



# АНАЛИЗ ПРИЧИН ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПРИ КОРРЕКЦИИ ВРОЖДЕННОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА У ДЕТЕЙ МЛАДШЕЙ ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ

© Д.Н. Кокушин, С.В. Виссарионов, М.А. Хардигов, Н.О. Хусаинов,  
А.Н. Филиппова, В.В. Ильин

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург

■ Для цитирования: Кокушин Д.Н., Виссарионов С.В., Хардигов М.А., и др. Анализ причин дестабилизации металлоконструкции при коррекции врожденной деформации позвоночника у детей младшей возрастной группы // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2020. – Т. 8. – Вып. 1. – С. 15–24. <https://doi.org/10.17816/PTORS18544>

Поступила: 05.12.2019

Одобрена: 23.01.2020

Принята: 10.03.2020

**Обоснование.** Нарушения формирования позвонков относят к одному из самых распространенных пороков развития позвонков, приводящих к возникновению и прогрессированию врожденного сколиоза. Большинство специалистов предпочитает осуществлять хирургическую коррекцию деформации позвоночника уже в раннем детстве.

**Цель** — оценить варианты и причины дестабилизации транспедикулярной металлоконструкции, не связанные с нарушением ее целостности, при хирургическом лечении детей с врожденными деформациями позвоночника.

**Материалы и методы.** Проанализированы истории болезней 286 детей в возрасте до 6 лет с врожденной деформацией позвоночника на фоне изолированного аномального позвонка, проходивших хирургическое лечение в НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера в период с 2014 по 2019 г. В зависимости от исходов хирургического лечения пациенты были распределены на группы: в исследуемую группу ( $n = 7$ ) вошли пациенты с дестабилизацией металлоконструкции, в контрольную ( $n = 12$ ) — без дестабилизации металлоконструкции. В ходе исследования определяли размеры оснований дуг позвонков, смежных с аномальным, оценивали величину сколиотического и кифотического компонентов деформации, корректность положения опорных элементов металлоконструкции по шкале Gertzbein.

**Результаты.** Пациенты не отличались по возрастному показателю, величине сколиотического и кифотического компонентов деформации позвоночника, но различались по такому показателю, как средний диаметр оснований дуг ( $p < 0,05$ ). У всех пациентов после хирургического вмешательства достигнута полная коррекция врожденного искривления позвоночника. В отдаленном послеоперационном периоде у пациентов исследуемой группы после лучевого исследования выявлены мальпозиция опорных элементов относительно основания дуги позвонка и потеря коррекции деформации позвоночника в среднем на  $25^\circ$ . В связи с этим было проведено повторное хирургическое вмешательство с целью восстановления стабильности металлоконструкции и коррекции деформации.

**Заключение.** Причинами дестабилизации металлоконструкции при коррекции врожденных деформаций позвоночника являются особенности анатомо-антропометрических параметров позвонков в зоне искривления, а также тактические аспекты хирургического вмешательства. Основная причина дестабилизации металлоконструкции без нарушения ее целостности заключается в малых размерах основания дуг соседних позвонков относительно аномального. Малые размеры оснований дуг позвонков и значительная величина коррекции врожденной деформации позвоночника, обусловленная достижением радикального исправления искривления, обуславливают необходимость установки более протяженной спинальной системы с целью восстановления физиологических профилей в зоне искривления.

**Ключевые слова:** врожденный сколиоз; моносегментарные пороки позвоночника; полупозвонок; резекция полупозвонка; дестабилизация металлоконструкции; мальпозиция винтов.

# ANALYSIS OF CAUSES OF METAL STRUCTURE DESTABILIZATION IN CORRECTION OF CONGENITAL SPINAL DEFORMATION IN CHILDREN OF A YOUNGER AGE GROUP

© D.N. Kokushin, S.V. Vissarionov, M.A. Khardikov, N.O. Khusainov, A.N. Filippova, V.V. Ilin

H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia

■ For citation: Kokushin DN, Vissarionov SV, Khardikov MA, et al. Analysis of causes of metal structure destabilization in correction of congenital spinal deformation in children of a younger age group. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2020;8(1):15-24. <https://doi.org/10.17816/PTORS18544>

Received: 05.12.2019

Revised: 23.01.2020

Accepted: 10.03.2020

**Background.** One of the most common vertebral malformations that lead to the occurrence and progression of congenital scoliosis is disorders of vertebral formation. Most specialists adhere to the active tactics of surgical correction of spinal deformity in early childhood.

**The aim.** To evaluate the variants and causes of the transpedicular spinal system destabilization, which is not related to the violation of its integrity, in the surgical treatment of children with congenital spinal deformities.

