

Литературный обзор | Literature review



3.1.6 — Онкология, лучевая терапия

3.1.9 — Хирургия

УДК 616-006

<https://doi.org/10.52420/umj.23.4.57><https://elibrary.ru/KWGALN>

Реконструкция грудной стенки при обширных резекциях. Обзор литературы. Собственный опыт

Максим Сергеевич Руденко✉, Роман Олегович Каменев,
Дмитрий Андреевич Гусев, Анастасия Петровна Елисеева

Свердловский областной онкологический диспансер, Екатеринбург, Россия

✉ r_ms@list.ru

Аннотация

Опухоли грудной стенки — редкое заболевание в клинической практике. Большинство опубликованных исследований опухолей грудной стенки обычно представляет собой одноцентровые ретроспективные исследования с участием небольшого числа клинических случаев. Таким образом, убедительная доказательная база, определяющая тактику хирургического лечения подобных пациентов в настоящее время отсутствует. В статье проведен обзор литературных данных, освещена эпидемиология опухолей грудной стенки. Подробно описаны виды материалов для реконструкции, используемые методы пластики грудной стенки при обширных резекциях, осложнения. Авторами представлен собственный опыт лечения 42 пациентов, которым по той или иной причине выполнялась резекция костных структур груди. По этиологии опухоли разделялись на немелкоклеточный рак легкого с инвазией в грудную стенку (9 случаев, 21,4 %), инвазию рака молочной железы (2 случая, 4,8 %), саркомы (хондросаркомы, остеосаркомы, саркомы мягких тканей — 13 случаев, 31 %), метастазы злокачественных опухолей различного происхождения и локализации (9 случаев, 21,4 %), доброкачественные образования (8 случаев, 19 %), десмоидная опухоль (1 случай, 2,4 %). 22 пациентам (52,3 %) выполнялась пластика образовавшегося дефекта, из них миопластика, пластика диафрагмой, местными тканями (8 случаев, 36,4 %), аллопластика полипропиленовой сеткой (6 случаев, 27,3 %), аллопластика полимерной пластиной (7 случаев, 16,7 %). В 3 случаях аллопластика дополнялась замещением мягких тканей торакодорзальным лоскутом. Описаны методы пластики и использованные материалы. В послеоперационном периоде авторы не наблюдали осложнений, связанных с парадоксальным дыханием.

Ключевые слова: реконструкция грудной клетки, резекция грудины, резекция ребер, аллопластика, грудная стенка

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

Для цитирования: Реконструкция грудной стенки при обширных резекциях. Обзор литературы. Собственный опыт / М. С. Руденко, Р. О. Каменев, Д. А. Гусев [и др.] // Уральский медицинский журнал. 2024. Т. 23, № 4. С. 57–76. DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.23.4.57>. EDN: <https://elibrary.ru/KWGALN>.

Reconstruction of the Chest Wall During Extensive Resections. Literature Review. Own Experience

Maxim S. Rudenko✉, Roman O. Kamenev, Dmitry A. Gusev,
Anastasia P. Eliseeva

Sverdlovsk Regional Oncology Center, Ekaterinburg, Russia

✉ r_ms@list.ru

Abstract

Tumors of the chest wall are a relatively rare disease in clinical practice. Most published studies of chest wall tumors are typically single-center, retrospective studies involving small numbers of patients. Thus, evidence for clinical findings regarding chest wall tumors is currently lacking. The article reviews the literature and highlights the epidemiology of chest wall tumors. The types of materials for reconstruction, the methods used for chest wall plastic surgery for extensive resections, and complications are described in detail. The authors presented their own experience in treating 42 patients who, for one reason or another, underwent resection of the bone structures of the breast. According to the etiology, the tumors were divided into: non-small cell lung cancer with invasions into the chest wall (9 patients, 21.4 %), invasion of breast cancer (2 patients, 4.8 %), sarcomas (chondrosarcomas, osteosarcomas, soft tissue sarcomas; 13 patients, 31 %), metastases of malignant tumors of various origins and localization (9 patients, 21.4 %), benign tumors (8 patients, 19 %), dysmoid tumor (1 patient, 2.4 %). 22 (52.3 %) patients underwent plastic surgery of the resulting defect. Of these, myoplasty, plastic surgery with a diaphragm, local tissues (8 patients, 36.4 %), alloplasty with a polypropylene mesh (6 patients, 27.3 %), alloplasty with a polymer plate (7 patients, 16.7 %). In 3 cases, alloplasty was supplemented by replacement of soft tissues with a thoracodorsal flap. The methods of plastic surgery and the materials used are described. In the postoperative period, the authors did not observe complications associated with paradoxical breathing.

Keywords: chest reconstruction, sternum resection, rib resection, alloplasty, chest wall

Conflicts of interest. The authors declare the absence of obvious or potential conflicts of interest.

For citation: Rudenko MS, Kamenev RO, Gusev DA, Eliseeva AP. Reconstruction of the chest wall during extensive resections. Literature review. Own experience. *Ural Medical Journal*. 2024;23(4):57–76. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/umj.23.4.57>. EDN: <https://elibrary.ru/KWGALN>.

© Руденко М. С., Каменев Р. О., Гусев Д. А., Елисеева А. П., 2024

© Rudenko M. S., Kamenev R. O., Gusev D. A., Eliseeva A. P., 2024

Введение

Резекция грудной стенки необходима при таких состояниях, как злокачественные и доброкачественные новообразования, врожденные дефекты, травматические и лучевые повреждения, неспецифические и специфические воспалительно-деструктивные процессы [1, 2]. При таких хирургических вмешательствах часто возникают большие дефекты грудной стенки, которые могут привести к нестабильности скелета, изменению механики дыхания и значительным косметическим дефектам [3].

Эпидемиология

Реконструкция грудной клетки — операция, которая выполняется нечасто. Так, по данным главного внештатного торакального хирурга Минздрава России, в 2023 г. в стране выполнено 3 456 операций на грудной стенке и диафрагме, что составило 3,8 % от всех операций, выполненных в отделениях торакального профиля в 182 медицинских организациях (90 507); из них резекция грудины и (или) ребер с восстановлением каркаса при помощи металлоконструкций, синтетических материалов — 203 (5,9 %), торакопластика приобретенных дефектов грудной стенки аутооткажами — 196 (5,7 %), аллопластика приобретенных дефектов грудной стенки — 14 (0,4 %) [4].

Опухоли грудной стенки — редкое заболевание в клинической практике [5]. Первичные опухоли грудной клетки составляют от 1 % до 2 % всех новообразований грудной клет-

ки. Они классифицируются в зависимости от ткани происхождения (костные, хрящевые или мягкотканые) и их злокачественного потенциала (добро- или злокачественные) [6]. Грудная клетка является локализацией около 10–15 % всех сарком [7]. Примерно 60 % первичных опухолей грудной стенки представляет собой злокачественные саркомы, из них около 55 % возникают из костей или хрящей, около 45 % — из элементов мягких тканей [8]. Наиболее часто у взрослых опухоли костей грудной стенки представлены хондросаркомой (27 %), остеосаркомой (22 %), фибросаркомой (22 %) и др. [9].

Помимо первичных опухолей поражение костных структур и мягких тканей грудной клетки может быть метастатическим. В отличие от первичных метастатические опухоли костей встречаются в 2–4 раза чаще, при этом грудина поражается в 9 % случаев от всех метастатических поражений костей. Наиболее частые метастазы — рака молочной железы, легких, предстательной железы, почек, щитовидной железы и яичников [9, 10]. Возможно также вторичное поражение грудной стенки вследствие прорастания ее злокачественными новообразованиями легких, молочной железы и органов средостения. Так, по данным разных авторов, вовлечение париетальной плевры, мягких тканей и (или) костных структур грудной стенки у пациентов с резектабельным немелкоклеточным раком легкого (НМРЛ) составляет 5–8 % [11, 12].

Часто опухоли грудной стенки развиваются после облучения по поводу других опухолей (рак легкого, молочной железы, лимфома), в этом случае они называются радиационно-индуцированными саркомами [10, 13].

