

## Разработка и внедрение гуттаперчевых штифтов с биоактивным керамическим покрытием

Ассистент, аспирант **Ю.А. Митронин**  
 Доцент **Д.А. Останина**, кандидат медицинских наук  
 Профессор **А.В. Митронин**, доктор медицинских наук, заместитель директора НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова, заведующий кафедрой, заслуженный врач РФ  
*Кафедра терапевтической стоматологии и эндодонтии Российского университета медицины Минздрава РФ*  
 Профессор **В.П. Чуев**, генеральный директор АО «ВладМиВа»  
 Акционерное общество «Опытно-экспериментальный завод «ВладМиВа»»

**Резюме.** Ключевая цель пломбирования корневых каналов – создание непроницаемой пломбы для предотвращения повторного инфицирования системы корневых каналов микробной биопленкой путем устранения любого свободного пространства, в котором могли бы развиваться бактерии. Цель исследования – повышение эффективности лечения болезней пульпы и периапикальных тканей, предотвращение реинфицирования корневых каналов зуба в долгосрочной перспективе посредством разработки гуттаперчевых штифтов с биоактивным керамическим покрытием для усиления герметичности корневой пломбы при их использовании с биокерамическими силерами. В рамках исследования был разработан способ модификации гуттаперчи биокерамическим напылением и проведен микробиологический анализ коронально-апикального микробного подтекания корневой пломбы при использовании биокерамического силера и модифицированной гуттаперчи. На основании проведенных исследований предложен метод трехмерной obturации корневых каналов зубов с помощью гуттаперчевых штифтов с биоактивным керамическим покрытием (Патент на изобретение № 2829418). Данный материал проходит сертификацию под названием «Гуттабонд» и не имеет аналогов в России.

**Ключевые слова:** биокерамический герметик; гуттаперча с биокерамическим покрытием; биокерамическое напыление; микробное подтекание; адгезия.

### Development and implementation of gutta-percha pins with bioactive ceramic coating

Assistant, postgraduate student **Yuriy Mitronin**  
 Associate Professor **Diana Ostanina**, Candidate of Medical Sciences  
 Professor **Alexander Mitronin**, Doctor of Medical Sciences, Deputy Director of Scientific and Educational Institute of Dentistry named after A.I. Evdokimov, Head of the Department, Honored Doctor of Russian Federation  
*Department of Therapeutic Dentistry and Endodontics of Russian University of Medicine*  
 Professor **Vladimir Chuev**, General Director of JSC VladMiVa  
 Joint-stock company experimental factory “VladMiVa”

**Abstract.** The key goal of root canal filling is to create an impermeable seal to prevent reinfection of the root canal system with microbial biofilm by eliminating any free space in which bacteria could develop. The aim of the study was to improve the treatment efficacy of pulp and periapical diseases and prevent reinfection of tooth root canals in the long term by developing gutta-percha pins with a bioactive ceramic coating to enhance the seal of the root filling when used with bioceramic sealers. The study involved developing a method for modifying gutta-percha with a bioceramic coating and performing a microbiological analysis of coronal-apical microbial leakage of the root filling using a bioceramic sealer and modified gutta-percha. Based on the studies, a method for three-dimensional obturation of tooth root canals was developed using gutta-percha pins with a bioactive ceramic coating (Patent for invention No. 2829418). This material is certified under the name Guttabond and has no analogues in Russia.

**Keywords:** bioceramic sealant; bioceramic-coated gutta-percha; bioceramic spraying; microbial leakage; adhesion.

Один из важных факторов, обеспечивающих хорошие отдаленные результаты эндодонтического лечения зубов, – герметичное пломбирование корневых каналов [1]. Для этого необходимо устранить инфекционный патоген из системы корневых каналов и не допустить ее повторного инфицирования путем гомогенной obturации внутриканального пространства зуба [2]. Ключевая цель пломбирования корневых каналов – создание непроницаемой пломбы путем устранения любого свободного пространства, в котором могли бы развиваться бактерии [3]. При пломбировании корневых каналов зуба на протяжении долгих лет применяются гуттаперчевые штифты [5, 6]. Биокерамические силеры становятся все более используемыми благодаря их щелочному pH, высокой биосовместимости, биологической активности, нетоксичности, стабильности цементной матрицы [7]. Однако между гуттаперчевыми штифтами и цементом не возникает химической адгезии, гуттаперча в корневом канале удерживается лишь механическим способом, что может оказывать негативное влияние на герметичность корневой пломбы в долгосрочной перспективе [8, 9].