**Materials and methods.** The case histories of 286 children under the age of 6 years undergoing surgical treatment in H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery between 2014 and 2019 were analyzed. Depending on the outcome of the surgical treatment, the patients were divided into groups: the main group ( $n = 7$ ) included those with spinal system destabilization and the control group ( $n = 12$ ) consisted of those without spinal system destabilization. During the study, the sizes of the bases of the arcs adjacent to the abnormal vertebra, the magnitude of the scoliotic and kyphotic components of the deformation, and the correct position of the supporting elements of the spinal system on the Gertzbein scale were determined.

**Results.** Patients of the studied groups were identified according to their age and the magnitude of scoliotic and kyphotic components of spinal deformity. The average diameter of the arc base in the studied groups varied ( $p < 0.05$ ). In all patients, the complete correction of the congenital curvature of the spine was achieved after surgery. In the long-term postoperative period in patients of the study group after radiation analysis, the malposition of supporting elements relative to the base of the vertebral arch and a loss of correction of spinal deformity by an average of  $25^\circ$  were revealed, which required the repeated surgery in order to restore the stability of the spinal system and to correct deformation.

**Conclusions.** The reasons for the spinal system destabilization during the correction of the spinal congenital deformations are the peculiarities of vertebral anatomical-anthropometric parameters in the curvature zone, as well as tactical aspects during surgery. The main reason for the spinal system destabilization without violating its integrity is the small size of bases of adjacent vertebral arches relative to the abnormal one. The small size of the bases of the vertebral arches and the significant amount of necessary correction of congenital spinal deformity necessitate the installation of a longer spinal system in order to restore physiological profiles in the curvature zone.

**Keywords:** congenital scoliosis; monosegmental spinal malformations; hemivertebra; hemivertebra excision; destabilization of metal structure; screw malposition.

Наиболее часто в структуре аномалий развития позвонков, приводящих к прогрессирующему течению врожденных деформаций, встречаются нарушения формирования позвонков [1, 2]. Большинство исследователей придерживается активной тактики хирургического лечения пациентов с врожденными искривлениями позвоночного столба при нарушении формирования позвонков уже в раннем возрасте [3–5]. Основной задачей операции является удаление тела порочного позвонка с радикальной коррекцией врожденной деформации металлоконструкцией и фиксацией минимального количества позвоночно-двигательных сегментов — только вовлеченных в основную дугу

искривления [6–8]. Для достижения поставленной цели в ходе хирургического вмешательства в последние годы используют спинальный имплантат с транспедикулярными опорными элементами. Преимущество последнего состоит в возможности воздействия одновременно на все три колонны позвоночного столба, что обеспечивает уменьшение протяженности металлофиксации и сохранение стабильности достигнутого результата в отдаленном периоде наблюдения [9–11].

Необходимо отметить, что в доступной литературе отсутствуют данные, посвященные анализу причин дестабилизации спинальной системы с транспедикулярными опорными элементами

при коррекции врожденной деформации позвоночника у пациентов детского возраста.

**Цель** — оценить варианты и причины дестабилизации транспедикулярной металлоконструкции, не связанные с нарушением ее целостности, при хирургическом лечении детей с врожденными деформациями позвоночника.

## Материалы и методы

В ходе исследования были проанализированы истории болезней 286 детей с врожденной деформацией позвоночника на фоне единичного аномального позвонка, проходивших хирургическое лечение в НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера в период с 2014 по 2019 г. В группу исследования вошли пациенты дошкольного возраста, у которых хирургическое лечение было осложнено дестабилизацией металлоконструкции, не связанной с нарушением ее целостности.

**Критерии соответствия.** Критериями включения пациентов в исследование являлись возраст от 1 года 2 мес. до 6 лет, наличие изолированного порока развития грудного или поясничного отдела позвоночника, отсутствие аномалии развития позвоночного канала и спинного мозга, локализация аномального позвонка с уровня Th<sub>6</sub> до L<sub>4</sub>, проведение операции из комбинированного (переднезаднего и дорсального) доступа, использование для коррекции деформации только транспедикулярной металлоконструкции, наличие четырех опорных элементов спинальной системы, протяженность металлофиксации — два соседних позвонка относительно аномального.

Критериями исключения были врожденная деформация позвоночника на фоне множественных пороков развития позвонков, локализация аномального позвонка на уровне Th<sub>1</sub>–Th<sub>5</sub> и L<sub>5</sub>, выполнение операции только из дорсального доступа, применение ламинарной и/или гибридной спинальной системы, протяженность металлофиксации — три позвонка и более.

Материалом исследования послужили истории болезней 19 пациентов с врожденным сколиозом на фоне изолированного полупозвонка грудного или поясничного отдела позвоночника. Распределение по полу было следующее: 10 мальчиков и 9 девочек. Средний возраст пациентов составлял 3 года 7 мес. (от 1 года 2 мес. и до 6 лет). По локализации аномального позвонка отмечалось следующее распределение: у 11 пациентов полупозвонок располагался в грудном отделе (Th<sub>6</sub>–Th<sub>12</sub>), у 8 — в поясничном отделе (L<sub>1</sub>–L<sub>4</sub>).

