

# Анализ физико-химической эффективности применения биокерамических силеров в эндодонтической практике

З. С. Хабадзе, Ю. А. Генералова, Я. А. Негорелова, Ф. Р. Исмаилов, Е. С. Шилиева

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН), Москва, Россия

## Резюме

Целью данного систематического обзора литературы является детализация основных физико-химических, биологических, эксплуатационных и других знаковых свойств биокерамических материалов, применяемых в эндодонтической практике. По данным изученной литературы можно сказать о том, что биокерамические эндодонтические материалы обладают удовлетворительными эксплуатационными свойствами, характеризуются антимикробным действием и щелочным pH, имеют оптимальную биосовместимость и биоактивность, что говорит о целесообразности их использования в клинической практике врача стоматолога-эндодонтиста.

**Ключевые слова:** биокерамика, силер, дентинные канальца, Endosequence BC, Biodentine.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Analysis of the physico-chemical efficiency of the bioceramic silers application in endodontic practice

Z. S. Khabadze, Yu. A. Generalova, Ya. A. Negorelova, F. R. Ismailov, E. S. Shilyaeva

<sup>1</sup> RUDN University, Moscow, Russia

## Abstract

The purpose of this systematic review of the literature is to detail the main physical, chemical, biological, operational, and other significant properties of bioceramic materials used in endodontic practice. According to the studied literature, we can say that bioceramic endodontic materials have satisfactory performance properties, are characterized by antimicrobial action and alkaline pH, have optimal biocompatibility and bioactivity, which indicates the feasibility of their use in the clinical practice of a dentist-endodontist.

**Key words:** bioceramics, siler, dentine tubules, Endosequence BC, Biodentine.

**Conflict of interest.** The authors declare that there is no conflict of interest.

## Введение

Прошло почти десять лет с тех пор, как на рынке появились биокерамические эндодонтические материалы. После разработки компанией Tora-binejad в 1993 году минерального триоксидного агрегата (МТА) эндодонтия пережила «переворот». Зубы, которые когда-то были показаны для удаления, теперь могут быть сохранены консервативным способом благодаря высокой биосовместимости и исключительным механическим свойствам биокерамических материалов.

Биокерамические герметики, основанные на трикальцийсиликатных технологиях, обладают многочисленными преимуществами, и их использование становится все более популярным. Они биосовместимы, имеют высокий pH, обеспечивают качественную трехмерную obturation. Эндодонтическая биокерамика нечувствительна к влаге и загрязнению кровью, она размерно стабильна и слегка расширяется в процессе отверждения. При отверждении pH в корневых каналах приближается к 12 из-за реакции гидратации, в которой сначала образует гидроксид кальция,

а затем диссоциирующий на ионы кальция и гидроксила, поэтому материал также обладает антибактериальными свойствами.

В связи с большим разнообразием коммерчески выпускаемых материалов на основе биокерамики (Endosequence BC, Biodentine, BioRoot и т.д.) следует детализировать их основные свойства.

## Цель

Анализ основных физико-химических показателей, биологической активности и других знаковых свойств биокерамических obturation материалов для вынесения суждения о целесообразности их использования в клинической практике.

Золотым стандартом obturation корневых каналов является использование гуттаперчевых штифтов с силерами. Гуттаперча не связывается со стенкой корневого канала, поэтому использование силера с хорошо адаптированной гуттаперчей имеет важное значение для получения адекватного результата эндодонтического лечения. Герметик,

применяемый в пространстве канала, заполняет дефекты и повышает приспособляемость штифта к стенке корневого канала [34]. В последнее время наблюдается улучшение рецептуры материалов для obturации корневых каналов. Традиционные силеры на основе эвгенола и оксида цинка были заменены материалами на основе смол, МТА и биокерамики. В частности, герметики на основе биокерамики набирают популярность благодаря своим физико-химическим свойствам [35].