Таким образом, необходимы поиск альтернативных способов пломбирования корневых каналов зуба в концепции трехмерной герметичной obturации и разработка оптимизированных рекомендаций по созданию монолитной корневой пломбы на основе биокерамических силеров и гуттаперчи в клинических условиях.

### Цель исследования

Повышение эффективности лечения болезней пульпы и периапикальных тканей, предотвращение реинфицирования корневых каналов зуба в долгосрочной перспективе посредством разработки гуттаперчевых штифтов с биоактивным керамическим покрытием для усиления герметичности корневой пломбы при их использовании с биокерамическими силерами.

### Материалы и методы

На подготовительном этапе исследования при разработке способа модификации гуттаперчевых штифтов биокерамическими наночастицами провели эксперимент для подбора наиболее эффективного средства для растворения поверхностного слоя гуттаперчи. Были изучены различные легколетучие растворители гуттаперчи, в соответствии с которыми образцы гуттаперчевых штифтов разделили на 4 группы: группа 1 – легколетучий растворитель хлороформ; группа 2 – ксилол; группа 3 – скипидар; группа 4 – эукалиптол. Полученные образцы проанализировали методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

В лабораторное исследование было включено 28 удаленных центральных резцов верхней челюсти. Выполнена декоронация зубов для стандартизации исследования, длина корневого канала – 16 мм. Проведена механическая и медикаментозная обработка корневых каналов. Корневые каналы расширены до размера 35.04 по ISO.

Все образцы в случайном порядке распределили на 4 группы в соответствии с методикой пломбирования, в том числе выделили группу без пломбирования.

**Группа I (отрицательный контроль):** корневой канал незапломбирован (n=7).

**Группа II:** традиционный способ пломбирования корневых каналов зубов эпоксидным силером и гуттаперчей в технике латеральной конденсации (n=7).

**Группа III:** пломбирование корневых каналов зубов биокерамическим силером и гуттаперчей методом одного штифта (n=7).

**Группа IV:** предложенный способ пломбирования корневых каналов биокерамическим силером и гуттаперчей с биокерамическим нанопокрывтием методом одного штифта (n=7).

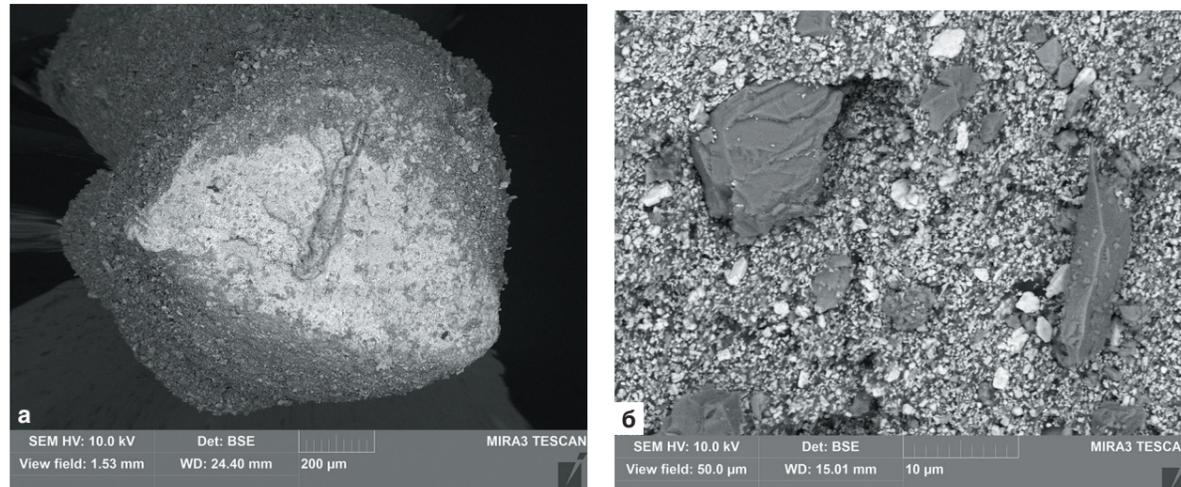
Образцы погружали в пробирку типа «Эппендорф» с 0,5 мл физиологического раствора и помещали в термостат на 48 ч для окончательного отверждения корневой пломбы. Зубы промывали, высушивали, корональные 14 мм корня снаружи покрывали изоляционным лаком, а апикальные 2 мм оставляли открытыми. Удаляли корневую пломбу в средней трети корней, запломбированную оставляли только апикальную треть (2–3 мм от верхушки корня). Выполняли рентгенологический контроль распломбирования. Образцы дезинфицировали в 5,25%-ном растворе гипохлорита натрия в течение 30 мин, затем обильно промывали дистиллированной водой и высушивали. Далее образцы помещали в пробирку с питательной средой Hugh-Leifson. В свободное внутриканальное пространство вносили культуру бактерий *Staphylococcus aureus* и инкубировали при t=37 °C в течение 24 ч. Микробное подтекание оценивали через 1, 7, 30 сут с начала эксперимента, в качестве контроля использовали цветной показатель питательной среды. Выполнялся однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) при p<0,05.

