

СРАВНИТЕЛНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЖДУ ДВА ТИПА МИНЕРАЛ ТРИОКСИД АГРЕГАТ – БЯЛ И СИВ – ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

Славена Светлозарова

*Катедра по консервативно зъболечение и орална патология,
Факултет по дентална медицина, Медицински университет – Варна*

COMPARISON BETWEEN WHITE-COLORED AND GRAY- COLORED MINERAL TRIOXIDE AGGREGATE (MTA) – A REVIEW OF THE LITERATURE

Slavena Svetlozarova

*Department of Conservative Dentistry and Oral Pathology,
Faculty of Dental Medicine, Medical University of Varna*

РЕЗЮМЕ

Основната цел на ендодонтското лечение е свързана със запазване формата, функцията и естетиката на естественото съзъбие. Ятрогенни инциденти, като например създаване на перфорации, могат да съпътстват всеки етап от провеждане на лечението и значително да повлияят дългосрочната прогноза на въвлечения зъб. Предложени са редица материали за възстановяване на перфорационни дефекти и други ятрогенни инциденти. В днешно време един от най-приложимите материали при такива индикации е минерал триоксид агрегат (MTA). Въпреки многото описани предимства, материалът се характеризира и с някои клинично значими недостатъци. Съществуват два вида – бял и сив MTA, които се характеризират с някои значителни различия.

Целта на тази обзорна статия е да сравни белия и сивия MTA по отношение на основните им механични качества.

Ключови думи: бял MTA, сив MTA, херметично запечатване, възстановяване на перфорации, апикален плъг

ABSTRACT

The main goal of endodontic therapy is to maintain the integrity of the tooth in terms of proper form, function and aesthetics. Procedural accidents, such as furcation or root canal perforations, may occur during every step of the treatment and may rapidly affect the long-term prognosis of the tooth involved. Numerous materials for the repair of iatrogenic accidents have been recommended. Nowadays, the most preferred repair material used is MTA. Despite its numerous advantages, the material also presents with some clinical drawbacks. There are two types of MTA: gray and white, which despite their similarities present also with some clinical relevant differences.

The aim of this article is to review the literature and compare the two types of MTA according their main differences and properties.

Keywords: white MTA, gray MTA, sealing ability, perforation repair, apical plug

УВОД

Интраоперативни инциденти могат да съпътстват всеки един от етапите на провеждане на ендодонтско лечение и да повлияят значително дългосрочната прогноза на възвращения зъб (39). Възникване на ятрогенни инциденти се установява в хода на 66% от проведените ендодонтски лечения (24).

Препресване на obturationen материал в периапикалните тъкани се открива в 18,2% от проведените лечения (24). Akbar (2) съобщава за наличие на препресване в 13% от изследваните от него случаи.

Yousuf и колеktiv (49) съобщават 10,2% неуспех на ендодонтското лечение при наличие на значително препресване на obturationen материал в периапикалните тъкани.

Препресване на obturationen материал при obturiranje на кореновите канали може да се наблюдава в случаи на налична апикална резорбция, незавършено кореново развитие, при погрешно определяне на работна дължина и свръхинструментиране на кореновия канал (32). Като основна причина за възникване се определя невъзможността да се създаде апикален стоп, ограничаващ преминаването на obturationen материал в периапикалните тъкани. Причините за неуспеха на лечението след препресване на гутаперка се дължат на персистираща инфекция в кореновия канал, реинфектиране поради апикално транспортиране на микроорганизми при свръхинструментиране или възникване на реакция тип „чуждо тяло“ (29).

Ingle (23) определя ятрогенно предизвиканите перфорации като втория по значимост фактор, водещ до неуспех на проведеното ендодонтско лечение, като отчита, че този тип патология е отговорен за 9,6% от неуспешните ендодонтски лечения. По-късни изследвания по темата (27) съобщават, че механично възникналите в хода на ендодонтското лечение перфорации са отговорни за неуспеха на 5,5% от проведените ендодонтски лечения.

