

Первый опыт тотального эндопротезирования крестца индивидуальным имплантатом после тотальной сакрэктомии (редкий клинический случай)

Д.И. Софронов¹, К.Н. Магомедова², О. Ефименко³, К.А. Борзов¹, А.В. Федорова^{1,4}, Р.М. Кабардаев¹, А.М. Галустов¹, А.Р. Шин¹, А.В. Сытов¹, А.К. Валиев¹

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; Россия, 115522 Москва, Каширское шоссе, 24;

²ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; Россия, 123995 Москва, ул. Баррикадная, 2/1;

³ООО «ТИОС»; Россия, 117393 Москва, ул. Новаторов, 6;

⁴ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 150000 Ярославль, ул. Революционная, 5

Контакты: Денис Игоревич Софронов mdsofronov@mail.ru

Саркомы костей являются одним из наиболее редких видов злокачественных новообразований и составляют всего 0,2–1 % онкологических заболеваний. Среди всех сарком костей хондросаркома стоит на 3-м месте по частоте встречаемости. Характерной особенностью данной опухоли является низкая чувствительность к лекарственным и лучевым методам лечения. По данным мировой литературы, в настоящее время «золотым стандартом» лечения хондросарком костей является радикальное хирургическое удаление новообразования единым блоком с сохранением чистых краев резекции. Однако характерная для данной опухоли локализация в костях таза может вызвать определенные трудности на этапе хирургического планирования.

В статье представлен клинический случай хирургического лечения хондросаркомы крестца G2 в объеме тотальной сакрэктомии с замещением дефекта индивидуальным имплантатом, изготовленным с помощью 3D-принтера, и пояснично-тазовой стабилизацией.

Ключевые слова: хондросаркома, индивидуальное эндопротезирование, 3D-печать, опухоль крестца, хирургическое лечение, тотальная сакрэктомия

Для цитирования: Софронов Д.И., Магомедова К.Н., Ефименко О. и др. Первый опыт тотального эндопротезирования крестца индивидуальным имплантатом после тотальной сакрэктомии (редкий клинический случай). Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи 2025;17(1):91–8.

DOI: <https://doi.org/10.17650/2219-4614-2025-17-1-91-98>

THE FIRST EXPERIENCE OF TOTAL SACRAL ENDOPROTHESIS WITH AN INDIVIDUAL IMPLANT AFTER TOTAL SACRECTOMY (A RARE CLINICAL CASE)

D.I. Sofronov¹, K.N. Magomedova², O. Efimenko³, K.A. Borzov¹, A.V. Fedorova^{1,4}, R.M. Kabardaev¹, A.M. Galustov¹, A.R. Shin¹, A.V. Sytov¹, A.K. Valiev¹

¹N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of Russia; 24 Kashirskoe Shosse, Moscow 115522, Russia;

²Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Health of Russia; 2/1 Barrikadnaya St., 123995 Moscow, Russia;

³LLS "TIOS"; 6 Novatorov St., Moscow 117393, Russia;

⁴Yaroslavl State Medical University, Ministry of Health of Russia; 5 Revolyucionnaya St., Yaroslavl 150000, Russia

Contacts: Denis Igorevich Sofronov mdsofronov@mail.ru

Bone sarcomas are one the rarest types of malignant tumors comprising only 0.2–1 % of oncological diseases. Chondrosarcoma is the 3rd most common bone sarcoma. This tumor is characterized by low sensitivity to drug and radiological treatment. According to literature data, the current golden standard of bone chondrosarcoma treatment is en bloc radical surgical

resection with preservation of clean resection margins. However, common for this tumor location in the pelvic bones can pose difficulties at the stage of surgical planning.

The article presents a clinical case of surgical treatment of sacrum G_2 chondrosarcoma in the volume of total sacrectomy with defect replacement using a personalized implant manufactured using a 3D printer and with lumbosacral stabilization.

Keywords: chondrosarcoma, individual endoprosthesis, 3D printing, sacral tumor, surgical treatment, total sacrectomy

For citation: Sofronov D.I., Magomedova K.N., Efimenko O. et al. The first experience of total sacral endoprosthesis with an individual implant after total sacrectomy (a rare clinical case). *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi = Bone and Soft Tissue Sarcomas, Tumors of the Skin* 2025;17(1):91–8. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/2219-4614-2025-17-1-91-98>

Введение

Хондросаркома (ХС) — первичное злокачественное новообразование костей мезенхимального происхождения, характерной особенностью которого является хрящевая структура. Частота возникновения данной патологии составляет 0,5 случая на 100 тыс. населения [1]. Первичные ХС в области подвижного отдела позвоночника встречаются в 6,5–10 % случаев всех ХС, в области крестца — примерно в 5 % [2–5].