Большинство опубликованных исследований на тему хирургии грудной стенки обычно представляет собой одноцентровые ретроспективные исследования с участием небольшого числа пациентов. Таким образом, убедительная доказательная база, определяющая тактику хирургического лечения подобных пациентов в настоящее время отсутствует [5]. Однако большинство авторов признает хирургический метод основным в лечении новообразований костных структур и мягких тканей груди [2, 3, 5, 7, 9, 10].

Залогом успеха хирургического лечения новообразований грудной клетки является радикальность операции, которая, в свою очередь, напрямую зависит от адекватного отступа от опухоли в пределах здоровых тканей.

В большинстве клиник мира хирурги придерживаются следующей тактики резекции опухолей грудной стенки: иссечение кожи, включая место предыдущей биопсии, мягких тканей, вовлеченных в опухолевый процесс, а также тканей, ранее подвергавшихся лучевой терапии. Далее проводится широкое иссечение пораженных ребер с краем резекции не менее 3 см. Также удаляются ребра выше и ниже опухоли, чтобы обеспечить адекватные края резекции [9, 14]. При опухолях грудины проводят частичную, субтотальную или тотальную стернектомию в зависимости от размеров поражения, но во всех случаях стараются иссечь соседние грудино-реберные хрящи билатерально [15]. Однако в проводимых исследованиях не получено статистически значимой разницы в выживаемости пациентов, которым была выполнена резекция на расстоянии 4 см от опухоли и 2 см [16, 17]. Ряд пациентов, которым проводилась резекция на расстоянии 1,5 см от опухоли, также имел приемлемые результаты безрецидивной и общей выживаемости [18].

В клинической практике чем больше диаметр опухоли, тем сложнее добиться широкого иссечения. Особенно при саркоме грудины часто требуется широкое иссечение с резекцией прилежащего перикарда, тимуса, магистральных сосудов и других важных органов. Чем больше дефект, тем сложнее восстановительная операция. Таким образом, в случаях,

где реконструктивная операция не может быть выполнена ввиду поражения магистральных сосудов и (или) сердца, авторы сходятся во мнении, что допустима резекция с положительным краем (R1). В этих случаях следует рассмотреть возможность лучевой терапии в послеоперационном периоде [5].

Показания к реконструкции грудной клетки

Показания к реконструкции грудной клетки после обширных резекций в настоящее время четко не определены. Безусловно, необходимость к замещению пострезекционного дефекта зависит от сочетания факторов, таких как размер дефекта, его глубина, локализация, комплекция пациента и др. Обычно небольшие дефекты (<5 см) или резекции, затрагивающие менее трех ребер, не требуют реконструкции, т. к. окружающих мягких тканей в целом достаточно, чтобы закончить операцию без осложнений и нарушения дыхательной функции [18]. Подлопаточные и верхушечно-задние дефекты грудной стенки размером до 10 см не нуждаются в реконструкции, поскольку лопатка и плечо обеспечивают адекватную поддержку и жесткость [19, 20].

В мировой литературе наиболее часто встречаются следующие показания:

удаление тела и (или) рукоятки грудины;

- 1) дефекты грудной стенки диаметром более 5 см или общей площадью >100 см²;
- 2) удаление >3 ребер из передней грудной стенки;
- 3) удаление >4 ребер из задней грудной стенки;
- 4) в случае задних резекций (включающих небольшие дефекты) необходимо реконструировать ниже четвертого ребра, чтобы избежать ущемления лопатки [21].

Планирование операции

Обширная резекция грудной стенки в сочетании с реконструкцией является одной из самых сложных процедур в хирургии с высоким риском осложнений и смертности. Необходимы индивидуальный подход и тщательное планирование. Важное значение имеет предоперационная оценка функциональных показателей дыхательной и сердечно-сосудистой систем, при необходимости — предоперационная терапия. Немаловажна оценка нутритивного статуса пациента. В идеале курение следует прекратить за 6–8 недель до операции. Оценка резектабельности и линий резекции проводится по результатам компьютерной томографии (КТ). При подозрении вовлечения в процесс сосудистых и нервных структур обязательна магнитно-резонансная томография (МРТ).

Хирургическая резектабельность опухоли грудной стенки определяется количеством пораженных ребер, степенью интраплевральной инвазии, вовлечения структур средостения, инвазией позвоночного канала и наличием локализованных и отдаленных метастазов. Методы резекции варьируются в зависимости от патологии и локализации опухоли: передней, боковой или задней. Перед резекцией следует тщательно изучить КТ-картину, чтобы определить размеры опухоли и запланированную резекцию, необходимость и метод последующего реконструктивного этапа. Любой плевральный выпот при отсутствии других признаков метастазов должен быть изучен цитологически, поскольку наличие атипичных клеток может быть показанием для адъювантной лучевой терапии, которую необходимо будет провести после реконструктивных методов [22]. Тактику лечения необходимо определять мультидисциплинарной командой, т. к. комбинированное лечение опухолей, чувствительных к лекарственной терапии, таких как саркома Юинга, рабдомиосаркома и др., должно начинаться с неoadъювантной химиотерапии [7].

История вопроса

Операцию по поводу опухоли грудной стенки с поражением нескольких ребер впервые выполнил в 1778 г. О. Аймар (*англ.* O. Aimar) [23]. В 1818 г. Ле Шевалье Ришера (*фр.* Le Chevalier Richerand) резецировал участок грудной стенки вместе с плеврой. В 1878 г. Холден (*англ.* Holden) описал случай частичной резекции грудины по поводу саркомы [24].

Первый отчет о резекции опухоли и реконструкции грудной стенки написан доктором Ф. У. Парэмом в 1899 г. в книге «Резекция грудной клетки при опухолях, растущих из костной части грудной клетки». Он тщательно документирует 78 случаев резекции грудной стенки, 52 из которых включали в себя вхождение в плевральную полость, часто с летальными исходами. В докладе описано использование грудного лоскута для прикрытия дефекта правой половины грудной стенки, приводящего к пневмотораксу, после резекции боковых отделов правых 3–5 ребер при остеосаркоме у 27-летней женщины. Этот и другие описанные случаи иллюстрируют новаторские усилия хирургов, которые лечили опухоли грудной стенки без неоадьювантной или адьювантной терапии, адекватной анестезии, антибиотиков, интенсивной терапии или сложных протезных материалов [25]. В 1909 г. появились первые протезы ребер из металла, однако их использование приводило к неудовлетворительным функциональным результатам. К середине XX в. Ж. Д. Бискар и С. А. Свенсон (*англ.* J. D. Biscard and S. A. Swenson) использовали широкую фасцию бедра для замещения дефекта грудной стенки. Только в 1940 г. появились биоинертные синтетические материалы, которые можно было применять для реконструкции [24]. В 1950 г. Дж. Грэм (*англ.* J. Graham) впервые применил для реконструкции синтетический материал — сетку на основе полипропилена Marlex [26].

Современные хирургические методы лечения опухолей грудной стенки разработаны в 1960–1970-х гг. [27]. Внедрение надежных новых методов реконструкции лоскутов, совершенствование интенсивной терапии и реабилитации привели к приемлемым показателям послеоперационных осложнений и летальности. При более ранних реконструкциях использовались случайные лоскуты, что часто приводило к нарушению трофики лоскута и осложнениям. Благодаря развитию технологий лоскутов операции в настоящее время стали проще и безопаснее, что позволяет проводить более обширные резекции и реконструкции. Обычные варианты включают в себя мышечные, подкожные и фасциально-кожные лоскуты на ножках, торако-дорзальные (ТДЛ), сальниковый лоскуты и др., которые имеют надежное кровоснабжение. Они остаются основой реконструкции дефектов грудной стенки после резекции опухоли, инфекции или лучевых повреждений. 75–90 % дефектов грудной стенки покрываются региональными или кожными лоскутами на ножке [28, 29].

