Биокерамика в современной эндодонтии

© Митронин А.В., Останина Д.А., Митронин Ю.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова»
Министерства Здравоохранения Российской Федерации

Резюме:

Внедрение в клиническую практику модифицированных биокерамических материалов на основе силикатов кальция изменило стандарты и стратегии эндодонтического лечения. В обзорной статье освещены современные кальцийсиликатные цементы, которые используются в различных областях эндодонтии, включая сохранение жизнеспособности пульпы, obturацию корневых каналов, лечение эндодонтических осложнений и регенерацию пульпы. Приведены классификации биокерамических материалов, основанные на их химическом составе и специфическом применении в эндодонтии. Представлены физико-химические и биологические свойства различных типов материалов, а также особенности их клинического применения.

Ключевые слова: биокерамика, биокерамический силер, кальцийсиликатные цементы, МТА, минеральный триоксидный агрегат.

Статья поступила: 17.06.2021; **исправлена:** 21.08.2021; **принята:** 30.08.2021.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Для цитирования: Митронин А.В., Останина Д.А., Митронин Ю.А. Биокерамика в современной эндодонтии. Эндодонтия today. 2021; 19(3):166-170. DOI: 10.36377/1683-2981-2021-19-3-166-170.

Bioceramics in modern endodontics

© A.V. Mitronin, D.A. Ostanina, Yu.A. Mitronin

Federal State Budgetary Educational Institution of the Higher Education
“A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation

Abstract:

The introduction of modified bioceramic calcium silicate-based materials into clinical practice has changed the standards and strategies of endodontic treatment. The review article highlights modern calcium silicate-based cements that are used in various areas of endodontics, including vital pulp therapy, root canal obturation, management of endodontic complications and pulp regeneration. The classifications of bioceramic materials based on their chemistry and specific use in endodontics are presented. The physicochemical and biological properties of various types of materials, as well as the features of their clinical application, are described.

Keywords: bioceramics, bioceramic sealer, calcium silicate cements, MTA, mineral trioxide aggregate.

Received: 17.06.2021; **revised:** 21.08.2021; **accepted:** 30.08.2021.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For citation: A.V. Mitronin, D.A. Ostanina, Yu.A. Mitronin. Bioceramics in modern endodontics. Endodontics today. 2021; 19(3):166-170. DOI: 10.36377/1683-2981-2021-19-3-166-170.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в эндодонтии наблюдается смена парадигмы. Внедрение в клиническую практику модифицированных биокерамических материалов на основе силикатов кальция изменило стандарты и стратегии эндодонтического лечения. Ученые и клиницисты продолжают изучать новые кальцийсиликатные цементы и методы их применения в исследованиях *in vitro* и *in vivo*, результаты которых уже свидетельствуют о превосходящих клинических успехах в сравнении с традиционными материалами и техниками [1-3].

Первым материалом на основе силикатов кальция, который был революционно внедрен в эндодонтическую практику в начале XX века, является минеральный триоксидный агрегат (МТА). МТА является строительным портландцементом, но на сегодняшний день также запатентован для применения в клинической стоматологии [4]. Материалы минерального триоксидного агрегата используются при сохранении жизнеспособности пульпы, для ретроградного пломбирования корневых каналов в хирургической эндодонтии и для закрытия перфораций корня. Основной особенностью оригинального состава МТА является содержа-

ние алюминия в рентгенконтрастном портландцементе, который смешивается с водой для отверждения. Портландцемент твердеет в процессе реакции гидратации с образованием гидроксида кальция и гидрата силиката кальция [3]. Образование гидроксида кальция создает дополнительные условия для многогранного применения портландцемента в большинстве эндодонтических процедур.

Основной целью разработки биокерамических материалов на основе трикальцийсиликата было устранение портландцементной фазы. Причиной тому является содержание в составе портландцемента таких элементов, как алюминий, мышьяк, хром и свинец [5,6]. В экспериментальных исследованиях на животных были обнаружены следы алюминия в сыворотке крови [7], а также установлено, что соединения алюминия обладают потенциальной токсичностью для организма и могут вызывать окислительный стресс в головном мозге [8]. В 2006 году компанией BioCeramix Inc, (Ванкувер, Канада) была запатентована оригинальная рецептура биокерамики в качестве альтернативы портландцементу, Патент №7553362 [9].