Американската ендодонтска асоциация определя перфорацията като механично създадена или патологично възникнала комуникация между корено-каналната система и външната зъбна повърхност (25). Ятрогенно предизвиканите в хода на ендодонтското лечение перфорации могат да възникнат при създаване на ендодонтски достъп, препаратията на кореновия канал или при подготовка на кореновия канал за поставяне на радикуларен щифт. Независимо от конкретната причина перфорационният дефект предста-

вява потенциален път на бактериална инвазия, водещ до увреда на периодонталния лигамент и перирадикуларните тъкани с последващо възпаление на тъканите и костна резорбция (25). Установено е, че прогнозата на зъб с перфорация зависи от нейната локализация, давност, възможност за запечатване и възстановяване проходимостта на кореновия канал. Корено-каналните перфорации в средната или апикалната 1/3 от кореновия канал се определят като по-малко сериозни, отколкото тези в коронарната 1/3 или пода на пулпната камера поради по-малката степен на бактериална контаминация при последните (22,26). С цел намаляване на бактериалната инвазия перфорационните дефекти трябва да бъдат възстановени възможно най-бързо с биопоносими материали. В обзорна статия са дискутирани необходимите качества на използвания за покриване на перфорационни дефекти материал, като например липса на токсичност, липса на преоцветяване на твърдите зъбни тъкани и на корозионна активност, наличие на бактериостатични или бактерицидни качества, лесна манипулативност, подходящо време на втвърдяване, димензионална стабилност, добра поносимост от страна на периодонталния лигамент, стимулиране регенерацията на перирадикуларните тъкани, рентгеноконтрастност, нечувствителност към наличието на влага или ниско рН (47).

През годините са описани многобройни материали, считани за подходящи при възстановяване на перфорационни дефекти, като например амалгама, калциев хидроксид, трикалциев фосфат, цинков оксид, хидроксилапатит, глас-йонномерен цимент, super-EBA цимент, композитни материали, IRM, гутаперка и др. Установено е, че нито един от тези материали не е в състояние да възстанови нормалната архитектура на наличните дефекти и да отговори на изискванията към идеалния материал (22,23,43). През 1993 г. е представен нов вид възстановителен материал – минерал триоксид агрегат (MTA) (21). MTA е механична смес от 3 съставки: 75% портландцимент, 20% бисмутов оксид и 5% гипс. Съдържа също и следи от SiO_2 , CaO , MgO , K_2SO_4 и Na_2SO_4 (40). Съществуват два вида MTA – бял и сив (34). Белият е разработен по-късно – през 2002 г. от Dentsply Maillefer. Сивият MTA съдържа калциев оксид, дикалциев силикат, трикалциев алуминат, тетракалциев алуминоферит и калциев сулфат дихидрат. Белият MTA съдържа по-малко количество тетракалциев алуминоферит. Основната разлика в състава на белия и сивия MTA е резултат от по-ниското съдържание на железен оксид в бе-

лия. Това води от една страна до промяна на цвета на материала от сив в бял, а от друга – води до промяна на процентните съотношения на силиций и алуминий в двата материала. Сивият МТА води до промяна на цвета на твърдите зъбни тъкани и гингивата и приложението му е ограничено във видимите части на съзъбието (5,7,16).

МТА се определя и като най-предпочитан материал за създаване на апикален плъг при obtуриране на коренови-канални, при които е трудно постижимо създаването на апикален стоп (37). Намира приложение и като материал за ретроградно obtуриране след апикална резекция. Това се дължи на биологичната му поносимост, стимулирането на остео- и циментогенезата, антибактериалната активност, както и възможността за постигане на по-добра маргинална адаптация в сравнение с другите материали, използвани за запечатване на апикалния регион. Освен това материалът притежава качества като димензионална стабилност, рентгеноконтрастност, неразтворимост в тъканни течности и хидрофилност, което го прави приложим и в по-трудно подсушими коренови канали (11,12,17,29).

В областта на ендодонтията и консервативното зъболечение МТА намира широко приложение също и като пулпопокривно средство при директно пулно покритие и пулпотомия, като материал за ретроградно obtуриране след апикална резекция, за създаване на апикален плъг на корено-каналната запълнка при зъби с незавършено кореново развитие, апикална резорбция или широк апикален форамен, както и като материал за дефинитивно obtуриране на кореновите канали при определени индикации (45).

