

© CC BY Коллектив авторов, 2021
УДК 616.713-089.85 : 57.017.3
DOI: 10.24884/0042-4625-2021-180-5-25-33

ПЕРВЫЙ КЛИНИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСТНОЙ КРОШКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РЕПАРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ ГРУДИНЫ ПОСЛЕ СРЕДИННОЙ СТЕРНОТОМИИ

М. С. Кузнецов*, В. В. Шипулин, Е. В. Лелик, Г. Г. Насрашвили, Д. С. Панфилов, Б. Н. Козлов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр» Российской академии наук, г. Томск, Россия

Поступила в редакцию 06.07.2020 г.; принята к печати 01.12.2021 г.

ЦЕЛЬ. Оценить первый опыт применения костной крошки при металлоостеосинтезе грудины в отношении безопасности и клинической эффективности.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ. В исследование были включены 20 пациентов, по 10 человек в каждой группе (11 мужчин и 9 женщин; средний возраст в 1-й группе – $(74,2 \pm 5,3)$ года; во 2-й – $(72,4 \pm 6,7)$ года). Пациентам из 1-й группы в соответствии с целью исследования на этапе ушивания грудины имплантировали в губчатое вещество костную крошку. Во 2-ю группу вошли пациенты, которым оперативное лечение проводили по общепринятому, стандартному протоколу: губчатая ткань грудины обрабатывалась костным воском.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Оценку репарации грудины выполняли по данным спиральной компьютерной томографии. Исследовали исходное состояние костной ткани до выполнения операции, в раннем послеоперационном периоде (12-е сутки) и в среднесрочном периоде (через 12 месяцев после операции). Результаты оценивали по балльной шкале: 0 баллов – диастаз более 3 мм, 12 баллов – полная консолидация грудины на всем протяжении. В раннем послеоперационном периоде степень сращения грудины в обеих группах не различалась (1-я группа – $(3,5 \pm 0,7)$; 2-я группа – $(3,5 \pm 0,8)$ балла). В среднесрочном периоде наблюдения (12 месяцев) степень сращения грудины у пациентов 1-й группы составила $(11 \pm 0,7)$ балла, что практически в 2 раза больше, чем у пациентов второй группы, – $(5,6 \pm 3)$ балла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Применение ксеноматериалов для костной пластики у пациентов группы высокого риска сниженной репарации костной ткани после срединной стернотомии безопасно и эффективно.

Ключевые слова: стернотомия, металлоостеосинтез, костная крошка, дегисценция грудины, диастаз грудины

Для цитирования: Кузнецов М. С., Шипулин В. В., Лелик Е. В., Насрашвили Г. Г., Панфилов Д. С., Козлов Б. Н. Первый клинический опыт использования костной крошки для улучшения репарации костной ткани грудины после срединной стернотомии. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2021;180(5):25–33. DOI: 10.24884/0042-4625-2021-180-5-25-33.

* **Автор для связи:** Михаил Сергеевич Кузнецов, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, 634012, Россия, г. Томск, ул. Киевская, д. 111а. E-mail: kms@cardio-tomsk.ru.

THE FIRST CLINICAL EXPERIENCE OF USING BONE CHIPS TO PROMOTE STERNUM REOSSIFICATION AFTER MEDIAN STERNOTOMY

Mikhail S. Kuznetsov*, Vladimir V. Shipulin, Evgeniya V. Lelik, Georgy G. Nasrashvili, Dmitry S. Panfilov, Boris N. Kozlov

Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

Received 06.07.2020; accepted 01.12.2021

The **OBJECTIVE** was to evaluate the first experience of using bone chips in sternum metallic osteosynthesis in terms of safety and clinical efficacy.

METHODS AND MATERIALS. 20 patients, 10 people in each group (11 men and 9 women; the average age in Group 1 was 74.2 ± 5.3 years; in Group 2 – (72.4 ± 6.7) years) were enrolled in the study. In accordance with the objective of the study, when suturing the sternum, bone-chip grafts were inserted into the spongy substance in Group 1 patients.

Group 2 included patients who underwent surgical treatment according to the generally accepted standard protocol: bone wax was applied to the spongy bone tissue of the sternum.

RESULTS. The evaluation of sternum reossification was performed with spiral computed tomography. The initial state of the bone tissue was examined before the operation, in the early postoperative period (12 days) and in the mid-term period – 12 months after the operation. The results were evaluated on a point scale: 0 points – sternal diastasis more than 3 mm, 12 points – complete sternal consolidation. In the early postoperative period, the degree of sternum fusion did not differ in both groups. (Group 1 – (3.5 ± 0.7) ; Group 2 – (3.5 ± 0.8) points). In the mid-term follow-up (12 months after), the degree of sternum fusion in patients of Group 1 was (11 ± 0.7) points, which was almost two times higher than in patients of Group 2 – (5.6 ± 3) points.

CONCLUSION. The use of Xeno-materials for bone grafting in patients at high risk of impaired reossification after median sternotomy is safe and effective.

Keywords: sternotomy, metallic osteosynthesis, bone chips, sternal dehiscence, sternal diastasis

For citation: Kuznetsov M. S., Shipulin V. V., Lelik E. V., Nasrashvili G. G., Panfilov D. S., Kozlov B. N. The first clinical experience of using bone chips to promote sternum reossification after median sternotomy. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2021;180(5):25–33. (In Russ.). DOI: 10.24884/0042-4625-2021-180-5-25-33.

* **Corresponding author:** Mikhail S. Kuznetsov, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences, 111a, Kievskaya str., Tomsk, 634012, Russia. E-mail: kms@cardio-tomsk.ru.

Введение. В мировой клинической практике в настоящее время проводится около 1 млн кардио-хирургических вмешательств, и их число постоянно возрастает ввиду увеличения средней продолжительности жизни населения и роста заболеваемости сердечно-сосудистой системы среди населения большинства развитых стран [1]. Большинство операций на сердце и магистральных сосудах проводятся посредством срединного стернотомного доступа [1, 2]. Современные хирургические техники и технологии, развивающееся анестезиологическое пособие улучшили результаты хирургических операций при заболеваниях сердечно-сосудистой системы. Появляются возможности для оперативного лечения возрастных пациентов высокого хирургического риска.