Первичные опухоли крестца, независимо от гистологического типа, являются довольно редкой патологией. В связи с этим на сегодняшний день нет общепринятых методов их удаления и способов реконструкции дефектов. Согласно данным Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER) радикальная операция, которая обычно включает частичную или полную резекцию крестца с удалением опухоли в пределах здоровых тканей, является единственным эффективным методом лечения первичных опухолей крестца, обеспечивающим довольно высокие показатели общей и безрецидивной выживаемости [6, 7].

Основные проблемы, с которыми приходится сталкиваться хирургам при выполнении подобного рода операций, — высокий риск развития массивного интраоперационного кровотечения и сложности в восстановлении непрерывности позвоночника и таза после резекции. С учетом того, что сам по себе крестец является связующим звеном между верхней и нижней половинами тела, обеспечивает стабильность в области пояснично-тазового перехода и имеет близкое расположение к жизненно важным анатомическим структурам, отвечающим за функциональный статус органов малого таза и нижних конечностей, применение стандартного хирургического подхода может вызвать ряд осложнений (в том числе необратимое нарушение двигательных функций нижних конечностей, мочевого аппарата, кишечника) как в ходе операции, так и в послеоперационном периоде. Это представляет собой важную проблему для хирургов-ортопедов. Только хорошее понимание анатомо-физиологических особенностей и высокая квалификация хирурга могут дать возможность выполнять операции такого объема с минимальным риском развития осложнений [1].

В связи с небольшой частотой встречаемости ХС в области крестца методы возможной реконструкции дефектов еще не до конца изучены [8]. К сожалению, описано не так много случаев тотальной сакрэктомии с последующей реконструкцией пояснично-крестцового перехода и тазового кольца [9–12]. Способы устранения дефектов с использованием стандартных винтово-стержневых систем и костных трансплантатов показали не самые лучшие результаты в связи с возникновением ранних и поздних осложнений [13–17], в частности механических повреждений. Однако внедрение аддитивных технологий в хирургическую практику и применение имплантатов, изготовленных с помощью 3D-печати, дают надежду решить эту проблему. Преимущества использования таких тотальных крестцовых эндопротезов заключаются в возможности одномоментной реконструкции пояснично-крестцового перехода и обеспечения целостности тазового кольца путем фиксации позвоночника и заднего тазового полукольца. Пористая трабекулярная структура имплантата, имитирующая структуру природной кости, способствует активной остеоинтеграции и снижению рисков возникновения нестабильности металлоконструкции после операции, что увеличивает срок ее эксплуатации и не вызывает необходимость проведения реимплантации в ранний период после хирургического вмешательства. Применение аддитивных технологий позволяет удалять опухоли практически любой локализации с замещением дефекта протезом, изготовленным по индивидуальным параметрам в соответствии с границами резецированной опухоли [18, 19].

Совместно с биоинженерами лаборатории аддитивных технологий Самарского национального исследовательского университета им. С.П. Королева для восстановления целостности тазового кольца и обеспечения стабильности позвоночника после удаления опухоли мы разработали и успешно применили на практике индивидуальный протез крестца, изготовленный с помощью 3D-принтера.

Представляем редкий клинический случай хирургического лечения ХС крестца G_2 в объеме тотальной сакрэктомии с замещением дефекта индивидуальным имплантатом, изготовленным с помощью 3D-принтера, и пояснично-тазовой стабилизацией.

Клинический случай

Пациентка Т., 30 лет, обратилась в Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина с жалобами на постоянные острые боли в области крестца с иррадиацией в обе нижние конечности, требующие приема наркотических анальгетиков и усиливающиеся при физической нагрузке, а также на нарушения функции мочеиспускания (за 2–3 мес перед обращением установлен мочевой катетер) и акта дефекации. Со слов больной, небольшое пресакральное образование впервые выявлено за год до обращения. Нарастание болевого синдрома и выраженный рост образования по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) она стала отмечать последние полгода.