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Разгледани са статии и публикации и са сравнени резултати от проучвания по темата с цел да бъдат описани основните разлики между двата типа МТА относно основните им механични качества и способността за херметично запечатване на корено-каналната система.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Едно от основните изисквания, на които трябва да отговарят материалите, използвани за ортоградно или ретроградно obtуриране на коренови канали, е да са неразтворими в тъканни течности (14,15). Деструкцията и дезинтеграцията на материала водят до създаване на микропроцепи между каналната запълнка и стените на

кореновия канал, което създава пътища за проникване и развитие на микроорганизми (1,12, 33).

Друго важна характеристика на материалите е тяхната микротвърдост, което има отношение към резистентността на материала към деформации. Този параметър се определя от фактори като модул на еластичност на материала, влажност на средата и стабилност на кристалната структура на материала (20,36).

Mahdis и Bahzad (33) в свое изследване сравняват разтворимостта и микротвърдостта на белия и сивия МТА след 24-часов престой в дестилирана вода. По отношение на разтворимостта авторите установяват 0,16% и 0,19% разтворимост съответно за белия и сивия МТА – стойности, без статистически значима разлика. Отчетена е и разтворимостта след седемдневен престой в дестилирана вода – съответно 16,32% и 11,33% за белия и сивия МТА. По отношение на микротвърдостта на първия ден тя е установена значително по-висока за бялата от тази на сивата формула със стойности съответно 53,7 и 43,6. По-високи стойности на микротвърдостта на белия МТА са отчетени и на другите интервали на проведено на изследването – на 24-тия час, на 72-рия час и на седмия ден.

Основните различия между белия и сивия МТА са свързани с по-ниското съдържание на алуминий, магнезий и железни оксиди в бялата формула. Белият МТА се характеризира с по-малък размер на частиците, отколкото сивия, което води до по-голяма абразивоустойчивост на повърхността, а с това и до по-добри механични качества, с което може да се обясни и по-високата микротвърдост на бялата формула.

Резултатите на друго проведено изследване (42) също установяват по-висока степен на микротвърдост на белия МТА спрямо сивия. Анализ на повърхността на втвърдения материал установява, че кристалите на сивата формула са 8 пъти по-големи от тези на бялата. В свое изследване Matt et al. (35) не установяват статистически значима разлика между твърдостта на двете формули.

Различните получени от изследванията резултати могат да се обяснят с различната продължителност на отделните изследвания, както и на различните периоди на отчитане на резултатите.

Mahdis и Bahzad (33) установяват, че за период от седем дни микротвърдостта на белия МТА намалява от 53,7 до 51,7, докато тази на сивата формула се увеличава от 43,6 на първия ден до 48 на седмия ден.

При измерване на микротвърдостта трябва да се вземат под внимание и фактори като киселинност на средата, дебелина на слоя материал, големина на прилаганата за измерване сила, степен на насищане с кислород и влажност на средата. Контактът с кисела среда има вредно въздействие върху твърдостта както на белия, така и на сивия МТА. МТА се характеризира с кубоидни и игловидни по форма кристали, като игловидните се разполагат между кубоидните и отсъстват при втвърдяване на материала в кисела среда. Намаляването на твърдостта на материала при ниско рН може да се обясни точно с тази липса на игловидни кристали. Ниската степен на влажност, ниското рН и високото налягане могат да окажат негативен ефект върху твърдостта на материала (19).

Изследване, проведено от Matt et al. (35), сравнява бялата и сивата формула по отношение възможността за херметично запечатване на апикалната зона на корено-каналната система. Установено е, че използваният в изследването бял МТА води до по-значително микропросмукване, отколкото сивия, което от своя страна води и до забавяне на оздравителния процес. По-късните подобрения в състава на белия МТА водят до промяна на размера на частиците на материала (44). Проведените след това изследвания, сравняващи възможността за херметично запечатване на апикалната зона, установяват сходна степен на микропросмукване между двете формули (22,26,38,46).