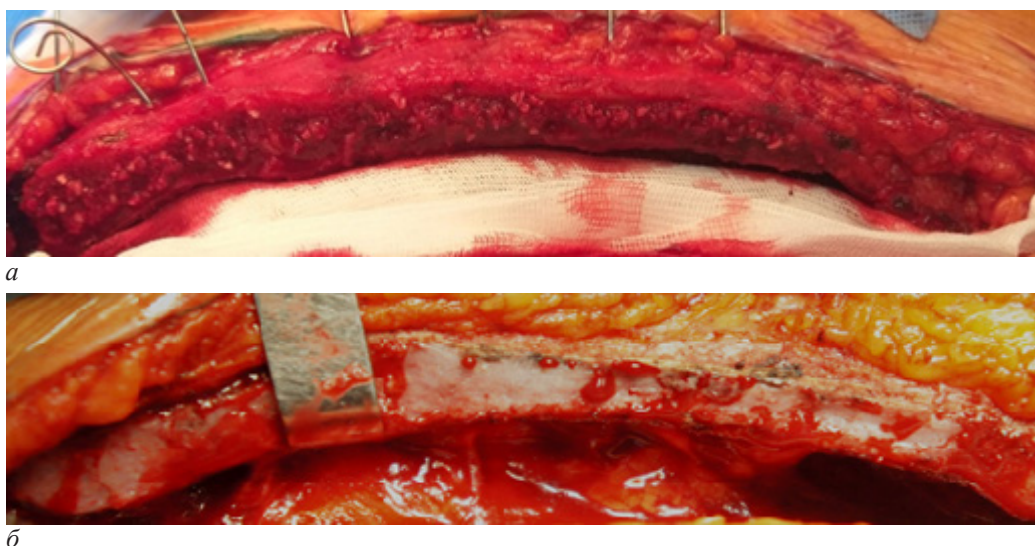
Самым частым неинфекционным раневым осложнением у возрастных пациентов является нарушение репарации костной ткани, которое приводит к патологической подвижности или смещению костных краев грудины, развитию острого или хронического болевого синдрома, который,

в свою очередь, может повлечь за собой развитие дыхательной недостаточности или присоединение инфекции с развитием медиастинита [3].

Нестабильность грудины после срединной стернотомии является многофакторным осложнением. В настоящее время ведутся активный поиск и разработка способов для рассечения грудины, ее стабилизации, выбора гемостатических материалов с минимальным влиянием на репарацию грудины [4, 5]. Не менее актуальным остается вопрос о комплексных терапевтических подходах, выборе лекарственных средств для стимуляции репарации костной ткани груди, особенно у пожилых и пациентов группы высокого риска, связанного с ранозаживлением [5–7].

Использование костных трансплантатов для восстановления либо замещения дефектов костной ткани, ускорения процессов остеогенеза является актуальным направлением в настоящее время [8, 9].

Основываясь на методах использования остеопластики с применением ксенотрансплантатов в та-



а

б

Рис. 1. Общий вид края грудины после нанесения костной пасты (а); общий вид край грудины обработан воском (б)

Fig. 1. General view of the edge of the sternum after applying bone paste (a); general view of the edge of the sternum applied with wax (b)

Таблица 1

Общая характеристика пациентов

Table 1

General characteristics of patients

Показатель	Группа 1 (n=10)	Группа 2 (n=10)	p
<i>Основные факторы риска</i>			
Средний возраст, лет	(74,2±5,3)	(72,4±6,7)	0,67
Мужчины/женщины	5/5	6/4	0,72
ИМТ, кг/м ²	(30,97±5,19)	(31,3±4,6)	0,5
Сахарный диабет, n (%)	7 (70)	8 (80)	0,78
ХОБЛ, n (%)	9 (90)	9 (90)	–
Хроническая болезнь почек, n (%)	6 (60)	5 (50)	0,67
Остеопороз, n (%)	10 (100)	10 (100)	–
<i>Интраоперационные факторы риска</i>			
Средняя кровопотеря во время оперативного вмешательства, мл	200 (150; 250)	240 (200; 300)	0,56
Длительность операции, мин	205 (190; 250)	200 (185; 290)	0,84
Остеосинтез Z-образный/комбинированный	3/7 (30/70)	4/6 (40/60)	0,87

Примечание: ИМТ – индекс массы тела.

ких областях, как стоматология, травматология и ортопедия, был разработан и предложен новый способ профилактики неинфекционных осложнений со стороны костной ткани грудины при выполнении срединной стернотомии (патент на изобретение № 2743811 от 21.07.2020 г.).

Цель работы – оценить первый опыт применения костной крошки при металлоостеосинтезе грудины в отношении безопасности и клинической эффективности.

Методы и материалы. В работе представлена оценка первичных и среднесрочных результатов регенерации костной ткани грудины пациентов, перенесших оперативное лечение на сердце с доступом посредством срединной стернотомии, которым с целью ускорения репаративных процессов и стимуляции остеогенеза на этапе ушивания грудины в губчатое вещество имплантировали костную крошку. В работе применяли костную крошку «BioOST» кортикальную + губчатую субтотально деминерализованную с фоновой остеоиндукцией, представляющие собой губчатые гранулы с коллагеном для замещения костных дефектов (Регистрационное удостоверение № РЗ 2015/3086 от 16.09.2015 г. Российское предприятие «Кардиоплант», входящее в группу компаний научно-производственного объединения «Мединж», г. Пенза).

Исследование проводилось открыто, проспективно, с использованием двух групп пациентов (основной и контрольной). Пациентам сравниваемых групп выполняли оперативное лечение на сердце в условиях искусственного кровообращения с хирургическим доступом через срединную стернотомию.

Критерии включения: возраст старше 65 лет, планируемый доступ операции на сердце – срединная стернотомия, планируемый забор одной или двух внутригрудных артерий, наличие факторов риска неинфекционных осложнений со стороны грудины в раннем послеоперационном периоде, избыточная масса тела, сахарный диабет, обструктивная болезнь легких, остеопороз грудины, курение.

В настоящее время в исследование включены 20 пациентов: 11 (55 %) мужчин и 9 (45 %) женщин в возрасте от 65 до 80 лет (средний возраст – (73,3±4,1) года), входящих в группу высокого риска сниженной репарации костной ткани грудины

и развития возможных раневых осложнений после выполнения срединной стернотомии.

