

# Новые материалы для изготовления внутриканальных штифтов

Н.И. Крихели<sup>1</sup>, Е.В. Пустовойт<sup>1</sup>, М.С. Ноздрина<sup>1</sup>, О.В. Руднева<sup>1</sup>, П.Ю. Перетягин<sup>1,2</sup>, Н.В. Ходанович<sup>1</sup>, П.А. Науменко<sup>1</sup>, Ю.И. Жуковская<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет» «СТАНКИН»

## РЕЗЮМЕ

Вопрос утраты прочности зубов вследствие потери твердых тканей после эндодонтического лечения остается актуальным. Для долгосрочного восстановления анатомической и функциональной целостности депульпированных зубов широко используются внутриканальные штифты и культевые вкладки. Современные исследования акцентируют внимание на многофакторности морфофункциональных процессов восстановления утраченных тканей. Основными параметрами являются величина восстанавливаемой коронки, форма корневого канала и перераспределение окклюзионных нагрузок. Также важны физико-химические характеристики штифтовых материалов, такие как: биосовместимость, прочность, упругость, гипоаллергенность, качество адгезии и эстетичность. Ранее предпочтение отдавалось металлическим штифтам, однако они имеют недостатки: коррозия, слабое соединение и низкая эстетика, что делает их менее привлекательными по сравнению с современными альтернативами. В связи с вышеуказанным, целью данного исследования является разработка технологии двустадийного изготовления графеносодержащих стоматологических штифтов с помощью метода 3D печати. Материалы и методы. Технология изготовления стоматологических штифтов основана на применении метода печати монокерамических стоматологических изделий. В процессе использована циркониевая суспензия, представляющая собой плохорастворимую вязкую жидкость белого цвета со специфичным запахом, при помощи которой будет происходить печать. В рамках разработки технологии производства монокерамических стоматологических изделий было напечатано большое количество стоматологических штифтов с использованием аддитивного принтера на основе селективной лазерной стереолитографии. Далее пористые заготовки будут предварительно функционализированы суспензией оксида графена и слечены в условиях вакуума, и будут исследованы в дальнейшем. Таким образом, внедрение технологии 3D печати в процесс изготовления стоматологических штифтов откроет возможности для применения новых перспективных отечественных материалов в клинической практике.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** графен, штифты, 3D печать, селективная лазерная стереолитография.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## New materials for the manufacture of intracanal pins

N.I. Krikheli<sup>1</sup>, E.V. Pustovoit<sup>1</sup>, M.S. Nozdrina<sup>1</sup>, O.V. Rudneva<sup>1</sup>, P.Yu. Peretyagin<sup>1,2</sup>, N.V. Khodanovich<sup>1</sup>, P.A. Naumenko<sup>1</sup>, Yu.I. Zhukovskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Russian University of Medicine of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia

## SUMMARY

The issue of tooth strength loss due to hard tissue loss after endodontic treatment remains relevant. Intracanal pins and cores are widely used for long-term restoration of the anatomical and functional integrity of depulped teeth. Modern studies focus on the multifactorial nature of morphofunctional processes of restoration of lost tissues. The main parameters are the size of the restored crown, the shape of the root canal and the redistribution of occlusal loads. Physicochemical characteristics of pin materials are also important, such as: biocompatibility, strength, elasticity, hypoallergenicity, adhesion quality and aesthetics. Previously, preference was given to metal pins, but they have disadvantages: corrosion, weak connection and low aesthetics, which makes them less attractive compared to modern alternatives. In connection with the above, the purpose of this study is to develop a technology for the two-stage manufacture of graphene-containing dental pins using the 3D printing method. Materials and methods: The technology for manufacturing dental pins is based on the use of the method of printing monoceramic dental products. The process uses a zirconium suspension, which is a poorly soluble viscous white liquid with a specific odor, with which printing will occur. As part of the development of the technology for producing monoceramic dental products, a large number of dental pins were printed using an additive printer based on selective laser stereolithography. Then, the porous blanks will be pre-functionalized with a suspension of graphene oxide and sintered in vacuum conditions, and will be studied further. Thus, the introduction of 3D printing technology in the process of manufacturing dental pins will open up opportunities for the use of new promising domestic materials in clinical practice.