### Результаты и их обсуждение

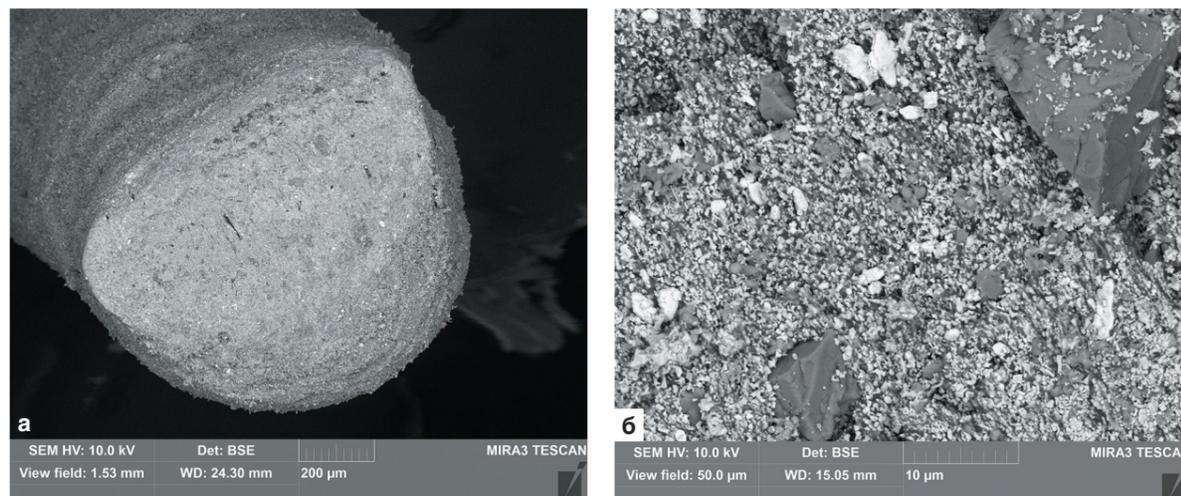
Согласно результатам проведенного исследования, наиболее равномерно порошок напыляется на гуттаперчу при использовании легколетучего растворителя хлороформ (рис. 1). Для усиления свойств адгезии наночастиц биокерамики к поверхностному слою гуттаперчевого штифта в раствор легколетучего растворителя была добавлена канифоль в различной концентрации (от 0,1 до 30%). Было установлено, что при добавлении к раствору легколетучего растворителя 10%-ной канифоли и напылению наночастиц гуттаперчевый штифт становится более прочным, но гибким, в отличие от других экспериментальных образцов (рис. 2). Таким образом, для дальнейших исследований была выбрана методика модификации гуттаперчевого штифта с помощью 10%-ного раствора канифоли в хлороформе и микрокристаллической кальцийфосфатной биокерамики.

