

Клинический случай / Clinical case

УДК 617.541-006-089.168.1-06:616.541-001-089.844

<https://doi.org/10.47093/2218-7332.2023.14.2.57-66>

## Применение индивидуализированных 3D-имплантов в лечении обширных опухолей грудной стенки: клинические случаи

А.К. Валиев<sup>1,✉</sup>, П.В. Кононец<sup>1</sup>, Т.К. Харатишвили<sup>1</sup>, А.Г. Сальков<sup>1</sup>, Н.С. Петроченко<sup>1</sup>,  
А.Р. Шин<sup>1</sup>, А.В. Сытов<sup>1</sup>, О. Ефименко<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина»  
Минздрава России

Каширское шоссе, д. 24, г. Москва, 115552, Россия

<sup>2</sup> ООО «ТИОС»

ул. Новаторов, д. 6, г. Москва, 119421, Россия

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации

ул. Чапаевская, д. 89, г. Самара, 443099, Россия

### Аннотация

3D-принтинг открыл новые возможности для разработки индивидуальных систем протезирования обширных дефектов грудной стенки после радикальных хирургических вмешательств по поводу злокачественных опухолей. Однако факторы риска неблагоприятного исхода таких операций до сих пор не определены.

**Описание случаев.** Мужчине 65 лет по поводу первичной хондросаркомы V ребра выполнена резекция трех ребер, пластика местными тканями, установлен индивидуальный 3D-имплант из титана на грудину и IV–VI ребра. За 26 мес. наблюдения жалоб нет, признаков рецидива не отмечено. Женщине 52 лет по поводу радиоиндуцированной саркомы мягких тканей грудной стенки, развившейся через 9 лет после облучения по поводу рака молочной железы, выполнена резекция четырех ребер и грудных мышц, установлен 3D-имплант из титана на грудину и II–V ребра. Операция осложнилась развитием краевого некроза лоскута мягких тканей, инфицированием эндопротеза, что привело к необходимости удаления металлоконструкции и пластики дефекта TRAM-лоскутом. Через 9 месяцев диагностирован местный рецидив опухоли.

**Обсуждение.** Фактором положительного исхода у мужчины необходимо отметить толстый слой подкожно-жировой клетчатки с мышечной тканью, за счет которого выполнена пластика, укрывшая дефект без натяжения. Обширная резекция грудных мышц у женщины создала дефицит тканей. Другим фактором неблагоприятного исхода можно рассматривать радиоиндуцированный характер саркомы. Необходимы дальнейшие исследования по улучшению стратегии отбора пациентов со злокачественными опухолями грудной стенки для проведения протезирования.

**Ключевые слова:** 3D-принтинг; индивидуальный имплант; аддитивные технологии; титановый имплант; хондросаркома ребра; радиоиндуцированная саркома мягких тканей

### Рубрики MeSH:

ГРУДНОЙ КЛЕТКИ НОВООБРАЗОВАНИЯ – ДИАГНОСТИКА

ГРУДНОЙ КЛЕТКИ НОВООБРАЗОВАНИЯ – ХИРУРГИЯ

САРКОМА – ДИАГНОСТИКА

САРКОМА – ХИРУРГИЯ

ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ – ХИРУРГИЯ

ХИРУРГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ – МЕТОДЫ

ХИРУРГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ – ОБОРУДОВАНИЕ

**Для цитирования:** Валиев А.К., Кононец П.В., Харатишвили Т.К., Сальков А.Г., Петроченко Н.С., Шин А.Р., Сытов А.В., Ефименко О. Применение индивидуализированных 3D-имплантов в лечении обширных опухолей грудной стенки: клинические случаи. Сеченовский вестник. 2023; 14(2): 57–66. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2023.14.2.57-66>

## КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

**Валиев Аслан Камрадинович**, д-р мед. наук, заведующий отделом общей онкологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России

**Адрес:** Каширское шоссе, д. 24, г. Москва, 115522, Россия

**Тел.:** +7 (926) 142-87-05

**E-mail:** dsion@rambler.ru

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки (собственные ресурсы).

**Поступила:** 11.04.2023

**Принята:** 19.05.2023

**Дата публикации:** 07.07.2023

## Personalized 3D printed implants in the treatment of extensive chest wall tumors: clinical cases

Aslan K. Valiev<sup>1,✉</sup>, Pavel V. Kononets<sup>1</sup>, Taimuraz K. Kharatishvili<sup>1</sup>, Alexander G. Salkov<sup>1</sup>, Nikolay S. Petrochenko<sup>1</sup>, Alexander R. Shin<sup>1</sup>, Alexander V. Sytov<sup>1</sup>, Olga Efimenko<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology

24, Kashirskoye highway, Moscow, 115522, Russia

<sup>2</sup> LLC "TIOS"

6, Novators str., Moscow, 119421, Russia

<sup>3</sup> Samara State Medical University

89, Chapayevskaya str., Samara, 443099, Russia

### Abstract

3D printing has opened new opportunities for the development of personalized systems for prosthetics of extensive chest wall defects after radical surgical interventions for malignant tumors. However, risk factors for an adverse outcome of such operations have not yet been identified.