Разумеется, ни один из представленных методов, а также их сочетания не являются универсальными, пригодными для использования во всех случаях. Именно поэтому целью нашего сообщения является обзор способов реконструкции обширных дефектов грудной стенки различной локализации и применяемых синтетических материалов.

Виды восстановления костного каркаса: плюсы и минусы. Требования к материалам

Реконструкция грудной стенки часто бывает комбинированной и включает в себя как использование местных тканей, синтетических материалов, так и кожных лоскутов. Материалы, доступные для реконструкции грудной стенки, включают в себя синтетические сетки, биопротезные материалы, стержни из нержавеющей стали, титановые системы, интегрированные в кости, ауто-, гомо- и ксенотрансплантаты свиней или крупного рогатого

скота. Конструкция должна быть адаптирована к индивидуальным потребностям пациента и часто требует интеграции более чем одного реконструктивного метода. Покрытие мягких тканей обычно достигается первичным закрытием местными тканями, локальными или свободными кожно-мышечными лоскутами. Для достижения максимального успеха, операции выполняются мультидисциплинарной командой с участием торакального и пластического хирургов [30]. Г. Рокко (*англ.* G. Rosso; 2011) выделяет 4 принципа успешной реконструкции грудной клетки: максимальное соблюдение анатомии, сохранение функциональности, адекватный выбор материала и интеграция междисциплинарных усилий для сложных реконструкций [31].

Основные цели всех реконструкций грудной клетки — восстановить ригидность грудной клетки за счет обеспечения стабильности скелета, предотвратить уменьшение объема гемиторакса со стороны операции, предотвратить грыжи грудной стенки, сохранить биомеханику дыхания, защитить нижележащие внутригрудные органы, обеспечить приемлемый косметический эффект [20, 27, 32].

Идеальный материал для восстановления стабильности грудной стенки должен быть податливым, чтобы соответствовать форме грудной стенки, жестким, чтобы предотвратить парадоксальное дыхание, биологически инертным и радиопрозрачным [29]. Каждый протезный материал, доступный для реконструкции грудной стенки, имеет свои преимущества и недостатки, и ни один из них не доказал своего явного превосходства [3, 33]. Преимущества каждого материала и техники необходимо сопоставлять с риском инфекции и других осложнений. Недавние достижения в производстве алло- и гомотрансплантатов предоставили новые альтернативы для восстановления структурной стабильности. Решение о том, как восстановить грудную стенку после обширной резекции в конечном счете зависит от размера и формы дефекта, окружающих тканей, экономической эффективности и предпочтений хирурга.

Все основные техники восстановления каркаса грудной стенки в зависимости от используемых материалов можно разделить на две большие группы:

- 1) мягкие (*англ.* Soft Techniques) — с использованием мягких материалов;
- 2) ригидные (*англ.* Rigid Techniques) — жестких материалов с неподвижной фиксацией к костным структурам.

Мягкие техники

Мягкие имплантаты одни из первых, которые были внедрены в торакальную хирургию. Самым простым решением замещения дефекта грудной стенки после радикальной резекции остается использование сетки (аллопластической или биологической) [34, 35]. За последние 30 лет разработано множество мягких материалов, которые первоначально использовались для реконструкции брюшной стенки. Нейлон был доступен в 1970–1990-х гг., а в настоящее время он заменен более современными материалами, такими как полипропилен, полиглактин и политетрафторэтилен, которые являются наиболее часто используемыми сетками в торакальной хирургии [36, 37]. Эти материалы обладают несколькими важными характеристиками:

- 1) возможность равномерно растягиваться, что позволяет фиксировать имплантат к свободным краям ребер, обеспечивая равномерное натяжение;
- 2) возможность фиксации к мягким тканям (мышцам и фасциям), что не создает неудобств при изменении положения тела пациента;
- 3) создание барьера, который предотвращает перемещение жидкости и воздуха между плевральной полостью и подкожным пространством;

- 4) мягкие имплантаты служат основой для роста регенеративной соединительной ткани, колонизирующей их внешнюю и внутреннюю поверхности;
- 5) отличная переносимость пациентами [33].

В нескольких исследованиях сообщалось об использовании нерассасывающихся синтетических тканых сеток, таких как нейлон, полипропилен, полиэстер и политетрафторэтилен, которые использовались сложенными и прикрепленными к краям ребер и фасций, чтобы закрыть непосредственную поверхность дефекта грудной стенки. Эти нерассасывающиеся протезы хорошо интегрируются с окружающими тканями и, как правило, не вызывают воспалительных реакций в легких при контакте с висцеральной плеврой. Некоторые авторы сообщают о частоте инфицирования синтетических сеток от 10 % до 25 % (удаление имплантатов — 10 %) [36, 38]. Таким образом, не все авторы согласны с тем, что мягкие имплантаты имеют значительно меньший риск заражения, чем жесткие. В случае инфицирования проницаемой сетки возможно решение проблемы длительными курсами антибиотиков, но непроницаемые сетки обычно требуют удаления [26].

Вариантов сеток большое количество: рассасывающийся полиглактин, полидиоксанон, нерассасывающийся нейлон, полипропилен, политетрафторэтилен (e-PTFE (Gor-Tex)), полиэстер (Mersilene), силиконовые, танталовые и титановые сетки [26]. Сетка обычно вырезается по форме краев резекции и должна обеспечивать перекрытие дефекта грудной стенки на 1–5 см в зависимости от комплекции пациента. Такие способы пластики просты в использовании, материал может быть равномерно растянут и прикреплен отдельными или непрерывными швами, рассасывающимися или нерассасывающимися лигатурами к окружающим ребрам, груди, мягким тканям [27].

В случае высокого риска нагноения и необходимости небольших реконструкций рассасывающиеся материалы могут стать материалом выбора с точки зрения более низкого риска заражения и достаточной стабильности грудной стенки. Например, в период резорбции «Викрил» позволяет создать фиброзный рубец с последующим хорошим закрытием небольшого дефекта без риска инфицирования послеоперационной раны. Однако такие протезы имеют тот недостаток, что не обеспечивают никакой защиты внутренних органов [13, 39]. Кроме того, мягкие сетки не позволяют восстановить ригидность грудной клетки при обширных поражениях и поэтому не могут быть использованы для реконструкции крупных дефектов. Более того, мягкие протезы не сохраняют кривизну грудной клетки после обширных резекций, что ведет к уменьшению объема плевральной полости и повышает риск развития дыхательной недостаточности в послеоперационном периоде, а также создает косметический дефект [40].

При больших реконструкциях следует избегать одной сетки. Чем больше сетка, тем труднее избежать парадоксальных дыхательных движений. Дефекты передней грудной стенки также не следует восстанавливать только с помощью сетки, т.к. нижележащие структуры средостения не будут должным образом защищены [27].

При больших боковых, передних и грудных дефектах показаны более жесткие имплантаты для защиты нижележащих внутренних органов. Это может быть достигнуто с помощью костно-синтетических титановых реберных трансплантатов, титановой сетки или метилметакрилатного «сэндвича» — патча, помещенного между двумя слоями полипропиленовой сетки, который собирается во время операции [28, 41]. Метилметакрилат — это композитный материал, который затвердевает в результате экзотермической реакции. Имплантат обычно изготавливается на операционном столе, подгоняется под форму и размер

дефекта грудной клетки и крепится к нему. Сам материал располагается между слоями сетки. Методика состоит в следующем: крепится сетчатая подкладка Marlex на дефект грудной стенки, на сетку наносится слой метилметакрилата, а затем сверху укладывают еще один слой сетки Marlex. Сетка должна покрывать материал на несколько сантиметров, чтобы обеспечить сшивание пластыря с костно-мышечными структурами по краям дефекта. Отверстия следует просверлить в ребрах на расстоянии 1,5–2,0 см друг от друга, чтобы прочно закрепить сетку. Операция заканчивается дренированием мягких тканей над имплантатом для профилактики серомы в раннем послеоперационном периоде.