Все пациенты были разделены на две группы. 1-й группе пациентов на этапе гемостаза, примерно за 30 мин до «стягивания» грудины, проводили подготовку костной крошки для ее применения. Согласно инструкции изготовителя, костно-пластический материал разводили в стерильных условиях кровью пациента в соотношении 1:1,5 мл объема с экспозицией 30 мин.

На этапе сведения грудины полученная пластическая масса втиралась в губчатое вещество грудины с последующим сопоставлением краев. Медицинский воск у данной группы пациентов не использовали (рис. 1, а).

Во 2-й группе все этапы хирургического лечения были стандартными и общепринятыми. Края грудины обрабатывали костным воском (Eticon, Johnson & Johnson Somerville, NJ).

Все пациенты, включенные в исследование, были госпитализированы для хирургического лечения ишемической болезни сердца. Они были сопоставимы по возрасту, факторам риска развития как инфекционных, так и неинфекционных раневых осложнений: возраст, избыточная масса тела, сахарный диабет, остеопороз, хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), хроническая болезнь почек. Общая характеристика пациентов приведена в табл. 1.

Всем пациентам, включенным в исследование, была выполнена операция аортокоронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения и холодовой кардиopleгии, в которой была использована одна левая внутригрудная артерия в качестве шунта на переднюю нисходящую артерию. Выделение внутригрудной артерии проводили преимущественно скелетизированием. Все оперативные вмешательства производили в плановом порядке.

В интраоперационном периоде учитывали факторы, которые напрямую влияют на риск развития системного инфекционного процесса и снижения репарации тканей: средняя кровопотеря во время оперативного вмешательства, длительность выполнения операции.

Стабилизацию грудины у пациентов обеих групп в большинстве случаев выполняли комбинированным методом (комбинация линейного с Z-образным способом), лигатурами монопроволокой USP 7 (1-я группа – 70 %, 2-я группа – 60 %).

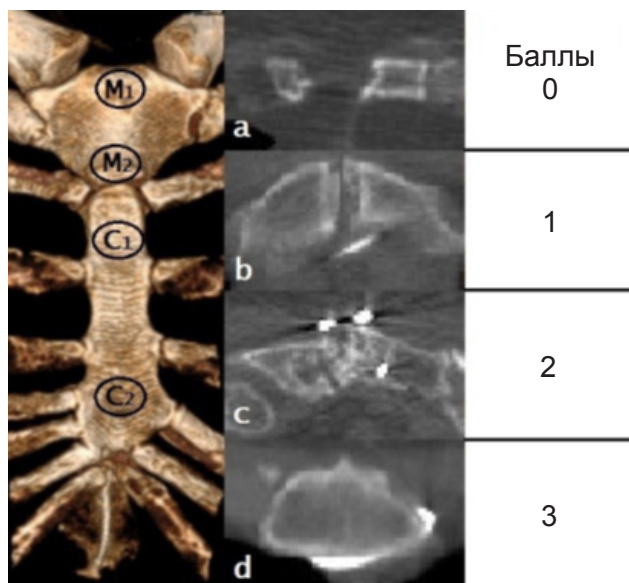


Рис. 2. Локализация контрольных точек (M1, M2, C1, C2) измерения степени заживления грудины (слева) и КТ-признаки различной степени заживления: а – диастаз более 3 мм без признаков заживления; б – диастаз 0–3 мм без признаков заживления; с – между половинами грудины имеются КТ-признаки формирующейся костной мозоли («облаковидный» инфильтрат, формирующиеся костные балки и костные «мостики» в виде нитевидных включений); d – полная консолидация [11]

Fig. 2. Localization of control points (M1, M2, C1, C2) measuring the degree of sternal healing (left) and CT findings of varying degrees of healing: a – diastasis more than 3 mm without signs of healing; b – diastasis 0–3 mm without signs of healing; c – between the halves of the sternum, there are CT findings of forming callus («cloudy» infiltrate, forming bone trabecula and bone «bridges» in the form of filamentous inclusions); d – complete consolidation [11]

У всех включенных в исследование пациентов ранний послеоперационный период протекал без осложнений. Швы были сняты в срок. Заживление послеоперационных ран проходило первичным натяжением. Клинически мы не наблюдали признаков стеральной дегисценции и развития инфекционных раневых осложнений ни в одной из групп.

Для изучения степени сращения грудины после полной продольной стернотомии в настоящее время наиболее широко используется метод спиральной компьютерной томографии (КТ) с проведением методики 6-балльной оценки. Измерение производят в «костном» окне в трех точках грудины – в рукоятке, верхней и нижней половинах тела грудины. При этом применяются следующие критерии сращения грудины: 0 баллов – диастаз грудины, 1 балл – частичное заживление, 2 балла – полное заживление. По полученным данным вычисляют общий балл заживления по всей грудины, суммируя полученные значения по трем точкам. При этом полное сращение составляет 6 баллов, а диастаз грудины на всем протяжении – 0 баллов [10]. В представленном исследовании было принято решение использовать шкалу, разработанную отечественными авторами [11], поскольку она, на наш взгляд, более подробно и детально оценивает репарацию костной ткани грудины. Расчеты проводили в четырех определяющих точках, соответствующих наложению швов, соединяющих края грудины и несущих основную нагрузку: верхний край рукоятки грудины (M1), нижний край рукоятки грудины (M2), верхняя часть тела грудины на уровне II межреберья (C1), нижняя часть тела грудины на уровне IV межреберья (C2) по следующим баллам-критериям: 0 – диастаз между фрагмента-

ми грудины более 3 мм без признаков сращения, 1 – диастаз между фрагментами грудины 0–3 мм без признаков сращения, 2 – между половинами грудины имеются КТ-признаки формирующейся костной мозоли («облаковидный» инфильтрат, формирующиеся костные балки и костные «мостики» в виде нитевидных включений), 3 – полная консолидация. Затем баллы суммировали и получали цифровое выражение степени заживления грудины: минимум 0 баллов – диастаз грудины более 3 мм на всем протяжении, максимум 12 баллов – полная консолидация грудины на всем протяжении (рис. 2). Диастаз грудины также определялся в тех же четырех контрольных точках грудины. Для конкретного пациента выводили формулу заживления: $n-n-n-n(N)$, где n – балл сращения в точках M1, M2, C1 и C2 соответственно, а N – общий (суммированный) балл сращения.