**Clinical cases.** A 65-year-old man with primary chondrosarcoma of the V rib, underwent surgical resection of three ribs, plasty with local tissues, and an individual 3D printed titanium implant was installed on the sternum and IV-VI ribs. Follow up for 26 months showed no complaints or signs of recurrence. A 52-year-old woman with radiation-induced soft tissue sarcoma of the chest wall, that developed 9 years after radiation for breast cancer, underwent resection of four ribs and pectoral muscles and a 3D printed titanium implant was installed on the sternum and II-V ribs. The operation was complicated by the marginal necrosis of the soft tissue flap and infection of the endoprosthesis, which required removal of the metal structure and reconstruction using TRAM flap. After 9 months, a local recurrence of the tumor was diagnosed. **Discussion.** As a factor of a positive outcome in a man should be noted a thick layer of subcutaneous fat with muscle tissue, due to which plastic surgery was performed, covering the defect without tension. An extensive resection of the pectoral muscles in a woman created a tissue deficit. Another factor of an unfavorable outcome can be considered the radio-induced nature of the sarcoma. Further research is needed to improve the strategy for selecting patients with malignant tumors of the chest wall for prosthetics.

**Keywords:** 3D printing; individual implant; additive technologies; titanium implant; chondrosarcoma of the rib; radiation-induced soft tissue sarcoma

### MeSH terms:

THORACIC NEOPLASMS – DIAGNOSIS

THORACIC NEOPLASMS – SURGERY

SARCOMA – DIAGNOSIS

SARCOMA – SURGERY

POSTOPERATIVE COMPLICATIONS – SURGERY

RECONSTRUCTIVE SURGICAL PROCEDURES – METHODS

RECONSTRUCTIVE SURGICAL PROCEDURES – INSTRUMENTATION

**For citation:** Valiev A.K., Kononets P.V., Kharatishvili T.K., Salkov A.G., Petrochenko N.S., Shin A.R., Sytov A.V., Efimenko O. Personalized 3D printed implants in the treatment of extensive chest wall tumors: clinical cases. *Sechenov Medical Journal*. 2023; 14(2): 57–66. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2023.14.2.57-66>

**CONTACT INFORMATION:**

**Aslan K. Valiev**, Dr. of Sci. (Medicine), Head of the Department of General Oncology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology

**Address:** 24, Kashirskoye highway, Moscow, 115522, Russia

**Tel.:** +7 (926) 142-87-05

**E-mail:** dsion@rambler.ru

**Conflict of interests.** The authors declare that there is no conflict of interests.

**Financial support.** The study was not sponsored (own resources).

**Received:** 11.04.2023

**Accepted:** 19.05.2023

**Date of publication:** 07.07.2023

**Список сокращений:**

КТ – компьютерная томография

МРТ – магнитно-резонансная томография

На первичные опухоли грудной стенки приходится от 1 до 2% всех новообразований грудной клетки, при этом около 60% из них составляют злокачественные опухоли, которые примерно поровну представлены саркомами костей и саркомами мягких тканей [1].

Вторичное поражение ребер и грудины, в отличие от первичных опухолей, наблюдается в 2–4 раза чаще [2] и представлено метастазами рака молочной железы, легких, реже – предстательной железы, почек, щитовидной железы и яичников. Также, по данным литературы, описаны случаи радиоиндуцированных сарком, возникших после проведения лучевой терапии, затрагивающей область грудной стенки [3]. Такого рода злокачественные новообразования рассматриваются в контексте очень редких осложнений (частота около 0,01%) у пациентов, перенесших дистанционную лучевую терапию [4].

Резекции ребер и грудины по поводу их злокачественных опухолей требуют замещения дефектов. В мировой литературе первые упоминания о замещении дефектов грудной стенки различными синтетическими и алломатериалами датируются серединой XX в. Описаны случаи использования аутоотрансплантатов костей, пластин из синтетических материалов, различные комбинации подобных имплантов [5, 6].

Ранее использовавшиеся металлические системы фиксации ребер и грудины различных конфигураций не всегда показывали хорошие ортопедические результаты. Наиболее частыми осложнениями как в раннем, так и позднем послеоперационном периодах были нестабильность и поломка металлоконструкции.

Новые перспективы открыло применение индивидуальных систем протезирования дефектов грудной

стенки, изготовленных с помощью аддитивных технологий – 3D-принтинга – на основании антропометрических характеристик пациента [6–8]. Внедрение подобного индивидуализированного подхода в первую очередь позволяет решить ключевую проблему всех предшествующих вариантов реконструкции грудной стенки – печать выполняется на основании данных конкретного пациента, что позволяет эффективно заместить дефект. Возможности трехмерной печати позволяют использовать различные материалы для изготовления имплантов: титан, полиэфирэфиркетон, метилметакрилат [2, 9].

Исходы использования аддитивных технологий в протезировании дефектов грудной стенки после обширных резекций по поводу злокачественных опухолей значительно варьируют [5, 9, 10]. Нами представлены два случая замещения индивидуализированными 3D-имплантами обширных дефектов грудной стенки после ее резекции по поводу опухолевого поражения: в первом случае наблюдалось полное восстановление, во втором потребовалось удаление конструкции; разобраны возможные факторы риска неблагоприятного исхода.

**ОПИСАНИЕ СЛУЧАЕВ**

**Случай 1. Мужчина 65 лет** обратился в сентябре 2020 г. в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина по поводу безболезненного объемного уплотнения в левой половине грудной клетки. Образование впервые обнаружил в ноябре 2019 г., к врачу по месту жительства обратился только в июле 2020 г. в связи с его ростом, заподозрена злокачественная опухоль.

По данным компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ): из переднего

отрезка V ребра слева исходит опухолевое образование размером 11,2×6,9×8,0 см с массивным внекостным компонентом (рис. 1). Признаков локального поражения лимфатических узлов и отдаленных метастазов не обнаружено. Выполнена биопсия образования, по данным гистологического заключения выявлена хондросаркома Grade 2.