В зависимости от исходов хирургического лечения пациенты были распределены на две груп-

пы: в исследуемую группу вошли пациенты ( $n = 7$ ), у которых в ранний послеоперационный период (до 6 мес.) выявлена дестабилизация металлоконструкции; в контрольную группу вошли пациенты ( $n = 12$ ) без дестабилизации спинальной системы. Контрольную группу формировали путем целенаправленной выборки пациентов, сопоставимых по характеристикам с пациентами исследуемой группы, из общей когорты прооперированных больных, что соответствовало псевдорандомизации.

Все пациенты проходили комплексное клиническое и лучевое обследование до и после оперативного вмешательства, а также в процессе динамического наблюдения.

На основании рентгенографии позвоночника, выполненной в стандартных проекциях, до операции определяли вариант аномалии развития позвонка и его локализацию, а также оценивали величину сколиотического и кифотического компонентов деформации позвоночника по Коббу (табл. 1).

Диаметр устанавливаемых опорных элементов спинальной системы определяли по данным предоперационных расчетов величины основания дуг позвонков. После операционного вмешательства оценивали остаточную величину искривления в зоне искривления и правильность установки металлоконструкции.

По данным мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) до хирургического вмешательства определяли характер костной патологии, а также детально измеряли параметры оснований дуг позвонков в зоне порока. После операции оценивали корректность установленных опорных элементов металлоконструкции относительно корня дуги по методике Grade, относительно костных структур по методике, предложенной Gertzbein et al., при этом использовали схему определения корректности установленных винтов относительно костных структур SLIM + V\* [12, 13]. Кроме того, при контрольных осмотрах в динамике отмечали темпы формирования костного блока в зоне вмешательства.

Всем пациентам хирургическое вмешательство осуществляли из комбинированного подхода по разработанным методикам в зависимости

\*Первая часть аббревиатуры — обозначение положения винта относительно внешних стенок корня дуги, которое оценивают в определенной очередности: S (superior) — верхняя (краниальная) стенка корня дуги, L (lateral) — латеральная (наружная) стенка корня дуги, I (inferior) — нижняя (каудальная) стенка корня дуги, M (medial) — медиальная (внутренняя) стенка корня дуги. Вторая часть аббревиатуры (V — vertebral body) — обозначение оценки положения транспедикулярного винта по отношению к переднебоковой поверхности тела позвонка.

Таблица 1

## Характеристика исследуемых пациентов

Группы		Возраст на момент операции, мес.	Локализация аномального позвонка	Средний диаметр оснований дуг смежных позвонков, мм	Сколиотическая деформация, ° по Коббу	Кифотическая деформация, по Коббу
1	1	57	L <sub>2</sub>	3,8	39	6
	2	25	Th <sub>7</sub>	3,9	42	30
	3	36	Th <sub>6</sub>	4,1	33	23
	4	36	Th <sub>10</sub>	4,1	26	45
	5	21	L <sub>2</sub>	3,8	39	26
	6	84	Th <sub>7</sub>	3,6	35	24
	7	36	Th <sub>11</sub>	3,6	40	48
<b>M ± m по группе</b>		<b>42,14 ± 8,86</b>	–	<b>3,84 ± 0,08</b>	<b>36 ± 2,23</b>	<b>29 ± 5,81</b>
2	1	38	Th <sub>11</sub>	4,3	34	10
	2	40	L <sub>2</sub>	5,0	40	26
	3	46	Th <sub>13</sub>	5,1	42	40
	4	60	L <sub>1</sub>	4,9	58	40
	5	24	L <sub>1</sub>	4,5	62	40
	6	48	Th <sub>6</sub>	4,4	38	24
	7	48	L <sub>2</sub>	5,7	42	23
	8	2	Th <sub>6</sub>	4,5	32	41
	9	48	Th <sub>11</sub>	5,2	40	19
	10	35	L <sub>1</sub>	5,0	32	15
	11	36	L <sub>1</sub>	5,1	24	15
	12	70	Th <sub>7</sub>	4,7	36	10
<b>M ± m по группе</b>		<b>42,75 ± 4,01</b>	–	<b>4,87 ± 0,12</b>	<b>40 ± 3,22</b>	<b>29 ± 3,23</b>

от локализации аномального позвонка в грудном или поясничном отделе позвоночного столба [3, 14]. Из переднебокового доступа удаляли тело аномального позвонка с выше- и нижележащими дисками, из дорсального — задние костные структуры порочного позвонка с коррекцией врожденной деформации многоопорной транспедикулярной металлоконструкцией. Опорные элементы спинальной системы устанавливали только на соседние тела позвонков относительно аномального. Завершали вмешательство выполнением заднего локального спондилодеза и корпородеза в корригированном положении позвоночно-двигательных сегментов.

Протяженность металлоконструкции во всех наблюдениях составила два позвонка (один позвоночно-двигательный сегмент). У всех пациентов опорные элементы металлоконструкции устанавливали

по методике free hand. После хирургического вмешательства выполняли компьютерную томографию с целью оценки правильности расположения опорных элементов спинальной системы.