По данным чрескожной пункционной биопсии опухоли установлен диагноз: хондросаркома, G₂. В ходе компьютерной томографии (КТ) (рис. 1) и МРТ (рис. 2) органов малого таза выявлено новообразование размерами 10,1 × 8,7 × 7,7 см, распространяющееся на крестцовые позвонки S1–S5, вызывающее их литическую де-

струкцию на всем протяжении и вовлекающее в процесс крестцово-подвздошное сочленение и заднюю ость подвздошной кости слева. Крестцовые отверстия на уровне позвонков S1–S3 слева экспансивно расширены на фоне роста опухоли. Также выявлены распространение опухоли в крестцовые отверстия на уровне позвонков S1–S2 справа и пресакральный компонент на указанном уровне размером до 4,3 см. Прямая кишка и матка оттеснены вперед и вправо, внутренние подвздошные сосуды слева проходят по переднему краю опухоли. По крестцовому каналу опухоль распространялась до уровня каудальной замыкательной пластины L5, вращалась сзади в тела и левые боковые массы позвонков S1–S4.

План лечения определялся на мультидисциплинарном консилиуме с участием хирургов-ортопедов, химиотерапевтов и лучевых терапевтов. С учетом гистологического типа опухоли, ее характерных особенностей, распространенности и клинической картины принято решение о проведении хирургического лечения. О возможных осложнениях и последствиях операции пациентка была предупреждена.

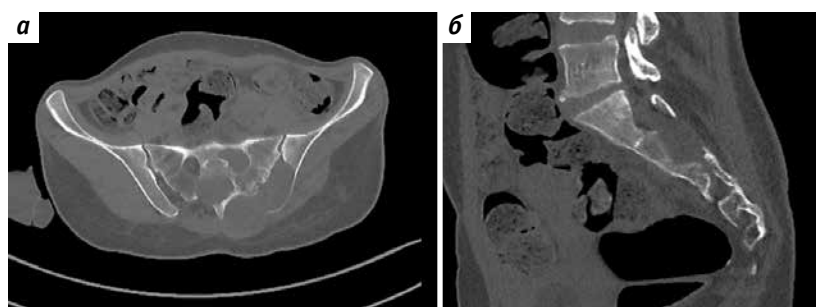


Рис. 1. Предоперационная компьютерная томография органов малого таза: а – аксиальная проекция; б – сагиттальная проекция. Остеолитическое поражение крестца с вовлечением правой подвздошной кости и наличием внекостного компонента, распространяющегося на пресакральную область и оттесняющего крестцовый канал

Fig. 1. Preoperative computed tomography of the pelvic organs: а – axial projection; б – sagittal projection. Osteolytic lesions in the sacrum involving the right ilium with an extraosseous component expanding into the presacral area and pushing away the sacral canal

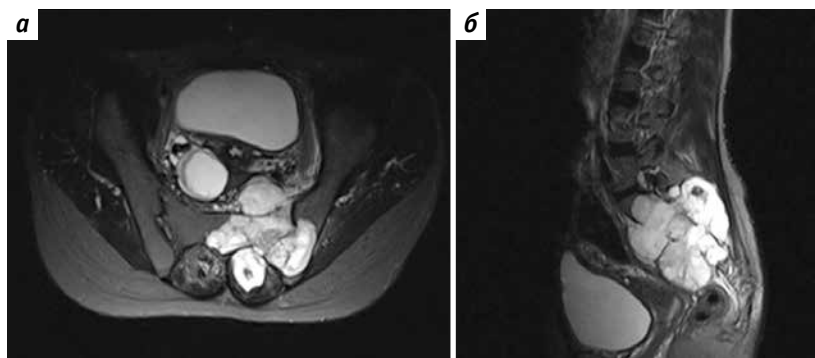


Рис. 2. Предоперационная магнитно-резонансная томография органов малого таза: а – аксиальная проекция; б – сагиттальная проекция. Распространение опухолевого процесса на крестцово-подвздошный сустав и правую подвздошную кость. В режиме T2-взвешенного изображения опухолевая масса имеет неоднородную структуру с высокой интенсивностью сигнала

Fig. 2. Preoperative magnetic resonance imaging of the pelvis: а – axial projection; б – sagittal projection. Tumor advancement into the sacroiliac joint and right ilium. In T2-weighted images, the tumor has heterogenous structure with high signal intensity

Предоперационное планирование. На предоперационном этапе с целью планирования объема хирургического вмешательства и способа реконструкции тазового кольца выполнены стандартные исследования — КТ и МРТ органов малого таза. Также проведены КТ органов грудной клетки, ультразвуковое исследование органов брюшной полости, забрюшинного пространства и периферических лимфатических узлов для исключения метастатического процесса, который мог стать причиной отказа от хирургического вмешательства. С целью минимизации риска развития послеоперационных осложнений дополнительно выполнен ряд тестов для оценки соматического статуса пациентки, а также микробиологическое исследование биологических жидкостей (анализы крови, мочи, посев на микрофлору из зева). В результате выявлена бактерия *Pseudomonas aeruginosa*. Назначены антибактериальная терапия с учетом чувствительности к антибиотикам и дополнительная нутритивная поддержка в виде энтеральных и парентеральных смесей. После получения всех клинико-инструментальных данных, свидетельствующих о готовности пациентки к хирургическому вмешательству, она была допущена к операции.