Жесткие патчи обеспечивают хорошую стабильность скелета, эффективно защищают нижележащие структуры и предотвращают парадоксальное дыхание. Однако метилметакрилат непроницаем для жидкости, что чревато длительной экссудацией по плевральному дренажу, болевым синдромом и чрезмерной жесткостью грудной стенки [29]. М. Дж. Вейант и др. (англ. M. J. Weyant et al.; 2006) опубликовали данные, свидетельствующие о том, что по сравнению с нежесткой полипропиленовой сеткой использование «сэндвичей» из метилметакрилата Marlex связано с несколько более высокими показателями раневых осложнений, включая гематому, серому и инфицирование, однако осложнения, требующие удаления «сэндвича» составляют примерно 5 % [3]. Самое главное, что метилметакрилат не является радиопрозрачным, должен использоваться с осторожностью, если ожидается адъювантная лучевая терапия.

Большинство авторов рассматривает методики с использованием метилметакрилата как ригидные [33, 42]. Однако, по нашему мнению, отсутствие жесткой фиксации протезного материала к костным структурам оставляет его относительно подвижным, что помогает избежать осложнений, присущим жестким техникам, о которых будет сообщено ниже.

Биопротезы

Многочисленные биопротезные сетчатые материалы разработаны в основном для использования при лечении грыж брюшной стенки [43]. Тем не менее они также применимы в реконструкции дефектов грудной клетки. Они включают в себя гомографты — ткани, соединительно-тканые комплексы, органы в целом, трансплантируемые реципиенту от донора того же биологического вида, но генетически не идентичного, полученные из трупной кожи человека [44], твердой мозговой оболочки, подслизистой оболочки свиного кишечника, свиной кожи, перикарда крупного рогатого скота, кожи крупного рогатого скота. Техника крепления материала аналогична технике вставки синтетической сетки. Более всего такая методика подходит для устранения дефектов малого и среднего размеров, где жесткость не является существенной, или крепления поверх жестких конструкций, заменяющих ребра [31]. Как и в случае с синтетическими сетками, при использовании биопротезов важно обеспечить тугое натяжение, чтобы свести к минимуму парадоксальное движение грудной клетки. При сквозных дефектах грудной стенки биологические сетки являются идеальной основой для размещения местного или свободного кожного лоскута. Их бесклеточный биологический коллагеновый каркас не вызывает воспаления и позволяет со временем прорасти в ткани, способствует реваскуляризации и биологической интеграции. Биологические сетки проницаемы и достаточно устойчивы к инфекции. Кроме того, если инфицирование все же происходит, проникновение антибиотиков возможно в слой, содержащий биопротезный материал. Некоторые микроорганизмы, продуцирующие коллагеназу, могут разрушать биологические сетки, что после может потребовать реоперации сразу же после успешного лечения инфекции.

Ригидные техники

Одним из преимуществ жестких протезов является возможность воспроизведения физиологической кривизны ребер. Это помогает снизить риск развития дыхательной недостаточности, возникающей в результате парадоксального дыхания и деформации грудной стенки, что не всегда возможно осуществить применением мягких техник в лечении обширных дефектов передней и боковой стенки грудной клетки [42, 45].

Остеосинтетические системы

Остеосинтетические системы, как правило, представляют собой металлические имплантаты, которые могут быть использованы для устранения множественных дефектов ребер и грудины. Большинство из них — высокопрочные жесткие титановые конструкции, которые идеально подходят для грудинных, передних и переднебоковых дефектов, поскольку они обеспечивают защиту органов средостения. Эти системы обеспечивают более физиологичное движение ребер и лучший косметический результат, устойчивы к инфекции. Легкий вес, прочность, долговечность, биосовместимость и немагнитные свойства титана делают его предпочтительнее конструкциям из нержавеющей стали и керамики [27]. Системы фиксации ребер и остеосинтеза идеально подходят для использования в сочетании с сетками и обеспечивают инертную основу для размещения кожных лоскутов [46].

Доступен ряд вариантов, включая системы рибграфт на основе титана, такие как Ribloc, система ребер L1 и вертикально расширяемое протезное титановое ребро VEPTR [46]. Эти системы изначально разработаны для фиксации сложных переломов ребер и грудины при нестабильной грудной клетке. Методы имплантации уникальны для каждой отдельной системы. MatrixRIB — это титановые пластины, которые могут быть согнуты в соответствии с контуром стенки корпуса и привинчены непосредственно к внешней поверхности ребра. Ribloc предполагает аналогичный метод фиксации, но имеет выступы на каждом конце, которые окружают наружную, верхнюю и внутреннюю поверхности ребер. Системы Stratos не ввинчиваются, а обжимаются на ребра и имеют соединительные распорки для дефектов грудной или задней грудной стенок [30]. Система L1 имеет гибкую Z-образную пластину, использует короткие однокортикальные винты, расположенные под углом, и требует фиксации только к наружной части ребра. У титановых пластин частота переломов и смещений в отдаленном периоде приближается к 44 %. Согласно данным Бертет и др. (*англ.* Berthet et al; 2011), все повреждения титановых имплантатов произошли в течение 14 месяцев после операции, в т. ч. 65 % между 6 и 14 месяцами. Никаких серьезных событий, связанных с повреждением имплантата, не произошло, но наблюдалась угроза прокола кожи либо была угроза прокола перикарда [47]. Факторы, наиболее часто способствующие перелому или смещению имплантата, были следующими: переднее расположение титанового имплантата и наличие трех или более имплантатов. Исходное патологическое состояние, тип имплантатов, степень дефекта и комбинация лоскута или сетки не влияли на риск возникновения подобного осложнения. Распространенность разрыва имплантата в передней части грудной стенки может быть связана со значительным смещением грудной клетки во время вдоха в краниальном, боковом и вентральном направлениях. Вышеописанные осложнения не характерны для мягких техник, при которых не подразумевается жесткая фиксация протезных материалов к костным структурам, обеспечивая тем самым относительную подвижность имплантата, что исключает его повреждения в отдаленном периоде.

На современном этапе развития онкоторакальной хирургии в клиническую практику внедряются индивидуальные системы протезирования дефектов грудной стенки, изготов-

ленных с помощью аддитивных технологий — 3D-принтинга на основании антропометрических характеристик пациента [48–50]. 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 имплантатов: титан, полиэфирэфиркетон, метилметакрилат [51, 52]. По данным разных авторов, исходы применения таких технологий в протезировании дефектов грудной стенки после обширных резекций по поводу злокачественных опухолей значительно варьируют [48, 51, 53, 54]. Безусловно, аддитивные технологии с использованием 3D-принтинга являются высокотехнологическим и перспективным направлением развития хирургии злокачественных новообразований грудной клетки, однако метод достаточно трудоемкий, дорогостоящий, требует дальнейшего изучения.

Методы замещения дефекта мягких тканей

Локальные лоскуты

При возникновении дефицита местных тканей вследствие иссечения их и кожи производится пластика местными тканями. Для этого разделяются межфасциальные пространства между мышечным слоем и подкожной клетчаткой. У женщин для прикрытия дефектов, расположенных в области средней линии, в качестве локального лоскута можно использовать молочную железу. Этот метод может применяться у пожилых коморбидных пациенток. Обычно разрез производится по инфрамаммарной складке, при необходимости может быть расширен в боковом направлении до передней подмышечной линии, после чего молочная железа мобилизуется, чтобы закрыть дефект. Хорошее кровоснабжение молочной железы сводит к минимуму локальные послеоперационные риски [55].

