

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ЛИЦЕВОГО СКЕЛЕТА ПОСЛЕ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

А.А. Небежев*, И.В. Решетов

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова»
Минздрава России (Сеченовский Университет)
119048, Российская Федерация, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

Цель работы — проведение комплекса доклинических испытаний с целью изучения биомедицинских свойств и обоснования преимуществ использования персонализированных модельных имплантатов на основе оксида алюминия в реконструкции дефектов лицевого скелета.

Объект исследования: клеточные культуры и лабораторные животные, не менее 30 особей мелких лабораторных животных (мыши или крысы) и не менее 20 особей среднеразмерных лабораторных животных — кроликов.

В результате проведения исследования определена и обоснована необходимость применения модельных имплантатов на основе оксида алюминия и титан-алюминия для реконструкции лицевого скелета.

Данные преимущества свидетельствуют о важности ее интеграции как эффективной методики в классическое хирургическое лечение большинства пациентов, нуждающихся в реконструкции.

Ключевые слова: опухоли головы и шеи, реконструкция лицевого скелета, оксид алюминия, титан-алюминий, композитные материалы

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Небежев А.А., Решетов И.В. Разработка новых композитных материалов для реконструкции лицевого скелета после онкологических операций. *Биомедицина*. 2025;21(4):73–76. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-21-4-73-76>

Поступила 21.04.2025

Принята после доработки 01.11.2025

Опубликована 10.12.2025

DEVELOPMENT OF NEW COMPOSITE MATERIALS FOR FACIAL SKELETON RECONSTRUCTION AFTER ONCOLOGIC SURGERY

Alim A. Nebezhev*, Igor V. Reshetov

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
of the Ministry of Health Care of Russia (Sechenov University)
119048, Russian Federation, Moscow, Trubetskaya Str., 8, Build. 2

A set of preclinical trials was conducted to study the biomedical properties of personalized model implants based on aluminum oxide in the reconstruction of facial skeletal defects and to substantiate the advantages of their use. The study involved cell cultures and laboratory animals, including at least 30 small-sized laboratory animals (mice or rats) and at least 20 medium-sized laboratory animals (rabbits). The advantages of model implants based on aluminum oxide and titanium aluminum for facial skeletal reconstruction

are demonstrated. On their basis, the relevance of integrating the discussed approach into conventional surgical treatment for the majority of patients requiring reconstruction is substantiated.

Keywords: head and neck tumors, facial skeleton reconstruction, aluminum oxide, aluminum titanium, composite materials

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Nebezhev A.A., Reshetov I.V. Development of New Composite Materials for Facial Skeleton Reconstruction After Oncologic Surgery. *Journal Biomed.* 2025;21(4):73–76. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-21-4-73-76>

Submitted 21.04.2025

Revised 01.11.2025

Published 10.12.2025

Введение

В научных литературных и патентных базах не обнаружены сведения об использовании непосредственно модельных имплантатов на основе титан-алюминия в реконструкции лицевого скелета.

Таким образом, впервые будут изучены преимущества и недостатки использования модельных имплантатов на основе титан-алюминия с использованием клеточных культур и лабораторных животных.

Индивидуальные имплантаты для наших задач изготавливают из порошка титанового сплава марки ВТ-6, а именно сплава титана с добавлением 6% алюминия и 4% ванадия Ti-6Al-4V по ГОСТ Р ИСО 5832-3-2020 производства АО «Чепецкий механический завод» Госкорпорации «Росатом» (Россия). Размер отдельных гранул порошка 15–55 мкм.

Впервые будут разработаны алгоритм и сроки оценки функциональных результатов исследования с применением таких методов, как наблюдение, гистологический анализ, выполнение КТ-контроля.

Материалы и методы

Объект исследования: клеточные культуры и лабораторные животные, не менее 30 особей мелких лабораторных животных (мышь или крысы) и не менее 20 особей среднеразмерных лабораторных животных (кролики).

Подбор и анализ современных литературных данных, опубликованных за последние 5 лет на платформе Google scholar, Pubmed.

Результаты и их обсуждение

При реконструкции челюстно-лицевой области с использованием костных ауто-трансплантатов не всегда можно добиться идеальных косметических результатов из-за трудностей моделирования фрагментов костей под анатомически сложную структуру лицевого скелета. Методики исправления дефектов в области головы и шеи с использованием различных аутоклеточных тканей неразрывно связаны с дополнительной хирургической травмой, возможным развитием разного рода осложнений после формирования донорской зоны, особенно в случае применения костных лоскутов [1]. Исходя из вышесказанного, в реконструктивной хирургии челюстно-лицевой области активно развивается направление по использованию искусственных тканей [5]. Различные реконструктивные имплантаты, созданные на основе титана и полимеров, могут адаптироваться под различные клинические задачи. Практический опыт использования данных имплантатов показал, что они имеют недостатки. Так, у трети больных присутствует хроническое воспаление и отторжение конструкции.

Для реконструкции костей чаще всего пользуются керамическими изделиями.

Химическая связь этих материалов схожа с неорганической составляющей костной ткани. В силу того что они не воспринимаются организмом как чужеродные (биохимические реакции на границе с костью приводят к интенсивному прорастанию тканей в имплантат и активному остеогенезу), а также вследствие наличия у них активности при остеогенезе, по причине их активного роста под действием иммунной системы происходит активный процесс превращения ткани во внекостный каркас. Помимо биосовместимости и остеоинтеграции, биоматериал должен отвечать основным требованиям к противомикробным свойствам. Грамположительный золотистый стафилококк и грамотрицательная кишечная палочка ответственны за большинство инфекций, связанных с биоматериалом. На ранних стадиях колонизации патогенные микроорганизмы образуют защитную биопленку, что затрудняет ликвидацию [4].