Моделирование и печать имплантата. Данные, полученные в ходе КТ костей таза (с толщиной среза 1 мм), выполненной непосредственно перед операцией, использовались для предоперационного планирования, разработки модели будущего эндопротеза и способа его фиксации с учетом биомеханики тазового пояса. Создание индиви-

дуального протеза осуществлялось биоинжиниринговой компанией «ТИОС» (г. Самара, Россия). КТ-изображения обрабатывали в формате DICOM. Процесс разработки протеза включал несколько этапов. Формировали трехмерную модель таза пациентки с разметкой размеров и границ опухоли на основании данных лучевой диагностики. Затем с учетом очерченных границ создавали шаблоны для резекции подвздошных костей. Далее разрабатывали шаблоны для установки трабекулярных штифтов и винтов (рис. 3).

Планирование хирургического вмешательства, определение границ резекции и способов фиксации конструкции осуществлялись на единой рабочей платформе совместно биоинженером, хирургом и рентгенологом (рис. 4).

По окончании 3D-печати протез прошел механическую и химическую обработку с нанесением полимерных покрытий, повышающих биосовместимость имплантата, его коррозионную стойкость и износостойкость (см. рис. 4). Затем имплантат был отправлен в медицинское учреждение.

Ход операции. Предварительно выполнена разметка для забора вертикального ректально-абдоминального лоскута справа. На 1-м этапе на передней брюшной стенке выполнен полулунный разрез кожи, подкожно-жировой клетчатки и фасции в проекции прямой мышцы живота справа (положение пациентки — на спине). Правая прямая мышца живота отсечена у края реберной дуги и выделена на всем протяжении до прикрепления к лонной кости (рис. 5), взята на держалки, прошита.

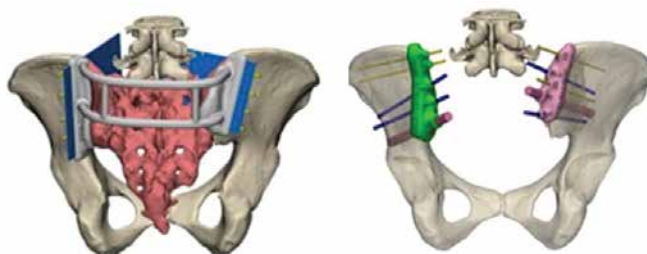


Рис. 3. Трехмерные изображения костных структур и шаблонов для резекции и установки фиксирующих винтов, сконструированные на основании предварительного определения предполагаемых границ опухоли по данным рентгенологических исследований

Fig. 3. 3D images of the bone structures and templates for resection and installation of fixation screws constructed based on the preliminary determination of estimated tumor borders per radiological studies

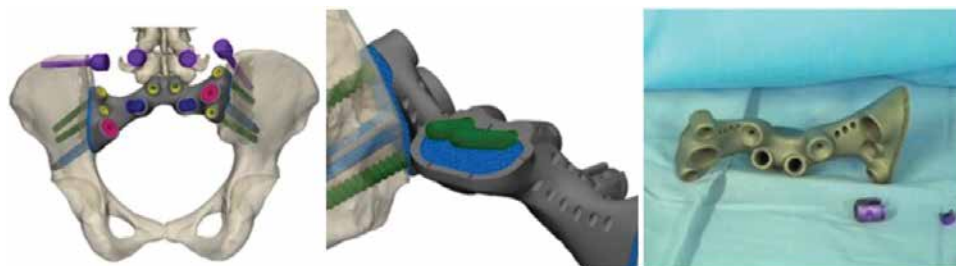


Рис. 4. Финальный 3D-макет таза и его реальная модель, разработанные совместно биоинженером, хирургом и рентгенологом

Fig. 4. The final 3D model of the pelvis and its real model, developed jointly by a bioengineer, surgeon and radiologist



Рис. 5. Выделение кожно-мышечного лоскута прямой мышцы живота на сосудистой ножке нижней эпигастральной артерии
Fig. 5. Harvesting of a musculocutaneous flap of the abdominal rectus muscle with a vascular inferior epigastric artery pedicle

Выполнена нижнесрединная лапаротомия. При ревизии определялся мягкотканый компонент опухоли, который исходил из крестца и распространялся в седалищную вырезку слева; внутренние подвздошные сосуды распластаны на опухоли. Внутренняя подвздошная вена пересечена и перевязана у места отхождения от общей подвздошной вены. Артерия с техническими сложностями мобилизована от опухоли.

