

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto63954>

# Особенности позвоночно-тазовой фиксации при деформациях и травматических повреждениях позвоночника

© М.С. Ветрилэ \*, А.А. Кулешов, С.Н. Макаров, И.Н. Лисянский, А.И. Кокорев, Н.А. Аганесов, В.Р. Захарин

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

**Цель:** оценить эффективность позвоночно-тазовой фиксации винтами, проведенными через позвонок S2 в подвздошные кости (методика S2AIS), и применения индивидуальных тазовых опорных пластин.

**Материал и методы.** Проведен анализ результатов выполнения позвоночно-тазовой фиксации у 74 пациентов с различной патологией позвоночника и травматическими повреждениями (позвоночно-тазовая фиксация по методике S2AIS — 66 пациентов, фиксация с помощью индивидуально изготовленных имплантов — 8 пациентов).

**Результаты.** Отдаленный период наблюдения за пациентами составил в среднем 23,5 мес. (от 6 до 48 мес.). В группе пациентов с фиксацией по методу S2AIS отсутствие осложнений, потребовавших повторного оперативного лечения или повлиявших на результат лечения, и стабильная фиксация в отдаленном периоде наблюдения отмечена в 53 случаях (78,7 %). Общая частота мальпозиций из всего установленного количества винтов составила 4,3 %, реоперация потребовалась только одном случае (0,7 %), перелом стержня металлоконструкции на уровне L5–S1 (15,2 %), перелом винтов в подвздошных костях (5 %) и нестабильность фиксации с резорбцией костной ткани вокруг винтов в позвонке S1 и в подвздошных костях (3 %). При применении фиксации индивидуальными опорными пластинами у 5 пациентов достигнута стабильная позвоночно-тазовая фиксация в отдаленном периоде, в трех случаях в связи с осложнениями конструкции пришлось удалить.

**Заключение.** Установка подвздошных винтов по методике S2AIS представляется оптимальным методом позвоночно-тазовой фиксации, позволяющим проводить надежную фиксацию с минимальным количеством осложнений. В случаях, когда традиционные методы позвоночно-тазовой фиксации невозможны или технически затруднены, возможно выполнение фиксации кастомизированными имплантами.

**Ключевые слова:** позвоночно-тазовая фиксация; S2AIS; кастомизированные импланты; аддитивные технологии; деформации позвоночника; травмы позвоночника.

## Как цитировать:

Ветрилэ М.С., Кулешов А.А., Макаров С.Н., Лисянский И.Н., Кокорев А.И., Аганесов Н.А., Захарин В.Р. Особенности позвоночно-тазовой фиксации при деформациях и травматических повреждениях позвоночника // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2021;28(1):17–27. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto63954>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto63954>

## Peculiarities of spinopelvic fixation in deformations and traumatic injuries of the spine

© Marchel S. Vetrile, Alexander A. Kuleshov, Sergey N. Makarov, Igor N. Lisyansky, Alexey I. Kokorev, Nikolay A. Aganesov, Vitaly R. Zakharin

N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

**AIM:** to evaluate the effectiveness of spinal pelvic fixation with screws inserted through the S2 vertebra into the ilium (S2AIS technique) and the use of individual pelvic support plates.

**METHODS.** The analysis of the results of performing spinal-pelvic fixation in 74 patients with various pathologies of spine column and traumatic injuries (66 patients — S2AIS technique, 8 patients — fixation with individually made implants) was carried out.

**RESULTS.** The long-term follow-up period for the patient averaged 23.5 months (from 6 to 48 months). In the group of patients with fixation using the S2AIS method, the absence of complications, requiring repeated treatment, and stable fixation in the long-term follow-up period was noted in 53 cases (78.7%). The overall incidence of malpositions out of the total number of screws established was 4.3%; only one case (0.7%) required reoperation. Fracture of the metal implant rod at the L5-S1 level (15.2%), fracture of the screws in the ilium (5%) and instability of fixation with resorption of bone tissue around the screws in the S1 vertebra and in the ilium (3%). With fixation using individual support plates, stable fixation of spinopelvic fixation in the long-term period was achieved in 5 cases; in three cases, the implants had to be removed.

**CONCLUSION.** Installation of iliac screws using the S2AIS technique is the optimal method of spinopelvic fixation, allowing reliable fixation with minimal complications. In cases where traditional methods of spinopelvic fixation are impossible or technically difficult, fixation with customized implants is possible.

**Keywords:** spinopelvic fixation; S2AIS; customized implants; additive technologies; spinal deformities; spinal injuries.

### To cite this article

Vetrile MS, Kuleshov AA, Makarov SN, Lisyansky IN, Kokorev AI, Aganesov NA, Zakharin VR. Peculiarities of spinopelvic fixation in deformations and traumatic injuries of the spine. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2021;28(1):17–27. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto63954>

## ВВЕДЕНИЕ

С увеличением хирургической активности в последние десятилетия оперативной коррекции тяжелых деформаций позвоночника, сочетающихся с фронтальным и/или сагиттальным дисбалансом туловища, выполнением корригирующих остеотомий, протяженных фиксации и т. п., особую актуальность приобрел вопрос выполнения позвоночно-тазовой фиксации. Выделяют следующие основные показания [1–6]:

- протяженная инструментальная фиксации позвоночника с включением позвонка S1;
- коррекция фронтальной декомпенсации туловища с перекосом таза при идиопатическом, врожденном и нейромышечном сколиозе;
- коррекция сагиттального баланса туловища, в том числе с выполнением корригирующих вертебротомий;
- тяжелые степени спондилолистеза (III–V);
- костные дефекты L5, S1 (опухоли, воспалительный процесс или др.);
- частичная или полная резекция крестца при опухолях;
- переломы крестца с пояснично-крестцовой диссоциацией;
- неудовлетворительные результаты ранее проведенных операций — псевдоартроз на уровне фиксации L5–S1, переломы и нестабильность металлоконструкции, остеопороз [2].

Существующие методы пояснично-крестцовой фиксации, включая транспедикулярную винтовую фиксацию, в таких случаях сопряжено с высоким риском возникновения нестабильности на уровне пояснично-крестцового сочленения, и следовательно — неудовлетворительным результатом лечения. Нестабильность фиксации винтов в S1 доходит по некоторым данным до 44 % [7]. Являющаяся до настоящего времени методом выбора [8] установка подвздошных винтов безусловно превосходит все предыдущие методы, включая метод Galveston. Но при этом имеет свои недостатки, а именно: необходимость дополнительных соединяющих деталей, для фиксации к вышележащей конструкции, дополнительная

хирургическая травматизация, а также частое подожное выступание имплантов [9]. Предложенная техника установки винтов через второй крестцовый позвонок, с прохождением через крылья крестца в подвздошные кости (методика S2-allar-iliac screws или S2AIS) выглядит многообещающе в плане решения вышеуказанных проблем [6, 10]. Необходимо отметить, что в ряде случаев при ревизионных операциях, тяжелых деформациях, вовлекающих кости таза, выполнение стандартных методов не представляется возможным.

