

EDN: QCDTXS

УДК 616.8-089

DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_2_6



ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АЛЛОКРАНИОПЛАСТИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ БИОПОЛИМЕРНЫХ ОСТЕОИНТЕГРИРУЕМЫХ ИМПЛАНТОВ ИЗ МАТЕРИАЛА «РЕКОСТ-М»

Игорь Викторович Балязин-Парфенов¹

✉ balyazinparfenov@mail.ru, orcid.org/0000-0002-3239-5954, SPIN-код: 9030-3654

Виктор Александрович Балязин¹

balyazin.victor@yandex.ru, orcid.org/0000-0001-8381-8876, SPIN-код: 7054-9452

Виталий Дмитриевич Зайцев¹<https://orcid.org/0009-0001-3270-8156>**Григорий Алексеевич Булгурян¹**<https://orcid.org/0009-0003-8330-181X>**Игорь Вадимович Успенский²**

i.uspensky@iconlab.ru, orcid.org/0009-0008-0051-7479

Айрат Гафиевич Тимершин³

timershin@mail.ru, orcid.org/0000-0002-2865-479X, SPIN-код: 5959-9480

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (пер. Нахичеванский, д. 29, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, 344022)

² Общество с ограниченной ответственностью «АЙКОН ЛАБ ГМБХ» (а/я 27, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603003)

³ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Республиканская детская клиническая больница» (ул. Степана Кувыкина, д. 98, г. Уфа, Российская Федерация, 450106)

Резюме

ВВЕДЕНИЕ. Восстановление дефектов костей свода черепа в настоящее время остается актуальной задачей, так как необходимо предупреждение развития посттравматического синдрома. Для аллокрраниопластики используются различные материалы (титан, РЕЕК, гидроксиапатит и т. д.), но частота инфекционных осложнений составляет от 6,02 до 21,03 %, и они не подвергаются остеointеграции. Для аллокрраниопластики с индивидуальным изготовлением имплантата при помощи 3D-моделирования разработан и используется отечественный костнозамещающий материал биополимер «Рекост-М», способность которого к остеointеграции уже доказана.

ЦЕЛЬ. Оценить степень остеointеграции аллотрансплантата из биополимера «Рекост-М» у пациентов после его имплантации в отдаленном послеоперационном периоде.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. С 2017 по 2023 г. в Ростовском государственном медицинском университете было выполнено 27 краниопластик у взрослых пациентов. Среди них мужчин – 16, женщин – 11. Средний размер дефекта костей свода черепа у мужчин составил $(110,4 \pm 32,5)$ см², у женщин – $(85,7 \pm 37,8)$ см². Имплант, изготовленный из биополимера «Рекост-М» при помощи 3D-моделирования, фиксировали краниофиксами от любых производителей, либо костными швами в трех или четырех точках фиксации. Во всех случаях при отсепаровке кожно-апоневротического лоскута сохранялась целостность твердой мозговой оболочки во избежание возможных осложнений, таких как скопление ликвора под имплантом, ликворея, инфицирование импланта. В нейрохирургическом отделении Республиканской детской клинической больницы г. Уфы (НХО РДКБ) изучена возможность реконструкции дефектов черепа с применением материала «Рекост-М» у 16 детей в возрасте от 2 до 6 лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ. На протяжении всего времени наблюдения во всех клинических случаях инфекционные осложнения и трофические нарушения кожно-апоневротического лоскута и разгерметизация импланта, которые могут приводить к удалению импланта, не наблюдались. Спустя пять лет после аллокрраниопластики по данным спиральной компьютерной томографии головного мозга у взрослых пациентов выявлены признаки остеointеграции импланта из биополимера «Рекост-М» в виде включений кальцинатов в пористую структуру «Рекоста-М». При пластике дефектов черепа у детей отечественным материалом «Рекост-М» за время наблюдения в отдаленном периоде осложнений не было.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные результаты использования аллотрансплантата из биополимера «Рекост-М» показали как отсутствие осложнений в раннем послеоперационном периоде, так и наличие остеointеграции биополимера в от-

даленном послеоперационном периоде, что указывает на его преимущество над уже имеющимися титановыми имплантатами. В условиях необходимости импортозамещения биополимер отечественной разработки конкурентоспособен и может быть рекомендован к более частому использованию и в детской нейрохирургической практике.

Ключевые слова: дефекты костей свода черепа, аллокрраниопластика, импланты, степень остеоинтеграции

Для цитирования: Балязин-Парфенов И. В., Балязин В. А., Зайцев В. Д., Булгурян Г. А., Успенский И. В., Тимершин А. Г. Отдаленные результаты аллокрраниопластики с применением индивидуальных биополимерных остеоинтегрируемых имплантов из материала «Рекост-М» // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2024. Т. XVI, № 2. С. 6–15. DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_2_6.