**KEYWORDS:** graphene, pins, 3D printing, selective laser stereolithography.

**CONFLICT OF INTEREST.** The authors declare that they have no conflicts of interest.

В настоящее время вопрос утраты прочности зубов в результате потери твердых тканей зуба, необратимых биохимических и биомеханических изменений после проведенного эндодонтического лечения остается актуальным. Сегодня для создания долговременного восстановления анатомической и функциональной целостности

депульпированных зубов широко применяются внутриканальные штифты и штифтовые культевые вкладки [1 и 2]. Современные исследования, изучающие морфофункциональные процессы восстановления утраченных тканей зубов, несомненно, отмечают многофакторность их составляющих. Основными параметрами в постэндодон-



Рисунок 1. Внешний вид тары с керамической суспензией 3D Ceram (Франция)

тическом восстановлении зубов с применением различных штифтовых конструкций являются: величина восстанавливаемой части коронки зуба, форма корневого канала зуба, характер и перераспределение окклюзионных нагрузок на зуб. Большое внимание, уделяемое физико-химическим характеристикам материалов, применяемых для изготовления штифтовых конструкций и их качество оценивается по таким характеристикам, как биосовместимость, прочность и упругость, гипоаллергенность, качество адгезии, эстетичность [3–7].

Ранее в практике врача-стоматолога существенное место отводилось металлическим анкерным штифтам. Их практическое применение показало недостатки этих штифтов, уступающее современным конструкциям, а именно: возникающую коррозию металла, небольшую прочность их соединения, недостаточный эстетический эффект [8 и 9]. Неоднородность таких материалов, как дентин, цемент, металл, из которого изготовлен штифт, создает повышенную нагрузку, способную оказать негативное воздействие на оставшуюся ткань зуба. Для получения гармоничной конструкции следует использовать материалы, обладающие совместимыми биомеханическими характеристиками, прежде всего модулем эластичности, максимально приближенным к дентину. Результатом исследований в области биосовместимых материалов и устранения недостатков металлических штифтов ста-

ло применение штифтов из стекловолокна и керамики, которые отвечают требованиям эстетики и обладают высокими механическими свойствами. Одно из преимуществ стекловолоконных штифтов состоит в том, что при их применении образуется единый гомогенный комплекс, обеспечивающий равномерное перераспределение вертикальной и боковой жевательной нагрузок в зубе, создавая меньшую нагрузку вдоль оси корня зуба, что является профилактикой фрактуры корня восстанавливаемого зуба. Штифты, изготовленные из керамики, обладают более высокой биосовместимостью, низкой теплопроводностью и обеспечивают оптимальные эстетические параметры реставраций, созданных на их основе [8, 10, 11, 12, 13].

В настоящее время результаты клинического использования безметалловых штифтов для реставраций девитальных зубов подтверждают оптимальность их применения. Однако, различные виды материалов для их изготовления имеют как преимущества, так недостатки. Материалы, обладающие высокой биосовместимостью, прочностью, рентгеноконтрастностью, гипоаллергенностью становятся перспективными в долгосрочном клиническом применении. К ним относят материалы на основе диоксида циркония и оксида алюминия. Одним из наиболее перспективных является группа материалов, получаемая путем включения структурного материала-наполнителя в матрицу. Меняя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, возможно получить широкий спектр новых материалов с заранее установленным набором свойств [8 и 14].

В современной стоматологии происходит широкое внедрение цифровых технологий, позволяющих достигать высокой точности и эстетической предсказуемости будущих реставраций. Однако, метод 3D печати пока мало отображен в современных исследованиях [15].

### Цель исследования

Разработка технологии двустадийного изготовления графеносодержащих стоматологических штифтов с помощью метода 3D печати.

### Материалы и методы

Технология изготовления стоматологических штифтов основана на применении метода печати монокерамических стоматологических изделий. В процессе использована циркониевая суспензия, представляющая собой плохоразводимую вязкую жидкость белого цвета со специфичным запахом, при помощи которой будет происходить печать (рис. 1).

Предварительно суспензию ставили на перемешиватель, чтобы все ее компоненты равномерно распределились в фотополимере.