*Цель работы:* оценить эффективность позвоночно-тазовой фиксации винтами, проведенными через позвонки S2 в подвздошные кости (методика S2-allar-iliac screws или S2AIS), и применения индивидуальных тазовых опорных пластин.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ результатов выполнения позвоночно-тазовой фиксации у 74 пациентов, прооперированных в период с 2013 по 2017 г. в отделении вертебрыологии ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России.

66 пациентам выполнена позвоночно-тазовая фиксация по методике S2AIS. Распределение пациентов по нозологии и методу фиксации представлено в табл. 1.

При изолированных переломах крестца (3 пациента) и таза с позвоночно-тазовой диссоциацией (7 пациентов) проводилась позвоночно-тазовая фиксация с установкой подвздошных винтов по методике S2AIS.

Пациентам с деструктивными поражениями крестца (6 человек) проводилась позвоночно-тазовая фиксация винтами: у 3 пациентов имелись опухолевые поражения крестца; в 1 случае разрушение части крестца в результате эхинококкоза; в 2 случаях показаниями стали нестабильность пояснично-крестцового отдела с воспалительными и деструктивными явлениями после проведенных ранее декомпрессивно-стабилизирующих операций.

В одном случае имело место грубое нарушение анатомии крестца с уменьшением костной массы на фоне давления нейрофибром, что потребовало выполнения позвоночно-тазовой фиксации, осуществленной при помощи индивидуальных опорных пластин.

Таблица 1. Распределение пациентов в зависимости от нозологии и метода выполнения позвоночно-тазовой фиксации

Table 1. Distribution of patients depending on the method of performing spinopelvic fixation

Вид деформации позвоночника	Метод S2AIS	Кастомизированные тазовые опорные пластины
Протяженные деформации (сколиоз, кифоз)	35	7
Спондилолистез	15	–
Переломы крестца, таза	10	–
Деструктивные процессы в области крестца (опухоли, спондилит и др.)	6	1
Всего	66	8

У 20 пациентов (27,4 %) проведенные нами вмешательства с выполнением позвоночно-тазовой фиксации были повторными. В большинстве случаев — после проведенных ранее декомпрессиивно-стабилизирующих операций на пояснично-крестцовом отделе с неудовлетворительным исходом в связи с нестабильностью фиксации и несостоятельным спондилодезом. В 3 случаях — в связи с прогрессированием деформации по мере роста детей. В 1 случае — после дестабилизации позвоночно-тазовой фиксации у пациентки с нейромышечным сколиозом.

Учитывая разнородность патологии, разброс по возрасту пациентов был значителен — от 9 до 77 лет (средний возраст 33,8). Можно выделить две группы: взрослые в возрасте от 18 до 77 лет (средний возраст 42,3),  $n = 48$ , и дети в возрасте от 9 до 17 лет (средний возраст 12,8),  $n = 26$ . Больше пациентов женского пола — 49, мужского — 25.

Уровень протяженности фиксации позвоночника варьировал в зависимости от этиологии деформации. Самая короткая по протяженности фиксация имела место при спондилолистезе, травматических повреждениях, опухолях крестца и распространялась от позвонка L4 и ниже. При дегенеративных деформациях протяженность фиксации распространялась в среднем от позвонка Th10 и ниже. При нейромышечных, протяженных врожденных деформациях фиксация начиналась с уровня Th3–Th5.

Кроме этого, позвоночно-тазовую фиксацию по методу S2AIS дополнили межтеловым спондилодезом L5–S1 в 18 случаях (27,7 %) (табл. 2). В эту группу вошли все пациенты со спондилолистезом и 4 пациента с протяженными деформациями. Межтеловой спондилодез выполняли различными кейджами и костными ауто-трансплантатами в 9 случаях в один операционный этап методом TLIF, и в 9 случаях — вторым этапом из переднего внебрюшинного доступа.

В послеоперационном периоде всем пациентам проводилась рентгенография и компьютерная томография с контролем положения винтов.

### Техника установки винтов S2AIS

Установку тазовых винтов по методу S2AIS производили согласно описанной во многих литературных источниках [11]. Установку винтов проводили способом “free hand”. Точка входа винта S2AI расположена на середине расстояния между задними крестцовыми отверстиями S1 и S2 и на 2 мм медиальнее латерального крестцового гребня. Каудальный угол в сагиттальной плоскости составляет около 20–30°, тогда как угол в коронарной плоскости, по отношению к горизонтальной линии, соединяющей задние верхние подвздошные ости, составляет около 30–40°. Формирование канала для винта производится при помощи стандартного шила из набора для установки транспедикулярных винтов, как изогнутого, так и прямого. Контроль положения шила при установке производится при помощи электронно-оптического

преобразователя, при этом крайне желательно наличие полностью рентген-прозрачного операционного стола для выполнения снимков в косых проекциях с выведением так называемой фигуры слезы подвздошной кости. После формирования канала в подвздошной кости дополнительно проверяли целостность костных стенок шупом из набора для установки транспедикулярных винтов. После чего производилась нарезка резьбы метчиком и соответственно установка винта.

Устанавливали винты длиной 70–100 мм и диаметром 6–8 мм. В трех случаях при переломе крестца проводили установку по два подвздошных винта с каждой стороны, в трех случаях при травме и опухоли крестца со стороны нарушенной костной целостности устанавливали по два подвздошных винта, с другой — по одному. Таким образом всего установлено 139 винтов.