В настоящее время отсутствует предельная ясность, какие материалы можно классифицировать как биокерамику. Биокерамика – это обобщенное определение всех типов цемента на основе силикатов кальция. Впервые термин «биокерамика» упоминается в статье De Deus и соавт. в 2009 при изучении цитотоксичности инновационного биокерамического материала BioAggregate (BioCeramix Inc, Vancouver, Canada) [10-11]. В вышеупомянутом патенте биокерамика представлена как новый тип материалов на основе трикальцийсиликата, что указывает на изменение типа цемента и отсутствие алюминия в его составе [9]. Тем не менее, на сегодняшний день сведения о новых биокерамических материалах весьма ограничены, что требует дополнительных научных и клинических исследований. Новые биокерамические технологии востребованы в стоматологии, и это направление в эндодонтии стремительно прогрессирует.

Классификация биокерамических материалов

На стоматологическом рынке широко представлены биокерамические материалы различных типов. Согласно Camilleri, биокерамические цементы можно классифицировать в соответствии с клиническим при-

менением и химическим составом. Классификация биокерамических цемента по способу применения основана на тех изменениях, которым подвергается цемент в зависимости от среды использования [11-12]. Таким образом, существует 3 основные области применения:

- Интракорональное применение – цементы для прямого/непрямого покрытия пульпы, цементы для регенеративных эндодонтических процедур;
- Интрадикулярное применение – силеры для obturации корневых каналов, цементы для формирования апикальной пробки;
- Экстарадикулярное применение – цементы для ретроградного пломбирования корневых каналов, цементы для закрытия перфораций корня.

Манипуляционные характеристики, физико-химические и биологические свойства цемента, и, в частности, процесс гидратации, зависят от химического состава материалов [11]. Исходя из этого, на сегодняшний день существует пять типов кальцийсиликатных цемента, которые представлены в таблице 1 [12]. Помимо того, что биокерамические кальцийсиликатные цементы демонстрируют различные физико-химические свойства [3], они также представлены в различных производственных формах, таких как порошок/жидкость, в капсулах или в виде предварительно смешанных цемента в готовых для использования шприцах (Рис.1).

КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ БИОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Биокерамические материалы для сохранения жизнеспособности пульпы

Биокерамические цементы применяются при витальной терапии пульпы методами непрямого, прямого покрытия пульпы и частичной или полной пульпотомии зубов [13]. Данные материалы также используются при выполнении методик апексогенеза в постоянных зубах с незавершенным формированием корней. Более того, кальцийсиликатные цементы используются в качестве барьерного материала в регенеративной эндодонтии.

Цементы всех 5 типов подходят для интракоронального применения. Однако, предварительно смешанные материалы в шприцах (5 типа) ранее не применялись при проведении пульпосохраняющей терапии.

Таблица 1. Классификация биокерамических цемента, основанная на их химическом составе.

Table 1. Classification of bioceramic cements based on their chemistry.

Тип цемента	Торговые представители	Цемент	Вода	Добавки ¹	Рентген-контрастное вещество
1	ProRoot MTA (Dentsply, Tulsa, OK, USA)	Портландцемент	+	–	+/-
2	MTA Angelus (Angelus, Londrina, Brazil); MM-MTA (Coltene Micro-Mega, Besancon, France), Триоксидент (ВладМиВа, Россия), Рутдент (Технодент, Россия)	Портландцемент	+	+	+
3	Endoseal (Gangwon-do, South Korea)	Портландцемент	–*	+	+
4	Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, France)	Трикальций/дикальций силикат	+	+	+
5	TotalFill (FKG, La Chaux-de-Fonds, Switzerland)	Трикальций/дикальций силикат	–**	+	+

* отверждение за счет впитывания жидкости из окружающей среды

** цемент типа 5 относится к предварительно смешанным материалам

¹ В составе цемента используются следующие добавки: оксид кальция / гидроксиапатит / карбонат кальция / хлорид кальция и др.