До начала печати на аддитивном принтере селективной лазерной стереолитографии C101 EASY LAB 3D Ceram (Франция), было подготовлено задание для печати: трехмерные модели штифтов диаметром 1,4 и 1,7 мм, то есть изделия расположили на платформе печати и задали коэффициенты усадки (рис. 2).

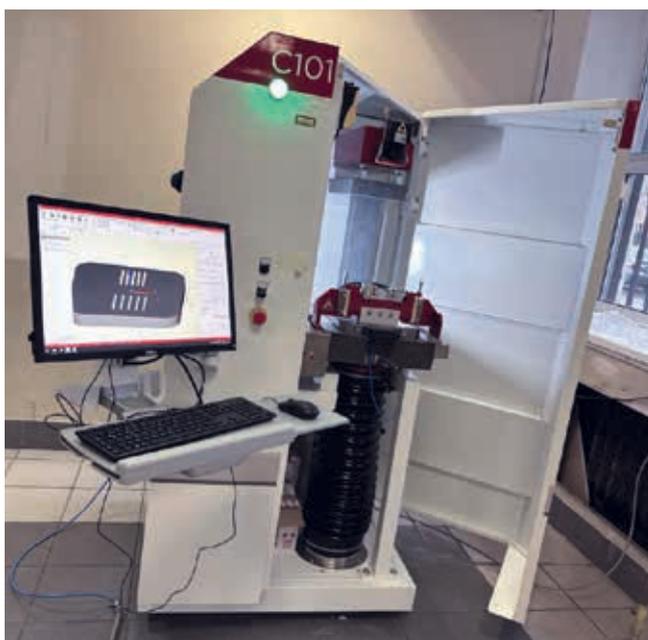


Рисунок 2. Внешний вид аддитивной установки C101 EASY LAB 3D Ceram (Франция)

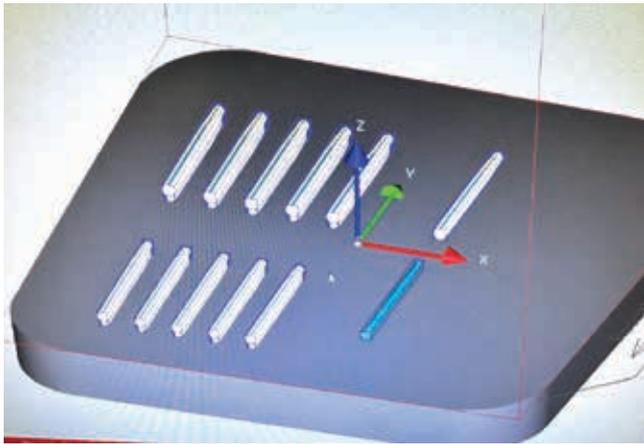


Рисунок 3. Процесс расположения моделей в зоне печати



Рисунок 4. Результат печати

В нижней части платформы расположены штифты диаметром 1,4 мм, в верхней – 1,7 мм (рис. 3).

Подготовив принтер к печати, запускается задание печати. Завершающим этапом процесса является получение стоматологических штифтов (рис. 4).

## Результаты

Для отработки технологии изготовления монокерамических стоматологических изделий было отпечатано большое количество стоматологических штифтов на аддитивном принтере селективной лазерной стереолитографии. Далее пористые заготовки будут предварительно функционализированы суспензией оксида графена и спечены в условиях вакуума, и будут исследованы в дальнейшем.

## Заключение

Таким образом разработка технологии изготовления стоматологических штифтов методом 3D печати позволит использовать новые перспективные отечественные материалы для клинического применения.

## Список литературы / References

1. Власова Т.Н., Оганян А.В., Тагиева Л.Г., Сурмило Е.А. Использование стекловолоконных штифтов для восстановления культи зуба. // *Dental Юр.* – март 2010. – № 3(75). – с. 14–16.  
Vlasova T.N., Oganyan A.V., Tagieva L.G., Surmilo E.A. The use of fiberglass pins for the restoration of the tooth stump. // *Dental South.* – March 2010. – № 3(75). – pp. 14–16.