LONG-TERM RESULTS OF ALLOCRANIOPLASTY USING INDIVIDUAL BIOPOLYMER OSTEOINTEGRABLE IMPLANTS MADE OF “RECAST-M” MATERIAL

Igor V. Balyazin-Parfenov¹

✉ balyazinparfenov@mail.ru, orcid.org/0000-0002-3239-5954, SPIN-code: 9030-3654

Viktor A. Balyazin¹

balyazin.viktor@yandex.ru, orcid.org/0000-0001-8381-8876, SPIN-code: 7054-9452

Vitaliy D. Zaitsev¹

<https://orcid.org/0009-0001-3270-8156>

Grigory A. Bulguryan¹

<https://orcid.org/0009-0003-8330-181X>

Igor V. Uspenskiy²

i.uspensky@iconlab.ru, orcid.org/0009-0008-0051-779

Airat G. Timershin³

timershin@mail.ru, orcid.org/0000-0002-2865-479X, SPIN-code: 5959-9480

¹ Rostov State Medical University (29 Nakhichevansky Lane, Rostov-on-Don, Russian Federation, 344022)

² AIKON LAB GMBH Limited Liability Company (a/z 27, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603003)

³ Republican Children's Clinical Hospital (98 Stepan Kuvykin street, Ufa, Russian Federation, 450106)

Abstract

INTRODUCTION. The restoration of defects in the bones of the cranial vault remains an urgent task to this day, since it is necessary to prevent the development of post-trepanation syndrome. When using various materials for cranioplasty (titanium, PEEK, hydroxyapatite, etc.), the incidence of infectious complications ranges from 6.02 to 21.03 %, and they do not undergo osseointegration. For allocranioplasty with individual implant manufacturing using 3D modeling, a domestic bone replacement material biopolymer “Recost-M” has been developed and used, the ability of which to osseointegration has already been proven.

AIM. To assess the degree of osseointegration of an allograft from the “Recost-M” biopolymer in patients after its implantation in the long-term postoperative period.

MATERIALS AND METHODS. From 2017 to 2023, 27 cranioplasty operations were performed in adult patients at RostSMU. Among them, men – 16, women – 11. The average size of the defect of the bones of the cranial vault in men is $110.4 \pm 32.5 \text{ cm}^2$, in women – $85.7 \pm 37.8 \text{ cm}^2$. The implant made of “Recost-M” biopolymer using 3D modeling was fixed with craniofixes from any manufacturer, or with bone sutures at three or four fixation points. In all cases, when the skin-aponeurotic flap was detached, the integrity of the dura mater was preserved in order to avoid possible complications, such as accumulation of cerebrospinal fluid under the implant, cerebrospinal fluid, infection of the implant. In the neurosurgical department of the Republican Children's Clinical Hospital of Ufa (NHO RDKB), the possibility of reconstructing skull defects using the material was studied “Recost-M” in 16 children aged 2 to 6 years.

RESULTS. During the entire observation period, infectious complications and trophic disorders of the skin-aponeurotic flap and implant depressurization, which may lead to implant removal, were not observed in all clinical observations. 5 years after allocranioplasty by CT scan of the brain in adult patients, signs of osseointegration of the implant from the biopolymer “Recost-M” in the form of calcinate inclusions into the porous structure of “Recost-M” were revealed. There were no complications during the plastic surgery of skull defects in children with the domestic material “Recost-M” during the follow-up in the long-term period.

CONCLUSION. The obtained results of using an allograft from the “Recost-M” biopolymer showed both the absence of complications in the early postoperative period and the presence of osseointegration of the biopolymer in the long-term postoperative period, which indicates its advantage over existing titanium implants. And in the context of the need for import substitution, a biopolymer of domestic development is competitive and can be recommended for more frequent use in pediatric neurosurgical practice.

Keywords: calvarial bone defects, allocranioplasty, implants, degree of osseointegration

For citation: Balyazin-Parfenov I. V., Balyazin V. A., Zaitsev V. D., Bulguryan G. A., Uspenskiy I. V., Timershin A. G. Long-term results of allocranioplasty using individual biopolymer osteointegrable implants made of "Recost-M" material. Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov. 2024;XVI(2):6–15. DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_2_6.

Введение

Восстановление дефектов костей свода черепа в настоящее время не утратило своей актуальности, так как возрастает число нейрохирургических вмешательств по поводу черепно-мозговой травмы и опухолевой патологии, когда приходится выполнять резекционную трепанацию черепа, показаниями к которой в большинстве случаев являются отек и нарастающая дислокация головного мозга. Для предупреждения развития посттрепанационного синдрома, а также устранения психологического страха пациента выходить на улицу и получить механическую травму незащищенного мозга возникает необходимость закрытия трепанационного окна.

В литературе описано применение различных материалов для краниопластики. Так, A. Scerrati et al. (2022) используют полиметилметакрилат (РММА) с изготовлением силиконовых форм, напечатанных на 3D-принтере для конкретного пациента, что, по мнению ав-

торов, оказалось эффективным при доступных затратах и обеспечении хорошего косметического результата [1]. Ранее С. Morselli et al. (2018) провели сравнительный анализ использования различных имплантов для краниопластики с сопоставлением осложнений, связанных с ними [2]. Из 1688 имплантированных протезов, изготовленных на заказ, 649 (38,49 %) были изготовлены из титана, 298 (17,56 %) – из полиметилметакрилата, 233 (13,82 %) – из полиэфиркетона (РЕЕК) и 508 (30,13 %) – из гидроксиапатита (НА). В общей сложности было зарегистрировано 348 (20,64 %) осложнений из 1688 пациентов. В группе титана было зарегистрировано 139 (21,42 %) осложнений, в группе РММА – 57 (19,26 %), в группе РЕЕК – 49 (21,03 %) и в группе НА – 103 (20,3 %). По данным других авторов, частота инфекционных осложнений только в популяции пациентов с титановыми имплантами составляет от 6,02 до 7,4 %. Следует также отметить, что импланты из титана, полиметилметакрилата и поли-