Лоскуты на сосудистых ножках

Одними из первых методик, применяемых для замещения обширных дефектов грудной стенки мягкими тканями, стали региональные мышечные или кожно-мышечные лоскуты. Обычно использовались такие лоскуты, как широчайшая мышца спины, прямая мышца живота (VRAM), поперечная прямая мышца живота (TRAM), а также грудные, зубчатые и наружные косые мышцы [39]. Торакодорзальные кожно-мышечные лоскуты (лоскуты широчайшей мышцы спины) относительно легко выкраиваются, их дуга вращения достаточно широкая, они обычно получают достаточных размеров и могут быть адаптированы к обширному дефекту. В лоскут также могут быть включены передняя зубчатая мышца и параскапулярные ткани. Торакодорзальный лоскут покрывает переднюю, боковую и заднюю области грудной клетки, а также дефекты верхней половины грудины. Большая грудная мышца может быть выкроена на грудоакромиальных или внутренних сосудах молочной железы. Этот лоскут используется для реконструкции верхней или средней части грудины и парастеральной области. Прямая мышца живота на ножке или кожно-мышечные лоскуты, VRAM или TRAM, используются для прикрытия области грудины и переднебоковой части грудной стенки. Трапециевидная мышца или кожно-мышечный лоскут могут обеспечить пластику дефектов области задних отделов груди [55].

Сальниковый лоскут

Сальник можно использовать для замещения передних и боковых дефектов [56], но его невозможно дотянуть до задней части грудной стенки. Сальник может достигать

практически любого места на грудной стенке и часто собирается для покрытия больших поверхностей или заполнения внутригрудного пространства. Кровоснабжение салъниковых лоскутов осуществляется за счет правой или левой желудочно-салъниковых артерий. Содержание жира и лимфоидной ткани в салънике варьируется в зависимости от индивидуальных особенностей пациента. Выкраивание лоскута из большого салъника осуществляется через лапаротомию либо лапароскопию, лоскут выводится через диафрагму или брюшную стенку [57, 58]. Трудно предсказать площадь поверхности салъника, до тех пор пока он не будет выделен, поскольку она не коррелирует с размером пациента или комплекцией. Длина трансплантата может быть увеличена путем мобилизации с большой кривизны желудка и толстой кишки с сохранением сосудистых аркад [59].

Свободный лоскут

Свободные лоскуты используются при отсутствии возможности применения лоскутов на сосудистой ножке. Подобные ситуации возникают, если в анамнезе были резекции либо травмы местных групп мышц, радиотерапия на заинтересованную область. При планировании этих достаточно сложных вмешательств хирург должен как учитывать общее состояние пациента, поскольку свободные лоскуты требуют более длительного времени операции, так и оценивать возможности клиники и собственный опыт. Наиболее часто используются лоскут микрососудистой тензорной фасции (TFL) и TRAM. Они содержат прочные толстые фасции и мышечные ткани, могут иметь достаточно большой объем для замещения полнослойных дефектов грудной стенки, заполнения части плевральной полости, придания дополнительного объема грудной стенке [60].

Результаты собственного наблюдения

С 2017 по 2022 г. в Свердловском областном онкологическом диспансере прооперировано 42 человека, которым по тем или иным показаниям выполнена резекция костных структур грудной клетки (ребер и (или) грудины). Мужчин — 25, женщин — 17. Средний возраст пациентов составил 55,5 лет (22–73).

Показания к резекции были следующими:

- 1) саркомы (хондросаркомы, остеосаркомы, саркомы мягких тканей) — 13 (31 %), в т. ч. радиационно-индуцированные после дистанционной лучевой терапии при лечении рака молочной железы (1);
- 2) немелкоклеточный рак легкого с инвазией в грудную стенку — 9 (21,4 %), в т. ч. рак Панкоста (2);
- 3) метастазы злокачественных опухолей различного происхождения и локализации (рака почки, сарком мягких тканей, рака дна полости рта и др.) — 9 (21,4 %);
- 4) доброкачественные образования — 8 (19 %);
- 5) злокачественные образования молочной железы с инвазией в грудную стенку — 2 (4,8 %);
- 6) десмоидная опухоль — 1 (2,4 %).

Разделение пациентов по локализации образовавшегося дефекта проводили на четыре группы:

- 1) передние, в т. ч. с вовлечением грудины, когда дефект распространяется на грудину и ребра до среднеключичной линии — 12 пациентов (28,6 %);
- 2) переднебоковые (от парастеральной до среднеключичной линии) — 11 (26,2 %);
- 3) боковые (от среднеключичной до задней подмышечной линии) — 11 (26,2 %);

- 4) задние (от задней подмышечной до паравертебральной линии) — 8 (19%); в эту же группу вошли 2 пациента (4,8 %) с опухолями Панкоста, т. к. им выполнялись резекции задних отрезков ребер либо экзартикуляции ребер с резекцией тел позвонков.

В зависимости от размера образовавшегося после резекции дефекта, его локализации, телосложения пациента, анатомических особенностей мы использовали различные виды пластики грудной стенки: пластика местными тканями, использование локальных лоскутов, пластика диафрагмой, аллопластика с использованием мягкой полипропиленовой сетки и аллопластика с использованием относительно жесткой полипропилен-ролиэстеровых пластин Codubix.

Пластику диафрагмой мы применили для лечения двух пациентов. В обоих случаях дефект локализовался в нижне-передне-боковых отделах грудной клетки после удаления отрезков 5–7 ребер. В обоих случаях в послеоперационном периоде прогнозировалась парадоксальная подвижность грудной стенки с развитием нарушения дыхательной функции. Выбор методики основывался на возможностях медицинского учреждения на тот момент. При наличии отработанной методики и синтетического материала выбор хирургической тактики, безусловно, был бы в сторону аллопластики. Операции производились по срочным показаниям из-за распада опухоли (рис. 1). Смысл пластики заключался в фиксации купола диафрагмы к надкостнице верхнего (предыдущему резецированному) ребра и межреберным мышцам (рис. 2). Операцию заканчивали формированием локального лоскута (рис. 3).



Рис. 1. Пациентка П. Хондросаркома 5–7 ребер справа с распадом

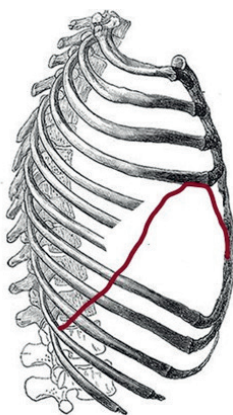


Рис. 2. Схема пластики диафрагмой



Рис. 3. Вид раны после резекции 5–7 ребер, пластики диафрагмой

При небольших боковых дефектах для профилактики легочных грыж мы использовали аллопластику полипропиленовой сеткой (ППС). Форму протеза вырезали ножницами по контуру дефекта непосредственно в операционной ране с учетом нахлеста на мягкие ткани 1,5–2,0 см. Материал фиксировали к межреберным мышцам и фасции непрерывным швом рассасывающейся полифиламентной нитью, добиваясь легкого натяжения сетки для профилактики парадоксального дыхания в послеоперационном периоде. На рис. 4 изображен пациент с, казалось бы, массивной опухолью грудной стенки слева, однако по ходу операции выяснилось, что радикальный объем вмешательства ограничился резекцией одного (седьмого) ребра (рис. 5). По этой причине пластическим материалом была выбрана ППС с удовлетворительным функциональным и косметическим результатом (рис. 6).



Рис. 4. Пациент Р. Хондросаркома G1 7 ребра слева

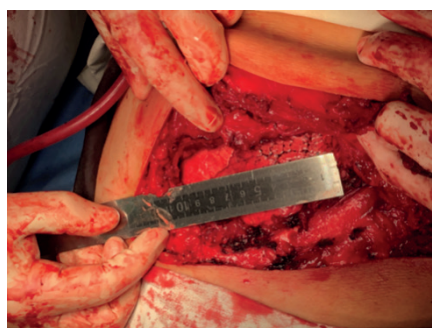


Рис. 5. Вид раны после резекции 7 ребра



Рис. 6. Этап пластики сеткой ППС

Аллопластику с применением жестких полимерных пластин (ПП) и искусственных ребер (ИР), состав которых на 90 % состоит из полипропиленовых полимерных волокон и на 10 % — из полиэстровых, мы применяли при прогнозируемом нарушении каркаса грудной клетки, риске развития нарушения дыхания, а также для защиты внутренних органов средостения и гемиторакса, в т. ч. при комбинированных вмешательствах. Фиксировали пластину лавсановыми лигатурами через заранее проделанные электродрелью отверстия в 2 мм. Размер и форму пластины формировали непосредственно на операционном столе после удаления опухоли, визуализации и измерения линейкой образовавшегося с помощью перманентного стерильного маркера и специальных ножниц, рекомендуемых производителем аллотрансплантата. В зависимости от локализации и размера костного дефекта мы формировали разные аллотрансплантаты. Например, при резекции тела грудины и передних участков ребер образованный костный дефект мы замещали сплошной пластиной (рис. 7), а при удалении переднебоковых участков нескольких ребер мы использовали ИР, вырезанные из подобной пластины (рис. 8).