Особое внимание стоит уделить керамике из оксида алюминия Al_2O_3 , включенного в реестр материалов, разрешенных к использованию при замене костных имплантатов и регулируемых стандартом ISO (ISO 6474 от 02.01.2014). Алюмооксидная керамика обладает такими свойствами, как высокая прочность, высокая твердость, хорошая стойкость к химической корро-

зии и химическая стабильность, что дает широкие возможности для ее использования в композитных материалах. Прочность биокерамического имплантата на сжатие способна достигать 130 МПа (прочность на сжатие лицевых костей и малолберцовой кости составляет 97 и 129 МПа соответственно). Отличительной особенностью материала является способность придавать ему бимодальную структуру пор, представленную микропорами и макропорами, а также поровыми каналами неправильной формы и средним размером 30–50 мкм. Также протезирование керамическими имплантатами не является противопоказанием для проведения адьювантной лучевой терапии [2, 3].

Выводы

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что вопросы оптимизации реконструктивно-пластического лечения больных с новообразованиями области головы и шеи с использованием различных искусственных имплантатов по данный момент не теряют актуальности. Непосредственно применение оксида алюминия и титан-алюминия при реконструкции лицевого скелета в полной мере не изучено. Все эти факторы определяют целесообразность выбора представленного направления исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Железная Ю.К., Железный С.П. Комплексная реабилитация больных после костно-реконструктивных операций в челюстно-лицевой области. *Медицина и образование в Сибири*. 2015;1:28. [Zheleznaia Yu.K., Zhelezny S.P. Kompleksnaya reabilitatsiya bolnykh posle kostno-rekonstruktivnykh operatsii v chelyustno-litsevoi oblasti [Comprehensive rehabilitation of patients after bone reconstructive surgeries in the maxillofacial region]. *Meditcina i obrazovanie v Sibiri [Journal of Siberian Medical Sciences]*. 2015;1:28. (In Russian)].
2. Каралкин П.А., Кудрин К.Г., Святославов Д.С., Усатов Д.А., Решетов И.В. Разработка и доклинические испытания персонализированных пористых титановых имплантатов с биоактивными покрытиями в модельных системах. *Биомедицина*. 2023;19(3E):104–109. [Karalkin P.A., Kudrin K.G., Svyatoslavov D.S., Usatov D.A., Reshetov I.V. Razrabotka i doklinicheskie ispytaniya personalizirovannykh poristykh titanovykh implantatov s bioaktivnymi pokrytiyami v modelnykh sistemakh [Development and preclinical testing of personalized porous titanium implants with bioactive coatings in model systems] *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2023;19(3E):104–109. (In Russian)]. DOI: 10.33647/2713-0428-19-3E-104-109.
3. Кирилова И.А., Садовой М.А., Подорожная В.Т., Буякова С.П., Кульков С.Н. Керамические и костно-керамические имплантаты: перспективные направ-

- ления. *Хирургия позвоночника*. 2013;4:052–062. [Kirilova I.A., Sadovoy M.A., Podorozhnaya V.T., Buyakova S.P., Kulkov S.N. Keramicheskie i kostno-keramicheskie implantaty: perspektivnye napravleniya [Ceramic and bone-ceramic implants: promising directions]. *Khirurgiya pozvonochnika [Spine surgery]*. 2013;4:052–062. (In Russian)].
4. Кульбакин Д.Е., Чойнзонов Е.Л., Кульков С.Н., Буюкова С.П., Чернов В.И., Мухамедов М.Р., Буюков А.С. Методика реконструкции челюстно-лицевой области с использованием индивидуальных имплантатов из биоактивной керамики. *Опухоли головы и шеи*. 2017;7(4):29–34. [Kulbakin D.E., Choyzonov E.L., Kulkov S.N., Buyakova S.P., Chernov V.I., Mukhamedov M.R., Buyakov A.S. Metodika rekonstruktsii chelyustno-litsevoi oblasti s ispolzovaniem individualnykh implantatov iz bioaktivnoi keramiki [Methodology for reconstruction of the maxillofacial region using individual implants made of bioactive ceramics]. *Opukholi golovy i shei [Head and Neck Tumors]*. 2017;7(4):29–34. (In Russian)].
5. Решетов И.В., Гапонов М.Е., Святославов Д.С., Богословский С.Г. Создание имплантатов методом аддитивных технологий для реконструкции тканей головы и шеи. *Голова и шея. Российское издание. Журнал Общероссийской общественной организации «Федерация специалистов по лечению заболеваний головы и шеи»*. 2018;4:48–57. [Reshetov I.V., Gaponov M.E., Svyatoslavov D.S., Bogoslovsky S.G. Sozdanie implantatov metodom additivnykh tekhnologii dlya rekonstruktsii tkanei golovy i shei [Creation of implants by additive technologies for reconstruction of head and neck tissues]. *Golova i sheya. Rossiiskoe izdanie. Zhurnal ObShcherossiiskoi obShchestvennoi organizatsii «Federatsiya spetsialistov po lecheniyu zabolevanii golovy i shei» [Head and Neck. Russian edition. Journal of the All-Russian public organization “Federation of specialists in the treatment of diseases of the head and neck”]*. 2018;4:48–57. (In Russian)].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Небежев Алим Арсенович*, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет);
e-mail: alim-nebezhev@mail.ru

Alim A. Nebezhev*, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health Care of Russia (Sechenov University);
e-mail: alim-nebezhev@mail.ru

Решетов Игорь Владимирович, д.м.н., проф., акад. РАН, ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет);
e-mail: reshetoviv@mail.ru

Igor V. Reshetov, Dr. Sci. (Med.), Prof., Acad. of the Russian Academy of Sciences, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health Care of Russia (Sechenov University);
e-mail: reshetoviv@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author