Статистическую обработку результатов выполняли при помощи программы «Statistica 10.0» (StatSoft Inc, Tulsa, OK, USA). Статистическую значимость межгрупповых различий величин оценивали при помощи параметрического критерия Стьюдента или непараметрического критерия Манна – Уитни. Для оценки внутригрупповых различий использовали парный критерий Вилкоксона. Во всех процедурах статистического анализа изменения считали статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты. Всем пациентам, включенным в исследование, КТ-исследование органов грудной клетки проводили до операции, в раннем послеоперационном периоде (12-е сутки) и через 12 месяцев после вмешательства.

Полученные параметры результатов КТ грудины показаны в табл. 2.

Из представленных данных видно, что в раннем послеоперационном периоде (12-е сутки) степень репарации костной ткани грудины в обеих группах не различалась и составила в среднем $(3,5 \pm 0,7)$ балла у пациентов 1-й группы и $(3,5 \pm 0,8)$ балла у пациентов 2-й группы. Из особенностей полученных изображений КТ-исследования в раннем послеоперационном периоде можно отметить, что у всех пациентов 1-й группы было обнаружено наличие на всем протяжении грудины гиперденной полосы (которая по плотности эквивалентна кортикальному слою кости), соответствующей линии стернотомии. У пациентов 2-й группы таких особенностей не отмечено (рис. 3).

В 12-месячный срок наблюдения степень сращения грудины у пациентов 1-й группы составила $(11 \pm 0,7)$ балла, что практически в 2 раза больше, чем у пациентов 2-й группы, – $(5,6 \pm 3)$ балла. На изображениях грудин пациентов 1-й группы диастазов выявлено не было, у 2 (20 %) пациентов в теле грудины были выявлены дефекты губчатого вещества от 2 до 5 мм в диаметре. При этом по задней и передней поверхности грудины визуализировался непрерывный кортикальный слой и полное сращение грудины. По-видимому, образование данных дефектов связано с резорбцией костной ткани. У 3 (30 %) пациентов в теле грудины полной репарации костной ткани отмечено не было, однако хорошо визуализировались формирующиеся костные балки

Таблица 2

Данные компьютерной томографии грудины в послеоперационном периоде

Table 2

Data of computed tomography of the sternum in the postoperative period

Показатель	14-е сутки после операции			12 месяцев			p**	
	группа 1 (n=10)	группа 2 (n=10)	p*	группа 1 (n=10)	группа 2 (n=10)	p*	группа 1 (n=10)	группа 2 (n=10)
Сращение в M1	(0,7±0,4)	(0,8±0,3)	0,7	(2,7±0,4)	(1,5±0,8)	0,002	<0,001	<0,001
Сращение в M2	1,0	(0,8±0,3)	0,5	3,0	(1,5±0,8)	<0,001	<0,001	<0,001
Сращение в C1	(0,8±0,3)	(0,8±0,3)	0,76	(2,7±0,4)	(1,3±0,8)	0,006	<0,001	0,01
Сращение в C2	(0,7±0,4)	(0,8±0,3)	0,5	(2,4±0,5)	(1,3±0,8)	0,04	<0,001	0,01
Сращение общее	(3,5±0,7)	(3,5±0,8)	0,29	(11±0,7)	(5,6±3)	0,02	0,002	0,03

Примечание: * – достоверность различий между группами; ** – достоверность различий между периодами наблюдения внутри групп.

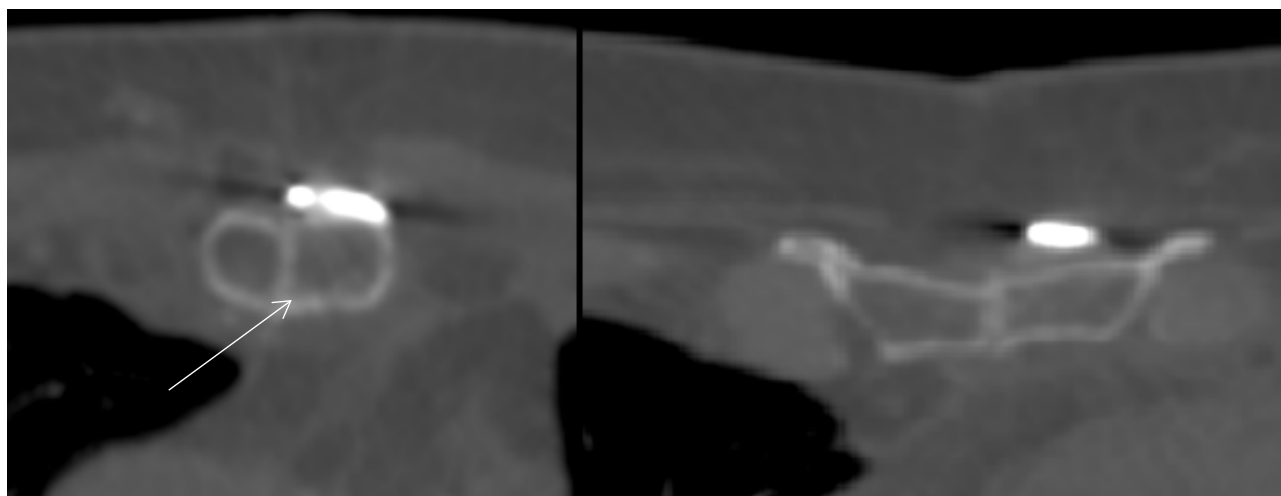


Рис. 3. Изображения компьютерной томографии пациентов в раннем послеоперационном периоде (12-е сутки): а – пациент 1-й группы, стрелкой указана гиперденная полоса; б – пациент 2-й группы

Fig. 3. CT images of patients in the early postoperative period (12 days): а – patient of Group 1, the arrow indicates the hyperdense band; б – patient of Group 2