Al-Hezaimi et al. (4) в свой експеримент установяват по-голяма пропускливост на белия МТА към слюнка, отколкото на сивия, която обаче не е в статистически значими стойности. Ferris и Baumgartner (22) сравняват двете формули на материала по отношение пенетрацията на микроорганизми и също установяват статистическа незначима разлика в полза на сивата формула на материала.

Разликите между пропускливостта на двете формули на материала могат да се обяснят с различната степен на разширяване при втвърдяване. Islam et al. (28) и Chng et al. (18) установяват експанзия след втвърдяване на сивия и белия МТА от 0,25% и 0,30% съответно.

Patel et al (39) в свое *in vitro* изследване сравняват чрез оцветителен метод възможността на двете формули на МТА да запечатат херметично перфорационни дефекти. Авторите установяват статистически незначими разлики между възможността за херметично запечатване на двете формули на МТА (Angelus). Подобни резулта-

ти са получени и от други сходно проведени изследвания (4,8,22).

Разглеждана е възможността за херметично запечатване и индуциране на тъканна регенерация на МТА, връзката между МТА и дентиновите тубули, както и маргиналната адаптация на материала. Komabayashi et al. (31) доказват, че формата на малките МТА-частици (размер 1,5 μm) им позволява да навлязат в разкритите дентинови тубули (2-5 μm). Според авторите това е един от основните механизми, позволяващи постигане на херметично запечатване. Сивата формула на МТА се характеризира с размер на частиците 1-10 μm , а бялата – с размери около 1 μm . Частиците на белия МТА са по-фини и хомогенни. Това води до увеличаване на контактната повърхност на материала и води от една страна до подобряване на механичните качества, а от друга – до подобряване на манипулативните.

МТА е технически чувствителен материал и изисква внимателно поставяне с цел осигуряване на херметично запечатване (3). Съотношението прах:течност и порьозността оказват значително влияние върху механичните качества на денталните материали. Това означава, че и размесването и поставянето на материала имат отношение към успеха от проведеното лечение (9,10). Изследвания, разглеждащи различните техники на размесване и поставяне на МТА, показват, че ултразвуковото размесване на материала увеличава неговата течливост и разтворимост и намаляване времето на втвърдяване и манипулативното време (41).

Съществуват и различни методи на поставяне на материала в кореновия канал. Предишни изследвания доказват, че ултразвуковото поставяне на материала в апикалната зона не подобрява значително създаването на херметична бариера, непронусклива за микроорганизми, но води до рентгенографски по-плътна корено-канална obturation (30). Освен това индиректната активация с ултразвукови накрайници, прилагана заедно с ръчна кондензация с плъгери, води до по-плътен аликален плъг, отколкото приложението само на ръчната кондензация (48). Резултатите от друго изследване доказват, че мануалната кондензация води до по-добра адаптация и по-малка порьозност, сравнена с директната ултразвукова техника на поставяне (6).

ИЗВОДИ

Въз основа на разгледаната по темата литература можем да заключим, че въпреки различията в химичния си състав, при правилно размес-