2. Ортопедическая стоматология: Учебник / С.Д. Арутюнов, Е.А. Брагин, С.И. Бурлуцкая [и др.]; под редакцией Э.С. Каливрадзяна, И.Ю. Лебедево, Е.А. Брагина, И.П. Рыжовой. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью Издательская группа «ГЕОТАР-Медиа», 2020. – 800 с. – ISBN 978-5-9704-5272-1. – EDN PTWHVG.  
*Orthopedic dentistry: Textbook / S.D. Arutyunov, E.A. Bragin, S.I. Burlutskaya [et al.]; edited by E.S. Kalivradjyan, I.Y. Lebedenko, E.A. Bragin, I.P. Ryzhova.* – 3<sup>rd</sup> edition, revised and expanded. – Moscow: Limited Liability Company Publishing Group «GEOTAR-Media», 2020. – 800 p. – ISBN 978-5-9704-5272-1. – EDN PTWHVG.
3. Robbins J.W. Restoration of the endodontically treated tooth. / J.W. Robbins // *Dental Clinics of North America.* – 2002. – 46(2). – p. 367–384.
4. Колпин М., Вольф О., Стерценбах Г., Биттер К. Адгезивная постэндодонтическая реставрация // *Новое в стоматологии.* – 2015. – № 8 (212). – с. 14–23.  
Kolpin M., Wolf O., Sterzenbach G., Bitter K. Adhesive post-endodontic restoration // *New in dentistry.* – 2015. – № 8 (212). – pp. 14–23.
5. Садаева А.Д. Применение стекловолоконных штифтов в стоматологической практике / А. Д. Садаева, Е. Г. Тонкоглаз // *Главный врач Юга России.* – 2017. – № 5(58). – С. 32–33. – EDN ZRWCML.  
Sadaeva A.D. The use of fiberglass pins in dental practice / A.D. Sadaeva, E.G. Tonkoglaz // *Chief physician of the South of Russia.* – 2017. – № 5(58). – Pp. 32–33. – EDN ZRWCML.
6. Сравнительный анализ методов восстановления зубов при полном разрушении клинической коронки / А.В. Оксюзян, О.В. Головатенко, Р.Р. Кутдусов [и др.] // *Modern Science.* – 2023. – № 2-1. – С. 40–42. – EDN NBXTUU.  
*Comparative analysis of dental restoration methods with complete destruction of the clinical crown / A.V. Oksuzyan, O.V. Golovatenko, R.R. Kutdusov [et al.] // Modern Science.* – 2023. – № 2-1. – pp. 40–42. – EDN NBXTUU.
7. Эстетическая стоматология / Н.И. Крихели, Е.В. Пустовойт, М.Н. Бычкова [и др.]. – Москва: ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПРАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА», 2018. – 320 с. – ISBN 978-5-98811-496-3. – EDN YLHNJV.  
*Aesthetic dentistry / N.I. Krikheli, E.V. Pustovoi, M.N. Bychkova [et al.].* – Moscow: PUBLISHING HOUSE «PRACTICAL MEDICINE», 2018. – 320 p. – ISBN 978-5-98811-496-3. – EDN YLHNJV.
8. Современные методы постэндодонтического лечения зубов / Н.И. Крихели, Е.В. Пустовойт, М.С. Ноздрина [и др.] // *Медицинский алфавит.* – 2023. – № 30. – С. 74–79. – DOI 10.33667/2078-5631-2023-30-74-79. – EDN NVBEDM.  
*Modern methods of post-endodontic dental treatment / N.I. Krikheli, E.V. Pustovoi, M.S. Nozdrina [et al.] // Medical alphabet.* – 2023. – No. 30. – P. 74–79. – DOI: 10.33667/2078-5631-2023-30-74-79. – EDN NVBEDM.
9. Федотова Ю.М. Эффективность применения анкерных и стекловолоконных штифтов / Ю.М. Федотова, Ю.И. Костюкова // *Международный студенческий научный вестник.* – 2017. – № 5. – С. 16. – EDN ZNLNBB.  