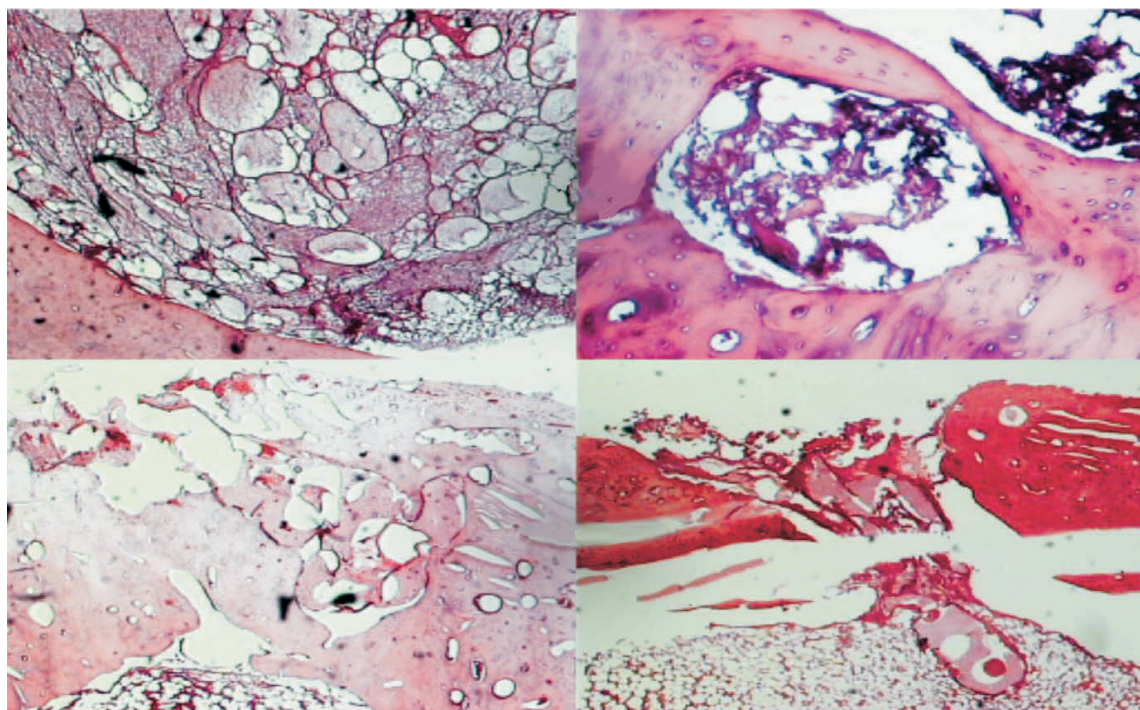


Рис. 1. На месте дефекта выявлены хорошо сформированные костные балки и гаверсовы каналы [3]

Fig. 1. Well-formed bone beams and Haversov channels were found at the site of the defect [3]

эфиркетона со временем не подвергаются остеointеграции [3–5].

Нами совместно с нашими коллегами из Нижнего Новгорода, Уфы, Набережных Челнов, Калининграда с 2012 г. для аллокраниопластики с индивидуальным изготовлением импланта при помощи 3D-моделирования используется отечественный костнозамещающий материал, содержащий биоразрушаемый и биосовместимый полимер полиуретанового ряда, полученный из полиоксипропиленгликоля со средней молекулярной массой 1000, 4,4'-дизоцианатодифенилметана и глицерина (биополимер «Рекост-М»), способность которого к остеointеграции уже доказана в исследованиях ортопедов-травматологов Нижегородского НИИ травматологии и ортопедии. Кроликам чистой линии исследуемый материал был имплантирован в бедренную кость. При гистологическом исследовании установлено, что имплантированный материал не подвергся инкапсуляции и отторжению – фиброзная капсула отсутствует; на границе контакта «кость – материал» появились новые остеобласты (рис. 1) [3, 5–9].

Цель исследования – оценить степень остеointеграции аллотрансплантата из биополимера «Рекост-М» у пациентов после его имплантации в отдаленном послеоперационном периоде.

Материалы и методы исследования

С 2017 по 2023 г. в клинике Ростовского государственного медицинского университета было выполнено 27 краниопластик: у 16 мужчин и 11 женщин. Средний размер дефекта костей свода черепа у мужчин составил $(110,4 \pm 32,5)$ см², у женщин – $(85,7 \pm 37,8)$ см².

Критерии включения в исследование: наличие дефекта костей свода черепа, срок от момента резекционной краниотомии не менее 6 месяцев, возраст от 18 до 75 лет, краниопластика имплантом, изготовленным из биополимера «Рекост-М» при помощи 3D-моделирования.

Критерии исключения: отказ пациента от участия в исследовании, непредоставление пациентом информации о своем состоянии после установки импланта.

Оперированные пациенты имели послеоперационный дефект костей свода черепа раз-

личной площади (согласно классификации Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко и рекомендаций Ассоциации нейрохирургов России). Из них у 15 пациентов причиной выполнения резекционной трепанации черепа была черепно-мозговая травма, 12 пациентов оперированы по поводу опухолей головного мозга. Все пациенты обследованы стационарно в плановом порядке с выполнением спиральной компьютерной томографии (СКТ) с толщиной срезов от 0,6 до 1,4 мм, после чего были отпущены до получения импланта. Данные СКТ отправлялись на завод-изготовитель ООО «Айкон Лаб ГмбХ» (г. Нижний Новгород), где с помощью 3D-моделирования изготавливали виртуальную модель импланта, а в течение последующих 20 дней производилось изготовление самого индивидуального импланта и его этиленоксидная стерилизация. При поступлении импланта в Ростовский государственный медицинский университет пациентов вызывали и оперировали. Имплант фиксировали краниофиксами от любых производителей, либо костными швами в трех или четырех точках фиксации. Во всех случаях при отсепаровке кожно-апоневротического лоскута сохранялась целостность твердой мозговой оболочки во избежание возможных осложнений, таких как скопление ликвора под имплантом, ликворея, инфицирование импланта.