Идеальный силер должен соответствовать таким параметрам, как стабильность размеров, достаточное время схватывания для обеспечения рабочего времени, нерастворимость в тканевых жидкостях. Кроме того, он должен иметь достаточную адгезию к стенкам каналов и биосовместимость.

### 1. Текучесть

Приемлемая текучесть и вязкость материала в течение рабочего времени является важным параметром для любого эндогерметика, так как определяет его проникновение и апикальную герметичность. Американская стоматологическая ассоциация, согласно ISO, не требует измерения вязкости эндодонтических пломбировочных материалов. Вязкость является количественным параметром для оценки реологических свойств эндодонтических силеров, помогая достичь идеальных показателей текучести. Биокерамические материалы псевдопластичны, так как их вязкость снижается, а расход увеличивается при возрастании скорости внесения и при уплотнении.

MTA Fillapex имеет высокие параметры текучести, но более короткое рабочее время и низкую растворимость, чем биокерамический герметик Endosequence BC. Различия между Endosequence BC и MTA Fillapex, вероятно, отражают тот факт, что первый является сугубо биокерамическим герметиком, а второй представляет собой комбинацию биокерамических смол.

В тесте *in vitro* GuttaFlow имеет низкую текучесть, однако, по словам производителя, GuttaFlow имеет отличные свойства текучести, потому что его вязкость уменьшается при быстром внесении материала (тиксотропность). Тиксотропные материалы имеют более высокую вязкость при перемещении на малой скорости и низкую вязкость при перемещении на более высокой скорости [26].

### 2. Время схватывания

Время схватывания важно для обеспечения адекватного рабочего времени и надлежащей консистенции, достаточной для полного заполнения системы корневых каналов. Биокерамические герметики имеют крайне длительное время схватывания, при этом им необходима вода для того, чтобы они достигли своего окончательного отверждения, поскольку неорганические и радиопакификаторные компоненты силера предварительно смешиваются с безводными жидкими сгущающими носителями. При этом производитель указывает, что в чрезмерно сухих каналах время схватывания еще больше повышается. Однако условия

в чрезмерно влажных каналах могут отрицательно повлиять на микротвердость герметика после схватывания. Кроме того, во влажных каналах будет присутствовать более пористая матрица герметика, что, в свою очередь, может привести к усиленному выщелачиванию раздражающих ткани веществ из материала. Отложенное время схватывания может влиять на биосовместимость, при этом герметики могут иметь длительный потенциал высвобождения цитотоксических побочных продуктов до окончательного схватывания [37].

Biodentine имеет более короткое время отверждения, высокую прочность на сжатие и микротвердость, а также низкое поглощение и сорбцию жидкости. Время схватывания меньше, и это объясняется добавлением хлорида кальция в используемую жидкость [38].

### 3. Рентгеноконтрастность

Помимо других физико-химических свойств, идеальный материал для герметизации корневых каналов должен обладать определенным уровнем рентгеноконтрастности. Достаточная рентгеноконтрастность позволяет клиницистам проводить четкое различие между материалами и окружающими анатомическими структурами и оценивать качество obturации корневых каналов. Международные стандарты требуют минимальной радиопрозрачности, эквивалентной 3,00 mmAl. Биокерамические герметики показывают статистически более высокие значения рентгеноконтрастности, соответствующие международным стандартам.

### 4. Размерная стабильность

Относительно размерной стабильности установлен факт, что биокерамические материалы имеют большую скорость расширения в процессе отверждения, чем благоприятная скорость, предложенная международными стандартами (расширение  $\leq 0,1\%$  в течение 30 дней). Однако статистически изменение размеров EndoSequence BC sealer, как наиболее часто применяемого биокерамического герметика, незначительно. При этом все же рекомендуется изучать потенциальный риск возникновения вертикальных переломов корней при расширении герметика [37].