Крестцовое сплетение слева инфильтрировано опухолью. Нервный корешок L5 слева выделен в месте выхода из крестцового отверстия, пересечен, корешок L5 справа мобилизован на всем протяжении, отведен в сторону. Корешки S1–S2 справа пересечены и перевязаны. Выполнена дискэктомия позвонков L5–S1 (рис. 6). Далее в проекции прямой мышцы живота выведена двустольная сигмостома, которая фиксирована узловыми швами к коже. Ректально-абдоминальный лоскут укрыт влажной салфеткой, проведен забрюшинно и уложен по передней поверхности крестца. Наложены швы на внутренний и наружный листки апоневроза. Рана послойно ушита.

На 2-м этапе (положение пациентки — на животе) выполнен срединный разрез кожи в проекции остистых

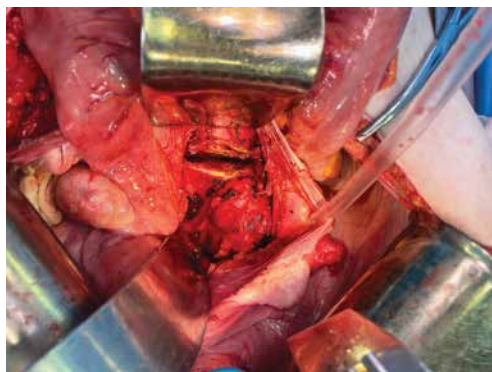


Рис. 6. Трансбрюшинная дискэктомия на уровне позвонков L5–S1
Fig. 6. Transabdominal L5–S1 lumbar discectomy



Рис. 7. Этап фиксации индивидуального шаблона для опиала к подвздошным костям
Fig. 7. Fixation of the personalized template for the saw line to the iliac bones

отростков позвонков L1–S1. Скелетизированы дужки и суставные отростки позвонков с двух сторон от остистых отростков. В позвонки L2, L3–L5 установлены транспедикулярные винты. Выполнена ламинэктомия позвонка L5. Визуализированы нервные корешки L5 с двух сторон. Дистальное отхождение корешков отмечена компрессия элементов конского хвоста внекостным компонентом опухоли. Скелетизированы задняя ость правой подвздошной кости и латеральная часть крестца, отсечена большая ягодичная мышца. Пересечены крестцово-бугорная, крестцово-остистые и крестцово-прямокишечная связки. Слева также от крестца отсечены большая ягодичная мышца и связки. Грушевидные мышцы пересечены с двух сторон.



Рис. 8. Вид раны после установки эндопротеза. Ректо-абдоминальный лоскут, выведенный через полость малого таза
Fig. 8. Wound after endoprosthesis installation. Recto-abdominal flap inserted through the pelvic cavity



Рис. 9. Вид послеоперационной раны на 2-е сутки после операции
Fig. 9. Postoperative wound on day 2 after surgery

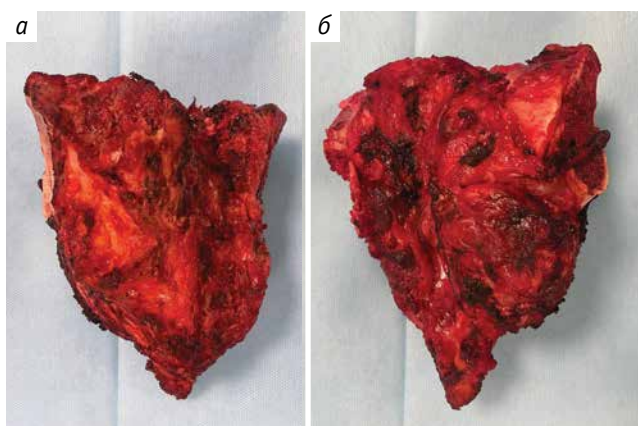


Рис. 10. Макроскопический препарат: а – вид сзади (дорсальная поверхность крестца); б – вид сбоку
Fig. 10. Gross specimen: а – rear view (dorsal surface of the sacrum); б – side view

На задние ости подвздошных костей установлен индивидуальный шаблон для выполнения резекции, который фиксирован к кости с помощью спиц Киршнера (рис. 7). С использованием осцилляторной пилы выполнена резекция подвздошных костей. Затем пересечен дуральный мешок на уровне позвонков L5–S1. Установлен индивидуальный протез крестца, который фиксирован к подвздошной кости с помощью трабекулярных штифтов и спонгиозных винтов. С использованием продольных балок транспедикулярные винты фиксированы к индивидуальному протезу и подвздошным костям. Последние соединены между собой поперечными балками. Дополнительной балкой фиксированы подвздошные кости. Из полости малого таза извлечен ректально-абдоминальный лоскут (рис. 8), который фиксирован к индивидуальному протезу и окружающим тканям. Кровоснабжение лоскута адекватное. Рана послойно ушита с оставлением двух дренажей (рис. 9).