Установлен клинический диагноз: хондросаркома V ребра слева, T2G2N0M0, IB стадия. Из сопутствующих заболеваний отмечалась артериальная гипертензия II степени, хронический холецистит. Оценка по шкале функционального статуса – ECOG (Eastern Cooperative Oncology Group, Восточная кооперативная онкологическая группа) соответствовала 1 баллу<sup>1</sup>.

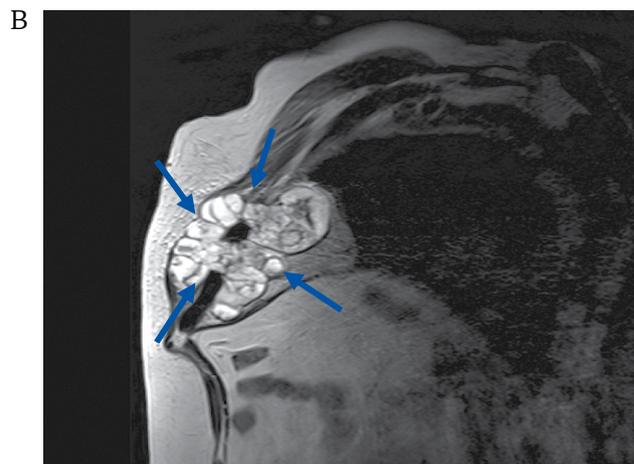
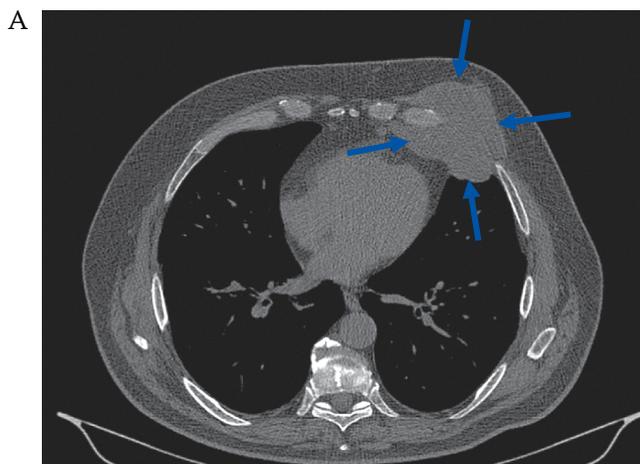
Проведено предоперационное планирование с участием мультидисциплинарной команды клиницистов, рентгенологов, патоморфологов и биоинженеров. Принято решение о выполнении расширенной резекции грудной стенки с реконструкцией дефекта индивидуализированным имплантом. На основании данных КТ смоделированы границы резекции и определен предполагаемый объем дефекта и импланта (рис. 2А, В), который изготовлен посредством использования 3D-принтера при сотрудничестве с ООО «ТИОС» (Российская Федерация). Благодаря тщательной подготовке и планированию

произведена анатомическая модель импланта из порошка титанового сплава.

В октябре 2020 г. выполнена резекция переднебоковых отрезков IV–VII ребер, установлен индивидуальный имплант (рис. 2С, D). В связи с наличием достаточного слоя подкожно-жировой клетчатки с мышечной тканью (большая грудная мышца), проведена пластика местными тканями, дефект укрыт надлежащим образом без натяжения. Для отграничения плевральной полости и предотвращения легочной грыжи подшита синтетическая пластина из полиэстера (Dacron®). Длительность выполнения операции составила 4,5 ч, объем кровопотери – 500 мл. Пациент экстубирован на операционном столе, в послеоперационном периоде осложнений не отмечалось, выполнялись пункции ложа эндопротеза, данных за инфекцию не получено, выписан на 15-е сутки.

За период наблюдения, который составил 26 месяцев, местного рецидива и прогрессирования не зафиксировано, жалоб на нарушение дыхания, скованность грудной клетки, боль, косметические дефекты – не отмечалось. Пациент ведет активную социальную жизнь.

**Случай 2. Женщина 52 лет** в 2012 г. получила комплексное лечение по поводу рака левой молочной



**РИС. 1.** Случай 1: данные визуальных методов исследования грудной клетки мужчины 65 лет с хондросаркомой V ребра слева T2G2N0M0, IB стадия (сентябрь 2020 г.).

А. Компьютерная томография грудной клетки, аксиальная проекция.

В. Магнитно-резонансная томография, сагиттальная проекция.

Из переднего отрезка V ребра слева исходит мягкотканное образование с крапчатыми оссификатами в структуре, с четким неровным контуром, размерами 11,2×6,9×8,0 см (стрелки). Образование выполняет выше и нижележащие межреберья, охватывает передний отрезок IV ребра и хрящевой отрезок VI ребра, без явных признаков их вовлечения в процесс.