Рис. 1. Биокерамические материалы, представленные в различных производственных формах; а – форма порошок/жидкость; б – материал в капсулах; с – предварительно смешанный и готовый к использованию материал в шприце.

Fig. 1. Bioceramic materials presented in various production forms; a – powder / liquid form; b – material in capsules; c – pre-mixed and ready-to-use material in a syringe.

Это связано с ограниченным количеством жидкости, доступной для запуска процесса гидратации кальций-силикатного цемента, а также с длительным временем отверждения, что усложняет клиническую технику его использования. Исключительным биокерамическим материалом на водной основе, который был специально разработан для применения в пульпосохраняющей терапии, является Biodentine (Septodont, France). Данный материал относится к цементам 4 типа, потому он смешивается с водой и отверждается в результате реакции гидратации.

При сохранении жизнеспособности пульпы наиболее правильным считается восстановление зуба в одно посещение. Однако, подготовка полости к пломбированию светоотверждаемыми композитными материалами, а именно травление твердых тканей зубов, приводит к разрушению микроструктуры кальций-силикатного цемента [14]. Было продемонстрировано, что прочность связи адгезивной системы с биокерамическими цементами является слабой, к тому же она недолговечна [15]. Причиной тому является различный химический состав гидрофильного Biodentine и гидрофобных адгезивных систем. Следовательно, по данным ряда авторов рекомендуется наложение изолирующей прокладки поверх кальций-силикатных цемента перед созданием постоянной реставрации из композиционных материалов [14–16].

Применение биокерамических материалов в регенеративной эндодонтии

Регенеративная эндодонтия обеспечивает альтернативный подход к эндодонтическому лечению молодых зубов, чем привлекает особый интерес ученых и клиницистов. Общеизвестно, что пульпа зуба имеет значительный регенеративный и репаративный потенциал. Многими авторами была продемонстрирована возможность завершения формирования корней у молодых зубов после провокации кровотечения в корневом канале, и в последующем такая процедура получила название «реваскуляризации» зуба. В последние годы Европейской Эндодонтической Ассоциации была введена альтернативная терминология – «направленной эндодонтической репарации» или «ревитализации» зубов [11].

Ревитализация показана при лечении молодых зубов с незавершенным формированием корней, которым был поставлен диагноз некроз пульпы. Ревитали-

зация во многом схожа с методикой создания апикальной пробки, при которой в область открытых верхушек корней вносят также кальций-силикатные материалы. Тем не менее, основным отличием данных методик является то, что ревитализация дает возможность увеличить длину корня и его толщину [17]. Однако, отдаленные результаты варьируются и сложно прогнозируемы. Подробный клинический протокол процедуры ревитализации зуба представлен в рекомендациях Европейской и Американской Эндодонтических Ассоциаций [18].

В процессе ревитализации биоактивность кальций-силикатных материалов обусловлена образованием на их поверхности карбонат-апатита в контакте с тканевой жидкостью [11, 14]. Известно, что карбонат-апатит является биологическим элементом, который содержится в минерализованных тканях, тем самым он играет иницирующую роль в отношении биоактивного потенциала биокерамических материалов и их цитокиновой совместимости [10]. Хотя современные рецептуры цемента на основе трикальций-силиката отвечают всем стандартам и в настоящее время являются ключевым материалом для ревитализации зубов, представляется необходимым дальнейшая разработка более узконаправленных материалов для использования в регенеративной эндодонтии.