### 5. Растворимость

Растворимость является важным фактором при оценке пригодности obturационных материалов в стоматологии: она определяется как способность одного вещества растворяться в другом. Низкая растворимость герметика корневых каналов была введена в качестве требования в спецификации ANSI/ADA № 57 и в качестве требования в стандарте ISO 6876. Согласно этим стандартам, растворимость герметика не должна превышать 3% массовой доли после погружения в воду в течение 24 часов.

Биокерамические силеры BioRoot RCS и TotalFill BC Sealer показывают повышенную растворимость с потерей веса более чем на 3%. Герметики на основе МТА удовлетворяют требованиям Международной стандартной организации, демонстрируя потерю веса менее чем 3%.

Поэтому основным недостатком биокерамических материалов является то, что их растворимость выше, чем у обычных герметиков на эпоксидной основе. Высокая растворимость является результатом гидрофильных наноразмерных частиц, что увеличивает площадь поверхности и позволяет большему количеству молекул жидкости вступать в контакт с силером [39].

Растворимость материалов на основе силиката трикальция отрицательная, что указывает на осаждение веществ на материале. Этот результат можно объяснить отложением гидроксиапатита на поверхности цемента, когда материал находится в контакте с биологическими жидкостями. Это отложение гидроксиапатита есть проявление биологической активности этих материалов [38].

## 6. Значение pH

Герметики на основе биокерамики имеют щелочную реакцию pH. Предполагается, что сильный щелочной pH способствует длительному времени схватывания и антибактериальному эффекту, который устраняет остаточные микроорганизмы. Щелочная реакция может способствовать образованию твердых тканей путем активации щелочной фосфатазы, нейтрализации молочной кислоты из остеокластов, предотвращению растворения минерализованных компонентов зубов и разрушения костей, происходит восстановление тканей с образованием гидроксиапатита.

Длительная щелочная реакция биокерамических герметиков соответствует увеличению растворимости материалов. Различные исследования подтвердили эти выводы: pH obturationных материалов на основе биокерамики находится в пределах 10–12 в течение нескольких недель после пломбирования. Это может стимулировать их биологические и антимикробные эффекты, но продолжающаяся растворимость может привести к формированию микроподтеканий [39].

Учитывая требуемое время схватывания, герметики с длительным высоким pH (до 12) до их схватывания могут вызвать повреждение периапикальных тканей путем утраты жизнеспособности клеток и целостности мембран, аналогично клеточным реакциям, наблюдаемым при химических ожогах. Такие осложнения должны быть тщательно рассмотрены наряду с положительным бактерицидным действием герметиков [37].

Таким образом, герметики на основе биокерамики имеют приемлемые физико-химические свойства и перспективные клинические результаты, но обладают повышенной растворимостью, не соблюдая, таким образом, по данному критерию стандарт ISO 6876 [40].

## Выводы

Биокерамические материалы обладают удовлетворительными эксплуатационными свойствами, просты в обращении, характеризуются щелочным pH, демонстрируют способность высвобождать ионы кальция. Все физико-химические свойства свидетельствуют о том, что биокерамические цементы благоприятны для применения.