Также нашими коллегами и партнерами из нейрохирургического отделения Республиканской детской клинической больницы г. Уфы изучена возможность реконструкции дефектов черепа с применением материала «Рекост-М» у детей. В Республиканской детской клинической больнице г. Уфы ежегодно проводится до 10 операций по поводу закрытия дефектов черепа у детей. Проанализированы результаты 16 оперированных больных, которым была выполнена краниопластика материалом «Рекост-М». Пациенты распределялись по возрасту следующим образом: от 2 до 5 лет – 2, от 5 до 12 лет – 7, от 12 до 16 лет – 7. По этиологии дефектов свода черепа: посттравматических – 12, послеоперационных (после декомпрессивной трепанации, удаления опухоли черепа) – 2, послеожоговых – 2.



Рис. 2. Послеоперационный дефект костей свода черепа в лобно-теменной области
Fig. 2. Postoperative defect of the bones of the cranial vault in the frontal-parietal region

Результаты исследования и их обсуждение

На протяжении всего времени наблюдения во всех клинических случаях инфекционные осложнения и трофические нарушения кожно-апоневротического лоскута и разгерметизация импланта, которые могут приводить к удалению импланта, не наблюдались.

В качестве клинического примера продемонстрируем пациента Р., которому 19.09.2017 выполнены резекционная трепанация черепа в лобно-теменной области с блок-резекцией, микрохирургическое удаление гигантской па-

расагиттальной менингиомы с внутрикостным ростом в кости свода черепа, после чего остался костный дефект свода черепа размерами 10×11 см (рис. 2). От предлагаемой ранее краниопластики воздерживался до 2019 г. 01.07.2019 выполнена СКТ головного мозга, результаты которой отправлены в г. Нижний Новгород, на завод-изготовитель ООО «Айкон Лаб ГмбХ», где с помощью 3D-моделирования по СКТ изготовили модель дефекта свода черепа (рис. 3), а на ее основе – виртуальную модель импланта (рис. 4) и модель импланта и фрагмента свода черепа из пластика (рис. 5). 30.07.2019 пациент

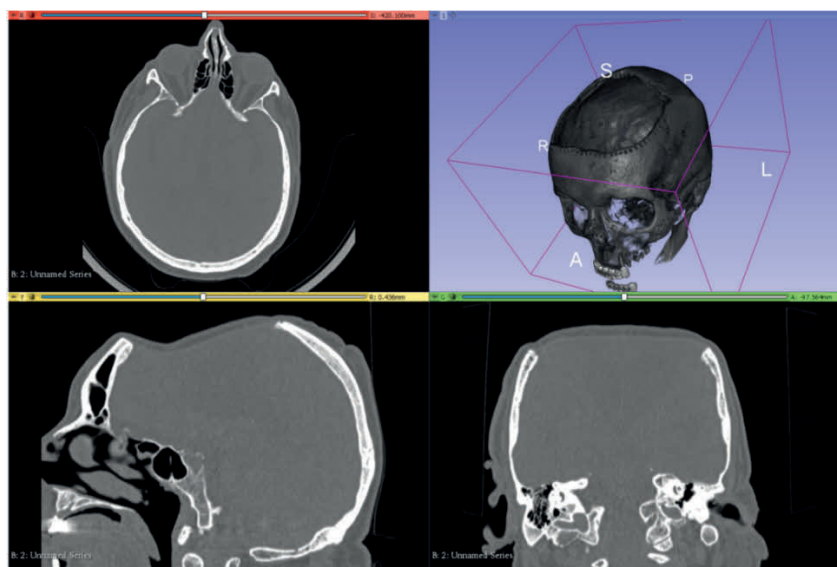


Рис. 3. Виртуальная модель свода черепа по данным СКТ пациента
Fig. 3. Virtual model of the cranial vault according to the patient's CT scan

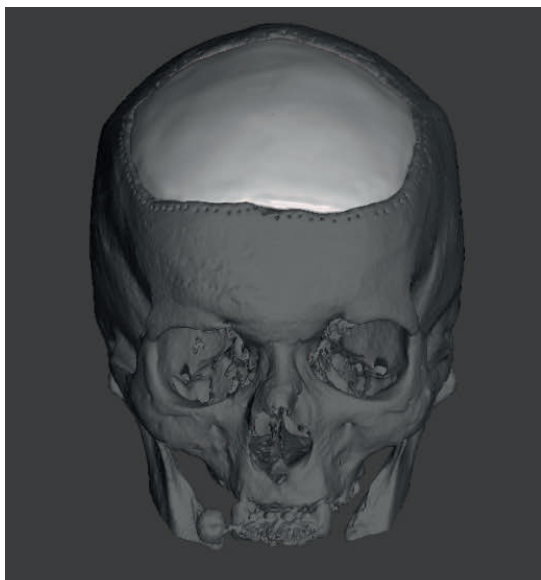


Рис. 4. Виртуальная модель
Fig. 4. Virtual implant model



Рис. 5. Модель импланта и фрагмента свода черепа из пластика импланта
Fig. 5. Model of the implant and a fragment of the skull arch made of plastic