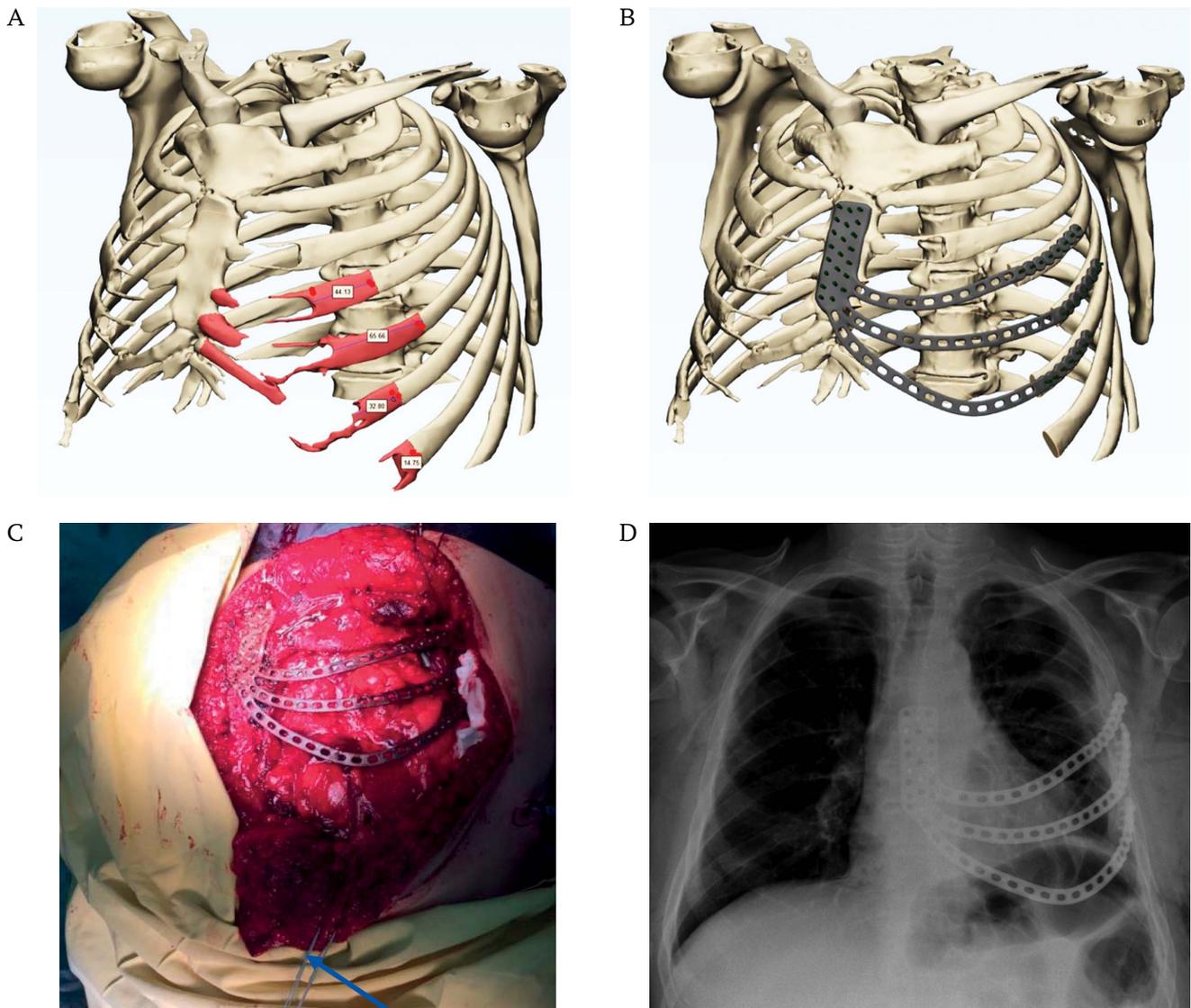
**FIG. 1.** Case 1: Visualization of the chest of a 65-year-old man with chondrosarcoma of the V rib on the left T2G2N0M0, stage IB (September 2020).

A. Computed tomography of the chest, axial plane.

B. Magnetic resonance imaging, sagittal plane.

From the anterior segment of the V rib on the left comes a soft tissue tumor with speckled ossificates in the structure, with a clear uneven contour, dimensions 11.2×6.9×8.0 cm (arrows). The tumor performs above and below intercostal spaces, covers anterior segment of the IV rib and cartilaginous segment of VI rib, without obvious signs their involvement in the process.

<sup>1</sup> Eastern Cooperative Oncology Group Performance Status Scale <https://ecog-acrin.org/resources/ecog-performance-status/> Дата обращения: 12.10.2022.



**РИС. 2.** Случай 1. Индивидуальное протезирование дефекта грудной клетки мужчины 65 лет с хондросаркомой V ребра слева T2G2N0M0, IB стадия.

A. 3D-модель границ резекции. Планируется удаление передних и переднебоковых отрезков IV–VII ребер (отрезки обозначены красным).

B. Предполагаемый объем дефекта и модель будущего импланта с фиксацией к груди и IV–VII ребрам с помощью трех фланцев. Нижний фланец несет исключительную роль осевого нагрузочного перекрытия для более надежной фиксации.

C. Операция (октябрь 2020 г.): установка индивидуального импланта, подшивание левой прямой мышцы живота к нижнему фланцу (стрелка).

D. Обзорная рентгенография органов грудной клетки после операции (октябрь 2020 г.): вид импланта во фронтальной проекции.

**FIG. 2.** Case 1. Personalized chest defect prosthesis in a 65-year-old man with chondrosarcoma of the V rib on the left pT2G2N0M0, stage IB.

A. 3D model of resection margins. It is planned to remove the anterior and anterolateral segments of the IV–VII ribs (segments for resection are marked in red).

B. The estimated volume of the defect and the model of the future implant with fixation to the sternum and IV–VII ribs using three flanges. The lower flange has the exclusive role of axial load overlap for more reliable fixation.

C. Operation (October 2020): installation of an individual implant, suturing of the left rectus abdominis muscle to the lower flange (arrow).

D. Plain chest x-ray after surgery (October 2020): frontal plane of the implant.

железы, pT1N2M0, IIIA стадия. Выполнена секторальная резекция левой молочной железы с реконструкцией, 4 курса полихимиотерапии

(доксорубицин и циклофосфамид), 12 курсов химиотерапии паклитакселом, курс дистанционной лучевой терапии в суммарной очаговой дозе 50 Грей.