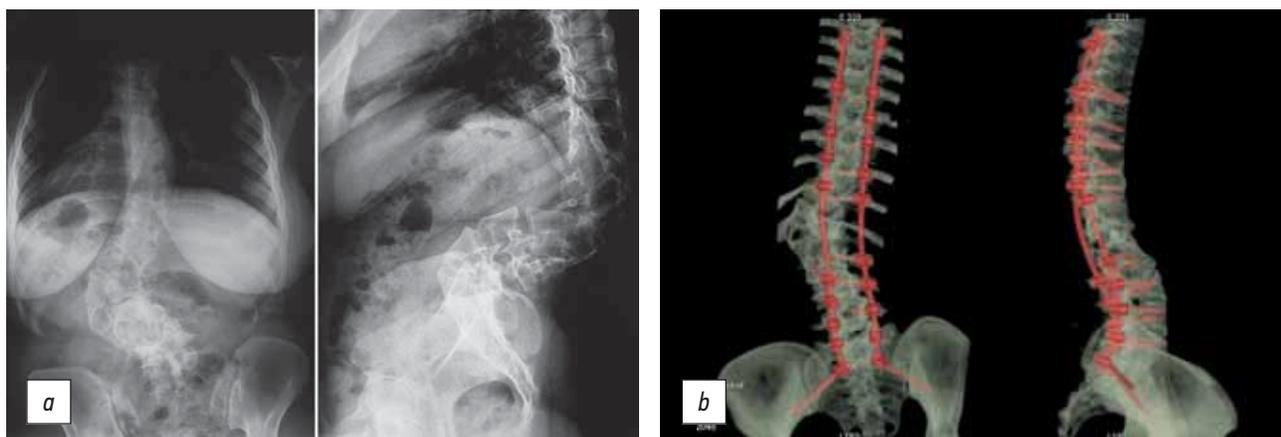
Далее после выполнения запланированных в зависимости от конкретной клинической ситуации этапов операции по декомпрессии невралгических структур, выполнения корригирующих остеотомий и т. п. производили соединение установленных на поясничном и грудном отделах винтов с подвздошными винтами и окончательная коррекция деформации с последующей фиксацией в исправленном положении (рис. 1).

### Позвоночно-тазовая фиксация индивидуальными опорными тазовыми пластинами

Восьми пациентам производили позвоночно-тазовую фиксацию индивидуальными опорными тазовыми пластинами. Индивидуальные опорные фиксирующие пластины были спроектированы и выполнены на основании компьютерных и объемных моделей по данным мульти-спиральной компьютерной томографии. Все имплантаты были изготовлены на предприятии «Конмет» (Россия), материал — титан Ti-6Al-4V ELI. По стереолитографическим моделям были спроектированы и изготовлены индивидуальные импланты для выполнения позвоночно-тазовой фиксации. Данные импланты имеют форму протяженных пластин, изготовленных таким образом, что внутренние контактные поверхности плотно прилегают к гребню подвздошной кости и части наружной и внутренней поверхностей подвздошной кости. Точное анатомическое соответствие имплантатов и подвздошной кости позволяет осуществить стабильную опорную фиксацию позвоночника посредством соединения стандартно установленной на нем металлоконструкции с опорными тазовыми пластинами (рис. 2).

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Проводился анализ результатов позвоночно-тазовой фиксации с установкой винтов по методу S2AIS и применением индивидуальных фиксаторов. Анализ коррекции



**Рис. 1.** Пациентка К., 21 год. Диагноз: «Врожденный левосторонний грудопоясничный кифосколиоз». Операция: резекция полупозвонка T12–L1, дорсальная коррекция деформации и позвоночно-тазовая фиксация методом S2AIS: *a* — рентгенограмма до операции; *b* — компьютерно-томографическая реконструкция после операции

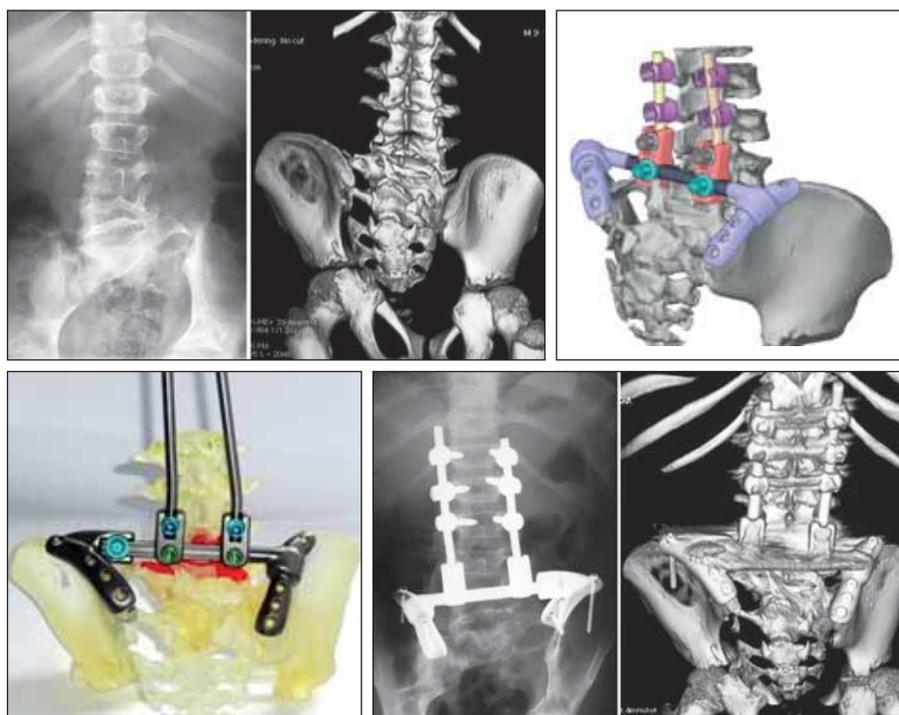
**Fig. 1.** Patient K., 21 years old. Diagnosis: Congenital left-sided thoracolumbar kyphoscoliosis. Operation: resection of the T12–L1 hemivertebra, dorsal deformity correction and spinopelvic fixation using the S2AIS method: *a* — radiographs before surgery; *b* — CT reconstruction after surgery

деформаций, послеоперационных особенностей у пациентов с опухолевыми процессами, осложнения, связанные с развитием проксимальной кифотической деформации выше уровня фиксации (РЖК) и т.п. не являясь целью данной работы и не приводится в статью.

Отдаленный период наблюдения за пациентами составил в среднем 23,5 мес. (от 6 до 48 мес.).

### Результаты применения позвоночно-тазовой фиксации методом S2AIS

Во всех случаях во время выполнения операции не было никаких технических сложностей с установкой стержня на головки винтов и соединения таким образом всех установленных в позвонках винтов с винтами



**Рис. 2.** Пациент О., 9 лет. Нейрофиброматоз. Деформация пояснично-крестцового отдела позвоночника и таза: *a* — рентгенограмма и компьютерно-томографическая реконструкция до операции; *b* — компьютерная модель, проектирование индивидуального импланта; *c* — стероилитографическая модель с установленной кастомизированной конструкцией; *d* — рентгенограмма и компьютерно-томографическая реконструкция после выполнения позвоночно-тазовой фиксации индивидуальным имплантатом

**Fig. 2.** Patient O., 9 years old. Neurofibromatosis. Deformation of the lumbosacral spine and pelvis: *a* — X-ray and CT reconstruction before surgery; *b* — computer model, design of an individual implant; *c* — a sterolithographic model with an installed custom design; *d* — X-ray and CT-reconstruction after performing spinopelvic fixation with an individual implant

**Таблица 2.** Распределение пациентов по этиологии протяженных деформаций и методу выполнения позвоночно-тазовой фиксации**Table 2.** Distribution of patients according to the etiology of extended deformities and the method of performing spinopelvic fixation.