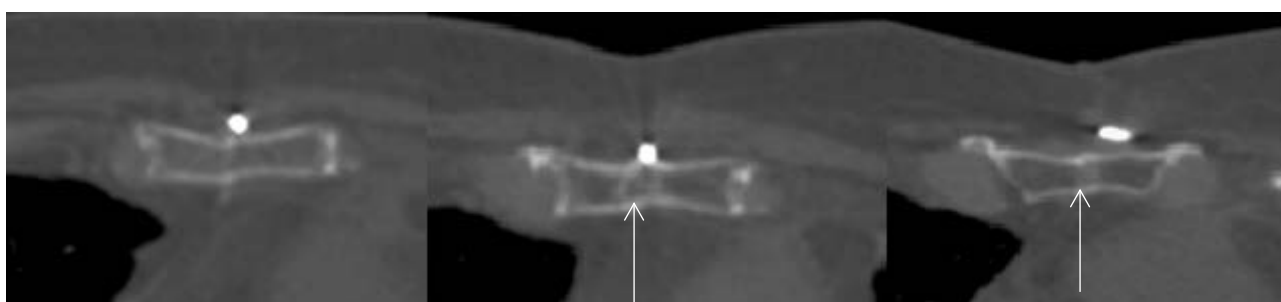


Рис. 4. Изображения компьютерной томографии пациента 1-й группы в среднесрочном периоде (12 месяцев): а – отсутствие диастазов, полное сращение костной ткани; б – стрелкой указан дефект губчатого вещества грудины; в – указан стрелкой облаковидный инфильтрат, формирование костных мостиков

Fig. 4. CT images of Group 1 patient in the mid-term period (12 months): а – no diastasis, complete bone fusion; б – the arrow indicates the defect of the sternal spongy substance; в – «cloudy» infiltrate, the formation of bone bridges, indicated by an arrow

и костные «мостики» в виде нитевидных включений, что свидетельствует о репарации костной ткани (рис. 4).

У 1 (10 %) пациента 1-й группы в раннем послеоперационном периоде (12-е сутки) было выявлено переднезаднее смещение в теле грудины на 1 мм и формирование диастаза рукоятки 1 мм. На кон-

трольном обследовании в среднесрочном периоде смещение в теле грудины сохранилось при полной репарации костной ткани (рис. 5).

Среди пациентов 2-й группы только в 2 (20 %) случаях, по данным КТ, было отмечено полное сращение грудины, у 4 (40 %) пациентов визуализировались признаки формирования костной мозоли.

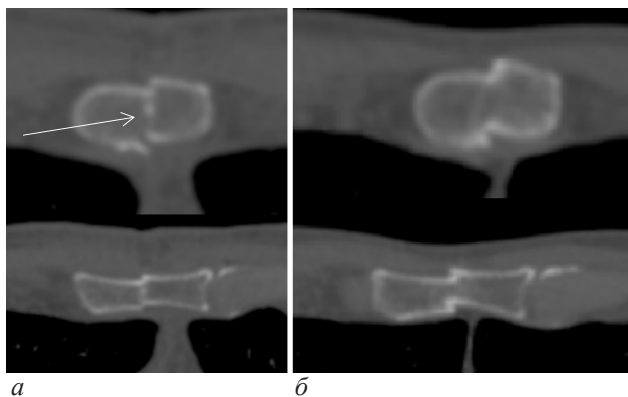


Рис. 5. Изображения компьютерной томографии пациента 1-й группы: а – изображение в раннем послеоперационном периоде (12-е сутки), стрелкой указана гиперденсная полоса; б – изображение в среднесрочном периоде (12 месяцев), сохраняется переднезаднее смещение грудины при полной репарации костной ткани

Fig. 5. CT images of Group 1 patient: a – the image in the early postoperative period (12 days), the arrow indicates the hyperdense band; б – the image in the mid-term period (12 months), anteroposterior displacement of the sternum with complete reossification

В остальных случаях были выявлены диастазы грудины в разных ее частях (рис. 6).

Обсуждение. В настоящее время использование костных трансплантатов для восстановления и (или) замещения дефектов костной ткани, ускорения процессов репарации, остеогенеза в таких областях, как стоматология, травматология, ортопедия, является актуальным направлением, доказавшим свою эффективность и безопасность [9].

По данным литературных источников, чаще всего в хирургической стоматологии используется аутопластический метод. Впервые аутогенный трансплантат испытан хирургом Уолтером в 1820 г., и на протяжении почти двух веков материал, полученный от пациента, традиционно считался эталоном остеопластики. Сторонники аутогенных трансплантатов указывают на высокую остеогенность, остеокондукцию и остеоиндуктивные свойства [12].

В кардиохирургической практике описаны случаи применения аутогенных костных транс-