Fedotova, Yu.M. Efficiency of using anchor and fiberglass pins / Yu.M. Fedotova, Yu.I. Kostyukova // *International student scientific bulletin.* – 2017. – No. 5. – P. 16. – EDN ZNLNBB.
10. Наумович С.А. и др. Штифтовые конструкции и системы для ортопедического лечения дефектов коронок зубов: учеб.-метод. пособие – Минск: БГМУ, 2010.  
Naumovich S.A. and others. Pin structures and systems for orthopedic treatment of dental crown defects: educational method. manual – Minsk: BSMU, 2010.
11. Медведева Л.С. Сравнительная оценка современных конструкционных материалов, применяемых для изготовления штифтово-культевых конструкций в эстетически значимой зоне зубного ряда / Л.С. Медведева // *Молодая наука – практическому здравоохранению: материалы 92-й итоговой научно-практической конференции студентов, ординаторов, аспирантов, молодых ученых (до 35 лет) ПГМУ имени академика Е.А. Вагнера, Пермь, 15–16 апреля 2019 года / Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера.* – Пермь: Б. и., 2019. – С. 238–239. – EDN ZRTBTE.  
Medvedeva L.S. Comparative assessment of modern structural materials used for the manufacture of pin-stump structures in the aesthetically significant area of the dentition / L.S. Medvedeva // *Young science – practical healthcare: materials of the 92nd final scientific and practical conference of students, residents, graduate students, young scientists (up to 35 years old) Perm State Medical University named after academician E.A. Wagner, Perm, April 15–16, 2019 / Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner.* – Perm: B. i., 2019. – pp. 238–239. – EDN ZRTBTE.
12. Карл М., Бауэршмидт Б. Цельнокерамическая реставрация // *Новое в стоматологии.* – 2011. – № 7 (179). – с. 78–81.  
Karl M., Bauerschmidt B. All-ceramic restoration // *New in dentistry.* – 2011. – № 7(179). – pp. 78–81.
13. Мурадов М.А. Подготовка зубов к протезированию с применением стекловолоконных штифтов / М.А. Мурадов // *Новое в стоматологии.* – 2011. – № 8(180). – с. 68–73.  
Muradov M.A. Preparation of teeth for prosthetics using fiberglass pins / M.A. Muradov // *New in dentistry.* – 2011. – № 8(180). – pp. 68–73.
14. Гольдберг М.А., Смирнов В.В., Баринов С.М. Создание новых керамических материалов на основе диоксида циркония и оксида алюминия для медицинских применений // *Институт металлургии материаловедения им. А.А. Байкова РАН – 80 лет. Сборник научных трудов.* – М.: Интерконтакт Наука. – 2018. – с. 286–292.  
Goldberg M.A., Smirnov V.V., Barinov S.M. Creation of new ceramic materials based on zirconium dioxide and aluminum oxide for medical applications // *A.A. Baykov Institute of Metallurgy of Materials Science of the Russian Academy of Sciences – 80 years old. Collection of scientific works.* – M.: Intercontact Science. – 2018. – pp. 286–292.