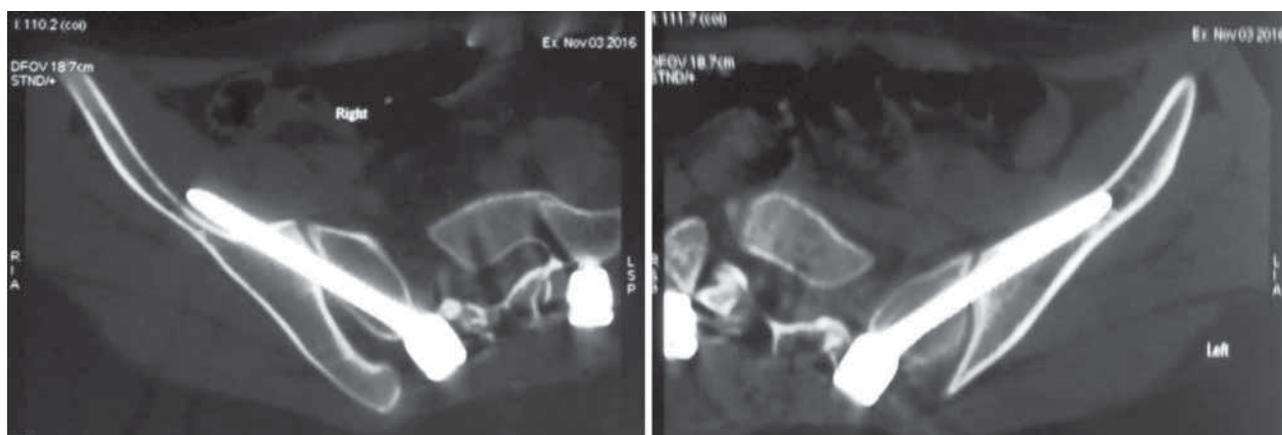
Вид деформации позвоночника	Метод S2AIS	Кастомизированные импланты для позвоночно-тазовой фиксации
Врожденные аномалии	12	3
Нейромышечные деформации, нейрофиброматоз	9	3
Идиопатический сколиоз	8	–
Дегенеративный сколиоз	5	–
Посттравматические деформации	1	–
Всего	35	6

в подвздошных костях. Не отмечено также никаких затруднений с закрытием послеоперационной раны. Раны у всех пациентов зажили первичным натяжением. Ни в раннем послеоперационном периоде, ни в отдаленном не было отмечено подкожного выступания головок подвздошных винтов и связанных с этим развития подкожных сером и других потенциально возможных проблем.

Жалоб и других клинических проявлений со стороны подвздошно-крестцовых сочленений не наблюдалось ни в одном случае. Отсутствие осложнений, потребовавших повторного оперативного лечения или повлиявших на результат лечения, и стабильная фиксация в отдаленном периоде наблюдения отмечена в 52 случаях (78,7 %). В 6 случаях по данным послеоперационной компьютерной томографии (КТ) выявлена мальпозиция винтов с перфорированием наружной кортикальной стенки подвздошной кости в 4 случаях, и в 2 случаях — винт выходил через медиальную кортикальную часть подвздошной кости (рис. 3). Во всех случаях за пределы костной ткани выходила дистальная часть винта, не превышающая одну треть

от общей длины винта. В 2 случаях из вышеуказанных мальпозиций у пациентов с крайне тяжелым нейрогенным сколиозом на фоне ДЦП установка винтов была связана с техническими сложностями, в связи с гиперлордозом, сопровождающимся антеверсией таза на фоне двухсторонних разгибательных контрактур бедер. Контрольное КТ-исследование выявило у обоих пациентов выход винтов за наружные кортикальные пластины подвздошных костей. Клинически при этом никаких негативных проявлений не отмечено, реопераций не потребовалось.

В одном случае провели повторную операцию пациентке, оперированной по поводу врожденной сколиотической деформации. На вторые сутки после вертикализации появились жалобы на боли в ягодице, по данным КТ имела место перфорация медиальной стенки подвздошной кости винтом и на этой же стороне медиальное положение винта в позвонке S1. Было принято решение о ревизионной операции: перепроведены оба винта. Но по нашему мнению, клиническое проявление было обусловлено вероятнее всего мальпозицией винта в позвонке S1.

**Рис. 3.** Односторонняя мальпозиция винта в подвздошной кости по данным компьютерной томографии с пенетрацией внутренней стенки, не повлиявшая на клинический результат операции и не потребовавшая повторной операции**Fig. 3.** Unilateral malposition of the screw in the ilium according to CT with penetration of the inner wall, which did not affect the clinical outcome of the operation and did not require reoperation

**Таблица 3.** Осложнения позвоночно-тазовой фиксации, выполненной по методу S2AIS, потребовавшие повторных ревизионных операций

**Table 3** Complications of spinopelvic fixation performed using the S2AIS method, requiring repeated revision operations

Виды осложнений в группе S2AIS	n (%)
Перелом стержня металлоконструкции	10 (15,2 %)
Перелом тазовых винтов	1 (1,5 %)
Мальпозиция винтов	1 (1,5 %)
Инфекционные осложнения	1 (1,5 %)

Таким образом, общая частота мальпозиций из всего установленного количества винтов составила 4,3 %, но повлиял на исход лечения и потребовал реоперации только один случай, что составляет 0,7 %.

Количество и характер осложнений, повлиявших на исход лечения и потребовавших повторных операций, отображено в табл. 3.

Наибольшее число осложнений — перелом стержня металлоконструкции на уровне L5-S1 (15,2 %) (рис. 4), перелом винтов в подвздошных костях (5 %) и нестабильность фиксации с резорбцией костной ткани вокруг винтов в позвонке S1 и в подвздошных костях (3 %).

У пациентов, которым выполняли межтеловой спондилодез L5-S1, перелома металлоконструкции не отмечалось. Всем пациентам с переломом стержней металлоконструкции проводили ревизионные операции с выполнением межтелового спондилодеза L5-S1.