## Список литературы / References

1. Afaf AL-Haddad, Zeti A. Che Ab Aziz. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International Journal of Biomaterials*, vol. 2016.
2. Singh G., Gupta I., Elshamy FMM, Boreak N., Homeida H.E. In vitro comparison of antibacterial properties of bioceramic-based sealer, resin-based sealer and zinc oxide eugenol based sealer and two mineral trioxide aggregates. *Eur J Dent*. 2016;10(3):366–369. doi:10.4103/1305-7456.184145
3. M. Pourhajibagher, A. Bahador. Is antimicrobial agents can considered as effective weapons against endodontic infections by *Enterococcus faecalis*? *Der Pharma Chemica*, 7 (2015), pp. 196–200.
4. M.E. Łysakowska, A. Ciebiada-Adamiec, M. Sienkiewicz, J. Sokołowski, K. Banaszek. The cultivable microbiota of primary and secondary infected root canals, their susceptibility to antibiotics and association with the signs and symptoms of infection. *Int. Endod. J.*, 49 (2016), pp. 422–430.
5. Jhajharia K, Parolia A, Shetty KV, Mehta LK. Biofilm in endodontics: A review. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2015;5(1):1–12.
6. Vasileios Kapralos, Andreas Koutoulis, Dag Ørstavik, Pia Titterud Sunde, Håkon Valen Rukke. Antibacterial Activity of Endodontic Sealers against Planktonic Bacteria and Bacteria in Biofilms. *Journal of Endodontics*, Volume 44, Issue 1, 2018, Pages 149–154.
7. Sarah Bukhari, Bekir Karabucak. The Antimicrobial Effect of Bioceramic Sealer on an 8-week Matured *Enterococcus faecalis* Biofilm Attached to Root Canal Dentinal Surface. *Journal of Endodontics*, Volume 45, Issue 8, 2019, Pages 1047–1052.
8. Mallya L., Shenoy R., Mala K., Shenoy S. Evaluation of the antimicrobial efficacy of 20% Punic granatum, 0.2% chlorhexidine gluconate, and 2.5% sodium hypochlorite used alone or in combinations against *Enterococcus faecalis*: An in-vitro study. *J Conserv Dent*. 2019;22(4):367–370.
9. Joo-Hee Shin, Dong-Yul Lee, Sung-Hoon Lee. Comparison of antimicrobial activity of traditional and new developed root sealers against pathogens related root canal, *Journal of Dental Sciences*, Volume 13, Issue 1, 2018, p. 54–59.
10. Candeiro, GTM, Moura-Netto, C, D'Almeida-Couto, RS, Azambuja-Júnior, N, Marques, MM, Cai, S, Gavini, G. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *International Endodontic Journal*, 49, 858–864, 2016.
11. Zhejun Wang, Ya Shen, Markus Haapasalo. Dentin Extends the Antibacterial Effect of Endodontic Sealers against *Enterococcus faecalis* Biofilms, *Journal of Endodontics*, Volume 40, Issue 4, 2014, Pages 505–508.
12. Alsubait, S., Albader, S., Alajlan, N. et al. Comparison of the antibacterial activity of calcium silicate- and epoxy resin-based endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms: a confocal laser-scanning microscopy analysis. *Odontology* 107, 513–520 (2019).
13. Vibha H. et al. Assessment of antimicrobial efficacy of bioceramic sealer, epiPhany self-etch sealer, and AH-Plus sealer against *Enterococcus faecalis*: An in vitro study. *Endodontology*. – 2017. – Т. 29. – №. 2. – P. 151.
14. Karen F. Lovato, Christine M. Sedgley. Antibacterial Activity of EndoSequence Root Repair Material and ProRoot MTA against Clinical Isolates of *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, Volume 37, Issue 11, 2011, p. 1542–1546.
15. Jafari F., Jafari S., Etesamnia P. Genotoxicity, Bioactivity and Clinical Properties of Calcium Silicate Based Sealers: A Literature Review. *Iran Endod J*. 2017;12(4):407–413.
16. Sasha Dimitrova-Nakov, Emel Uzunoglu, Hector Ardila-Osorio, Anne Baudry, Gilles Richard, Odile Kellermann, Michel Goldberg. In vitro bioactivity of Bioroot™ RCS, via A4 mouse pulpal stem cells. *Dental Materials*, Volume 31, Issue 11, 2015, p. 1290–1297.
17. Dalia Mukhtar-Fayyad. Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, Volume 112, Issue 6, 2011, Pages e137–e142.
18. Jean Camps, Charlotte Jeanneau, Ikbal El Ayachi, Patrick Laurent, Imad About. Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro. *Journal of Endodontics*, Volume 41, Issue 9, 2015, Pages 1469–1473.
19. Jordan-Bronzel, CL, Tanomaru-Filho, M, Rodrigues, EM, Chávez-Andrade, GM, Faria, G, Guerreiro-Tanomaru, JM. Cytocompatibility, bioactive potential and antimicrobial activity of an experimental calcium silicate-based endodontic sealer. *International Endodontic Journal*, 52, 979–986, 2019.
20. Shen, Y., Peng, B., Yang, Y., Ma, J. and Haapasalo, M. (2015). What do different tests tell about the mechanical and biological properties of bioceramic materials? *Endod Topics*, 32: 47–85.
21. Christin Michelle Giacomino, James A. Wealleans, Natalia Kuhn, Anibal Diogenes. Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. *Journal of Endodontics*, Volume 45, Issue 1, 2019, Pages 51–56.
22. Basavanna R.S. et al. Nonsurgical healing of periapical lesion using single cone with bioceramic sealer. *International Journal of Oral Health Sciences*. – 2019. – Т. 9. – №. 1. – P. 49.