Далее, до 2021 г., получала гормонотерапию анастрозолом и гозерелином.

В марте 2021 г. обнаружила болезненное образование в мягких тканях грудной стенки слева. Обратилась к онкологу по месту жительства. Выполнена КТ, обнаружена опухоль мягких тканей грудной клетки слева размером 8,6×12,0×4,0 см. Выполнена биопсия, на основании гистологического исследования установлен диагноз – саркома мягких тканей. Проведены 3 курса неоадьювантной полихимиотерапии по схеме А1: доксорубин и ифосфамид.

Для дальнейшего лечения направлена в ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина». По результатам пересмотра гистологических препаратов обнаружена миксофибросаркома Grade 3. По данным КТ и МРТ от июня 2021 г.: в мягких тканях передней поверхности грудной стенки слева имеется объемное опухолевое образование, размеры которого составили 8,3×11,2×3,9 см, что свидетельствовало о стабилизации процесса согласно критериям RECIST 1.1.<sup>2</sup> (рис. 3). Признаков локального поражения лимфатических узлов и отдаленных метастазов не выявлено.

Установлен клинический диагноз: миксофибросаркома мягких тканей грудной стенки слева Т3G3N0M0, IIIВ стадия. Состояние после трех курсов неоадьювантной полихимиотерапии, стабилизация

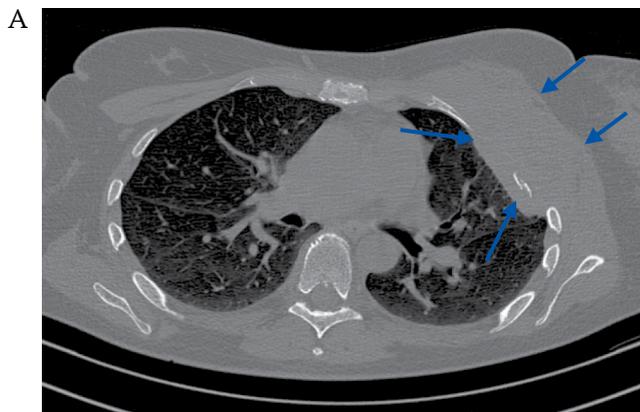
процесса. Сопутствующие заболевания: артериальная гипертензия II степени. ECOG 1.

Проведен консилиум в составе мультидисциплинарной команды клиницистов, рентгенологов, патоморфологов и биоинженеров. Рекомендовано удаление опухоли с резекцией грудной стенки и замещением дефекта 3D-имплантом (рис. 4А, В).

Аналогично случаю 1, из титанового порошка на 3D-принтере изготовлен индивидуализированный имплант.

В августе 2021 г. выполнена резекция переднебоковых отрезков I–IV ребер слева, большой и малой грудных мышц, одномоментно проведена реконструкция II–V ребер и части грудины, установлен индивидуальный имплант (рис. 4С, D). Плевральная полость ограничена с помощью синтетической пластины из полиэстера (Gelseal®). Время операции составило 7 часов, объем кровопотери – 800 мл.

Послеоперационный период осложнился краевым некрозом лоскута мягких тканей, инфицированием эндопротеза. Через 2 месяца выполнено повторное вмешательство с удалением металлоконструкции, пластикой дефекта TRAM-лоскутом (transverse rectus abdominis myocutaneous flap, кожно-мышечный лоскут прямой мышцы живота). Далее в течение 8 недель проводилась терапия аппаратом отрицательного давления с положительной динамикой заживления раны.



**РИС. 3.** Случай 2: данные визуальных методов исследования грудной клетки женщины 52 лет с миксофибросаркомой мягких тканей грудной стенки слева Т3G3N0M0, IIIВ стадия (июнь 2021 г.).

А. Компьютерная томография грудной клетки, аксиальная проекция.

В. Магнитно-резонансная томография, аксиальная проекция.

В мягких тканях передней поверхности грудной стенки слева выявляется многоузловое образование размером 8,3×11,2×3,9 см, неравномерно накапливающее контрастный препарат, с нечетким неровным контуром, плохо дифференцирующееся от окружающих мягких тканей. Отмечается врастание опухоли во II–III ребра слева на всю толщину.