У 5 пациентов с переломами таза и крестца применение позвоночно-тазовой фиксации с подвздошными винтами позволило произвести репозицию перелома и стабильную фиксацию тазового кольца. В одном случае у пациентки с тяжелым полифокальным повреждением

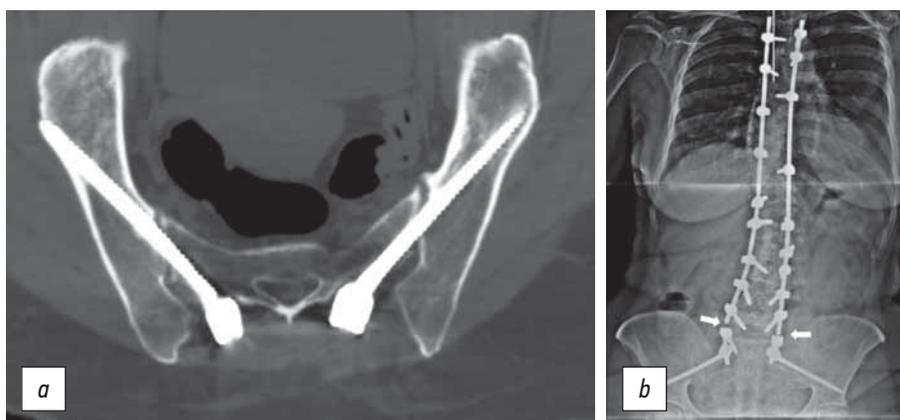
тазового кольца послеоперационное течение осложнилось нагноением раны и вторичным заживлением, впоследствии из-за формирования свища через 3 мес. металлоконструкцию пришлось удалить. Во всех остальных случаях металлоконструкции не удаляли.

## Результаты позвоночно-тазовой фиксации с использованием кастомизированных имплантов

При применении фиксации индивидуальными опорными пластинами у 5 пациентов достигнута стабильная позвоночно-тазовая фиксация в отдаленном периоде. В 1 случае произошло смещение стержня из узла фиксации к опорной пластине, что объяснялось технической погрешностью установки с использованием короткого стержня. Фиксация опор к тазу при этом была стабильна, проведена ревизионная операция с дополнительной винтовой фиксацией поясничного отдела и заменой стержня. В 3 случаях конструкции пришлось удалить — в 2 случаях из-за развития нестабильности фиксации и инфекционного осложнения, в 1 случае имелась сложность с закрытием послеоперационной раны, что было обусловлено выраженными рубцовыми изменениями после ранее проведенных неоднократных операций в связи с менингомиелоцеле. В 11 случаях на этапе предоперационного планирования при помощи компьютерной реконструкции, включающей помимо костных структур также и кожные покровы, вид фиксатора был изменен для наилучшего укрытия.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Позвоночно-тазовая фиксация приобретает все большую актуальность в хирургической вертебрологии. Если ранее основными показаниями были деформации,



**Рис. 4.** Пациентка 55 лет. Идиопатический сколиоз: *a* — удовлетворительное положение винтов в подвздошных костях по данным компьютерной томографии с незначительной односторонней пенетрацией наружной стенки; *b* — перелом стержней металлоконструкции на уровне L5-S1 через год после операции, что потребовало повторного оперативного вмешательства

**Fig. 4.** Patient 55 years old, idiopathic scoliosis: *a* — satisfactory position of screws in the ilium according to CT with insignificant unilateral penetration of the outer wall; *b* — fracture of the metal rods at the L5-S1 level one year after the operation, which required repeated surgery

сопровождающиеся перекосом таза, такие как нейромышечные сколиозы, то с расширением оперативной активности, ростом числа выполнения остеотомий позвоночника, коррекции сагиттального баланса туловища вопрос о выполнении позвоночно-тазовой фиксации приобрел особое значение. Одним из стандартов выполнения позвоночно-тазовой фиксации считалась установка подвздошных винтов, что в свою очередь явилось логическим продолжением и развитием методики Galveston.

Однако применение подвздошных винтов связано с рядом немаловажных недостатков: необходимость широкого скелетирования, что повышает травматичность операции; удаление от оси позвоночника и оси основной фиксирующей системы требует применения дополнительных соединяющих узлов (коннекторов, пластин); малое покрытие мягкими тканями области установки винтов, что в свою очередь обуславливает их подкожное выступание, связанный с этим дискомфорт и повышенный риск развития сером и инфицирования. Все это побудило к разработке нового способа установки винтов в подвздошные кости — через позвонок S2 и крылья крестца — получившего название «S2 Alar Iliac Screws», или сокращенно «методика S2AIS». J.R. O'Brien и соавт. в 2009 г. опубликовали первые результаты по данной методике, полученные на основании анатомического исследования с использованием кадаверных блоков [12].

К.М. Kebaish опубликовал результаты лечения 52 взрослых пациентов с деформациями позвоночника, средний срок наблюдения 2,5 года [13, 14]. Осложнения, связанные с установкой винтов, наблюдались в 3 случаях (2 перелома винтов, 1 мальпозиция), спондилодез L4-S1 отмечен в 92 % случаев.

P.D. Sponseller и соавт. [15] сравнили результаты лечения детей и подростков с нейрогенным сколиозом с использованием методики S2AI-винтов и традиционно установленных подвздошных винтов. По данным КТ 18 пациентов с S2AI-винтами ни в одном случае не было внутритазовой протрузии винтов, в 1 случае винт выходил кнаружи на 5 мм. В группе S2AI-винтов не было ни одного случая глубокой инфекции, подкожного выстояния имплантов, отсроченных кожных трофических изменений над имплантатами и миграции винтов. В группе пациентов с традиционными подвздошными винтами в 3 случаях имела место глубокая раневая инфекция ( $p = 0,09$ ), 3 случая подкожного выступления имплантатов с локальными кожными проявлениями. Таким образом, авторы отмечают лучшую коррекцию перекоса таза и меньшее число осложнений при использовании методики S2AI.

A. Jain и соавт. [16] сообщили, что из 80 детей, которым выполнялась крестцово-подвздошная фиксация техникой S2AI, только в 3 случаях (3,8 %) потребовались ревизионные операции. В их исследовании техники фиксации S2AI при деформациях позвоночника у детей

применение винтов диаметром менее 8 мм увеличивало риск их поломки.