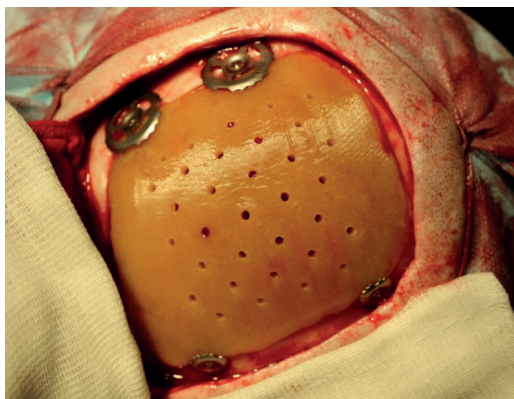


Рис. 6. Индивидуальный имплант установлен и фиксирован краниофиксами
Fig. 6. The individual implant is installed and fixed with craniofixes

оперирован, выполнена аллокраниопластика индивидуально изготовленным имплантом из биополимера «Рекост-М» (рис. 6).

Спустя 5 лет после аллокраниопластики по СКТ головного мозга выявлены признаки остеоинтеграции импланта из биополимера «Рекост-М» в виде включений кальцинатов в пористую структуру «Рекоста-М» (на рис. 7 указано стрелкой).

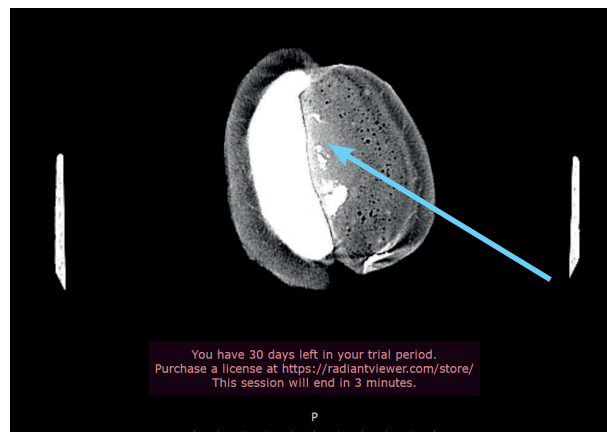


Рис. 7. СКТ-признаки остеоинтеграции импланта из биополимера «Рекост-М» в виде включений кальцинатов в пористую структуру «Рекоста-М»
Fig. 7. SCT signs of osseointegration of the implant from the biopolymer «Recost-M» in the form of calcinate inclusions in the porous structure of «Recost-M»

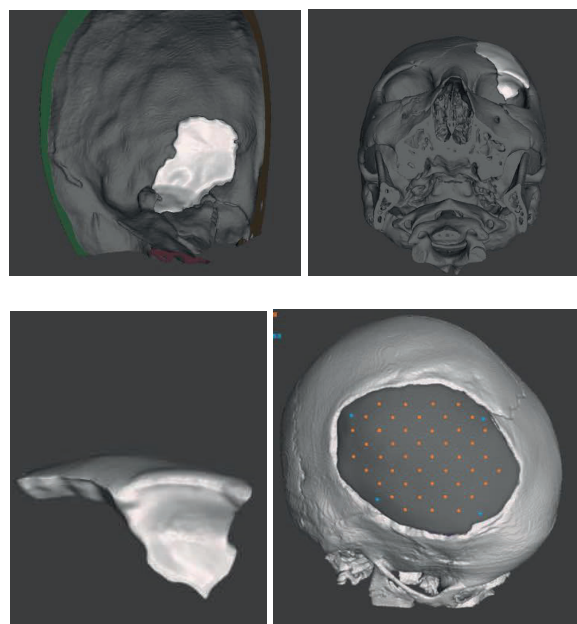


Рис. 8. 3D-импланты для замещения костных дефектов черепа у детей
Fig. 8. 3D implants for replacement of bone defects of the skull in children

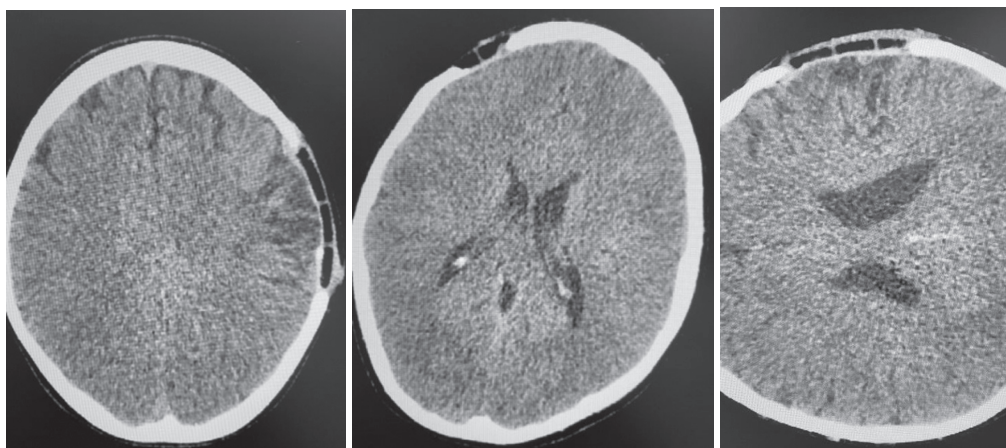


Рис. 9. Появление новых остеобластов по границе контакта «кость – материал» с отсутствием отторжения импланта
Fig. 9. The appearance of new osteoblasts along the border of the “bone – material” contact with the absence of implant rejection

Для пациентов нейрохирургического отделения Республиканской детской клинической больницы г. Уфы из материала «Рекост-М» также были изготовлены 3D-импланты для замещения костных дефектов черепа (рис. 8).