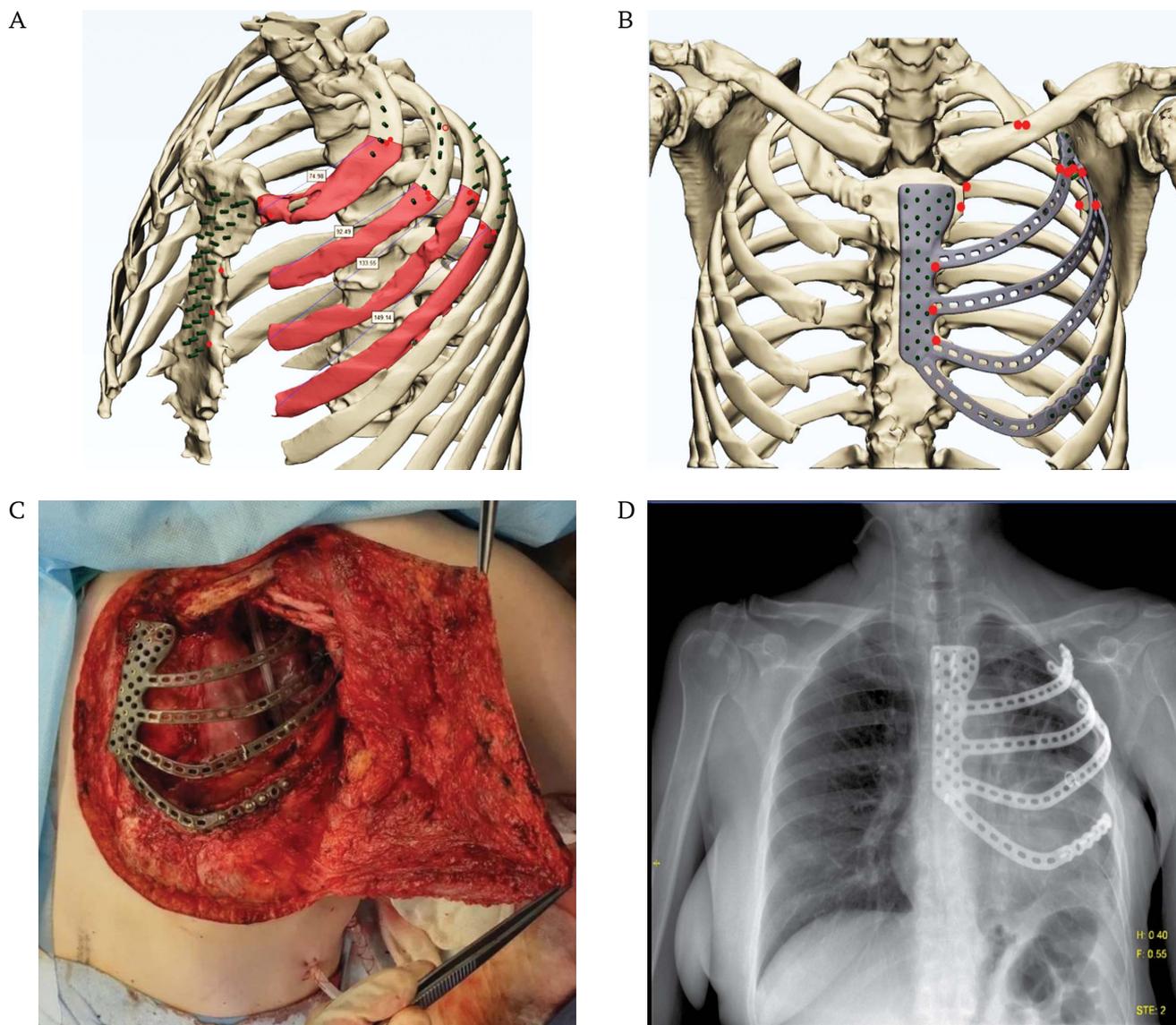
**FIG. 3.** Case 2: Chest imaging findings of a woman with soft tissue myxofibrosarcoma of the chest wall on the left T3G3N0M0 stage IIIВ (June 2021).

А. Computed tomography of the chest, axial plane.

В. Magnetic resonance imaging, axial plane.

In the soft tissues of the anterior surface of the chest wall on the left, a multinodular formation measuring 8.3×11.2×3.9 cm is detected, unevenly accumulating a contrast agent, with a fuzzy uneven contour, poorly differentiated from the surrounding soft tissues. There is an ingrowth of the tumor in II–III ribs on the left for the entire thickness.

<sup>2</sup> New response evaluation criteria in solid tumours: revised RECIST guideline (version 1.1). <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2008.10.026> / Дата обращения: 12.10.2022.



**РИС. 4.** Случай 2. Индивидуальное протезирование дефекта грудной клетки женщины 52 лет с миксофибросаркомой мягких тканей грудной стенки слева T3G3N0M0, IIIB стадия.

A. 3D-модель границ резекции. Планируется удаление передних и переднебоковых отрезков I–IV ребер слева.  
 B. Предполагаемый объем дефекта и модель будущего импланта с фиксацией к груди и II–V ребрам с помощью четырех фланцев. Нижний фланец несет исключительную роль осевого нагрузочного перекрытия для более надежной фиксации.  
 C. Операция (август 2021 г.): установка индивидуального импланта, следующим этапом выполнена пластика дефекта местными тканями.

D. Обзорная рентгенография органов грудной клетки после операции (август 2021 г.): вид импланта во фронтальной проекции.

**FIG. 4.** Case 2. Personalized chest defect prosthesis in a 52-year-old woman with myxofibrosarcoma of the soft tissues of the chest wall on the left T3G3N0M0, stage IIIB.

A. 3D model of resection margins. It is planned to resect the anterior and anterolateral segments of the I–IV ribs on the left.  
 B. The estimated volume of the defect and the model of the future implant with fixation to the sternum and II–V ribs using four flanges. The lower flange has the exclusive role of axial load overlap for more reliable fixation.

C. Operation (August 2021): installation of a personalized implant, the next step was plastic surgery of the defect with local tissues.