Статистический анализ проводили с помощью программы Statistica 13 (StartSoftInk, США) и в среде Microsoft Excel 2010. Вычисляли среднее арифметическое ( $M$ ) и отклонение среднего ( $\pm m$ ). Проверку на нормальность распределения выборки осуществляли с помощью коэффициента вариации, относительного линейного отклонения, критерия согласия Пирсона, показателей асимметрии и эксцесса. Для определения статистической значимости различий парных измерений использовали парный  $t$ -критерий Стьюдента и критерий Манна – Уитни, уровень значимости принимали как  $p < 0,05$ . Для определения линейной связи применяли критерий корреляции Спирмена ( $p$ ).

## Результаты

Пациенты исследуемых групп были сопоставимы по возрастному показателю, величине как сколиотического, так и кифотического компонентов деформации позвоночника. Однако при сравнении среднего диаметра оснований дуг наблюдались статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ). Так, например, пациенты контрольной группы отличались большим диаметром основания дуг (min 4,3 мм; max 5,7 мм) по сравнению с исследуемой группой пациентов (min 3,6 мм; max 4,1 мм).

У всех пациентов после хирургического вмешательства отмечены полная коррекция локального врожденного искривления и восстановление физиологических показателей фронтального и сагиттального профилей позвоночного столба. Правильность установки опорных элементов ме-

таллоконструкции относительно кортикальных пластинок корней дуг инструментированных позвонков оценивали в послеоперационном периоде по данным МСКТ (во фронтальной плоскости) (табл. 2).

В ходе исследования также анализировали корректность положения транспедикулярных винтов относительно внешних стенок корней дуг и переднебоковой поверхности инструментированных позвонков (табл. 3), исходя из данных МСКТ (в аксиальной и сагиттальной плоскостях).

При оценке корректности установленных опорных элементов у пациентов контрольной группы центральное положение транспедикулярных винтов (Grade 0) отмечено в 7 случаях (28 винтов), смещение положения транспедикулярных винтов в пределах Grade 1 — в 5 случаях (20 винтов). Смещения опорных элементов

Таблица 2

Оценка корректности установленных опорных элементов металлоконструкции по методике Gertzbein et al.

Группы		Положение винтов металлоконструкции относительно центра корня дуги, Grade
1	1	2
	2	2
	3	1
	4	0
	5	2
	6	2
	7	3
2	1	1
	2	0
	3	0
	4	0
	5	1
	6	0
	7	1
	8	0
	9	1
	10	0
	11	0
	12	1

*Примечание.* Grade 0 (full correct) — транспедикулярный винт полностью находится в корне дуги; Grade I — смещение транспедикулярного опорного элемента относительно кортикального слоя корня дуги до 2 мм; Grade II — смещение винта в пределах от 2 до 4 мм; Grade III — смещение более 4 мм.

Таблица 3

Оценка позиции опорных элементов металлоконструкции относительно костных структур позвонка

Группы		Количество смещенных винтов	Повреждение стенок корней дуг, по SLIM + V*				
			S	L	I	M	V
1	1	3	+	+		+	
	2	2		+	+		
	3	1					+
	4	1					+
	5	1	+	+	+		+
	6	2	+		+	+	
	7	1					+
2	1	2			+		
	2	1					
	3	2					
	4	2					
	5	2			+		
	6	1					
	7	1					+
	8	1		+			
	9	1			+		
	10	2					
	11	2					
	12	1	+				+

*Примечание.* S — верхняя стенка корня дуги; L — латеральная стенка корня дуги; I — нижняя стенка корня дуги; M — медиальная стенка корня дуги; V — тело позвонка. \* См. сноску на с. 17.

в пределах Grade 2–3 и одновременного повреждения нескольких стенок основания дуги у пациентов контрольной группы в ходе нашего исследования не зарегистрировано (см. табл. 2, 3).

У пациентов исследуемой группы в 4 наблюдениях опорные элементы (16 винтов) располагались по центру корня дуги (Grade 0), в 2 случаях (8 винтов) происходило смещение положения транспедикулярных винтов в пределах Grade 1, а в 1 случае (4 винта) степень смещения опорных элементов соответствовала Grade 2.

В ходе исследования выявлена обратная корреляционная зависимость корректности установленных опорных элементов металлоконструкции от диаметра основания дуг позвонков, смежных с аномальным (коэффициент корреляции Спирмена равен  $-0,06$ ).

В 6 наблюдениях в исследуемой группе транспедикулярный винт перфорировал переднюю кортикальную пластинку позвонка, но, учитывая данные литературы, это осложнение относится скорее к техническим ошибкам выбора длины опорного элемента, нежели к осложнениям его установки [15].