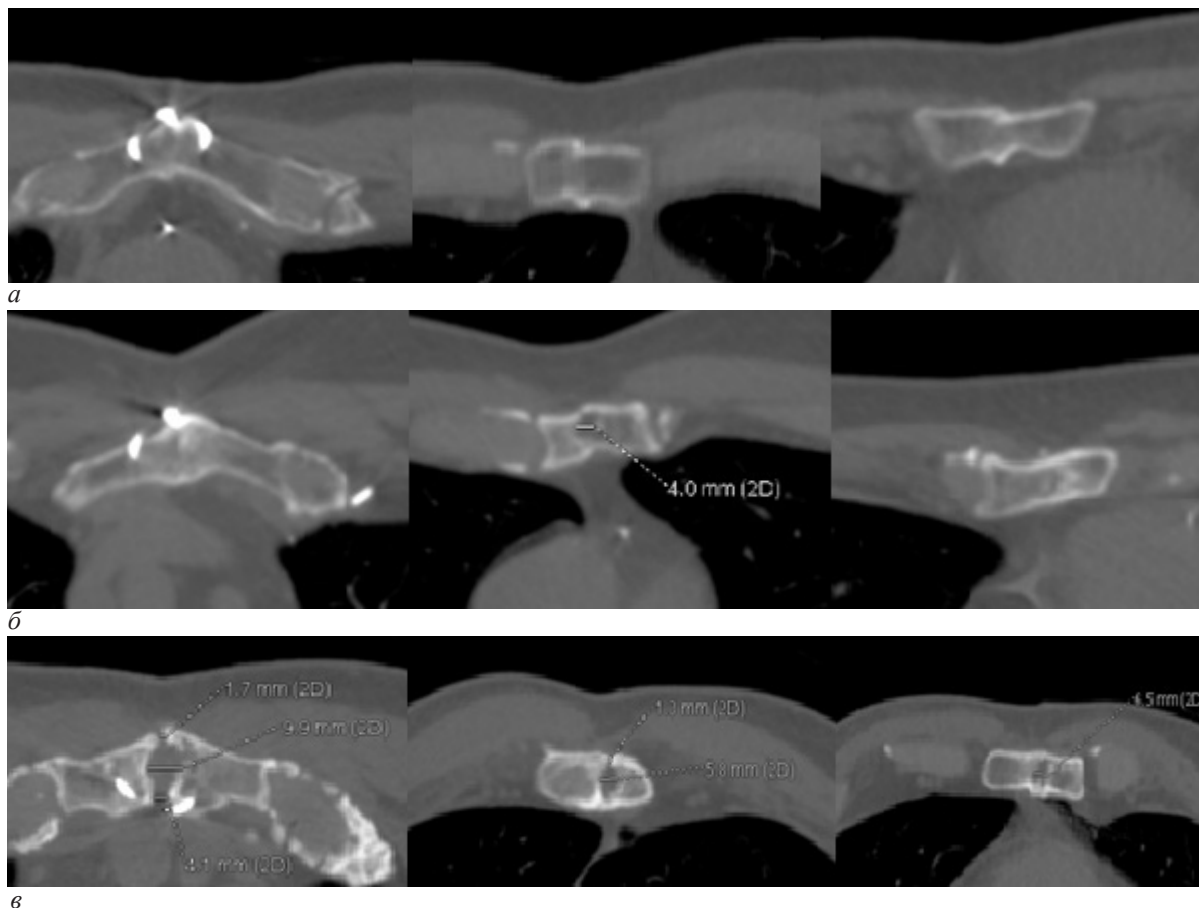


Рис. 6. КТ-изображение пациента 2-й группы в среднесрочном периоде (12 месяцев): а – на всем протяжении грудины участков расхождения/разрыва костной ткани не выявлено; б – в области рукоятки грудины участки расхождения не визуализируются; в верхней половине тела грудины визуализируется диастаз 4 мм; в нижней половине грудины отмечается участок разрыва костной ткани с непрерывным контуром кортикального слоя – неполное сращение; в – в области рукоятки грудины определяется диастаз 10 мм; в верхней половине тела грудины определяется диастаз 6 мм; в нижней половине тела грудины определяется диастаз 6,5 мм

Fig. 6. Patient of Group 2, CT images in the mid-term period (12 months): а – along the entire length of the sternum, there were no areas of osteoporosis; б – in the area of manubrium, osteoporosis is not visualized; in the upper half of the sternum, diastasis of 4 mm is visualized; in the lower half of the sternum, there is an area of osteoporosis with a continuous contour of the cortical layer – incomplete fusion; в – in the area of manubrium, a diastasis of 10 mm is visualized; in the upper half of the sternum, diastasis of 6 mm is visualized; in the lower half of the sternum, diastasis of 6.5 mm is visualized

плантатов для закрытия дефектов грудины при остеомиелите после срединной стернотомии [2]. Безусловно, такой трансплантат является отличным «строительным материалом» для костной ткани. Однако рутинное применение его затруднительно в связи с дополнительной хирургической операцией на донорском участке, которым, как правило, является гребень подвздошной кости со всеми вытекающими осложнениями – нарушение походки, боль, риск инфицирования операционной раны [9, 12]. Также авторы [9, 12, 13] предупреждают, что данный метод с осторожностью используется в пожилом и детском возрасте, в том числе из-за недостаточного количества кости и риска повреждения ростовых зон у детей. Таким образом, применение аутотрансплантатов в рутинной практике для приготовления костной пасты нецелесообразно.

Ксеногенные материалы – самая распространенная категория остеопластических материалов. Первые попытки остеопластики с помощью ксеногенных материалов предпринимались в первой половине XX в. В качестве материала использовали свежие и лиофилизированные неочищенные костные ткани, поэтому результаты первых хирургических вмешательств были неудовлетворительные [15].

В настоящее время эта группа «препаратов» является наиболее распространенной в хирургической практике. Самым доступным сырьем для массового производства ксеногенного остеопластического материала являются бычья кость и натуральные кораллы [9].

В представленном исследовании мы использовали костную крошку со следующими характеристиками: кортикальная + губчатая субтотально деминерализованная с фоновой остеоиндукцией «bioOST», представляющая собой губчатые гранулы с коллагеном размером 0,25 до 1 мм. Данный материал выбран на основе обзоров литературы и проведенных исследований в хирургической стоматологии, ортопедии [14, 15]. Выбор размера гранул основывался на том, чтобы после смешивания с аутокровью или плазмой пациента получился материал, обладающий такими свойствами, как однородность и пластичность, был удобен в работе для хирурга и при нанесении на губчатое вещество ткани грудины, параллельно оказывал определенный «физический» гемостатический эффект по принципу использования костного воска. При использовании более «крупных» гранул материал получался неоднородный по своей структуре, без эффекта пластичности, его сложно было нанести на губчатое вещество, и при сведении грудины оставался риск дислокации остеопластического трансплантата в окружающие ткани. Следует с осторожностью относиться к попаданию гранул в окружающие ткани, поскольку образование вокруг них гранулем [15]. По данным про-

веденных контрольных КТ-исследований, таких осложнений получено не было.

В обеих группах послеоперационный период протекал без осложнений. Все пациенты были выписаны из стационара в удовлетворительном состоянии. Заживление послеоперационных ран проходило первичным натяжением.

По данным компьютерной томографии, в раннем послеоперационном периоде (12 суток) каких-либо особенностей, кроме наличия у всех пациентов 1-й группы гиперденной полосы по линии стернотомии, отмечено не было. Степень репарации костной ткани грудины в обеих группах не различалась и составляла $(3,5 \pm 0,7)$ балла у пациентов 1-й группы и $(3,5 \pm 0,8)$ балла среди пациентов 2-й группы.

В среднесрочном периоде (12 месяцев), по результатам КТ-исследования, степень сращения грудины у пациентов 1-й группы составила $(11 \pm 0,7)$ балла, что практически в 2 раза больше, чем у пациентов 2-й группы, – $(5,6 \pm 3)$ балла. Это свидетельствует о более эффективной репарации костной ткани грудины среди пациентов 1-й группы. У 2 (20 %) пациентов, которым была имплантирована костная крошка, на контрольных изображениях были выявлены дефекты губчатого вещества грудины от 2 до 5 мм в диаметре. В литературе [15] описан тот факт, что одним из недостатков ксенотрансплантации является неконтролируемая скорость резорбции материала – преждевременное рассасывание без образования костной ткани. По всей видимости, данные дефекты связаны с этим.