Макроскопический препарат: крестцово-подвздошное сочленение с прилежащими мягкими тканями общими размерами $15 \times 11 \times 9$ см (рис. 10). В проекции левого крестцово-подвздошного сочленения определяется опухоль размерами $8,5 \times 6$ см, узловой формы, мягкоэластической консистенции. Проведен продольный распил; на нем определяется рост опухолевой ткани размерами $8,5 \times 7$ см белесоватого цвета дольчатого строения, субтотально замещающей ткань в крестцово-подвздошном сочленении. Морфологическая картина соответствует хондросаркоме G₂.

Функциональные результаты. С первых дней после операции пациентке стали проводить реабилитационные мероприятия в минимальном объеме (рис. 12). С каждым последующим днем нагрузка планомерно увеличивалась. Спустя 2 нед после операции пациентка могла выполнять сгибательные и разгибательные движения в тазобедренных и коленных суставах, через 3 мес – передвигаться с опорой на ходунки, самостоятельно поворачиваться в постели, садиться.

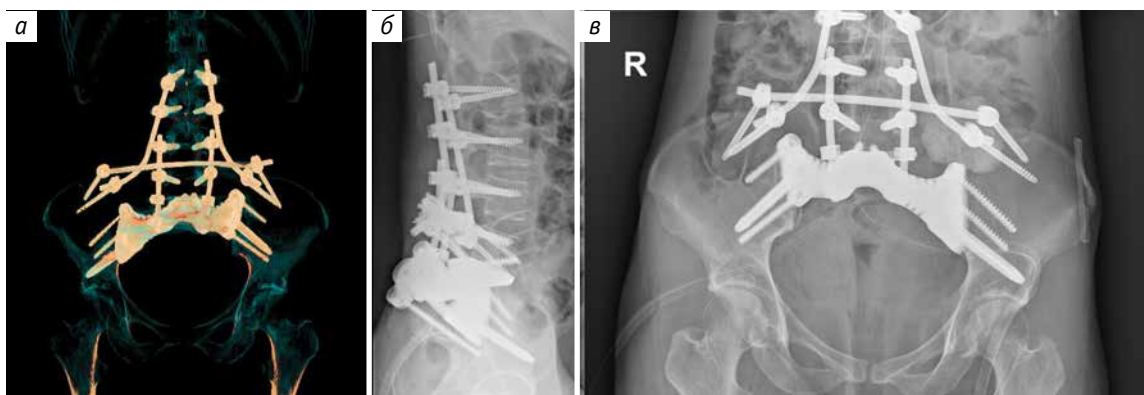


Рис. 11. Послеоперационная рентгенография пояснично-крестцовой области: а – вид сзади; б – вид сбоку; в – вид спереди
Fig. 11. Postoperative X-ray of the sacroiliac area: а – posterior view; б – lateral view; в – frontal view



Рис. 12. Реабилитационные мероприятия после тотальной сакрэктомии с реконструкцией тазового кольца спустя 2 нед (а), 3 мес (б) и 6 мес (в) после операции

Fig. 12. Rehabilitation measures after total sacrectomy with reconstruction of the pelvic ring 2 weeks (a), 3 months (б) and 6 months (в) after surgery

У пациентки отмечались нижний парапарез с положительной динамикой (слева 4б–2б–1б, справа 4б–3б–2б), гипостезия с нарушением поверхностной и глубокой чувствительности в области иннервации корешков позвонков L4, L5 и S1 с двух сторон. Тонус мышц в нижних конечностях снижен. Движения в поясничном отделе позвоночника умеренно болезненны, ограничены. Нарушение функции тазовых органов по типу задержки. Мочеиспускание осуществлялось посредством мочевого катетера, дефекация — посредством колостомы. Оценка по шкале реабилитационной маршрутизации — 2 балла, по шкале Рэнкина — 2 балла, по шкале оценки двигательной функции Ривермид (Rivermead Motor Assessment) — 12 баллов, визуальной аналоговой шкале — 2 балла.

Онкологические результаты. По данным контрольных обследований, проведенных через 3 и 6 мес после операции, признаков местного рецидива и прогрессирования заболевания не выявлено.