ване и използване съобразно индикациите, белият и сивият МТА са в състояние да осигуряват съпоставимо добро херметично запечатване на апикалния регион и на перфорационни дефекти. Поради по-малкия размер на частиците си и липсата на преоцветяване на зъбните тъкани бялата формула се свързва с по-добри механични, манипулативни и естетични качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова-Папанчева Цв., Папанчев Г., Пеев Ст., Панов Вл. Необходими свойства на материали за ретроградно obturation на коренови канали. Трети научен конгрес, столична районна колегия, БЗС, 2013, с. 42-46.
2. Akbar I. Radiographic study of the problems and failures of endodontic treatment. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2015;9(2): 111-118.
3. Al Fouzan K, Awadh M, Badwelan M, Gamal A, Geevarghese A, et al. Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) to root dentin surface with orthograde/retrograde application techniques: A microcomputed tomographic analysis. *J Conserv Dent*. 2015; 18(2):109-13.
4. Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate cements. *J Endod* 2005;31:453- 6.
5. Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Comparison of antifungal activity of white-colored and gray-colored mineral trioxide aggregate (MTA) at similar concentrations against *Candida albicans*. *J Endod*. 2006;32(4):365-7.
6. Aminoshariae A, Hartwell GR, Moon PC. Placement of mineral trioxide aggregate using two different techniques. *J Endod*. 2003;29(10):679-82.
7. Asgary S, Parirokh M, Egbbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005;31:101-3.
8. Bargholz C. Perforation repair with mineral trioxide aggregate: a modified matrix concept. *Int Endod J*. 2005; 38(1):59-69.
9. Basturk FB, Nekoofar MH, Gunday M, Dummer PM. Effect of various mixing and placement techniques on the flexural strength and porosity of mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2014; 40(3):441-5.
10. Basturk FB, Nekoofar MH, Gunday M, Dummer PM. Effect of varying water-to-powder ratios and ultrasonic placement on the compressive strength of mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2015;41(4):531-4.
11. Bernabé PF, Gomes-Filho JE, Rocha WC, Nery MJ, Otoboni-Filho JA, et al. Histological evaluation of MTA as a root-end filling material. *Int Endod J* 2007;40:758-65.
12. Borisova-Papancheva Ts, Panov VI, Peev St, Papanchev G. Root-end Filling Materials – Review. *Scripta Scientifica Medicinæ Dentalis*. 2015;1(1): 9-15.
13. Borisova-Papancheva Ts. Survey of the frequency of apicoectomy and retrograde obturation. *MedInform* 2015 2 (3), 267-274.
14. Borisova-Papancheva Ts. Healing Processes of Periapical Endodontic Lesions after Retrograde Filling. Varna 2015
15. Borisova-Papancheva Ts. Questionnaire Survey About The Awareness of Dentists on Materials Used for Root-Canal Filling Before Apical Resection. *Varna Medical Forum* 2015; 4(2): 116-20.
16. Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J*. 2006;39(10):747-54.
17. Castellucci A. The use of mineral trioxide aggregate in clinical and surgical endodontics. *Dent Today* 2003;22:74-81.
18. Chng HK, Islam I, Yap AU, Tong YW, Koh ET. Properties of a new root-end filling material. *J Endod* 2005;31:665- 8.
19. Chogle S, Mickel AK, Chan DM, Huffaker K, Jones JJ. Intracanal assessment of mineral trioxide aggregate setting and sealing properties. *Gen Dent*. 2007;55(4):306-311.
20. 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):213-219.
21. De-Deus G, Petrucci V, Gurgel-Filho E, Coutinho-Filho T. MTA versus Portland cement as repair material for furcal