B.D. Elder и соавт. опубликовали в 2017 г. статью, где сравнивали результаты применения S2AIS-винтов и подвздошных винтов у взрослых пациентов с деформациями позвоночника [17]. По их данным, в группе S2AI-винтов частота реопераций ниже (8,8 % vs. 48,0 %,  $p < 0,001$ ), инфекционные осложнения также были значительно ниже (1,5 % vs. 44,0 %,  $p < 0,001$ ). Подкожное выступание металлоконструкции отсутствовало при использовании методики S2AIS (0,0 % vs. 12,0 %,  $p = 0,02$ ). Ряд проведенных сравнительных исследований результатов применения подвздошных винтов и винтов, установленных по методике S2AIS, выявил меньшее количество осложнений и реопераций у пациентов, прооперированных по методике S2AIS, при этом результаты коррекции деформаций были сопоставимы [18-21].

В 2019 г. опубликованы данные проведенного систематического и метаанализа по сравнению числа осложнений и ревизионных операций после выполнения позвоночно-тазовой фиксации у детей и взрослых методами установки винтов в подвздошные кости и S2AIS [22]. Согласно публикации, позвоночно-тазовая фиксация с помощью подвздошных винтов сопряжена с большим количеством послеоперационных осложнений и ревизионных операций и более низким уровнем амбулаторного статуса в сравнении с применением методики S2AIS. Наш опыт применения методики S2AIS подтверждает ее эффективность и низкое число осложнений. Однако учитывая, что в 15,2 % произошел перелом стержня металлоконструкции на уровне L5-S1, считаем, что фиксацию методом S2AIS необходимо дополнять межтеловым спондилодезом L5-S1.

Особую сложность представляют деструктивные процессы в области крестца и таза, возникающие на фоне опухолевых заболеваний, воспаления и др.

Предлагались различные методы реконструктивных операций с применением большого количества фиксирующих элементов (винтов, стержней и др.) и проведением костной пластики. Современные возможности аддитивных технологий позволяют найти новые возможности в решении этой проблемы. В частности докладывается применение изготовленных методом 3D-печати протезов части крестца, которые позволили полностью восстановить образовавшиеся после удаления опухолей дефекты [23, 24]. Мы применяли индивидуально изготовленные импланты, впервые нами разработанные у пациента со сложной деформацией таза на фоне нейрофиброматоза и угрозе патологического перелома [25]. Преимуществом данного метода является полное анатомическое соответствие имплантов, возможность их простого сочетания со стандартными металлоконструкциями, расположенными на позвоночнике, большая площадь опоры,

и как следствие — стабильная фиксация, индивидуальный подбор к каждому клиническому случаю. Но есть и значимые недостатки — это значительное повышение травматичности операции, в связи с необходимостью дополнительного расширения доступа и скелетирования части крыльев подвздошных костей, риск подкожного выпячивания конструкции, сложности с укрытием и развитием как следствие инфекционных осложнений. Кроме этого, сам процесс изготовления является индивидуальным и носит определенные технологические сложности. Наш опыт применения разработанных и изготовленных собственных индивидуальных имплантатов для выполнения позвоночно-тазовой фиксации в целом положителен и позволяет предположить потенциальную возможность использования данной технологии при реконструктивных операциях после удаления опухолей крестца.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установка подвздошных винтов по методике S2AIS считается оптимальным методом позвоночно-тазовой фиксации, позволяющим проводить надежную фиксацию с минимальным количеством осложнений. При этом неоспоримым преимуществом метода является отсутствие необходимости в дополнительных коннекторах — головки подвздошных винтов находятся на одной линии как с винтами в позвонке S1, так и с вышележащими. Отмечено также отсутствие проблем с подкожным выпячиванием металлоконструкции. Для правильной установки винтов в подвздошные кости необходимо помимо электронно-оптического

преобразователя наличие полностью рентген-прозрачного операционного стола, для визуализации необходимых проекций.

Позвоночно-тазовая фиксация по методике S2AIS требует выполнения межтелового спондилодеза как минимум L5–S1 для предотвращения нестабильности фиксации и поломки винтов или стержней.

В случаях, когда традиционные методы позвоночно-тазовой фиксации невозможны или технически затруднены в связи с особенностями анатомии, деструктивными процессами и выполнением большого объема резекции костной ткани, возможно выполнение фиксации кастомизированными имплантами в виде опорных пластин на подвздошные кости. Но при этом необходимо учитывать большую травматичность операции и возможные осложнения, связанные со сложностью укрытия металлоконструкции мягкими тканями.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / DISCLAIMERS

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Источник финансирования.** Не указан.

Статья выполнена в рамках научно-исследовательской работы, выполняемой по государственному заданию в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова».

**Funding source.** Not specified

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Lombardi J.M., Shillingford J.N., Lenke L.G., Lehman R.A. Sacropelvic fixation: when, why, how? // *Neurosurg Clin N Am.* 2018. Vol. 29, No. 3. P. 389–397. DOI: 10.1016/j.nec.2018.02.001
- Martin C.T., Kebaish K.M. Sacropelvic fixation techniques // *Oper Tech Spine Surg.* 2014. Vol. 35, No. 25. P. 267–277. DOI: 10.1016/j.jcot.2020.07.022
- Moshirfar A., Rand F.F., Sponseller P.D., et al. Pelvic fixation in spine surgery // *J Bone Jt Surg.* 2005. Vol. 87, Suppl 2. P. 89–106. DOI: 10.2106/JBJS.E.00453
- Santos E.R.G., Rosner M.K., Perra J.H., Polly D.W. Jr. Spinopelvic fixation in deformity: a review // *Neurosurg Clin N Am.* 2007. Vol. 18, No. 2. P. 373–384. DOI: 10.1016/j.nec.2007.02.009
- El Dafrawy M.H., Raad M., Okafor L., Kebaish K.M. Sacropelvic fixation: a comprehensive review // *Spine Deform.* 2019. Vol. 7, No. 4. P. 509–516. DOI: 10.1016/j.jspsd.2018.11.009
- Esmende S.M., Shah K.N., Daniels A.H. Spinopelvic fixation // *J Am Acad Orthop Surg.* 2018. Vol. 26, No. 11. P. 396–401. DOI: 10.5435/JAAOS-D-15-00738
- Kornblatt M.D., Casey M.P., Jacobs R.R. Internal fixation in lumbosacral spine fusion. A biomechanical and clinical study // *Clin Orthop Relat Res.* 1986. No. 203. P. 141–150.
- Asher M.A., Strippgen W.E. Anthropometric studies of the human sacrum relating to dorsal transsacral implant designs // *Clin Orthop Relat Res.* 1986. No. 203. P. 58–62.
- Mirkovic S., Abitbol J.J., Steinman J., et al. Anatomic consideration for sacral screw placement // *Spine (Phila Pa 1976).* 1991. Vol. 16, No. 6 Suppl. P. S289–294.
- McCord D.H., Cunningham B.W., Shono Y., et al. Biomechanical analysis of lumbosacral fixation // *Spine.* 1992. Vol. 17. P. 235–243. DOI: 10.1097/00007632-199208001-00004
- Chang T.L., Sponseller P.D., Kebaish K.M., Fishman E.K. Low profile pelvic fixation // *Spine (Phila Pa 1976).* 2009. Vol. 34, No. 5. P. 436–440. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318194128c
- O'Brien J.R., Yu W.D., Bhatnagar R., et al. An anatomic study of the S2 iliac technique for lumbopelvic screw placement // *Spine (Phila Pa 1976).* 2009. Vol. 34, No. 12. P. 439–442. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181a4e3e4
- Kebaish K.M. A new low profile sacro-pelvic fixation using S2 alar iliac (S2AI) Screws in adult deformity fusion to the sacrum: a prospective study with minimum two-year follow-up. E-Poster #21. SRS 44th Annual Meeting and Course; 2009 Sep 23–26; San Diego, Texas. San Diego; 2009. P. 170.