23. Colombo M., Poggio C., Dagna A. et al. Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. *J Clin Exp Dent.* 2018;10(2):e120-e126. Published 2018 Feb 1. doi:10.4317/jced.54548
24. Seok-Woo Chang, So-Youn Lee, Soo-Kyung Kang, Kee-Yeon Kum, Eun-Cheol Kim. In Vitro Biocompatibility, Inflammatory Response, and Osteogenic Potential of 4 Root Canal Sealers: Sealapex, Sankin Apatite Root Sealer, MTA Fillapex, and iRoot SP Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, Volume 40, Issue 10, 2014. Pages 1642–1648.
25. López-García S., Pecci-Lloret M.R., Guerrero-Gironés J., Pecci-Lloret M.P., Lozano A., Llena C., Rodríguez-Lozano F.J., Forner L. Comparative Cytocompatibility and Mineralization Potential of Bio-C Sealer and TotalFill BC Sealer. *Materials* 2019, 12, 3087.
26. Seo, D.-G.; Lee, D.; Kim, Y.-M.; Song, D.; Kim, S.-Y. Biocompatibility and Mineralization Activity of Three Calcium Silicate-Based Root Canal Sealers Compared to Conventional Resin-Based Sealer in Human Dental Pulp Stem Cells. *Materials* 2019, 12, 2482.
27. Kim, Y.; Kim, B.-S.; Kim, Y.-M.; Lee, D.; Kim, S.-Y. The Penetration Ability of Calcium Silicate Root Canal Sealers into Dentinal Tubules Compared to Conventional Resin-Based Sealer: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study. *Materials* 2019, 12, 531.
28. Aktemur Türker S., Uzunoğlu E., Purali N. Evaluation of dentinal tubule penetration depth and push-out bond strength of AH 26, BioRoot RCS, and MTA Plus root canal sealers in presence or absence of smear layer. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2018;12(4):294–298.
29. Arikatla S.K., Chalasani U., Mandava J., Yelisel R.K. Interfacial adaptation and penetration depth of bioceramic endodontic sealers. *J Conserv Dent.* 2018;21(4):373–377.
30. Akcay M., Arslan H., Durmus N., Mese M. and Capar I.D. (2016) Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers Surg. Med.*, 48: 70–76.
31. Ulusoy Ö.İ., Paltun Y.N., Güven N., Çelik B. Dislodgement resistance of calcium silicate-based materials from root canals with varying thickness of dentine. *International Endodontic Journal*, 49, 1188–1193, 2016.
32. Candeiro, George Taccio de Miranda, Lavor, Amanda Bezerra, Lima, Ilana Thaís de Freitas, Vasconcelos, Bruno Carvalho de, Gomes, Nilton Vivacqua, Iglecias, Elaine Faga, & Gavini, Giulio. (2019). Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. *Brazilian Oral Research*, 33, e049. Epub May 27, 2019.
33. Alfawaz, H., Alqedairi, A., Alebdil, A., Allahem, Z., Alsubait, S., & Alharbi, H. (2019). Bond strength of bioceramic root canal sealers relative to different endodontic bioceramic sealers: in vitro push-out test. *Pakistan Oral & Dental Journal*, 38(4), 528–531.
34. Amanda, Bina, Endang Suprastiwi, and Munyati Usman. Comparison of apical leakage in root canal obturation using bioceramic and Polydimethylsiloxane sealer (In vitro). *Open journal of stomatology* 8.01 (2018): 24.
35. Ballullaya, Srinidhi V., et al. Stereomicroscopic dye leakage measurement of six different root canal sealers. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR* 11.6 (2017): ZC65.
36. Baghdadi, Inaam, et al. Physicochemical properties of a bioceramic-based root canal sealer reinforced with multi-walled carbon nanotubes, titanium carbide and boron nitride biomaterials. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* (2020): 103892.
37. Lee, Ju Kyung et al. Physicochemical properties of epoxy resin-based and bioceramic-based root canal sealers. *Bioinorganic chemistry and applications* 2017 (2017).
38. Grech, L., B. Mallia, and J. Camilleri. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dental Materials* 29.2 (2013): e20–e28.
39. Poggio, Claudio, et al. Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: a comparative study. *Journal of clinical and experimental dentistry* 9.10 (2017): e1189.
40. Al-Haddad, Afaf, and Zeti A. Che Ab Aziz. «Bioceramic-based root canal sealers: a review.» *International journal of biomaterials* 2016 (2016).