В большинстве наблюдений у пациентов исследуемой группы смещение транспедикулярных винтов сопровождалось повреждением как минимум одной стенки основания дуги, но, несмотря на маленький размер оснований дуг позвонков, который практически соответствовал диаметру транспедикулярного винта, опорные элементы были установлены корректно (см. табл. 2). На наш взгляд, такие критические размеры костных структур позвонков стали одной из причин дестабилизации металлоконструкции.

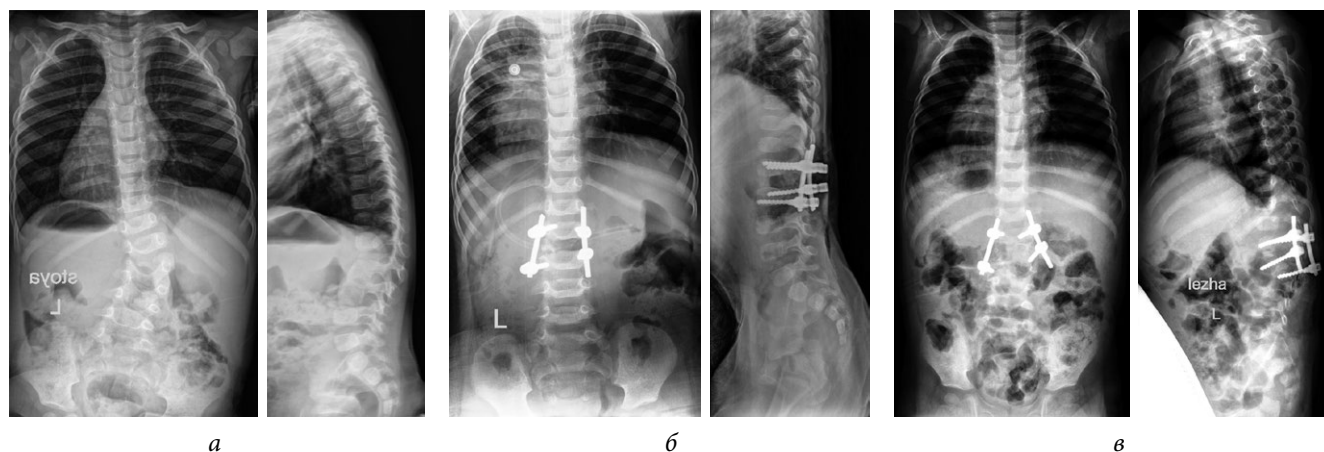
В сроки от 3 до 6 мес. после операции у всех детей исследуемой группы родители отмечали

ухудшение в виде появления искривления позвоночника в зоне вмешательства. Наблюдались асимметрия треугольников талии, разная высота стояния углов лопаток, наличие мышечного валика. Это служило поводом для обращения в стационар и проведения контрольного обследования. После выполнения лучевого исследования выявлены смещение опорных элементов спинальной системы относительно основания дуги позвонка, прорезывание костных структур основания дуг и тел позвонков в зоне транспедикулярных опорных элементов, а также потеря коррекции деформации позвоночника, которая достигала от 15 до 44° по Коббу ( $M = 25 \pm 5,7^\circ$ ).

На основании результатов компьютерной томографии мальпозиция одного винта выявлена в 4 наблюдениях, двух винтов — в 2, трех и более винтов — у 1 пациента. Переломов стержней и транспедикулярных винтов не было.

Необходимо отметить, что у всех пациентов с врожденной деформацией позвоночника в зоне порока зафиксированы выраженные значения сколиотического и/или кифотического компонентов искривления (см. табл. 1). Во время корригирующих манипуляций это обуславливало значительное давление транспедикулярных винтов на костные структуры тел позвонков. Несмотря на то что часть опорных элементов была установлена корректно, достаточно небольшая протяженность металлофиксации и малые размеры основания дуг позвонков способствовали прорезыванию основания дуг и сминанию костных балок тел позвонков, что и приводило к дестабилизации спинальной системы (см. рисунок).

Вследствие сложившейся ситуации всем пациентам было проведено повторное хирургическое вмешательство (в сроки от 3 до 6 мес. после пер-



Рентгенограммы пациента С., 1 год 9 мес., с врожденным кифосколиозом поясничного отдела позвоночника на фоне заднебокового полупозвонка L<sub>2</sub>: а — до операции угол сколиоза — 39°, угол кифоза — 26°; б — после экстирпации полупозвонка из комбинированного доступа и коррекции врожденной деформации; в — дестабилизация металлоконструкции

Таблица 4

Динамика коррекции деформации позвоночника при восстановлении стабильности металлоконструкции

Пациенты	Деформация позвоночника на момент дестабилизации металлоконструкции, ° по Коббу		Остаточная деформация позвоночника после восстановления стабильности металлоконструкции, ° по Коббу	
	сколиотический компонент	кифотический компонент	сколиотический компонент	кифотический компонент
1	41	30	1	0
2	39	30	1	0
3	29	44	0	0
4	39	40	0	0
5	22	18	0	0
6	15	0	0	0
7	0	40	0	0

вой операции) только из дорсального доступа, направленное на стабилизацию металлоконструкции и дополнительную коррекцию появившейся деформации. Стабильность металлоконструкции восстанавливали за счет установки дополнительных опорных транспедикулярных опорных элементов на один позвонок выше и ниже установленной ранее спинальной системы, добываясь при этом полной коррекции сколиотического и кифотического компонентов деформации (табл. 4).