14. Kebaish K.M., Pullter Gunne A.F., Mohamed A.S., et al. A new low profile sacro-pelvic fixation using S2 alar iliac (S2AI) screws in adult deformity fusion to the sacrum: a prospective study with minimum two-year follow-up. *North American Spine Society Annual Meeting*; 2009 Nov 10–14; San Francisco, CA. San Francisco; 2009.
15. Sponseller P.D., Zimmerman R.M., Ko P.S., et al. Low profile pelvic fixation with the sacral alar iliac technique in the pediatric population improves results at two-year minimum follow-up // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010. Vol. 35, No. 20. P. 1887–1892. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e03881
16. Jain A., Kebaish K.M., Sponseller P.D. Sacral-alar-iliac fixation in pediatric deformity: radiographic outcomes and complications // *Spine Deform*. 2016. Vol. 4, No. 3. P. 225–229. DOI: 10.1016/j.jcot.2020.07.022
17. Elder B.D., Ishida W., Lo S.L., et al. Use of S2-alar-iliac screws associated with less complications than iliac screws in adult lumbosacropelvic fixation // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017. Vol. 42, No. 3. P. E142–E149. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001722
18. Ishida W., Elder B.D., Holmes C., et al. Comparison between S2-alar-iliac screw fixation and iliac screw fixation in adult deformity surgery: reoperation rates and spinopelvic parameters // *Glob Spine J*. 2017. Vol. 7, No. 7. P. 672–680. DOI: 10.1177/2192568217700111
19. Shillingford J.N., Laratta J.L., Tan L.A., et al. The free-hand technique for S2-alar-iliac screw placement // *J Bone Jt Surg Am*. 2018. Vol. 100, No. 4. P. 334–342. DOI: 10.2106/JBJS.17.00052
20. Cottrill E., Margalit A., Brucker C., Sponseller P.D. Comparison of sacral-alar-iliac and iliac-only methods of pelvic fixation in early-onset scoliosis at 5.8 years' mean follow-up // *Spine Deform*. 2019. Vol. 7, No. 2. P. 364–370. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.08.007
21. Shabtai L., Andras L.M., Portman M., et al. Sacral alar iliac (SAI) screws fail 75% less frequently than iliac screws in neuromuscular scoliosis // *J Pediatr Orthop*. 2017. Vol. 37, No. 8. P. e470–e475. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000720
22. Keorochana G., Arirachakaran A., Setkrasing K., Kongtharvonskul J. Comparison of complications and revisions after sacral 2 alar iliac screw and iliac screw fixation for sacropelvic fixation in pediatric and adult populations: systematic review and meta-analysis // *World Neurosurg*. 2019. Vol. 132. P. 408–420.e1. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.08.104
23. Kim D., Lim J.Y., Shim K.W., et al. Sacral reconstruction with a 3D-printed implant after hemisacrectomy in a patient with sacral osteosarcoma: 1-year follow-up result // *Yonsei Med J*. 2017. Vol. 58, No. 2. P. 453–457. DOI: 10.3349/ymj.2017.58.2.453
24. Wei R., Guo W., Ji T., et al. One-step reconstruction with a 3D-printed, custom-made prosthesis after total en bloc sacrectomy: a technical note // *Eur Spine J*. 2017. Vol. 26, No. 7. P. 1902–1909. DOI: 10.1007/s00586-016-4871-z
25. Кулешов А.А., Ветрилэ М.С., Шкарубо А.Н., и др. Аддитивные технологии в хирургии деформаций позвоночника // *Вестник травматологии и ортопедии им Н.Н. Приорова*. 2018. Т. 25, № 3–4. С. 19–29. DOI: 10.17116/vto201803-04119