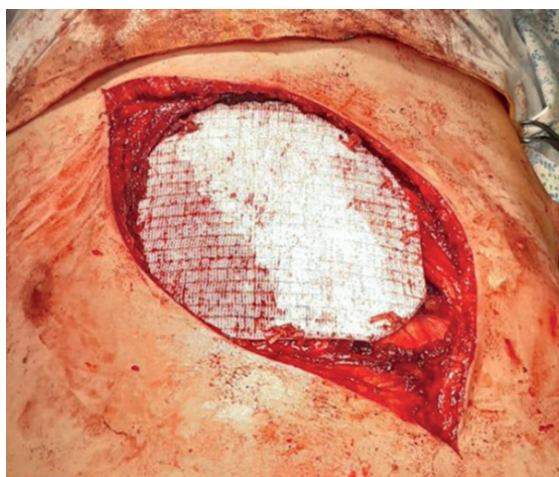


Рис. 7. Пластика дефекта грудины сплошной пластиной ПП

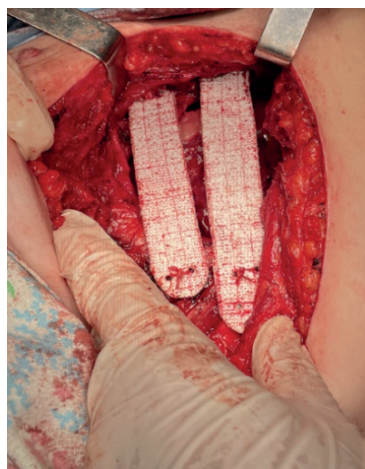


Рис. 8. Пластика переднебокового дефекта ИР

Соотношение применяемого пластического материала в зависимости от числа резецированных ребер представлено в табл. 1.

Таблица 1

Соотношение применяемого пластического материала в зависимости от числа резецированных ребер (всего: $n = 42$; 100 %)

Количество ребер	Варианты пластики	абс.	%
1 ребро ($n = 22$; 52,4 %)	ППС	3	13,6
	Без пластики	19	86,4
2 ребра ($n = 12$; 28,6 %)	Локальный лоскут, диафрагма	4	33,3
	ППС	4	33,3
	ПП	3	25,0
	Без пластики	1	8,3
	Локальный лоскут, диафрагма	3	37,5
3 и более ребер ($n = 8$; 19,0 %)	ПП	5	5,0

В табл. 2 представлены варианты реконструкции грудной стенки в зависимости от вида хирургического вмешательства.

Таблица 2

Варианты реконструкции грудной стенки в зависимости от вида хирургического вмешательства, абс. (% от вида операции)

Вид операции	Реконструкция грудной клетки				Количество осложнений
	Без пластики	Локальный лоскут, диафрагма	ППС	ПП	
Анатомическая комбинированная резекция легкого с резекцией грудной стенки (НМРЛ) ($n = 9$; 21,4 %)	6 (66,6)	2 (22,2)	1 (11,1)	0 (0)	3 (33,3)
Комбинированная ампутиация молочной железы ($n = 2$; 4,8 %)	0 (0)	1 (50,0)	0 (0)	1 (50,0)	1 (50,0)
Резекция костных структур грудной стенки ($n = 27$; 64,3 %)	12 (44,4)	4 (14,8)	4 (14,8)	6 (22,2)	1 (3,7)
Резекция костных структур грудной стенки комбинированная ($n = 4$; 9,5 %)	0 (0)	1 (25,0)	1 (25,0)	2 (50,0)	0 (0)
Всего ($n = 42$; 100 %)	20 (47,6)	8 (19,0)	6 (14,3)	7 (16,7)	5 (11,9)

Ни у одного пациента мы не наблюдали парадоксальной подвижности грудной стенки ни в раннем, ни в отдаленном послеоперационном периоде. У одной пациентки, которая перенесла пластику ПП, произошло умеренное смещение протеза из-за чрезмерной нагрузки при падении (спортивная травма). Удаления имплантата и репластики не потребовалось. Наиболее частое осложнение, связанное с методикой операции, — образование серомы мягких тканей как реакции на инородное тело. Во всех трех случаях лечение ограничилось разгрузочными пункциями. Необходимое количество пункций варьировалось от двух до десяти (с постепенным уменьшением количества экссудата и увеличением интервала между процедурами).

Реоперация для купирования осложнений потребовалась двум пациентам. В первом случае пациент прооперирован через неделю после первой операции, выполненной по поводу рака Панкоста. Произведено видеоторакоскопическое удаление свернувшегося гемоторакса. Второму пациенту выполнено закрытие торако-плеврального свища через 1 месяц после первой операции.

Умер один пациент. Причиной смерти стала остановка сердечной деятельности, возникшая интраоперационно на этапе установки дренажей в плевральную полость. Мы связываем это осложнение с кардиотоксичностью неоадьювантного химиолучевого лечения.

Обсуждение

На основе анализа российской и зарубежной литературы становится очевидным, что в настоящее время нет четких критериев, определяющих выбор метода пластики грудной стенки после обширных резекций. Зачастую выбор вида пластики и используемых материалов зависит от предпочтений хирурга, возможностей клиники и носит интуитивный характер. До конца не определена классификация образующихся дефектов по форме, размерам и локализации. Не описана четкая зависимость выбора тактики от анатомических особенностей и конституционного типа пациента. Однако успех радикального удаления опухоли грудной стенки зависит в том числе и от уверенности хирурга в том, что дефект, который образуется после удаления образования, можно будет восстановить безопасно для пациента. Иначе оперирующий врач будет экономить ткани на отступах, опасаясь оставить дефект больше, чем возможно будет восстановить.

Выводы

1. После обширной резекции грудной стенки необходим этап реконструкции дефекта, который возможен с применением как собственных тканей пациента, так и синтетических материалов.
2. В настоящее время нет единого мнения о показаниях и материале для стабилизации грудной стенки (очень много требований: жесткость, при этом податливость и пористость, радиодоступность, отсутствие разрушения материала в отдаленном периоде, простота в фиксации, изменчивая форма, желательно быстро и точно подгоняемая во время операции).
3. Мягкие техники реконструкции позволяют добиться удовлетворительной стабилизации костного каркаса грудной клетки, сравнительно просты в исполнении, финансово доступны.