## Обсуждение

Транспедикулярная спинальная система позволяет достичь полноценной коррекции врожденной деформации после удаления тела аномального позвонка с опорой только на соседние интактные тела позвонков относительно порочного [3, 14, 16]. Однако при установке транспедикулярной металлоконструкции существует ряд технических сложностей и проблем, а также риск возникновения различного рода осложнений, прежде всего неврологического характера [17, 18].

В ряде исследований представлены описания возможных осложнений после использования транспедикулярной металлоконструкции при коррекции врожденной деформации позвоночника. Так, например, Ruf и Harms сообщали о возникновении осложнений в результате установки транспедикулярной спинальной системы в 28 % наблюдений, в том числе трех переломов оснований дуг позвонка, трех переломов стержня, двух потерь коррекции деформации [19]. Zhang et al. зарегистрировали осложнения в 10,8 % случаев (два перелома оснований дуг позвонка, два перелома стержня, одна потеря коррекции деформации

позвоночника, одна длительно не заживающая операционная рана), по поводу которых были проведены повторные оперативные вмешательства [20].

Многочисленность этой проблемы заключается как в особенностях самого врожденного порока, так и в хирургических аспектах [21]. С нашей точки зрения, существует несколько факторов, обуславливающих возникновение дестабилизации спинальной системы. Прежде всего это маленькие размеры оснований дуг позвонков (практически соответствующие диаметру транспедикулярного винта), значительная величина необходимой коррекции сколиотического и/или кифотического компонентов деформации с целью достижения радикального исправления врожденного искривления, а также локализация аномального позвонка в переходных зонах позвоночника (вершина кифоза, грудопоясничный переход). Небольшая протяженность металлофиксации (один позвоночно-двигательный сегмент) способствовала созданию значительной нагрузки в зоне операции. Совокупность этих факторов привела к дестабилизации спинальной системы и, как результат, к потере достигнутой коррекции в ходе операции. По всей вероятности, корректность установленных опорных элементов, в пределах допустимой погрешности (Grade 1–2), не влияет на дестабилизацию спинальной системы. В нашем исследовании дестабилизация металлоконструкции произошла и у пациентов с корректно установленными опорными элементами.

Одновременно с этим необходимо отметить, что локализация аномальных позвонков (вершина грудного кифоза, зона грудопоясничного перехода) и величина сколиотического и кифотиче-

ского компонентов искривления были идентичны в группах сравнения. Единственным отличием в представленных группах являлся размер оснований дуг позвонков. В группе пациентов, у которых наблюдалась дестабилизация спинальной системы, средние показатели размеров основания дуг интактных позвонков относительно аномального составили  $3,84 \pm 0,08$  мм, что практически соответствовало диаметру транспедикулярного винта. У пациентов, у которых металлоконструкция сохраняла стабильность на протяжении всего срока формирования костного блока, средние показатели размеров основания дуг соседних к аномальному позвонков составляли  $4,87 \pm 0,12$  мм. По нашему мнению, короткая фиксация (только двух позвонков, расположенных по обе стороны от аномального) позвоночно-двигательного сегмента в зоне порока создавала значительное напряжение как самой металлоконструкции, так и костных структур тел позвонков, что и приводило к дестабилизации спинальной системы. С учетом вышеизложенного при коррекции врожденной деформации и фиксации позвоночно-двигательных сегментов в области вершины грудного кифоза и в зоне грудопоясничного перехода при маленьких размерах основания дуг позвонков, соседних по отношению к аномальному, необходима более протяженная металлофиксация с целью не только восстановления физиологического профиля в этих областях, но и сохранения надежной стабилизации этой зоны на протяжении всего периода формирования костного блока.

## Заключение

Причинами дестабилизации металлоконструкции при коррекции врожденных деформаций позвоночника являются как особенности анатомо-антропометрических параметров позвонков в зоне искривления, так и тактические аспекты хирургического вмешательства. Основная причина дестабилизации металлоконструкции без нарушения ее целостности заключается в малых размерах основания дуг соседних позвонков относительно аномального. При выборе протяженности металлофиксации необходимо прежде всего учитывать размеры основания дуг соседних интактных позвонков относительно порочного, величину сколиотического и кифотического компонентов врожденной деформации, а также локализацию аномально развитого позвонка. Малые размеры оснований дуг позвонков и значительная величина необходимой коррекции врожденной деформации позвоночника обуславливают необходимость

установки более протяженной спинальной системы с целью восстановления физиологических профилей в зоне искривления.