Заключение

На сегодняшний день радикальное хирургическое вмешательство является «золотым стандартом» лечения ХС. Однако сложность анатомической географии, включающая органы мочеполовой и пищеварительной систем, а также близость расположения магистральных кровеносных сосудов и нервных сплетений в случае локализации опухоли в структуре костей таза вызывают значительные сложности при проведении операций. Вопрос о реконструкции переднего и заднего полуколец таза после радикальных резекций не теряет актуальности. Существующие на данный момент методы, активно используемые в клинической практике, имеют как достоинства, так и недостатки, в связи с чем продолжается поиск новых способов реконструкции тазового кольца.

Использование аддитивных технологий и 3D-печати в хирургическом лечении стало важным шагом, позволяющим в короткие сроки спроектировать и создать на основании данных о местной распространенности процесса персонафицированную модель имплантата с учетом границ предполагаемой резекции. Индивидуальный эндопротез таза в этом случае дает уникальную возможность заместить образовавшийся дефект и добиться наиболее точной реконструкции биологических границ костных структур после удаления опухоли с последующим одномоментным восстановлением передней и задней колонн таза. Такой подход к устранению дефектов тазового кольца обеспечивает более надежную и стабильную конструкцию, что может значительно снизить риски возникновения нестабильности эндопротеза по сравнению с использованием систем позвоночной фиксации, улучшить функциональные результаты и качество жизни пациентов при сопоставимых рисках возникновения инфекционных осложнений.

Одномоментная реконструкция передней и задней колонн таза индивидуальными эндопротезами представляет собой инновационный и перспективный метод восстановления сложных дефектов таза в онкологической практике. Однако эта сложная и дорогостоящая процедура связана с определенными рисками, в связи с чем необходимо проводить тщательный отбор пациентов и выполнять операции в специализированных центрах с участием опытных хирургов. Долгосрочные результаты одномоментной реконструкции передней и задней колонн таза индивидуальными эндопротезами еще изучаются. Для оценки эффективности и безопасности этого метода необходимы дальнейшие исследования.

Л И Т Е Р А Т У Р А / R E F E R E N C E S

1. Zileli M., Hoscokun C., Brastianos P., Sabah D. Surgical treatment of primary sacral tumors: complications associated with sacrectomy. *Neurosurg Focus* 2003;15(5):E9.
2. Stuckey R.M., Marco R.A. Marco Chondrosarcoma of the mobile spine and sacrum. *Sarcoma* 2011;2011:274281. DOI: 10.1155/2011/274281
3. Boriani S., De Lure F., Bandiera S. et al. Chondrosarcoma of the mobile spine: report on 22 cases. *Spine* 2000;25(7):804–12. DOI: 10.1097/00007632-200004010-00008
4. Shives T.C., McLeod R.A., Unni K.K., Schray M.F. Chondrosarcoma of the spine. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71(8):1158–65.
5. Gitelis S., Bertoni F., Picci P., Campanacci M. Chondrosarcoma of bone. The experience at the Istituto Ortopedico Rizzoli. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63(8):1248–57.
6. Arshi A., Sharim J., Park D.Y. et al. Chondrosarcoma of the osseous spine. An analysis of epidemiology, patient outcomes, and prognostic factors using the SEER registry from 1973 to 2012. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017;42:644–52. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001870
7. Varga P.P., Bors I., Lazary A. Sacral tumors and management. *Orthop Clin North Am* 2009;40:105–23. DOI: 10.1016/j.ocl.2008.09.010
8. Zang J., Guo W., Yang R. et al. Is total en bloc sacrectomy using a posterior-only approach feasible and safe for patients with malignant sacral tumors? *J Neurosurg Spine* 2015;22(6):563–70. DOI: 10.3171/2015.1.SPINE14237
9. Nishizawa K., Mori K., Saruhashi Y. Long-term clinical outcome of sacral chondrosarcoma treated by total en bloc sacrectomy and reconstruction of lumbosacral and pelvic ring using intraoperative extracorporeal irradiated autologous tumor-bearing sacrum: a case report with 10 years follow-up. *Spine J* 2014;24(5):e1–8. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.10.057
10. Newman C.B., Keshavarzi S., Aryan H.E. En bloc sacrectomy and reconstruction: technique modification for pelvic fixation. *Surg Neurol* 2009;72(6):752–6. DOI: 10.1016/j.surneu.2009.02.008
11. Fournay D.R., Rhines L.D., Hentschel S.J. et al. En bloc resection of primary sacral tumors: classification of surgical approaches and outcomes. *J Neurosurg Spine* 2005;3(2):111–22. DOI: 10.3171/spi.2005.3.2.0111
12. Gokaslan Z.L., Romsdahl M.M., Kroll S.S. et al. Total sacrectomy and Galveston L-rod reconstruction for malignant neoplasms. Technical note. *J Neurosurg* 1997;87(5):781–7. DOI: 10.3171/jns.1997.87.5.0781
13. Nassif N.A., Buchowski J.M., Osterman K., McDonald D.J. Surgical technique: iliosacral reconstruction with minimal spinal instrumentation. *Clin Orthop Relat Res* 2913;471(3):947–55. DOI: 10.1007/s11999-012-2643-6
14. Ogura K., Sakuraba M., Miyamoto S. et al. Pelvic ring reconstruction with a double-barreled free vascularized fibula graft after resection of malignant pelvic bone tumor. *Arch Orthop Trauma Surg* 2015;135(5):619–25. DOI: 10.1007/s00402-015-2197-7
15. Lin P., Shao Y., Lu H. et al. Pelvic reconstruction with different rod-screw systems following Enneking type I/II + IV resection: a clinical study. *Oncotarget* 2017;8(24):38978–89. DOI: 10.18632/oncotarget.17164
16. Sabourin M., Biau D., Babinet A. et al. Surgical management of pelvic primary bone tumors involving the sacroiliac joint. *Orthop Traumatol Surg Res* 2009;95(4):92. DOI: 10.1016/j.otsr.2009.04.008
17. Liang H., Li D., Guo W. et al. Lateral lumbar vertebral body screw predisposes to neuralgia after limb-salvage surgery for pelvic tumors: a single-center, retrospective study of 349 cases. *Eur Spine J* 2016;25(12):4094–102. DOI: 10.1007/s00586-016-4685-z
18. Hu X., Lu M., Wang Y. et al. Advanced pelvic girdle reconstruction with three dimensional-printed custom hemipelvic endoprostheses following pelvic tumour resection. *Int Orthop* 2024;48(8):2217–31. DOI: 10.1007/s00264-024-06207-3
19. Kotrych D., Angelini A., Bohatyrewicz A., Ruggieri P. 3D printing for patient-specific implants in musculoskeletal oncology. *EFORT Open Rev* 2023;8(5):331–9. DOI: 10.1530/EOR-23-0066