Биокерамические материалы для obturation корневых каналов

Материалы на основе силикатов кальция могут быть использованы в качестве силеров при obturation корневых каналов. Основными преимуществами таких силеров являются биосовместимость с тканями периодонта, биологическая и антибактериальная активность [1]. Представителями современными биокерамическими силерами являются iRoot SP (Innovative BioCeramix, Vancouver), EndoSequence BC Sealer™ (Bressler USA, North America) и TotalFill BC Sealer (FKG Dentaire, Switzerland), EndoSequence BC Sealer HiFlow и TotalFill BC Sealer HiFlow, Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, PR, Brazil), Well-Root ST (Vericom, Korea), CeraSeal (Meta Biomed Co., Korea), BioRoot™ RCS (Septodont, France). Следует отметить, что первые три вышеупомянутые материалы имеют одинаковую рецептуру и состав, но реализуются на стоматологическом рынке под разными названиями на различных континентах. Биокерамические силеры рекомендуется использовать в технике

обтурации одним штифтом, при этом использование гуттаперчевого мастер-штифта необходимо для увеличения гидравлического давления и текучести материала внутри корневого канала для заполнения труднодоступных областей – истмусов, латеральных каналов и дентинных канальцев [3].

Кальцийсиликатные силеры представлены в нескольких формах: порошок/жидкость или в виде предварительно смешанных, готовых к использованию силеров в шприце. Свойства силеров в различных формах значительно отличаются друг от друга. Материал BioRoot RCS (Septodont, France), который смешивают перед использованием, обладает способностью отверждаться полностью, в то время как предварительно смешанные силеры в шприце, например, TotalFill BC Sealer (FKG, Switzerland), не способны затвердевать в сухой среде [19]. Следовательно, при пломбировании корневых каналов с использованием биокерамических силеров 5 типа ставится под сомнение правомерность полного высушивания корневого канала перед obturацией.

Сообщается, что при применении методики вертикальной конденсации гуттаперчи ухудшаются физико-химические характеристики силеров на водной основе, таких как BioRoot™ RCS, вследствие воздействия тепла [20]. Предварительно смешанные силеры менее восприимчивы к изменениям температуры, так как у них есть альтернативная несущая среда [11]. Более того, производителями были специально разработаны силеры, которые могут применяться при пломбировании корневых каналов горячей гуттаперчей или методиками obturации с применением тепла. К таковым силерам относятся TotalFill BC Sealer HiFlow и EndoSequence BC Sealer HiFlow.

Биокерамические материалы для лечения эндодонтических осложнений

До внедрения в клиническую практику материалов МТА процент благоприятных исходов закрытия перфорации был относительно низким вследствие плохой биосовместимости, слабой герметизирующей спо-

собности и высокой цитотоксичности используемых материалов [5, 7]. В последние годы были разработаны модифицированные биокерамические материалы, которые могут быть использованы в качестве силеров/филлеров, материалов для ретроградного пломбирования и репарации корней. К таким материалам относятся iRoot BP, EndoSequence BC RRM и TotalFill BC RRM в трех модификациях Paste (паста), Putty (материалы повышенной вязкости), Fast Set Putty (материалы быстрого отверждения); а также Well-Root™ PT (Vericom, Korea) и Biodentine (Septodont, France).