## Дополнительная информация

**Источник финансирования.** Работа выполнена в рамках программы Союзного государства «Разработка новых спинальных систем с использованием технологий прототипирования в хирургическом лечении детей с тяжелыми врожденными деформациями и повреждениями позвоночника».

**Конфликт интересов.** Не заявлен.

**Этическая экспертиза.** Проведение настоящего исследования обсуждено и одобрено этическим комитетом ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России (протокол № 2019/10 от 25.10.2019). Пациенты и их представители дали информированное согласие на участие в исследовании и публикацию персональных данных.

### Вклад авторов

*Д.Н. Кокушин* — хирургическое лечение пациентов, написание и этапное редактирование текста статьи.

*С.В. Виссариев* — хирургическое лечение пациентов, формулировка цели, этапное и заключительное редактирование текста статьи.

*М.А. Хардинов, В.В. Ильин* — сбор и анализ данных, обзор литературы, написание текста статьи, оформление статьи.

*Н.О. Хусаинов, А.Н. Филиппова* — хирургическое лечение пациентов, сбор и анализ данных.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

## Литература

- Feng Y, Hai Y, Zhao S, Zang L. Hemivertebra resection with posterior unilateral intervertebral fusion and transpedicular fixation for congenital scoliosis: results with at least 3 years of follow-up. *Eur Spine J.* 2016;25(10):3274-3281. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4556-7>.
- McMaster MJ, David CV. Hemivertebra as a cause of scoliosis. A study of 104 patients. *J Bone Joint Surg Br.* 1986;68(4):588-595.
- Виссариев С.В., Картавенко К.А., Кокушин Д.Н., Ефремов А.М. Хирургическое лечение детей с врожденной деформацией грудного отдела позвоночника на фоне нарушения формирования позвонков // Хирургия позвоночника. – 2013. – № 2. – С. 032–037. [Vissarionov SV, Kartavenko KA, Kokushin DN, Efremov AM. Surgical treatment of children with congenital thoracic spine deformity associated with vertebral malformation. *Spine surgery.*



- 2013;(2):032-037. (In Russ.)). <https://doi.org/10.14531/ss2013.2.32-37>.
4. Mladenov K, Kunkel P, Stuecker R. Hemivertebra resection in children, results after single posterior approach and after combined anterior and posterior approach: a comparative study. *Eur Spine J*. 2012;21(3):506-513. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-2010-4>.
  5. Ruf M, Jensen R, Jezszenszky D, et al. Hemivertebra resection in congenital scoliosis — early correction in young children. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2006;144(1):74-79. <https://doi.org/10.1055/s-2006-921417>.
  6. Noordeen MH, Garrido E, Tucker SK, Elsebaie HB. The surgical treatment of congenital kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(17):1808-1814. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318ab6307>.
  7. Рябых С.О., Филатов Е.Ю., Савин Д.М. Результаты экстирпации полупозвонков комбинированным, дорсальным и педикулярным доступами: систематический обзор // Хирургия позвоночника. — 2017. — Т. 14. — № 1. — С. 14–23. [Ryabykh SO, Filatov EY, Savin DM. Results of hemivertebra excision through combined, posterior and transpedicular approaches: systematic review. *Spine surgery*. 2017;14(1):14-23. (In Russ.)). <https://doi.org/10.14531/ss2017.1.14-23>.
  8. Мушкин А.Ю., Наумов Д.Г., Уменушкина Е.Ю. Экстирпация грудных и поясничных полупозвонков у детей: как техника операции влияет на ее травматичность? (Предварительные результаты и обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. — 2018. — Т. 24. — № 3. — С. 83–90. [Mushkin AY, Naumov DG, Umenushkina EY. Thoracic and lumbar hemivertebra excision in pediatric patients: how does the operation technique influence on outcomes? (Cohort analysis and literature review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2018;24(3):83-90. (In Russ.)). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-3-83-90>]
  9. Davne SH, Myers DL. Complications of lumbar spinal fusion with transpedicular instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1992;17(6 Suppl):S184-189. <https://doi.org/10.1097/00007632-199206001-00021>.
  10. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C. Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating. *Clin Orthop Relat Res*. 1986(203):7-17.
  11. Ruf M, Harms J. Posterior hemivertebra resection with transpedicular instrumentation: early correction in children aged 1 to 6 years. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(18):2132-2138. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000084627.57308.4A>.
  12. Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М., Мурашко В.В., и др. Сравнительный анализ корректности установки транспедикулярных винтов при хирургическом лечении детей с идиопатическим сколиозом // Хирургия позвоночника. — 2017. — Т. 14. — № 4. — С. 8–17. [Kokushin DN, Belyanchikov SM, Murashko VV, et al. Comparative analysis of the accuracy of pedicle screws insertion in surgical treatment of children with idiopathic scoliosis. *Spine surgery*. 2017;14(4):8-17. (In Russ.)). <https://doi.org/10.14531/ss2017.4.8-17>.
  13. Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement *in vivo*. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1990;15(1):11-14. <https://doi.org/10.1097/00007632-199001000-00004>.
  14. Виссарионов С.В., Картавенко К.А., Кокушин Д.Н., и др. Хирургическое лечение детей с врожденной деформацией поясничной локализации: экстирпация или частичная резекция полупозвонка? // Травматология и ортопедия России. — 2017. — Т. 23. — № 4. — С. 18–28. [Vissarionov SV, Kartavenko KA, Kokushin DN, et al. Surgical treatment of children with congenital lumbar scoliosis: complete or partial resection of malformed vertebrae? *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2017;23(4):18-28. (In Russ.)). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2017-23-4-18-28>.
  15. Chang DG, Kim JH, Ha KY, et al. Posterior hemivertebra resection and short segment fusion with pedicle screw fixation for congenital scoliosis in children younger than 10 years: greater than 7-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40(8):E484-491. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000809>.
  16. Li J, Lu GH, Wang B, et al. Pedicle screw implantation in the thoracic and lumbar spine of 1-4-year-old children: evaluating the safety and accuracy by a computer tomography follow-up. *J Spinal Disord Tech*. 2013;26(2):E46-52. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e31825d5c87>.
  17. Hedequist D, Emans J, Proctor M. Three rod technique facilitates hemivertebra wedge excision in young children through a posterior only approach. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(6):E225-229. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181997029>.
  18. Boachie-Adjei O, Yagi M, Sacramento-Dominguez C, et al. Surgical risk stratification based on preoperative risk factors in severe pediatric spinal deformity surgery. *Spine Deform*. 2014;2(5):340-349. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2014.05.004>.
  19. Ruf M, Harms J. Hemivertebra resection by a posterior approach: innovative operative technique and first results. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(10):1116-1123. <https://doi.org/10.1097/00007632-200205150-00020>.
  20. Zhang J, Shengru W, Qiu G, et al. The efficacy and complications of posterior hemivertebra resection. *Eur Spine J*. 2011;20(10):1692-1702. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1710-0>.
  21. Guo J, Zhang J, Wang S, et al. Risk factors for construct/implant related complications following primary posterior hemivertebra resection: Study on 116 cases with more than 2 years' follow-up in one medical center. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17(1):380. <https://doi.org/10.1186/s12891-016-1229-y>.