Наблюдение пациентов-детей в течение 3 лет после операции выявило по границе контакта «кость – материал» появление новых остеобластов, а имплантированный материал не подвергся отторжению (рис. 9).

В качестве *клинического примера 1* приведем клиническое наблюдение. Годовалый мальчик М. в новорожденном возрасте по халатности родителей был оставлен без присмотра. Ребенок оказался прислоненным головой к горячей батарее. Получил ожог 4-й степени с повреждением кожи волосистой части лобной теменной области, лобной кости до твердой мозговой оболочки (рис. 10).

Больному проводилось лечение ожога – некрэктомия, свободная кожная пластика. В последующем ребенок наблюдался в динамике. Неврологических выпадений не было.

Сохранялся пульсирующий дефект лобной кости, в возрасте 6 лет было решено провести пластику дефекта лобной кости и рубцового дефекта одновременно (рис. 11). Для устранения рубцового поражения проведена баллонная дермотензия с помощью латексного баллона (эндоэкспандера). Рядом с рубцово-измененной кожей, через разрез до 3 см, был имплантирован экспандер. В течение 3 недель через каждые 2 дня проводилась дермотензия – введение стерильного физиологического раствора в количестве 5–10



Рис. 10. Ожог 4-й степени с повреждением кожи волосистой части лобной теменной области у ребенка М.
Fig. 10. Grade 4 burn with damage to the skin of the scalp of the frontal parietal region in a child M.

мл. Когда объем был доведен до 120 см³, получили достаточное количество растянутой кожи, и была произведена дермопластика путем перемещения лоскутов (рис. 12). Пациенту также был изготовлен индивидуальный имплант из биополимера «Рекост-М» с помощью 3D-принтера в соответствии с формой и размерами дефекта свода черепа. Спустя год после дермопластики путем перемещения лоскутов и краниопластики по границе контакта «кость – материал» наблюдается появление новых остеобластов (рис. 13).

Клиническое наблюдение 2. Больной И., 6 лет, перенес ДТП, оскольчатый перелом лобной кости, орбиты, ушиб головного мозга. При поступлении через 3 месяца после травмы имеется дефект лобной кости, крыши орбиты, назальная ликворея. Пациенту была изготовле-

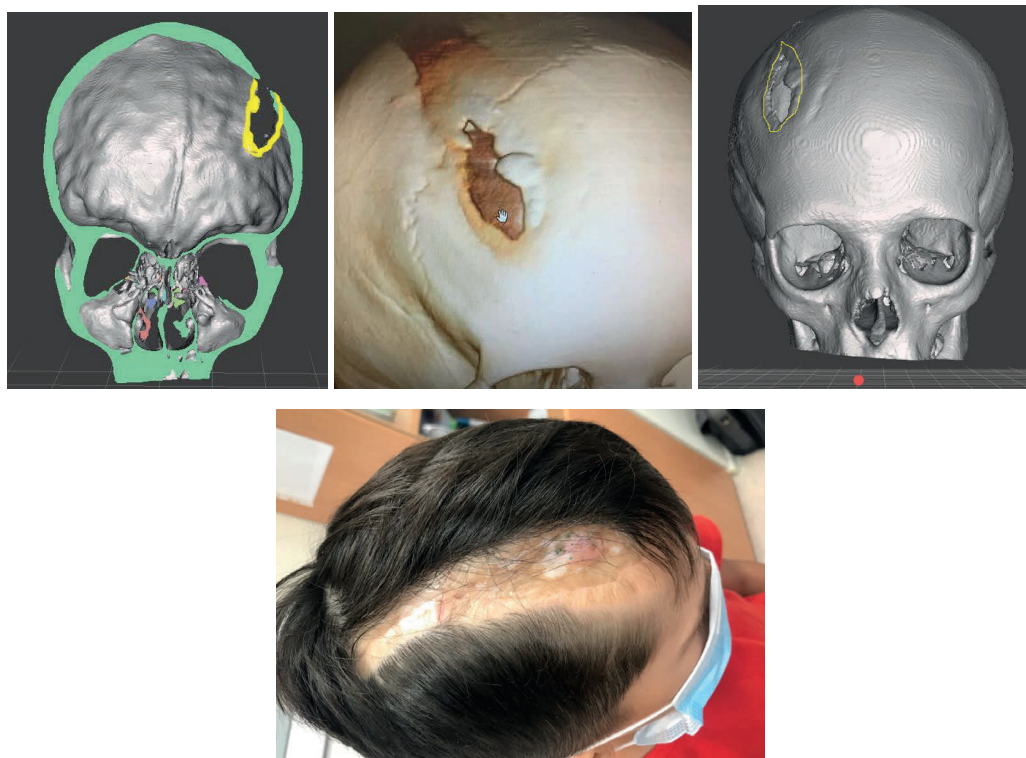


Рис. 11. Рубцовый дефект кожи лобной, теменной области, дефект кожно-апоневротического лоскута и кости
Fig. 11. Scar defect of the skin of the frontal, parietal region, defect of the cutaneous aponeurotic flap and bone