Данные клинические результаты являются промежуточными, в настоящее время идет дальнейший набор пациентов в исследование для получения статистически значимых результатов.

Выводы. 1. Применение ксеноматериалов для костной пластики у пациентов группы высокого риска сниженной репарации костной ткани после срединной стернотомии безопасно и может быть эффективно.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

1. Balachandran S., Lee A., Denehy L., Lin KY, Roysse A, Roysse C, El-1. Balachandran S., Lee A., Denehy L. et al. Risk Factors For Sternal Complications After Cardiac Operations : A Systematic Review // Ann. Thorac. Surg. 2016;102(6):2109–2117. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.05.047>.
2. Методы остеосинтеза грудины в лечении и профилактике осложнений срединной стернотомии / М. В. Шведова, Я. Д. Анфиногенова, Г. Ц. Дамбаев, А. Н. Вусик // Сибир. журн. клин. и эксперимент. мед. 2016. Т. 31, № 3. С. 26–32. Doi: <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2016-31-3-26-32>.
3. Чарчян Э. Р., Степаненко А. Б., Генс А. П. и др. Влияние методики фиксации грудины после кардиохирургических операций на выраженность болевого синдрома // Клини. и эксперимент. хир. : Журнал им. акад. Б. В. Петровского. 2016. Т. 4, № 3 (13). С. 65–73.
4. Хубулава Г. Г., Шихвердиев Н. Н., Фогт П. Р. и др. Результаты применения методики элиминации стеральной инфекции у кардиохирургических пациентов // Вестн. хир. им. И. И. Грекова. 2015. Т. 174, № 5. С. 57–60.
5. Кузнецов М. С., Козлов Б. Н., Насрашвили Г. Г. и др. Сравнительный анализ результатов применения методик элиминации стеральной инфекции в кардиохирургии // Клини. и эксперимент. хир. 2016. Т. 4, № 2 (12). С. 51–59.
6. Mehaffey J. H., Hawkins R. B., Byler M. et al. Virginia Cardiac Services Quality Initiative. Cost of individual complications following coronary artery bypass grafting // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2018. Vol. 155, № 3. P. 875–882. Doi: [10.1016/j.jtcvs.2017.08.144](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.08.144). PMID: 29248284.
7. van Wingerden J. J., de Mol B. A., van der Horst C. M. Defining post-sternotomy mediastinitis for clinical evidence-based studies // Asian Cardiovascular and Thoracic Annals. 2016. Vol. 24, № 4. P. 355–363. Doi: [10.1177/0218492316639405](https://doi.org/10.1177/0218492316639405).
8. A Comparative Review of Natural and Synthetic Biopolymer Composite Scaffolds // M. S. B. Reddy, D. Ponnammam, R. Choudhary, K. K. Sadasivuni // Polymers. 2021. Vol. 13, № 7. P. 1105. Doi: <https://doi.org/10.3390/polym13071105>.
9. Москвин Г. В., Гребнев Г. А., Чернегов В. В. и др. Применение методик костно-пластических операций при атрофии челюстей // Институт стоматологии. 2018. № 3 (80). С. 59–61.
10. Shin Y. C., Kim S. H., Kim D. J. et al. Sternal healing after coronary artery bypass grafting using bilateral internal thoracic arteries : assessment by computed tomography scan // Korean J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2015. Vol. 48, № 1. P. 33–39. Doi: [10.5090/kjtcvs.2015.48.1.33](https://doi.org/10.5090/kjtcvs.2015.48.1.33). PMID: 25705595; PMCID: PMC4333848.
11. Чарчян Э. Р., Степаненко А. Б., Генс А. П. и др. Проспективное рандомизированное исследование сравнения различных методов фиксации грудины после кардиохирургических операций // Кардиология и сердечно-сосуд. хир. 2017. Т. 10, № 3. С. 31–37. Doi: <https://doi.org/10.17116/kardio201710331-37>.
12. Herford A. S., Nguyen K. Complex bone augmentation in alveolar ridge defects // Oral Maxillofac. Surg. Clin. North Am. 2015. № 27. P. 227–244. Doi: [10.1016/j.coms.2015.01.003](https://doi.org/10.1016/j.coms.2015.01.003).
13. Kirmani B. H., Jones S. G., Datta S. et al. A meta-analysis of platelet gel for prevention of sternal wound infections following cardiac surgery // Blood Transfus. 2017. Vol. 15, № 1. P. 57–65. Doi: [10.2450/2016.0231-15](https://doi.org/10.2450/2016.0231-15).
14. Азарова О. А., Азарова Е. А., Харитонов Д. Ю. и др. Современные аспекты применения остеопластических материалов в хирургической стоматологии // Научные ведомости Белгород. гос. ун-та. Сер. : Медицина. Фармация. 2019. Т. 42, № 2. С. 215–223. Doi: <https://doi.org/10.18413/2075-4728-2019-42-2-215-223>.
15. Стогов М. В., Смолентцев Д. В., Киреева Е. А. Костные ксеноматериалы в травматологии и ортопедии (аналитический обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. 2020. Т. 26, № 1. С. 181–189. Doi: <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2020-26-1-181-189>.