### Разработанная методика модификации поверхностного слоя гуттаперчевых штифтов

В процессе эндодонтического лечения по завершении механической и медикаментозной обработки системы корневых каналов приступают к постоянной obturации внутриканального пространства биокерамическим силером и гуттаперчей. Корневой канал тщательно высушивают с помощью абсорбирующих штифтов. После подбора и припасовки мастер-штифта выполняют его предварительную обработку, которая обеспечивается за счет вертикального погружения гуттаперчевого штифта на 3–5 с в легколетучий органический растворитель с 10%-ной канифолью с последующим напылением тонкого и однородного слоя микрокристаллической кальцийфосфатной биокерамики на размягченный поверхностный слой гуттаперчи. Внутриканальное пространство заполняют биокерамическим силером с помощью шприца и интраканальной насадки с последующим введением биокерамического гуттаперчевого штифта на рабочую длину корневого канала. Затем



▲ Рис. 1 СЭМ-изображение гуттаперчевого штифта с модифицированным биокерамическим покрытием: а) поперечный срез гуттаперчевого штифта с биоактивным покрытием, который был создан с помощью легколетучего растворителя; б) кальций-фосфатные частицы биокерамики на поверхности биоактивного слоя



▲ Рис. 2 СЭМ-изображение гуттаперчевого штифта с модифицированным биокерамическим покрытием: а) поперечный срез гуттаперчевого штифта с биоактивным покрытием, который был создан и укреплен с помощью 10%-ной канифоли в растворителе; б) кальций-фосфатные частицы биокерамики на поверхности гуттаперчи



▲ Рис. 3 Материал «Гуттабонд» для создания поверхностного слоя гуттаперчи, модифицированного наночастицами биокерамики

излишки гуттаперчи срезают термоплаггером и проводят рентгенологический контроль пломбирования.

Представленный биомиметический способ модификации гуттаперчи обеспечивается за счет того, что поверхностный слой мастер-штифта растворяется, штифт размягчается без термической обработки, превращаясь в химически пластифицированную гуттаперчу. После этого штифт покрывают слоем биокерамических наночастиц и одновременно отверждают. Такая технология не только увеличивает шероховатость штифта и в дальнейшем площадь фактического его контакта с силером, что способствует увеличению механической адгезии между штифтом и силером, но и обеспечивает химическое взаимодействие между ними. Это позволяет сформировать пространственно стабильное герметичное уплотнение, которое, в свою очередь, становится барьером для повторного инфицирования системы корневых каналов, а также предотвращает микроподтекание и разгерметизацию внутрикорневого пространства. Данный способ был запатентован – Патент № 2829418, МПК А61С5/00 [4]. В настоящий момент мате-

▼ Обобщенные результаты количества образцов с коронально-апикальным микробным подтеканием и средние интервалы времени до разгерметизации

Группа	Количество образцов	Мутность раствора, п (%)	Интервал до разгерметизации (количество дней)	
			Среднее (mean)	Стандартное отклонение (SD)
I: контроль	7	7 (100)	0	0
II: эпоксидный силер и гуттаперча	7	4 (57,1)	16	4,7
III: биокерамический силер и гуттаперча	7	3 (42,8)	1,3*	0,5
IV: биокерамический силер и гуттаперча, модифицированная наночастицами биокерамики	7	1 (14,2)	2,3**	3,5

▲ Прим.: \* статистически значимая разница во времени до разгерметизации между группами II и III (p=0,012); \*\* статистически значимая разница во времени до разгерметизации между группами II и IV (p=0,023).

риал проходит сертификацию под названием «Гуттабонд» («ВладМиВа», Россия, рис. 3). Препарат имеет 2 компонента: 1 – жидкость для химической модификации и размягчения поверхностного слоя гуттаперчи; 2 – порошок микрокристаллической кальцийфосфатной биокерамики.

**Результаты микробиологического анализа коронально-апикального микробного подтекания**

Результаты микробиологического исследования имели статистически значимую разницу между группами (p<0,01, таблица). Количество образцов с измененным цветом питательной среды было наибольшим в группе контроля (100%) и в экспериментальной группе II (57,1%). Наименьшим – в группе IV (14,2%). Средние интервалы по времени до коронально-апикального подтекания пломбы (± стандартное отклонение) составили 0 дней в группе контроля, 16±4,7 дней в экспериментальной группе II, 1,3±0,5 дней в экспериментальной группе III, 2,3±3,5 дней в экспериментальной группе IV. Средние интервалы значительно различались между группами II и III (p=0,012), а также между группами II и IV (p=0,023).