D. Plain chest x-ray after surgery (August 2021): frontal plane of the implant.

На 9-м месяце наблюдения диагностирован местный рецидив опухоли, по поводу которого проведен курс протонной терапии и достигнута положительная динамика в виде уменьшения опухолевых узлов. На конец периода наблюдения за пациенткой

(16 месяцев от даты резекции ребер): состояние относительно удовлетворительное, жалоб на одышку и боль не отмечает. Имеется диастаз раны в области проведения лучевой терапии. Проводится химиотерапия пазопанибом, достигнута стабилизация процесса.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Злокачественные опухоли грудной стенки являются редкой патологией и характеризуются неблагоприятным прогнозом: 5-летняя выживаемость составляет около 60% [2]. Несмотря на достигнутые в последние десятилетия успехи в химиотерапии опухолей, радикальное хирургическое вмешательство остается основным компонентом комбинированного лечения при большинстве злокачественных опухолей грудной стенки [2, 10]. При хирургическом удалении обширных опухолевых очагов на грудной стенке, как правило, требуется замещение образовавшегося дефекта. Из-за отсутствия в настоящее время клинических рекомендаций по выбору варианта реконструкции способ замещения определяется в каждом центре индивидуально [10]. При изготовлении индивидуального импланта в большинстве случаев используется титановый сплав, который ввиду высокой прочности и ригидности обеспечивает надлежащий уровень каркасности грудной стенки и не нарушает биомеханику дыхания [6, 9, 10].

Компьютерные технологии обладают рядом преимуществ по сравнению с используемыми стандартными методами реконструкции, при этом точное определение границ резекции на предоперационном этапе планирования и анатомическое соответствие применяемого импланта дефекту в значительной степени обуславливают уменьшение длительности выполнения операции и койко-дня. Однако до сих пор не определены факторы риска неблагоприятного исхода таких операций [8].

В нашем первом случае мужчине 65 лет по поводу первичной злокачественной хондросаркомы V ребра выполнена резекция грудной стенки и установлен индивидуальный титановый имплант. Получен положительный исход: имплант прижился, безрецидивная выживаемость составила 26 мес. на время описания наблюдения. Вероятными положительными факторами в этом случае следует отметить Grade 1 опухоли, выполнение пластики местными тканями за счет имеющегося толстого слоя подкожно-жировой клетчатки с мышечной тканью, которые позволили укрыть дефект надлежащим образом без натяжения.

Во втором случае женщине 52 лет с радиоиндуцированной саркомой мягких тканей с вовлечением ребер выполнена резекция переднебоковых отрезков I–IV ребер, большой и малой грудных

мышц и установлен индивидуальный титановый имплант. В послеоперационном периоде возник краевой некроз, инфицирование эндопротеза, что в дальнейшем привело к необходимости удаления импланта. В качестве вероятного фактора риска такого исхода мы рассматриваем необходимость обширной резекции большой грудной мышцы, что создало дефицит тканей, и проведение курса дистанционной лучевой терапии по поводу рака молочной железы за несколько лет до манифестации опухоли. Лучевая терапия сопровождается повреждением эндотелия сосудов, что в поздние сроки приводит к коллапсу капилляров, утолщению базальной мембраны, фиброзу, рубцеванию и в итоге – снижению трофики тканей [11]. Необходимо отметить, что для радиоиндуцированных сарком мягких тканей отмечен более высокий риск рецидива [12], и у представленной пациентки он развился через 9 мес. после операции.

Полученные к настоящему времени данные свидетельствуют, что внедрение в клиническую практику 3D-визуализации, компьютерного моделирования и аддитивных технологий позволяет улучшить функциональные, ортопедические и косметические результаты лечения опухолей грудной стенки. В качестве дальнейшего развития аддитивных технологий в онкоортопедии рассматривается применение подвижных систем фиксации имплантов и динамических составляющих тела эндопротеза. В настоящее время в ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» проводится клиническая апробация по применению индивидуальных 3D-имплантов при реконструкции грудной стенки у взрослых пациентов с наличием опухолевых поражений грудной стенки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аддитивные технологии, уже активно применяющиеся в онкоортопедии, позволяют создавать и моделировать с использованием компьютерных технологий и 3D-принтинга анатомически адаптируемые импланты, обладающие достаточным запасом прочности, эргономичным дизайном и надежными способами фиксации. Представленные клинические случаи говорят о необходимости дальнейшего совершенствования стратегии отбора пациентов со злокачественными опухолями грудной стенки для улучшения онкологических и функциональных исходов.

**ВКЛАД АВТОРОВ**

А.К. Валиев внес основной вклад в разработку концепции статьи, подготовил текст и согласен принять на себя ответственность за все аспекты клинического наблюдения. П.В. Кононец, Т.К. Харатишвили участвовали в разработке концепции статьи и подготовке текста. А.Г. Сальков, Н.С. Петроченко, А.Р. Шин, А.В. Сытов принимали активное участие в лечении пациентов, подготовке материалов и описании клинического наблюдения. О. Ефименко руководила всеми аспектами моделирования и подготовки имплантов. Все авторы одобрили окончательную версию публикации.

**Соблюдение этических норм**

Заявление о согласии. Оба пациента дали согласие на публикацию представленной выше статьи «Применение индивидуализированных 3D-имплантов в лечении обширных опухолей грудной стенки: клинические случаи» в журнале «Сеченовский вестник».

**ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES**

1. Cipriano A., Burfeind W. Jr. Management of primary soft tissue tumors of the chest wall. *Thorac Surg Clin.* 2017 May; 27(2): 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2017.01.007>. PMID: 28363368
2. Gonfotti A., Salvicchi A., Voltolini L. Chest-wall tumors and surgical techniques: State-of-the-art and our institutional experience. *J Clin Med.* 2022 Sep 20; 11(19): 5516. <https://doi.org/10.3390/jcm11195516>. PMID: 36233384
3. Noh J.M., Huh S.J., Choi D.H., et al. Two cases of post-radiation sarcoma after breast cancer treatment. *J Breast Cancer.* 2012 Sep; 15(3): 364–370. <https://doi.org/10.4048/jbc.2012.15.3.364>. Epub 2012 Sep 28. PMID: 23091552
4. Snow A., Ring A., Struycken L., et al. Incidence of radiation induced sarcoma attributable to radiotherapy in adults: A retrospective cohort study in the SEER cancer registries across 17 primary tumor sites. *Cancer Epidemiol.* 2021 Feb; 70: 101857. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2020.101857>. Epub 2020 Nov 26. PMID: 33249363
5. Prisciandaro E., Hustache-Castaing R., Michot A., et al. Chest wall resection and reconstruction for primary and metastatic sarcomas: an 11-year retrospective cohort study. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2021 May 10; 32(5): 744–752. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivab003>. PMID: 33532842
6. Leonardi B., Carlucci A., Noro A., et al. Three-Dimensional printed models for preoperative planning and surgical treatment of chest wall disease: A systematic review. *Technologies.* 2021; 9(4): 97. <https://doi.org/10.3390/technologies9040097>

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Валиев Аслан Камрадинович**<sup>✉</sup>, д-р мед. наук, заведующий отделом общей онкологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2038-3729>

**Кононец Павел Вячеславович**, д-р мед. наук, директор научно-исследовательского института клинической онкологии им. Н.Н. Трапезникова ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4744-6141>

**AUTHORS CONTRIBUTIONS**

Aslan K. Valiev developed the main concept of the article, wrote the text, approved the final version and agreed to take responsibility for all aspects of the article. Pavel V. Kononets, Teimuraz K. Kharatishvili participated in the development of the concept of the article and the preparation of the text. Alexander G. Salkov, Nikolay S. Petrochenko, Alexander R. Shin, Alexander V. Sytov took an active part in the treatment of the patients, preparation of materials and description of the clinical cases. Olga Efimenko supervised all aspects of modeling and preparation of implants. All authors approved the final version of the publication.

**Compliance with ethical standards**

Consent statement. Both patients have consented to the submission of this “Personalized 3D printed implants in the treatment of extensive chest wall tumors: clinical cases” in the “Sechenov Medical Journal”.

7. Pontiki A.A., Natarajan S., Parker F.N.H., et al. Chest wall reconstruction using 3-Dimensional printing: functional and mechanical results. *Ann Thorac Surg.* 2022 Sep; 114(3): 979–988. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2021.07.103>. Epub 2021 Sep 21. PMID: 34555374
8. Smelt J., Pontiki A., Jahangiri M., et al. Three-Dimensional printing for chest wall reconstruction in thoracic surgery: building on experience. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2020 Jun; 68(4): 352–356. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1678611>. Epub 2019 Feb 8. PMID: 30736084
9. Xu S., Dou Y., Zhao G., et al. Autologous ilium graft combination with Y-shaped titanium plate fixation for chest wall reconstruction after resection of primary sternal tumors—a clinical study from three institutions. *Transl Cancer Res.* 2020 Feb; 9(2): 930–936. <https://doi.org/10.21037/tcr.2019.12.36>. PMID: 35117438
10. Wang L., Yan X., Zhao J., et al. Expert consensus on resection of chest wall tumors and chest wall reconstruction. *Transl Lung Cancer Res.* 2021 Nov; 10(11): 4057–4083. <https://doi.org/10.21037/tlcr-21-935>. PMID: 35004239
11. Wijerathne H., Langston J.C., Yang Q., et al. Mechanisms of radiation-induced endothelium damage: Emerging models and technologies. *Radiother Oncol.* 2021 May; 158: 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2021.02.007>. Epub 2021 Feb 11. PMID: 33581220
12. Riad S., Biau D., Holt G.E., et al. The clinical and functional outcome for patients with radiation-induced soft tissue sarcoma. *Cancer.* 2012 May 15; 118(10): 2682–2692. <https://doi.org/10.1002/cncr.26543>. Epub 2011 Oct 11. PMID: 21989796

**Aslan K. Valiev**<sup>✉</sup>, Dr. of Sci. (Medicine), Head of the Department of General Oncology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2038-3729>

**Pavel V. Kononets**, Dr. of Sci. (Medicine), Director of the Research Clinical Institute of Oncology named after N.N. Trapeznikov, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4744-6141>

**Харатишвили Таймураз Кобаевич**, д-р мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела общей онкологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8135-4841>

**Сальков Александр Геннадьевич**, врач-онколог отдела общей онкологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0400-3331>

**Петроченко Николай Сергеевич**, канд. мед. наук, научный сотрудник отдела общей онкологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8814-8381>

**Шин Александр Родионович**, канд. мед. наук, заведующий отделением анестезиологии-реанимации ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3595-3472>

**Сытов Александр Викторович**, канд. мед. наук, заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6426-3200>

**Ефименко Ольга**, технический директор ООО «ТИОС»; начальник отдела моделирования НИИ Бионики и персонализированной медицины ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3635-4380>

**Teimuraz K. Kharatishvili**, Dr. of Sci. (Medicine), Professor, Leading Researcher, Department of General Oncology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8135-4841>

**Alexander G. Salkov**, Oncologist, Department of Oncology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0400-3331>

**Nikolay S. Petrochenko**, Cand. of Sci. (Medicine), Researcher, Department of General Oncology, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8814-8381>

**Alexander R. Shin**, Cand. of Sci. (Medicine), Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3595-3472>

**Alexander V. Sytov**, Cand. of Sci. (Medicine), Head of the Department of Resuscitation and Intensive Care, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6426-3200>

**Olga Efimenko**, Technical Director, LLC "TIOS"; Head of the Modeling Department, Research Institute of Bionics and Personalized Medicine, Samara State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3635-4380>