Статья поступила / Received 12.04.21

Получена после рецензирования / Revised 15.04.21

Принята в печать / Accepted 20.04.21

#### Информация об авторах

**З.С. Хабазде**, доцент, заместитель директора медицинского института  
ORCID: 0000-0002-7257-55

**Ю.А. Генералова**, студентка стоматологического факультета  
ORCID: 0000-0003-1926-7162

**Я.А. Негорелова**, студентка стоматологического факультета  
ORCID: 0000-0001-6016-4179

**Ф.Р. Исмаилов**, аспирант кафедры терапевтической стоматологии  
ORCID: 0000-0001-9133-7896

**Е.С. Шилиева**, студентка стоматологического факультета  
ORCID: 0000-0001-9937-5969

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН), Москва, Россия

#### Контактная информация:

З.С. Хабазде. E-mail: dr.zura@mail.ru

#### Author information

**Z.S. Khabadze**, Associate Professor, Deputy Director of the Medical Institute  
ORCID: 0000-0002-7257-5503

**Yu. A. Generalova**, student of the Faculty of Dentistry  
ORCID: 0000-0003-1926-7162

**Ya.A. Negorelova**, student of the Faculty of Dentistry  
ORCID: 0000-0001-6016-4179

**F.R. Ismailov**, Postgraduate student of the Department of Therapeutic Dentistry  
ORCID: 0000-0001-9133-7896

**E.S. Shilyaeva**, student of the Faculty of Dentistry  
ORCID: 0000-0001-9937-5969

RUDN University, Moscow, Russia

#### Contact information

Z.S. Khabadze E-mail: dr.zura@mail.ru

**Для цитирования:** Хабазде З.С., Генералова Ю.А., Негорелова Я.А., Исмаилов Ф.Р., Шилиева Е.С. Анализ физико-химической эффективности применения биокерамических силеров в эндодонтической практике. *Медицинский алфавит*. 2021; (12): 55-58. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-12-55-58>

**For citation:** Khabadze Z. S., Generalova Yu. A., Negorelova Ya. A., Ismailov F. R., Shilyaeva E. S. Analysis of the physico-chemical efficiency of the bioceramic silers application in endodontic practice. *Medical alphabet*. 2021; (12): 55-58. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-12-55-58>