15. Шнип Е.В. Сравнительная характеристика штифтовых вкладок, изготовленных косвенным методом с использованием трехмерной печати / Е.В. Шнип, Е.А. Лапатухин, И.О. Дьячук // Современные технологии в медицинском образовании: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Белорусского государственного медицинского университета, Минск, 1–5 ноября 2021 года. – Минск: Белорусский государственный медицинский университет, 2021. – С. 1489–1491. – EDN AROJSY. Shnip E.V. Comparative characteristics of pin inlays manufactured by the indirect

method using three-dimensional printing / E.V. Shnip, E.A. Lapatukhin, I.O. Dyachuk // Modern technologies in medical education: Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Belarusian State Medical University, Minsk, November 1–5, 2021. – Minsk: Belarusian State Medical University, 2021. – P. 1489–1491. – EDN AROJSY.

Статья поступила / Received 14.10.2024  
Получена после рецензирования / Revised 24.10.2024  
Принята в печать / Accepted 24.10.2024

#### Информация об авторах

**Крихели Нателла Ильинична**<sup>1</sup>, д.м.н., профессор, проректор, заведующая кафедрой клинической стоматологии  
E-mail: krikheli\_msmsu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8035-0638>.  
eLibrary SPIN: 5807-2718

**Пустовойт Елена Владиславовна**<sup>1</sup>, к.м.н., доцент кафедры клинической стоматологии  
E-mail: estetstomfpdo@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3709-2215>.  
eLibrary SPIN: 9963-7962

**Ноздрина Маргарита Сергеевна**<sup>1</sup>, ассистент кафедры клинической стоматологии  
E-mail: margo-rizhik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0299-8217>.  
eLibrary SPIN: 2242-1280

**Руднева Ольга Витальевна**<sup>1</sup>, заместитель начальника управления науки, ассистент кафедры клинической стоматологии  
E-mail: rudneva\_ov@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0225-2773>.  
eLibrary SPIN: 7874-4789

**Перетягин Павел Юрьевич**<sup>1, 2</sup>, к.т.н., ведущий сотрудник лаборатории искрового плазменного спекания, заведующий лабораторией новых технологий и медицинских материалов  
E-mail: peretyagin.mstu@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9053-496X>.  
eLibrary SPIN: 6284-8065

**Ходанович Николай Владимирович**<sup>1</sup>, инженер лаборатории новых технологий и медицинских материалов

**Науменко Петр Алексеевич**<sup>1</sup>, инженер лаборатории новых технологий и медицинских материалов

**Жуковская Юлия Игоревна**<sup>1</sup>, начальник отдела организации научных проектов и научно-практических мероприятий управления науки, аспирант кафедры клинической стоматологии  
E-mail: zhuko-yulya@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3153-3799>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет» «СТАНКИН»

#### Контактная информация:

Ноздрина Маргарита Сергеевна. E-mail: margo-rizhik@mail.ru

#### Author information

**Krikheli Natella I.**<sup>1</sup>, DM Sci, prof., vice-rector, head of the Department of Clinical Dentistry  
E-mail: krikheli\_msmsu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8035-0638>.  
eLibrary SPIN: 5807-2718

**Pustovoi Elena V.**<sup>1</sup>, CM Sci, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Clinical Dentistry  
E-mail: estetstomfpdo@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3709-2215>.  
eLibrary SPIN: 9963-7962

**Nozdrina Margarita S.**<sup>1</sup>, Assistant of the Department of Clinical Dentistry  
E-mail: margo-rizhik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0299-8217>.  
eLibrary SPIN: 2242-1280

**Rudneva Olga V.**<sup>1</sup>, Deputy Head of the Department of Science, Assistant of the Department of Clinical Dentistry  
E-mail: rudneva\_ov@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0225-2773>.  
eLibrary SPIN: 7874-4789

**Peretyagin Pavel Yu.**<sup>1, 2</sup>, CT Sci, associate professor of the department "Highly Effective Processing Technologies", head of the Laboratory of New Technologies and Medical Materials  
E-mail: peretyagin.mstu@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9053-496X>.  
eLibrary SPIN: 6284-8065

**Khodanovich Nikolay V.**<sup>1</sup>, engineer of the laboratory of new technologies and medical materials<sup>1</sup>

**Naumenko Petr A.**<sup>1</sup>, engineer of the laboratory of new technologies and medical materials<sup>1</sup>

**Zhukovskaya Yuliya I.**<sup>1</sup>, Head of the Department of Organization of scientific projects and scientific and practical activities of the Department of Science, postgraduate student of the Department of Clinical Dentistry  
E-mail: zhuko-yulya@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3153-3799>

<sup>1</sup> Russian University of Medicine of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia

#### Contact information

Nozdrina Margarita S. E-mail: margo-rizhik@mail.ru

**Для цитирования:** Крихели Н.И., Пустовойт Е.В., Ноздрина М.С., Руднева О.В., Перетягин П.Ю., Ходанович Н.В., Науменко П.А., Жуковская Ю.И. Новые материалы для изготовления внутриканальных штифтов // Медицинский алфавит. 2024;(28):17–20. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-28-17-20>

**For citation:** Krikheli N.I., Pustovoi E.V., Nozdrina M.S., Rudneva O.V., Peretyagin P.Yu., Khodanovich N.V., Naumenko P.A., Zhukovskaya Yu.I. New materials for the manufacture of intracanal pins // Medical alphabet. 2024;(28):17–20. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-28-17-20>