Список источников | References

1. Zhou B, Long Y, Li S, Lv C, Song D, Tang Y, et al. Reconstruction of chronic radiation-induced ulcers in the chest wall using free and pedicle flaps. *Frontiers in Surgery*. 2022;9:1010990. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.1010990>.
2. Dambaev GZ, Gunter VE, Philippov SG, Sokolovich EG, Topolnitsky EB, Doroshenko AV. A new method of closing the defects of chest wall. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2002;1(1):107–109. (In Russ.). Available from: <https://clck.ru/3CoKjf> (accessed 29 March 2024).
3. Weyant MJ, Bains MS, Venkatraman E, Downey RJ, Park BJ, Flores RM, et al. Results of chest wall resection and reconstruction with and without rigid prosthesis. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2006;81(1):279–285. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2005.07.001>.
4. Yablonsky PK, Kudryashov GG, Chausov AV, Galkin VB. *Thoracic surgery-2023: Analytical review*. Saint Petersburg: St. Petersburg Research Institute of Phthiisopulmonology; 2024. 62 p. (In Russ.).
5. Wang L, Yan X, Zhao J, Chen C, Chen C, Chen J, et al. Expert consensus on resection of chest wall tumors and chest wall reconstruction. *Translational Lung Cancer Research*. 2021;10(11):4057–4083. DOI: <https://doi.org/10.21037/tlcr-21-935>.
6. Wald O, Islam I, Amit K, Ehud R, Eldad E, Omer O, et al. 11-year experience with Chest Wall resection and reconstruction for primary Chest Wall sarcomas. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2020;15(1):29. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13019-020-1064-y>.
7. Crowley TP, Atkinson K, Bayliss CD, Barnard S, Milner RH, Ragbir M. The surgical management of sarcomas of the chest wall: A 13-year single institution experience. *Journal of Plastic Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2020;73(8):1448–1455. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2020.02.036>.
8. Cipriano A, Burfeind W Jr. Management of primary soft tissue tumors of the chest wall. *Thoracic Surgery Clinics*. 2017;27(2):139–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2017.01.007>.
9. Davydov MI, Aliev MD, Sobolevsky VA, Ilyushin AL. Surgical treatment of malignant tumors of the chest wall. *Journal of N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center RAMS*. 2008;19(1):35–40. (In Russ.). Available from: <https://clck.ru/3CoKmn> (accessed 30 March 2024).
10. Rudenko MS, Pushkin SYu, Magdalyanova MI, Kamenev RO, Eliseeva AP, Gusev DA. Chest wall repair after extensive resections. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2023;(10):60–70. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17116/hirurgia202310160>.
11. Pikin OV, Trakhtenberg AKh, Ryabov AB, Glushko BA, Kolbanov KI, Barmin VV, et al. Results of surgical treatment in patients with non-small cell lung cancer with tumor ingrowth into the chest. *P. A. Herzen Journal of Oncology*. 2016;(3):39–43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17116/onkolog20165339-43>.
12. Allen MS, Mathisen DJ, Grillo HC, Wain JC, Moncure AC, Hilgenberg AD. Bronchogenic carcinoma with chest wall invasion. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1991;51(6):948–951. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(91\)91011-j](https://doi.org/10.1016/0003-4975(91)91011-j).
13. Incarbone M, Pastorino U. Surgical treatment of chest wall tumors. *World Journal of Surgery*. 2001;25(2):218–230. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002680020022>.
14. Gonfiotti A, Viggiano D, Vokrri E, Lucchi M, Divisi D, Crisci R, et al. Chest wall reconstruction with implantable cross-linked porcine dermal collagen matrix: Evaluation of clinical outcomes. *JTCVS Techniques*. 2022;13:250–260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jxjtc.2022.01.021>.
15. Bongiolatti S, Voltolini L, Borgianni S, Borrelli R, Innocenti M, Menichini G, et al. Short and long-term results of sternectomy for sternal tumours. *Journal of Thoracic Disease*. 2017;9(11):4336–4346. DOI: <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.10.94>.
16. Wouters MW, van Geel AN, Nieuwenhuis L, van Tinteren H, Verhoef C, van Coevorden F, et al. Outcome after surgical resections of recurrent chest wall sarcomas. *Journal of Clinical Oncology*. 2008;26(31):5113–5118. DOI: <https://doi.org/10.1200/JCO.2008.17.4631>.
17. Walsh GL, Davis BM, Swisher SG, Vaporciyan AA, Smythe WR, Willis-Merriman K, et al. A single-institutional, multidisciplinary approach to primary sarcomas involving the chest wall requiring full-thickness resections. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2001;121(1):48–60. DOI: <https://doi.org/10.1067/mtc.2001.111381>.
18. Khullar OV, Fernandez FG. Prosthetic reconstruction of the chest wall. *Thoracic Surgery Clinics*. 2017;27(2):201–208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2017.01.014>.
19. Thomas M, Shen KR. Primary tumors of the osseous chest wall and their management. *Thoracic Surgery Clinics*. 2017;27(2):181–193. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2017.01.012>.
20. Seder CW, Rocco G. Chest wall reconstruction after extended resection. *Journal of Thoracic Disease*. 2016;8(Suppl 11):S863–S871. DOI: <https://doi.org/10.21037/jtd.2016.11.07>.
21. Ito T, Suzuki H, Yoshino I. Mini review: Surgical management of primary chest wall tumors. *General Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2016;64(12):707–714. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11748-016-0719-z>.

22. Sandler G, Hayes-Jordan A. Chest wall reconstruction after tumor resection. *Seminars in Pediatric Surgery*. 2018;27(3):200–206. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2018.05.008>.
23. Dineen JP, Boltax RS. Problems in the management of chest wall tumor. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1966;52(4):588–594. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)43405-3](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)43405-3).
24. Hultman CS, Culbertson JH, Jones GE, Losken A, Kumar AV, Carlson GW, et al. Thoracic reconstruction with the omentum: indications, complications, and results. *Annals of Plastic Surgery*. 2001;46(3):242–249. DOI: <https://doi.org/10.1097/0000637-200103000-00007>.
25. Bakri K, Mardini S, Evans KK, Carlsen BT, Arnold PG. Workhorse flaps in chest wall reconstruction: the pectoralis major, latissimus dorsi, and rectus abdominis flaps. *Seminars in Plastic Surgery*. 2011;25(1):43–54. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0031-1275170>.
26. Mahabir RC, Butler CE. Stabilization of the chest wall: Autologous and alloplastic reconstructions. *Seminars in Plastic Surgery*. 2011;25(1):34–42. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0031-1275169>.
27. Sanna S, Brandolini J, Pardolesi A, Argnani D, Mengozzi M, Dell'Amore A, et al. Materials and techniques in chest wall reconstruction: A review. *Journal of Visualized Surgery*. 2017;3:95. DOI: <https://doi.org/10.21037/jovs.2017.06.10>.
28. La Quaglia MP. Chest wall tumors in childhood and adolescence. *Seminars in Pediatric Surgery*. 2008;17(3):173–180. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2008.03.007>.
29. Seder CW, Rocco G. Chest wall reconstruction after extended resection. *Journal of Thoracic Disease*. 2016;8(Suppl 11):S863–S871. DOI: <https://doi.org/10.21037/jtd.2016.11.07>.
30. Rocco G. Chest wall resection and reconstruction according to the principles of biomimesis. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2011;23(4):307–313. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2012.01.011>.
31. Asensio JA, Trunkey DD. *Current therapy of trauma and surgical critical care*. 2008:763–785. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-04418-9.X5001-2>.
32. Tukiainen E, Popov P, Asko-Seljavaara S. Microvascular reconstructions of full-thickness oncological chest wall defects. *The American Journal of Surgery*. 2003;238(6):794–801. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000098626.79986.51>.
33. Kleeven A, van der Hel SRP, Jonis YMJ, Profar JJA, Daemen JHT, de Loos ER, et al. Chest wall reconstruction after the Clagett procedure and other types of open-window thoracostomy: A narrative review. *Journal of Thoracic Disease*. 2023;15(12):7063–7076. DOI: <https://doi.org/10.21037/jtd-23-684>.
34. Chapelier A, Macchiarini P, Rietjens M, Lenot B, Margulis A, Petit JY, et al. Chest wall reconstruction following resection of large primary malignant tumors. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 1994;8(7):351–356. DOI: [https://doi.org/10.1016/1010-7940\(94\)90028-0](https://doi.org/10.1016/1010-7940(94)90028-0).
35. D'Amico G, Manfredi R, Nita G, Poletti P, Milesi L, Livraghi L, et al. Reconstruction of the thoracic wall with biologic mesh after resection for chest wall tumors: A presentation of a case series and original technique. *Surgical Innovation*. 2018;25(1):28–36. DOI: <https://doi.org/10.1177/1553350617745954>.
36. Thomas PA, Bouchet L. Prosthetic reconstruction of the chest wall. *Thoracic Surgery Clinics*. 2010;20(4):551–558. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2010.06.006>.
37. Chang RR, Mehrara BJ, Hu QY, Disa JJ, Cordeiro PG. Reconstruction of complex oncologic chest wall defects: A 10-year experience. *Annals of Plastic Surgery*. 2004;52(5):471–479. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.sap.0000122653.09641.f8>.
38. Daigeler A, Druce D, Hakimi M, Duchna HW, Goertz O, Homann HH, et al. Reconstruction of the thoracic wall-long-term follow-up including pulmonary function tests. *Langenbeck's Archives of Surgery*. 2009;394(4):705–715. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00423-008-0400-9>.
39. Mansour KA, Thourani VH, Losken A, Reeves JG, Miller JI Jr, Carlson GW, et al. Chest wall resections and reconstruction: A 25-year experience. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2002;73(6):1720–1726. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)03527-0](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)03527-0).
40. Girotti P, Leo F, Bravi F, Tavecchio L, Spano A, Cortinovis U, et al. The “rib-like” technique for surgical treatment of sternal tumors: Lessons learned from 101 consecutive cases. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2011;92(4):1208–1216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.05.016>.
41. Teplakov VV, Karpenko VU, Dergavin VA, Pikin OV, Buharov AV, Iepifanova SV, et al. Surgical treatment of patients with tumors of the upper chest wall. *Bone and Soft Tissue Sarcomas, Tumors of the Skin*. 2011;(1):18–27. (In Russ.). EDN: <https://elibrary.ru/ofwbgl>.
42. Lardinois D, Müller M, Furrer M, Banic A, Gugger M, Krueger T, et al. Functional assessment of chest wall integrity after methylmethacrylate reconstruction. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2000;69(3):919–923. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(99\)01422-8](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)01422-8).
43. Rosen MJ. Biologic mesh for abdominal wall reconstruction: A critical appraisal. *The American Journal of Surgery*. 2010;76(1). DOI: <https://doi.org/10.1177/000313481007600101>.
44. Cothren CC, Gallego K, Anderson ED, Schmidt D. Chest wall reconstruction with acellular dermal matrix (AlloDerm) and a latissimus muscle flap. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2004;114(4):1015–1017. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000138709.06161.1b>.