В каждой клинической ситуации выбор материала для закрытия перфораций корня напрямую зависит от клинических условий, к которым относится размер и локализация перфорации, наличие прямого доступа к перфорации и возможность ее визуализации, а также опыт клинициста. Если клинический случай сложный и не позволяет врачу ввести и провести конденсацию материала повышенной вязкости под адекватным визуальным контролем, рекомендуется использовать пасты. Это связано с тем, что благодаря высокой текучести и проникающей способности кальцийсиликатных материалов в форме пасты, качество герметизации труднодоступной области перфорации будет значительно выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биокерамические материалы в эндодонтии – это материалы на основе трикальций силиката, химически синтезированного в лабораторных условиях, которые не имеют в составе соединений алюминия. Модификации кальцийсиликатных цемента нового поколения обладают улучшенными свойствами по сравнению с традиционными материалами МТА. В многочисленных исследованиях была подтверждена их превосходящая клиническая эффективность и значительные преимущества перед портландцементными. Обширная научная база указывает на то, что новые типы кальцийсиликатных цемента в ближайшем будущем станут золотым стандартом в большинстве эндодонтических процедур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Хабдазе З.С., Морданов О.С., Тодуа И.М., Солиманов Ш.М., Нажмудинов Ш.А., Магомедов О.И., Аджиева А.Б. Характеристики и обоснование клинического применения силера на основе трикальций силикатного цемента. *Эндодонтия Today*. 2019;17(4):30-33.
2. Манак Т.Н., Ключко К.Г. Биокерамические эндогерметики: обзор новых гистоскопических стоматологических материалов. *Современная стоматология*. 2020;3(80):11-17.
3. Крихели Н.И., Пустовойт Е.В., Журавлева Е.Г., Аракелян И.Р., Рыбалкина Е.А. Биокерамические силеры. Обзор физико-химических и биологических свойств. *Российская стоматология*. 2020;4(13):32-36.
4. Torabinejad M, White JD. Tooth filling material and method of use. Patent number: 5415547; 1993.
5. Chang SW, Shon WJ, Lee W, Kum KY, Baek SH, Bae KS. Analysis of heavy metal contents in gray and white MTA and 2 kinds of Portland cement: a pre-liminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010;109(4):642-6.
6. Schembri M, Peplow G, Camilleri J. Analyses of heavy metals in mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Endod*. 2010;36(7):1210-5.
7. Demirkaya K, Can Demirdöğen B, Öncel Torun Z, Erdem O, Çetinkaya S, Akay C. In vivo evaluation of the effects of hydraulic calcium silicate dental cements on plasma and liver aluminium levels in rats. *Eur J Oral Sci*. 2016;124(1):75-81.
8. Demirkaya K, Demirdöğen BC, Torun ZÖ, Erdem O, Çırak E, Tunca YM. Brain aluminium accumulation and oxidative stress in the presence of calcium silicate dental cements. *Hum Exp Toxicol*. 2017;36(10):1071-80.
9. Lu D, Zhou S. High strength biological cement composition and using the same. Patent number: 7553362; 2006.
10. De-Deus G, Canabarro A, Alves G, Linhares A, Senne MI, Granjeiro JM. Optimal cytocompatibility of a bioceramic nanoparticulate cement in primary human mesenchymal cells. *J Endod*. 2009;35(10):1387-90.
11. Drukteinis S., Camilleri J. (eds.), *Bioceramic Materials in Clinical Endodontics*, 1
12. Camilleri J. Classification of hydraulic cements used in Dentistry. *Frontiers in Dental Medicine – Dental Materials* 2020.
13. Митронин А.В., Останина Д.А., Митронин Ю.А. Биокерамические материалы для сохранения жизнеспособности пульпы: систематический обзор и метаанализ. *Стоматология*. 2019;6-2:91-92.
14. Camilleri J. Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *J Dent*. 2013;41(7):600-10.
15. Meraji N, Camilleri J. Bonding over dentin replacement materials. *J Endod*. 2017;43(8):1343-9.
16. Митронин А.В., Останина Д.А., Митронин Ю.А. К вопросу о необходимости изолирующей прокладки при работе с кальций-силикатными цементами для прямого покрытия пульпы. *Стоматология*. 2019; 6-2:36-37.
17. Lin J, Zeng Q, Wei X, Zhao W, Cui M, Gu J, et al. Regenerative endodontics versus apexification in immature permanent teeth with apical periodontitis: a prospective randomized controlled study. *J Endod*. 2017;43(11):1821-7.
18. Galler KM, Krastl G, Simon S, Van Gorp G, Meschi N, Vahedi B, et al. European Society of Endodontology position statement: revitalization procedures. *Int Endod J*. 2016;49(8):717-23.
19. Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated

overview – part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J.* 2018;51(3):284–317.

REFERENCES:

1. Khabadze Z.S., Mordanov O.S., Todua I.M., Solimanov S.M., Nazhmudinov S.A., Magomedov O.I., Adzhieva A.B. Literature review Characteristics and rationale for the clinical application of tricalcium silicate cement sealer. *Endodontics Today.* 2019;17(4):30–33.
2. Manak T.N., Klyuiko K.G. Bioceramic endo-sealants: a review of new hygroscopic dental materials. *Modern dentistry.* 2020; 3 (80): 11–17.
3. Krikheli N.I., Pustovoit E.V., Zhuravleva E.G., Arakelyan I.R., Rybalkina E.A. Bioceramic sealers. A review of physical, chemical and biological properties. *Russian dentistry.* 2020; 4 (13): 32–36.
4. Torabinejad M, White JD. Tooth filling material and method of use. Patent number: 5415547; 1993.
5. Chang SW, Shon WJ, Lee W, Kum KY, Baek SH, Bae KS. Analysis of heavy metal contents in gray and white MTA and 2 kinds of Portland cement: a pre-liminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109(4):642–6.
6. Schembri M, Peplow G, Camilleri J. Analyses of heavy metals in mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Endod.* 2010;36(7):1210–5.
7. Demirkaya K, Can Demirdöğen B, Öncel Torun Z, Erdem O, Çetinkaya S, Akay C. In vivo evaluation of the effects of hydraulic calcium silicate dental cements on plasma and liver aluminium levels in rats. *Eur J Oral Sci.* 2016;124(1):75–81.
8. Demirkaya K, Demirdöğen BC, Torun ZÖ, Erdem O, Çırak E, Tunca YM. Brain aluminium accumulation and oxidative stress in the presence of calcium silicate dental cements. *Hum Exp Toxicol.* 2017;36(10):1071–80.
9. Lu D, Zhou S. High strength biological cement composition and using the same. Patent number: 7553362; 2006.
10. De-Deus G, Canabarro A, Alves G, Linhares A, Senne MI, Granjeiro JM. Optimal cytocompatibility of a bioceramic nanoparticulate cement in primary human mesenchymal cells. *J Endod.* 2009;35(10):1387–90.
11. Drukteinis S., Camilleri J. (eds.), *Bioceramic Materials in Clinical Endodontics.*
12. Camilleri J. Classification of hydraulic cements used in Dentistry. *Frontiers in Dental Medicine – Dental Materials* 2020.
13. Mitronin A.V., Ostanina D.A., Mitronin Yu.A. Bioceramic materials for pulp capping: a systematic review and meta-analysis. *Stomatologiya.* 2019; 6-2: 91–92.
14. Camilleri J. Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *J Dent.* 2013;41(7):600–10.
15. Meraji N, Camilleri J. Bonding over dentin replacement materials. *J Endod.* 2017;43(8):1343–9.
16. Mitronin A.V., Ostanina D.A., Mitronin Yu.A. On the issue of the need for isolation material working with calcium silicate cements for direct pulp capping. *Stomatologiya.* 2019; 6-2: 36–37.
17. Lin J, Zeng Q, Wei X, Zhao W, Cui M, Gu J, et al. Regenerative endodontics versus apexification in immature permanent teeth with apical periodontitis: a prospective randomized controlled study. *J Endod.* 2017;43(11):1821–7.
18. Galler KM, Krastl G, Simon S, Van Gorp G, Meschi N, Vahedi B, et al. European Society of Endodontology position statement: revitalization procedures. *Int Endod J.* 2016;49(8):717–23.
19. Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J.* 2018;51(3):284–317.
20. Nasseh AA, Brave D. Using a bioceramic sealer in conjunction with vertical condensation. *Endod Prac.* 2015; 8:16–20.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Митронин А.В. – профессор, доктор медицинских наук, декан стоматологического факультета МГМСУ, заведующий кафедрой, Заслуженный врач РФ; ORCID ID: 0000-0002-3561-6222.

Останина Д.А. – ассистент, ORCID ID: 0000-0002-5035-5235.

Митронин Ю.А. – студент, ORCID ID: 0000-0002-3118-2869.

Кафедра кариесологии и эндодонтии. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства Здравоохранения Российской Федерации.

AUTHOR INFORMATION:

Alexander Mitronin – professor, Doctor of Medical Sciences, Dean of the Faculty of Dentistry, Head of the Department, Honored Doctor of Russian Federation; ORCID ID: 0000-0002-3561-6222.

Diana Ostanina – assistant, ORCID ID: 0000-0002-5035-5235.

Yuri Mitronin – student, ORCID ID: 0000-0002-3118-2869.

Department of Cariology and Endodontics. A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia.

Координаты для связи с авторами / Coordinates for communication with authors:

Митронин А.В. / Alexander Mitronin, E-mail: mitroninav@list.ru