Вклад авторов

Д.И. Софронов: написание текста статьи, редактирование;
 К.Н. Магомедова: сбор данных, написание текста статьи, редактирование;
 О. Ефименко, А.В. Федорова, Р.М. Кабардаев: сбор данных, научное консультирование;
 К.А. Борзов: редактирование, научное консультирование;
 А.М. Галустов: сбор данных, редактирование;
 А.Р. Шин, А.В. Сытов, А.К. Валиев: научное консультирование.

Authors' contributions

D.I. Sofronov: article writing, editing;
 K.N. Magomedova: data collection, article writing, editing;
 O. Efimenko, A.V. Fedorova, R.M. Kabardaev: data collection, scientific consulting;
 K.A. Borzov: editing, scientific consulting;
 A.M. Galustov: data collection, editing;
 A.R. Shin, A.V. Sytov, A.K. Valiev: scientific consulting.

ORCID авторов / ORCID of authors

Д.И. Софронов / D.I. Sofronov: <https://orcid.org/0000-0001-9557-3685>
 К.Н. Магомедова / K.N. Magomedova: <https://orcid.org/0009-0003-6356-9130>
 О. Ефименко / O. Efimenko: <https://orcid.org/0000-0003-3635-4380>
 К.А. Борзов / K.A. Borzov: <https://orcid.org/0000-0002-3512-0390>
 А.В. Федорова / A.V. Fedorova: <https://orcid.org/0000-0002-4516-3255>
 Р.М. Кабардаев / R.M. Kabardaev: <https://orcid.org/0000-0001-9482-2504>
 А.М. Галустов / A.M. Galustov: <https://orcid.org/0000-0002-9019-8369>
 А.К. Валиев / A.K. Valiev: <https://orcid.org/0000-0002-2038-3729>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Государственное бюджетное финансирование.

Funding. State budget financing.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Пациентка подписала информированное согласие на публикацию своих данных.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

The patient gave written informed consent to the publication of her data.

Статья поступила: 15.11.2024. **Принята к публикации:** 10.01.2025. **Опубликована онлайн:** 31.03.2025.

Article submitted: 15.11.2024. **Accepted for publication:** 10.01.2025. **Published online:** 31.03.2025.