45. Girotti PNC, Königsrainer I, Pastorino U, Girotti AL, Rosa F. Optimal chest wall prosthesis: Comparative study of mechanical and functional behaviour. *European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2020;59(2):302–308. DOI: <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezaa355>.
46. Stephenson JT, Song K, Avansino JR, Mesher A, Waldhausen JH. Novel titanium constructs for chest wall reconstruction in children. *Journal of Pediatric Surgery*. 2011;46(5):1005–1010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2010.12.007>.
47. Berthet JP, Canaud L, D'Annoville T, Alric P, Marty-Ane CH. Titanium plates and Dualmesh: A modern combination for reconstructing very large chest wall defects. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2011;91(6):1709–1716. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.02.014>.
48. Valiev AK, Kononets PV, Kharatishvili TK, Salkov AG, Petrochenko NS, Shin AR, et al. Application of customized 3D implants in the treatment of extensive tumors of the chest wall: Clinical cases. *Sechenov Medical Journal*. 2023;14(2):57–66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2023.14.2.57-66>.
49. Pontiki AA, Natarajan S, Parker FNH, Mukhammadaminov A, Dibblin C, Housden R, et al. Chest wall reconstruction using 3-dimensional printing: Functional and mechanical results. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2022;114(3):979–988. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2021.07.103>.
50. Leonardi B, Carlucci A, Noro A, Bove M, Natale G, Opromolla G, et al. Three-dimensional printed models for preoperative planning and surgical treatment of chest wall disease: A systematic review. *Technologies*. 2021;9(4):97. DOI: <https://doi.org/10.3390/technologies9040097>.
51. Xu S, Dou Y, Zhao G, Zhu J, Tian W, Sun W, 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. *Translational Cancer Research*. 2020;9(2):930–936. DOI: <https://doi.org/10.21037/tcr.2019.12.36>.
52. Gonfiotti A, Salvicchi A, Voltolini L. Chest-wall tumors and surgical techniques: State-of-the-art and our institutional experience. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(19):5516. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm11195516>.
53. Prisciandaro E, Hustache-Castaing R, Michot A, Jougon J, Thumerel M. Chest wall resection and reconstruction for primary and metastatic sarcomas: An 11-year retrospective cohort study. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2021;32(5):744–752. DOI: <https://doi.org/10.1093/icvts/ivab003>.
54. Tukiainen E. Chest wall reconstruction after oncological resections. *The Scandinavian Journal of Surgery*. 2013;102(1):9–13. DOI: <https://doi.org/10.1177/145749691310200103>.
55. Tsukushi S, Nishida Y, Sugiura H, Nakashima H, Ishiguro N. Soft tissue sarcomas of the chest wall. *Journal of Thoracic Oncology*. 2009;4(7):834–837. DOI: <https://doi.org/10.1097/JTO.0b013e3181a97da3>.
56. Romanini MV, Vidal C, Godoy J, Morovic CG. Laparoscopically harvested omental flap for breast reconstruction in Poland syndrome. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2013;66(11):e303–309. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2013.08.003>.
57. Acarturk TO, Swartz WM, Luketich J, Quinlin RF, Edington H. Laparoscopically harvested omental flap for chest wall and intrathoracic reconstruction. *Annals of Plastic Surgery*. 2004;53(3):210–216. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.sap.0000116285.98328.f7>.
58. Hultman CS, Culbertson JH, Jones GE, Losken A, Kumar AV, Carlson GW, et al. Thoracic reconstruction with the omentum: Indications, complications, and results. *Annals of Plastic Surgery*. 2001;46(3):242–249. DOI: <https://doi.org/10.1097/00000637-200103000-00007>.
59. Bakri K, Mardini S, Evans KK, Carlsen BT, Arnold PG. Workhorse flaps in chest wall reconstruction: the pectoralis major, latissimus dorsi, and rectus abdominis flaps. *Seminars in Plastic Surgery*. 2011;25(1):43–54. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0031-1275170>.
60. Wang CM, Zhang R, Luo P, Wu Z, Zheng B, Chen Y, et al. Reconstruction of extensive thoracic wall defect using the external oblique myocutaneous flap: An analysis on 20 Chinese patients with locally advanced soft tissue sarcoma. *Journal of Surgical Oncology*. 2018;117(2):130–136. DOI: <https://doi.org/10.1002/jso.24823>.

Информация об авторах

Максим Сергеевич Руденко — заведующий отделением торакальной онкологии, Свердловский областной онкологический диспансер, Екатеринбург, Россия.

E-mail: r_ms@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0355-807X>

Роман Олегович Каменев — онколог отделения торакальной онкологии, Свердловский областной онкологический диспансер, Екатеринбург, Россия.

E-mail: fnikina@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3063-3322>

Дмитрий Андреевич Гусев — травматолог-ортопед онкологического отделения № 1, Свердловский областной онкологический диспансер, Екатеринбург, Россия.

E-mail: gusev-ortho@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1410-6653>

Анастасия Петровна Елисеева — онколог отделения торакальной онкологии, Свердловский областной онкологический диспансер, Екатеринбург, Россия.

E-mail: appnat.ty@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1441-4397>

Information about the authors

Maxim S. Rudenko ✉ — Head of the Department of Thoracic Oncology, Sverdlovsk Regional Oncology Center, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: r_ms@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0355-807X>

Roman O. Kamenev — Oncologist of the Department of Thoracic Oncology, Sverdlovsk Regional Oncology Center, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: fnikina@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3063-3322>

Dmitriy A. Gusev — Traumatologist-Orthopedist of the Oncology Department No. 1, Sverdlovsk Regional Oncology Center, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: gusev-ortho@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1410-6653>

Anastasia P. Eliseeva — Oncologist of the Department of Thoracic Oncology, Sverdlovsk Regional Oncology Center, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: appnat.ty@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1441-4397>

Рукопись получена: 11 апреля 2024. Одобрена после рецензирования: 28 июля 2024. Принята к публикации: 21 августа 2024.

Received: 11 April 2024. Revised: 28 July 2024. Accepted: 21 August 2024.