Рис. 12. Единовременная пластика дефекта лобной кости и рубцового дефекта с помощью латексного баллона (эндоекспандера) и дермопластика путем перемещения лоскутов
Fig. 12. One-time plastic surgery of a frontal bone defect and a scar defect using a latex balloon (endoexpander) and dermoplasty by moving flaps



Рис. 13. Спустя год после дермопластики путем перемещения лоскутов и краниопластики при СКТ по границе контакта «кость – материал» выявлено появление новых остеобластов
Fig. 13. A year after dermoplasty, the appearance of new osteoblasts was revealed by moving the flaps and cranioplasty in SCT along the border of the “bone – material” contact

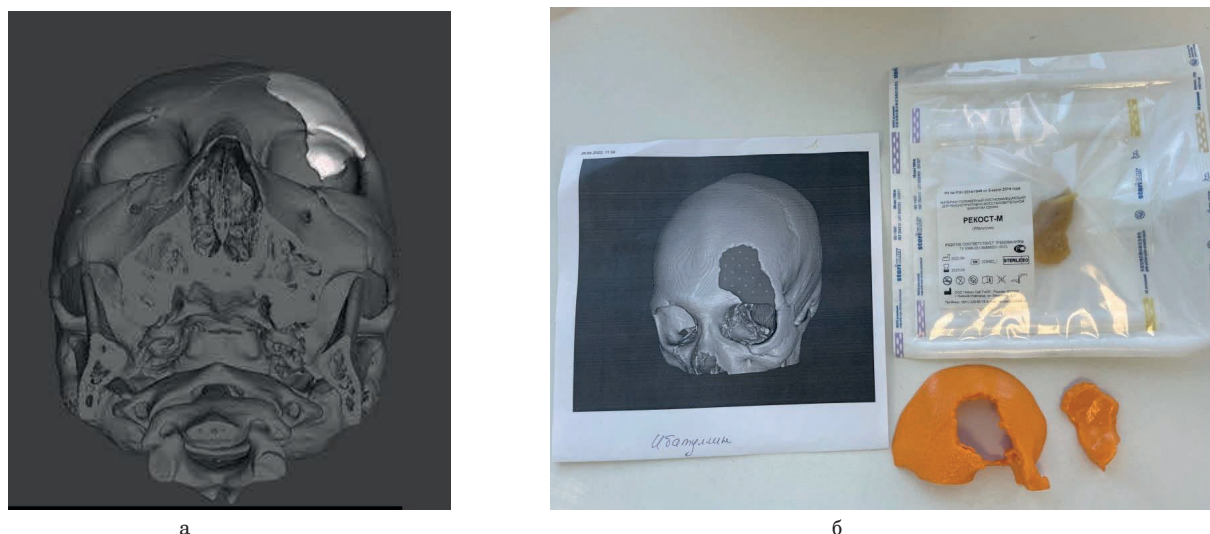


Рис. 14. 3D-виртуальная модель импланта (а); индивидуальная пластина для выполнения пластики дефекта лобной кости и крыши орбиты материалом «Рекост-М» (б)

Fig. 14. 3D virtual model of the implant (a); an individual plate to perform plastic surgery of the defect of the frontal bone and the roof of the orbit with the “Recost-M” material (b)

на индивидуальная пластина (рис. 14) и выполнена операция по закрытию ликворной фистулы на основании передней черепной ямки, установлен люмбальный дренаж с последующей пластикой дефекта лобной кости и крыши орбиты материалом «Рекост-М», пластикой дефекта лобной кости и крыши орбиты.

Заключение

Полученные результаты использования аллотрансплантата из биополимера «Рекост-М» показали как отсутствие осложнений в раннем послеоперационном периоде, так и наличие остеоинтеграции биополимера в отдаленном послеоперационном периоде, что указывает на его преимущество над уже имеющимися титановыми имплантами, а в условиях необходимости импортозамещения биополимер отечественной разработки конкурентоспособен. Риск инфицирования и рассасывания при использовании ауто- и аллоимплантатов составляет 18 %.

Биополимер «Рекост-М» может быть рекомендован к более частому использованию также и в детской нейрохирургической практике, так как возможна единовременная пластика дефектов мягких тканей и костей черепа, а при краниопластике дефектов черепа у детей материалом «Рекост-М» за время наблюдения в отдаленном периоде осложнений не выявлено.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study. The study was carried out in accordance with the requirements of the World Medical Association Declaration of Helsinki (updated in 2013).

Литература / References

1. Scerrati A., Travaglini F., Gelmi C. A. E. et al. Patient specific Polymethyl methacrylate customised cranioplasty using 3D printed silicone moulds: Technical note. *Int. J. Med. Robot.* 2022;18(2):e2353. Doi: 10.1002/rcs.2353.
2. Morselli C., Zaed I., Tropeano M. P. et al. Comparison between the different types of heterologous materials used in cranioplasty: a systematic review of the literature. *J. Neurosurg. Sci.* 2019;63(6):723–736. Doi: 10.23736/S0390-5616.19.04779-9.
3. Колмогоров Ю. Н., Успенский И. В., Маслов А. Н. и др. Костнозамещающие имплантаты из материала «Рекост-М» на основе 3D-моделирования для закрытия посттравматических дефектов черепа: доклинические и клинические исследования // Современные технологии в медицине. 2018. Т. 10, № 3. С. 95–103. [Kolmogorov Yu. N., Uspensky I. V., Maslov A. N. et al. Rekost-M bone replacement implants based on 3D modeling for closing post-traumatic skull defects: pre-clinical and clinical studies. *Modern technologies in*