### Сведения об авторах

**Дмитрий Николаевич Кокушин** — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-6112-3309>. E-mail: partgerm@yandex.ru.

**Dmitry N. Kokushin** — MD, RhD, Senior Research Associate, Department of Spinal Pathology and Neurosurgery, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-6112-3309>. E-mail: partgerm@yandex.ru.

**Сергей Валентинович Виссарионов** — д-р мед. наук, профессор, член-корр. РАН, заместитель директора по научной и учебной работе, руководитель отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>. E-mail: [vissarionovs@gmail.com](mailto:vissarionovs@gmail.com).

**Михаил Александрович Харди́ков\*** — аспирант отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-8269-0900>. E-mail: [denica1990@bk.ru](mailto:denica1990@bk.ru).

**Никита Олегович Хусаинов** — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-3036-3796>. E-mail: [nikita\\_husainov@mail.ru](mailto:nikita_husainov@mail.ru).

**Александра Николаевна Филиппова** — травматолог-ортопед, аспирант отделения патологии позвоночника и нейрохирургии, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0001-9586-0668>. E-mail: [alexandrjonok@mail.ru](mailto:alexandrjonok@mail.ru).

**Ильин Владислав Владимирович** — клинический ординатор, ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0001-7444-7735>. E-mail: [89990323261@mail.ru](mailto:89990323261@mail.ru).

**Sergei V. Vissarionov** — MD, PhD, D.Sc., Professor, Corresponding Member of RAS, Deputy Director for Research and Academic Affairs, Head of the Department of Spinal Pathology and Neurosurgery, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>. E-mail: [vissarionovs@gmail.com](mailto:vissarionovs@gmail.com).

**Michael A. Khardikov\*** — MD, PhD student, Department of Spinal Pathology and Neurosurgery, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-8269-0900>. E-mail: [denica1990@bk.ru](mailto:denica1990@bk.ru).

**Nikita O. Khusainov** — MD, PhD, Research Associate, Department of Spinal Pathology and Neurosurgery, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-3036-3796>. E-mail: [nikita\\_husainov@mail.ru](mailto:nikita_husainov@mail.ru).

**Alexandra N. Filippova** — MD, PhD student, Orthopedic and Trauma Surgeon of the Department of Spine Pathology and Neurosurgery, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-9586-0668>. E-mail: [alexandrjonok@mail.ru](mailto:alexandrjonok@mail.ru).

**Vladislav V. Ilin** — MD, clinical resident of the Department of Spine Pathology and Neurosurgery, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-7444-7735>. E-mail: [89990323261@mail.ru](mailto:89990323261@mail.ru).