- perforations: a laboratory study using a polymicrobial leakage model. *Int Endod J.* 2006;39(4):293-8.
22. Ferris DM, Baumgartner..Perforation repair comparing two types of mineral trioxide aggregate. *JCJ Endod.* 2004;30(6):422-4.
 23. Ford TR, Torabinejad M, McKendry DJ, Hong CU, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995; 79(6):756-63.
 24. Haji-Hassani N, Bakhshi M, Shahabi S Frequency of Iatrogenic Errors through Root Canal Treatment Procedure in 1335 Charts of Dental Patients. *J Int Oral Health.* 2015; 7(1): 4–17.
 25. Hamad HA, Tordik PA, McClanahan. Furcation perforation repair comparing gray and white MTA: a dye extraction study. *SBJ Endod.* 2006; 32(4):337-40.
 26. Hashem AA, Hassanien EEJ *Endod. ProRoot MTA, MTA-Angelus and IRM used to repair large furcation perforations: sealability study.* 2008; 34(1):59-61.
 27. Iqbal A. The Factors Responsible for Endodontic Treatment Failure in the Permanent Dentitions of the Patients Reported to the College of Dentistry, the University of Aljouf, Kingdom of Saudi Arabia. *J Clin Diagn Res.* 2016.
 28. Islam I, Chng HK, Yap AU. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and Portland cement. *J Endod* 2006;32:193–7.
 29. Johnson BR, Fayad MI, Witherspoon DE. Periradicular surgery. In: Hargreaves KM, Cohen S, Berman LH, editors. *Pathways of the Pulp.* 10th ed. Missouri: Elsevier Inc.; 2011. p. 720-76.
 30. Kim US, Shin SJ, Chang SW, Yoo HM, Oh TS, et al. In vitro evaluation of bacterial leakage resistance of an ultrasonically placed mineral trioxide aggregate orthograde apical plug in teeth with wide open apices: a preliminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107(4):e52-6.
 31. Komabayashi T, Spångberg LS. Particle size and shape analysis of MTA finer fractions using Portland cement. *J Endod.* 2008; 34(6):709-11.
 32. Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *J Am Dent Assoc* 2005;136:187-93.
 33. Mahdis N, Bahzad Y. Comparison of Mechanical and Physical Properties of White and Gray Mineral Trioxide Aggregate Useable in Dentistry. *Crescent Journal of Medical and Biological Sciences.* 2018; 5(2): 155–159.
 34. Macwan C, Deshpande A. Mineral trioxide aggregate (MTA) in dentistry: A review of literature. *J Oral Res Rev* 2014;6:71-4
 35. Matt GD, Thorpe JR, Strother JM, McClanahan SB. Comparative study of white and gray mineral trioxide aggregate (MTA) simulating a one- or two-step apical barrier technique. *J Endod* 2004;30:876 –9.
 36. Namazikhah MS, Nekoofar MH, Sheykhrezae MS, et al. The effect of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2008;41(2):108- 116.
 37. Pai AR, Shrikrishna SB, Shah N. Surgical management of overfilled gutta-percha and root capping with mineral trioxide aggregate in a young patient. *Journal of Interdisciplinary Dentistry.* 2014; 4 (3): 148-51.
 38. Parirokh M, Asgary S, Eghbal MJ, et al. A comparative study of white and grey mineral trioxide aggregate as pulp capping agents in dog's teeth. *Dent Traumatol* 2005;21:150–4.
 39. Patel N, Patel K, Baba SM, Jaiswal S, Venkataraghavan K, et al. Comparing Gray and White Mineral Trioxide Aggregate as a Repair Material for Furcation Perforation: An in Vitro Dye Extraction Study. *J Clin Diagn Res.* 2014; 8(10): ZC70–ZC73.
 40. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2005;31(2):97-100.
 41. Shahi S, Ghasemi N, Rahimi S, Yavari HR, Samiei M, et al. The effect of different mixing methods on the flow rate and compressive strength of mineral trioxide aggregate and calcium-enriched mixture. *Iran Endod J.* 2015;10(1):55-8.
 42. Sheikhrezaie M, Nekoofar M, Oloomi K. Comparative evaluation of the

- microhardness of White and Gray MTA after contamination with blood. J Dent Med. 2008;21(4):255-263.
43. Sinkar RC, Patil SS, Jogad NP, Gade VJ. Comparison of sealing ability of ProRootMTA, RetroMTA, and Biodentine as furcation repair materials: An ultraviolet spectrophotometric analysis. J Conserv Dent 2015;18:445-8.
 44. Storm B, Eichmiller FC, Tordik PA, Goodell GG. Setting Expansion of Gray and White Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement. JOE . 2008; 34(1): 80-82.
 45. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. J Endod. 1999; 25(3):197-205.
 46. Tselnik M, Baumgartner C, Marshall JG. Bacterial leakage with mineral trioxide aggregate or resin-modified glass ionomer used as a coronal barrier. J Endod 2004;30:782– 4.
 47. Watts JD, Holt DM, Beeson TJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. Effects of pH and mixing agents on the temporal setting of tooth-colored and gray mineral trioxide aggregate. J Endod.2007; 33(8):970-3.
 48. Yeung P, Liewehr FR, Moon PC. A quantitative comparison of the fill density of MTA produced by two placement techniques. J Endod. 2006; 32(5):456-9.
 49. Yousuf W, Khan M, Sheikh A. Success Rate of Overfilled Root Canal Treatment. Ayub Med Coll Abbottabad. 2015; 27(4):780-3.

Адрес за кореспонденция:
Славена Светлозарова Георгиева
Факултет по дентална медицина,
Медицински университет – Варна
бул. „Цар Освободител ” 84
e-mail: slavena-georgieva@abv.bg