## REFERENCES

1. Lombardi JM, Shillingford JN, Lenke LG, Lehman RA. Sacropelvic fixation: when, why, how? *Neurosurg Clin N Am*. 2018;29(3):389–397. DOI: 10.1016/j.nec.2018.02.001
2. Martin CT, Kebaish KM. Sacropelvic fixation techniques. *Oper Tech Spine Surg*. 2014;35(25):267–277. DOI: 10.1016/j.jcot.2020.07.022
3. Moshirfar A, Rand FF, Sponseller PD, et al. Pelvic fixation in spine surgery. *J Bone Jt Surg*. 2005;87 Suppl 2:89–106. DOI: 10.2106/JBJS.E.00453
4. Santos ERG, Rosner MK, Perra JH, Polly DW Jr. Spinopelvic fixation in deformity: a review. *Neurosurg Clin N Am*. 2007;18(2):373–384. DOI: 10.1016/j.nec.2007.02.009
5. El Dafrawy MH, Raad M, Okafor L, Kebaish KM. Sacropelvic fixation: a comprehensive review. *Spine Deform*. 2019;7(4):509–516. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.11.009
6. Esmende SM, Shah KN, Daniels AH. Spinopelvic fixation. *J Am Acad Orthop Surg*. 2018;26(11):396–401. DOI: 10.5435/JAAOS-D-15-00738
7. Kornblatt MD, Casey MP, Jacobs RR. Internal fixation in lumbosacral spine fusion. A biomechanical and clinical study. *Clin Orthop Relat Res*. 1986;(203):141–150.
8. Asher MA, Strippgen WE. Anthropometric studies of the human sacrum relating to dorsal transsacral implant designs. *Clin Orthop Relat Res*. 1986;(203):58–62.
9. Mirkovic S, Abitbol JJ, Steinman J, et al. Anatomic consideration for sacral screw placement. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991;16(6 Suppl):S289–294.
10. McCord DH, Cunningham BW, Shono Y, et al. Biomechanical analysis of lumbosacral fixation. *Spine*. 1992;17(203):235–243. DOI: 10.1097/00007632-199208001-00004
11. Chang TL, Sponseller PD, Kebaish KM, Fishman EK. Low profile pelvic fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(5):436–440. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318194128c
12. O'Brien JR, Yu WD, Bhatnagar R, et al. An anatomic study of the S2 iliac technique for lumbopelvic screw placement. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(12):439–442. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181a4e3e4
13. Kebaish KM. A new low profile sacro-pelvic fixation using S2 alar iliac (S2AI) Screws in adult deformity fusion to the sacrum: a prospective study with minimum two-year follow-up. E-Poster #21. SRS 44th Annual Meeting and Course; 2009 Sep 23–26; San Diego, Texas. San Diego; 2009. P. 170.
14. Kebaish KM, Pullter Gunne AF, Mohamed AS, et al. A new low profile sacro-pelvic fixation using S2 alar iliac (S2AI) screws in adult deformity fusion to the sacrum: a prospective study with minimum two-year follow-up. *North American Spine Society Annual Meeting*; 2009 Nov 10–14; San Francisco, CA. San Francisco; 2009.
15. Sponseller PD, Zimmerman RM, Ko PS, et al. Low profile pelvic fixation with the sacral alar iliac technique in the pediatric population improves results at two-year minimum follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(20):1887–1892. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e03881
16. Jain A, Kebaish KM, Sponseller PD. Sacral-alar-iliac fixation in pediatric deformity: radiographic outcomes and complications. *Spine Deform*. 2016;4(3):225–229. DOI: 10.1016/j.jcot.2020.07.022
17. Elder BD, Ishida W, Lo SL, et al. Use of S2-Alar-iliac screws associated with less complications than iliac screws in adult lumbosacropelvic fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42(3):E142–E149. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001722

18. Ishida W, Elder BD, Holmes C, et al. Comparison between S2-Alar-iliac screw fixation and iliac screw fixation in adult deformity surgery: reoperation rates and spinopelvic parameters. *Glob Spine J.* 2017;7(7):672–680. DOI: 10.1177/2192568217700111
19. Shillingford JN, Laratta JL, Tan LA, et al. The free-hand technique for S2-alar-iliac screw placement. *J Bone Jt Surg Am.* 2018;100(4):334–342. DOI: 10.2106/JBJS.17.00052
20. Cottrill E, Margalit A, Brucker C, Sponseller PD. Comparison of sacral-alar-iliac and iliac-only methods of pelvic fixation in early-onset scoliosis at 5.8 years' mean follow-up. *Spine Deform.* 2019;7(2):364–370. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.08.007
21. Shabtai L, Andras LM, Portman M, et al. Sacral alar iliac (SAI) screws fail 75% less frequently than iliac screws in neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop.* 2017;37(8):e470–e475. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000720
22. Keorochana G, Arirachakaran A, Setkrasing K, Kongtharvonskul J. Comparison of complications and revisions after sacral 2 alar iliac screw and iliac screw fixation for sacropelvic fixation in pediatric and adult populations: systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg.* 2019;132:408–420.e1. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.08.104
23. Kim D, Lim JY, Shim KW, et al. Sacral reconstruction with a 3D-printed implant after hemisacrectomy in a patient with sacral osteosarcoma: 1-year follow-up result. *Yonsei Med J.* 2017;58(2):453–457. DOI: 10.3349/ymj.2017.58.2.453
24. Wei R, Guo W, Ji T, et al. One-step reconstruction with a 3D-printed, custom-made prosthesis after total en bloc sacrectomy: a technical note. *Eur Spine J.* 2017;26(7):1902–1909. DOI: 10.1007/s00586-016-4871-z
25. Kuleshov AA, Vetrile MS, Shkarubo AN, et al. Additive technologies in surgical treatment of spinal deformities. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2018;25(3–4):19–29. (In Russ.) DOI: 10.17116/vto201803-04119

## ОБ АВТОРАХ

**\*Марчел Степанович Ветрилэ**, врач – травматолог-ортопед;  
адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6689-5220>;  
eLibrary SPIN: 9690-5117; e-mail: vetrilams@cito-priorov.ru.

**Александр Алексеевич Кулешов**, д-р мед. наук;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9526-8274>;  
eLibrary SPIN: 7052-0220; e-mail: cito-spine@mail.ru.

**Сергей Николаевич Макаров**, канд. мед. наук,  
врач – травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0406-1997>;  
eLibrary SPIN: 2767-2429; e-mail: moscow.makarov@gmail.com.

**Игорь Николаевич Лисянский**, врач – травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2479-4381>;  
eLibrary SPIN: 9845-1251; e-mail: lisigornik@list.ru.

**Алексей Иванович Кокорев**, врач – травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-6372>;  
eLibrary SPIN: 7734-8476; e-mail: leo-strelec@mail.ru.

**Николай Александрович Аганесов**, врач – травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5383-6862>;  
eLibrary SPIN: 1805-5790; e-mail: kolyanzer@yandex.ru.

**Виталий Романович Захарин**, врач – травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1553-2782>;  
e-mail: zakhvit@gmail.com.

## AUTHORS INFO

**Marchel S. Vetrile**, traumatologist-orthopedist;  
address: 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6689-5220>;  
eLibrary SPIN: 9690-5117; e-mail: vetrilams@cito-priorov.ru.

**Alexander A. Kuleshov**, PhD;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9526-8274>;  
eLibrary SPIN: 7052-0220; e-mail: cito-spine@mail.ru.

**Sergey N. Makarov**, PhD, traumatologist-orthopedist,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0406-1997>;  
eLibrary SPIN: 2767-2429;  
e-mail: moscow.makarov@gmail.com.

**Igor N. Lisyansky**, traumatologist-orthopedist,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2479-4381>;  
eLibrary SPIN: 9845-1251; e-mail: lisigornik@list.ru.

**Alexey I. Kokorev**, traumatologist-orthopedist,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-6372>;  
eLibrary SPIN: 7734-8476; e-mail: leo-strelec@mail.ru.

**Nikolay A. Aganesov**, traumatologist-orthopedist,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5383-6862>;  
eLibrary SPIN: 1805-5790; e-mail: kolyanzer@yandex.ru.

**Vitaly R. Zakharin**, traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1553-2782>;  
e-mail: zakhvit@gmail.com.