- medicine. 2018;10(3):95–103. (In Russ.)). Doi: 10.17691/stm2018.10.3.11. EDN: YLLJMT.
4. Дюсембеков Е. К., Исатаев Б. С., Азлаков Б. М. и др. Краниопластика: применение 3D-имплантов для пластики дефекта черепа // Вестн. КазНМУ. 2016. № 4. С. 82–92. [Dyusembekov E. K., Isataev B. S., Sadykova Zh. B. et al. Cranioplasty: using 3D implants for repair skull defect. Vestnik KazNMU. 2016;(4):82–92. (In Russ.)). EDN: YOEUJU.
 5. Патент РФ № 2518753. Костнозамещающий материал / Колмогоров Ю. Н., Успенский И. В., Слияков А. Ю. [и др.]. 10.06.2014. [Patent RU No. 2518753. Filler material inventor / Kolmogorov Yu. N., Uspenskiy I. V., Sliyakov A. Yu., Novikov A. E. 10.06.2014. (In Russ.)).
 6. Комар В. В., Ярошчик Т. М., Дудич О. Н. и др. Комбинированный подход к восстановлению посттравматической деформации свода и основания черепа, костей средней зоны лица // Нейрохирургия. 2022. Т. 24, № 4. С. 67–72. [Komar V. V., Yaroshchik T. M., Dudich O. N. et al. A clinical case of a combined approach to restoring post-traumatic deformation of the bones of the arch and base of the skull, bones of the middle zone of the face. Neirohirurgii. 2022;24(4):67–72. (In Russ.)). Doi: 10.17650/1683-3295-2022-24-4-67-72. EDN: FBJMJO.
 7. Кравчук А. Д., Потапов А. А., Панченко В. Я. и др. Аддитивные технологии в нейрохирургии (обзор литературы) // Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко. 2018. Т. 82, № 6. С. 97–104. [Kravchuk A. D., Potapov A. A., Panchenko V. Ya. et al. Additive technologies in neurosurgery. Voprosy Neurokhirurgii imeni N. N. Burdenko. 2018;82(6):97–104. (In Russ.)). Doi: 10.17116/neiro20188206197. EDN: YVXDSH.
 8. Чобулов С. А., Кравчук А. Д., Потапов А. А. и др. Современные аспекты реконструктивной хирургии дефектов черепа // Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко. 2019. Т. 83, № 2. С. 115–124. [Chobulov S. A., Kravchuk A. D., Potapov A. A. et al. Modern aspects of reconstructive surgery of skull defects. Voprosy Neurokhirurgii imeni N. N. Burdenko. 2019;83(2):115–124. (In Russ.)). Doi: 10.17116/neiro201983021115. EDN: RDASUM.
 9. Шаробаро В. И., Потапов А. А., Гаврилов А. Г. и др. Выбор метода реконструкции при обширных комбинированных дефектах мозгового черепа в зависимости от клинической ситуации // Анналы пласт., реконструктив. и эстет. хир. 2018. № 1. С. 111–112. [Sharobaro V. I., Potapov A. A., Gavrilov A. G. et al. The choice of reconstruction method for extensive combined cranial defects depending on the clinical situation. Annaly plasticheskoi, rekonstruktivnoi i esteticheskoi khirurgii. 2018;(1):111–112. (In Russ.)). EDN: XMHUKT.

Сведения об авторах

Игорь Викторович Балязин-Парфенов – доктор медицинских наук, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии Ростовского государственного медицинского университета (г. Ростов-на-Дону, Россия);

Виктор Александрович Балязин – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой неврологии и нейрохирургии Ростовского государственного медицинского университета (г. Ростов-на-Дону, Россия);

Виталий Дмитриевич Зайцев – аспирант кафедры неврологии и нейрохирургии Ростовского государственного

медицинского университета (г. Ростов-на-Дону, Россия);

Григорий Алексеевич Булгурян – ординатор кафедры неврологии и нейрохирургии Ростовского государственного медицинского университета (г. Ростов-на-Дону, Россия);

Игорь Вадимович Успенский – главный специалист ООО «Айкон Лаб Гмбх» (г. Нижний Новгород, Россия);

Айрат Гафиевич Тимершин – кандидат медицинских наук, заведующий отделением нейрохирургии Республиканской детской клинической больницы (г. Уфа, Россия).

Information about the authors

Igor V. Balyazin-Parfenov – Dr. of Sci. (Med.), Professor at the Department of Neurology and Neurosurgery, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russia);

Viktor A. Balyazin – Dr. of Sci. (Med.), Full Professor, Head at the Department of Neurology and Neurosurgery, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russia);

Vitaly D. Zaitsev – Postgraduate Student at the Department of Neurology and Neurosurgery, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russia);

Grigory A. Bulguryan – Resident at the Department of Neurology and Neurosurgery, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russia);

Igor V. Uspenskiy – Chief Specialist, AIKON LAB GMBH LLC (Nizhny Novgorod, Russia);

Ayrat G. Timershin – Cand. of Sci. (Med.), Head at the Department of Neurosurgery, Republican Children's Clinical Hospital (Ufa, Russia).

Принята к публикации 06.05.2024

Accepted 06.05.2024