitro study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. *Head Face Med.* 2015;11:1-8.
39. Tanalp J, Karapınar-Kazandağ M, Dölekoğlu S, Kayahan MB. Comparison of the radiopacities of different root-end filling and repair materials. *ScientificWorldJournal.* 2013;2013.
40. Akbulut MB, Bozkurt DA, Terlemez A, Akman M. The push-out bond strength of BIOfactor mineral trioxide aggregate, a novel root repair material. *Restor Dent Endod.* 2019;44.
41. Costa BC, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Rodrigues EM, Bonetti-Filho I, Tanomaru-Filho M. Ytterbium oxide as radiopacifier of calcium silicate-based cements. Physicochemical and biological properties. *Br Dent J.* 2018;29:452-458.

Yazışma Adresi:

Şeref Nur Mutlu
Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Hizmetleri
MeslekYüksekokulu Ağız ve Diş Sağlığı Programı
Konya, Türkiye
E Posta: serefnurmutlu@hotmail.com