REFERENCES

1. Balachandran S., Lee A., Denehy L. et al. Risk Factors For Sternal Complications After Cardiac Operations: A Systematic Review // Ann. Thorac. Surg. 2016;102(6):2109–2117. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.05.047>.
2. Shvedova M. V., Anfinogenova Y., Dambaev G. T., Vusik A. N. Approaches to sternal osteosynthesis in poststernotomy complications management // The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine. 2016;31(3):26–32. (In Russ.). Doi: <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2016-31-3-26-32>.
3. Charchyan E. R., Stepanenko A. B., Gens A. P., Skvortsov A. A., Galeev N. A. The effect of the sternal closure techniques on pain severity after cardiac surgery // Clin. Experiment. Surg. Petrovsky J. 2016;4(3):65–73. (In Russ.).
4. Khubulava G. G., Shchikhverdiev N. N., Vogt P. R., Marchenko S. P., Naumov A. B., Suvorov V. V., Averkin I. I. Results of application of the method of sternal infection elimination in cardiosurgical patients // Grekov's Bulletin of Surgery. 2015;174(5):57–60. (In Russ.). Doi: <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2015-174-5-57-60>.
5. Kuznetsov M. S., Kozlov B. N., Nasrashvili G. G., Panfilov D. S., Andriyanova A. V., Petlin K. A., Shipulin V. M. Methods for elimination of sternal infections in cardiac surgery. Comparative analysis of the outcomes // Clin. Experiment. Surg. Petrovsky J. 2016;4(2):51–59. (In Russ.).
6. Mehaffey J. H., Hawkins R. B., Byler M., Charles E. J., Fonner C., Kron I., Quader M., Speir A., Rich J., Ailawadi G. Virginia Cardiac Services Quality Initiative. Cost of individual complications following coronary artery bypass grafting // J Thorac Cardiovasc Surg. 2018;155(3):875–882.e1. Doi: [10.1016/j.jtcvs.2017.08.144](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.08.144). PMID: 29248284.
7. van Wingerden J. J., de Mol B. A., van der Horst C. M. Defining post-sternotomy mediastinitis for clinical evidence-based studies // Asian Cardiovascular and Thoracic Annals. 2016;24(4):355–363. Doi: [10.1177/0218492316639405](https://doi.org/10.1177/0218492316639405).
8. Reddy M. S. B., Ponnammam D., Choudhary R., Sadasivuni K. K. A Comparative Review of Natural and Synthetic Biopolymer Composite Scaffolds // Polymers. 2021;13(7):1105. Doi: <https://doi.org/10.3390/polym13071105>.
9. Moskvina G. V., Grebnev G. A., Chernegov V. V., Borodulina I. I., Slivkin A. A., Shcherbinina N. Yu. Application of bone-plastic operation methods upon maxillary atrophies // Institut Stomatologii. 2018;80(3):59–60. (In Russ.).
10. Shin Y. C., Kim S. H., Kim D. J., Kim D. J., Kim J. S., Lim C., Park K. H. Sternal healing after coronary artery bypass grafting using bilateral internal thoracic arteries: assessment by computed tomography scan // Korean J Thorac Cardiovasc Surg. 2015;48(1):33–39. Doi: [10.5090/kjtcvs.2015.48.1.33](https://doi.org/10.5090/kjtcvs.2015.48.1.33). PMID: 25705595; PMCID: PMC4333848.
11. Charchian É. R., Stepanenko A. B., Gens A. P., Khovrin V. V., Kudryashov A. M., Galeev N. A., Belov Iu. V. Prospective randomized trial to compare various sternal closure techniques after cardiac surgery // Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya. 2017;10(3):31–37. Doi: <https://doi.org/10.17116/kardio201710331-37>.
12. Herford A. S., Nguyen K. Complex bone augmentation in alveolar ridge defects // Oral Maxillofac Surg Clin North Am. 2015;(27):227–244. Doi: [10.1016/j.coms.2015.01.003](https://doi.org/10.1016/j.coms.2015.01.003).
13. Kirmani B. H., Jones S. G., Datta S., McLaughlin E. K., Hoschitzky A. J. A meta-analysis of platelet gel for prevention of sternal wound infections following cardiac surgery // Blood Transfus. 2017;15(1):57–65. Doi: [10.2450/2016.0231-15](https://doi.org/10.2450/2016.0231-15).
14. Azarova O. A., Azarova E. A., Kharitonov D. Yu., Podoprigora A. V., Shevchenko L. V. Modern aspects of application of osteoplastic materials in dental surgery // Belgorod State University Scientific Bulletin. Medicine. Pharmacy series. 2019;42(2):215–223. (In Russ.). Doi: <https://doi.org/10.18413/2075-4728-2019-42-2-215-223>.
15. Stogov M. V., Smolentsev D. V., Kireeva E. A. Bone Xenografts in Trauma and Orthopaedics (Analytical Review) // Traumatology and Orthopedics of Russia. 2020;26(1):181–189. Doi: [10.21823/2311-2905-2020-26-1-181-189](https://doi.org/10.21823/2311-2905-2020-26-1-181-189).

Информация об авторах:

Кузнецов Михаил Сергеевич, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (г. Томск, Россия), ORCID: 0000-0002-1975-043X; **Шипулин Владимир Владимирович**, младший научный сотрудник ЛРНМИ, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (г. Томск, Россия), ORCID: 0000-0001-9887-8214; **Лелик Евгения Владимировна**, врач-кардиолог кардиохирургического отделения № 1, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (г. Томск, Россия), ORCID: 0000-0002-7553-001x; **Насрашвили Георгий Гивиевич**, кандидат медицинских наук, врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 1, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (г. Томск, Россия), ORCID: 0000-0002-5506-1981; **Панфилов Дмитрий Сергеевич**, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник отделения сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (г. Томск, Россия), ORCID: 0000-0003-2201-350X; **Козлов Борис Николаевич**, доктор медицинских наук, зав. отделением сердечно-сосудистой хирургии, Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (г. Томск, Россия), ORCID: 0000-0002-0217-7737.

Information about authors:

Kuznetsov Mikhail S., Cand. of Sci. (Med.), Senior Research Fellow of Cardiovascular Surgery Department, Research Institute of Cardiology, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia), ORCID: 0000-0002-1975-043X; **Shipulin Vladimir V.**, Junior Research Fellow of the Laboratory of Radionuclide Research Methods, Research Institute of Cardiology, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia), ORCID: 0000-0001-9887-8214; **Lelik Evgeniya V.**, Cardiologist of Cardiac Surgery Department № 1, Research Institute of Cardiology, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia), ORCID: 0000-0002-7553-001x; **Nasrashvili Georgy G.**, Cand. of Sci. (Med.), Cardiovascular Surgeon of Cardiac Surgery Department № 1, Research Institute of Cardiology, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia), ORCID: 0000-0002-5506-1981; **Panfilov Dmitry S.**, Dr. of Sci. (Med.), Senior Research Fellow of Cardiovascular Surgery Department, Research Institute of Cardiology, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia), ORCID: 0000-0003-2201-350X; **Kozlov Boris N.**, Dr. of Sci. (Med.), Head of Cardiovascular Surgery Departments, Research Institute of Cardiology, Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia), ORCID: 0000-0002-0217-7737.