Оценка герметичности obturation апикальной части корневых каналов продемонстрировала отсутствие микроподтеканий в экспериментальных группах III и IV через 30 дней эксперимента в 57,2 и 85,8% случаев соответственно. Корневая пломба, выполненная из гуттаперчи и эпоксидного силера, оказалась негерметичной в 57,1% случаев через 30 дней наблюдения (p<0,001). При этом в контрольной группе в 100% наблюдали изменение цвета через 24 ч с начала инкубации. Визуальное изменение цвета свидетельствовало о проникновении культуры бактерий через корневую пломбу в питательную среду. Полученные результаты свидетельствуют о высокой герметичности корневой пломбы, выполненной по разработанной методике. Пломбирование корневых каналов биокерамическим силером, особенно в сочетании с гуттаперчей с биоактивным нанокерамическим покрытием, методикой силера и одного штифта обеспечивают трехмерную высокопрочную obturation корневого канала в долгосрочной перспективе.

**Выводы**

Разработан способ трехмерной obturation корневых каналов зубов с помощью гуттаперчевых штифтов с биоактивным керамическим покрытием (Патент на изобретение № 2829418). Данный материал проходит сертификацию

под названием «Гуттабонд» и не имеет аналогов в России. При постоянной obturation системы корневых каналов биокерамическим силером и гуттаперчевым штифтом, модифицированным биокерамическими наночастицами, формируется гомогенная корневая пломба, которая позволяет добиться герметичного заполнения системы корневого канала и создает благоприятные биологические условия для процесса заживления тканей, тем самым повышая эффективность лечения осложненных кариеса.

**Координаты для связи с авторами:**

- ura@mitronin.ru – Митронин Юрий Александрович;
- dianaostanina@mail.ru – Останина Диана Альбертовна;
- mitroninav@list.ru – Митронин Александр Валентинович;
- chuev@vladmiva.ru – Чувев Владимир Петрович

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Крихели Н.И., Пустовойт Е.В., Журавлева Е.Г. с соавт. Биокерамические силеры. Обзор физико-химических и биологических свойств. – Рос. стоматология, 2020, №13 (4). – С. 32–36.
2. Манах Т.Н., Девятникова В.Г. Оценка физико-механических свойств Ni-Ti эндодонтических инструментов. – Стоматолог (Минск), 2012 № (3). С. 45–48.
3. Митронин А.В. Биокерамические материалы в клинической эндодонтии: иллюстр. руковод. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2022. – 152 с.
4. Митронин А.В., Останина Д.А., Митронин Ю.А. с соавт. Способ трехмерной obturation корневых каналов зубов с помощью гуттаперчевых штифтов с биоактивным керамическим покрытием. — Патент № 2829418. Заявитель и патентообладатель РосУниМед, № 2023132503; заявл.08.12.2023; опубл. 30.10.2024, Бюл. № 31.
5. Aboulfadl H., Hulliger J. Absolute polarity determination of teeth cementum by phase sensitive second harmonic generation microscopy. – J. Struct. Bio., 2015, v. 192 (1). – P. 67–75.
6. Giacomino C.M., Wealleans J.A., Kuhn N. et al. Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. – J. Endod., 2019, v. 45 (1). – P. 51–56.
7. Joy K., Karim R., Kumar V. et al. Comparative analysis of endodontic smear layer removal efficacy of 17% EDTA, 7% maleic acid, and 2% chlorhexidine using SEM: an *in vitro* study. – J. Int. Soci. Prevent. Commun. Dent., 2016, v. 6, suppl. 2. – P. S160–S165.
8. Komabayashi T., Colmenar D., Cvach N. et al. Comprehensive review of current endodontic sealers. – Dent. Mater. J., 2020, v. 39. – P. 703–720.
9. Ricucci D., Siqueira J.F. Jr., Rôças I.N. Pulp response to periodontal disease: novel observations help clarify the processes of tissue breakdown and infection. – J Endod., 2021, v. 47 (5). – P. 740–754.