

## ХИРУРГИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ ФОРМ ИДИОПАТИЧЕСКОГО КИФОСКОЛИОЗА У ДЕТЕЙ

© С.В. Виссарионов<sup>1, 2</sup>, А.Н. Филиппова<sup>1</sup>, Д.Н. Кокушин<sup>1</sup>, В.В. Мурашко<sup>1</sup>,  
С.М. Белянчиков<sup>1</sup>, Н.О. Хусаинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт имени Г.И. Турнера»  
Минздрава России, Санкт-Петербург;

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»  
Минздрава России, Санкт-Петербург

Поступила: 09.04.2019

Одобрена: 19.06.2019

Принята: 09.09.2019

**Обоснование.** В последние годы в лечении детей с тяжелыми деформациями позвоночника достигнуты значительные результаты благодаря использованию гибридных и транспедикулярных металлоконструкций. Однако у пациентов с тяжелыми формами идиопатического сколиоза возникает ряд ограничений при имплантации спинальных систем во время проведения хирургического вмешательства. При ригидных деформациях тактика хирургического лечения предусматривает не только выполнение корригирующих маневров в ходе операции, но и создание мобильности на вершине основной дуги. Традиционно пациентам с идиопатическим сколиозом выполняют мобилизирующую дискэктомию на вершине искривления. Педикулярную субтракционную вертебротомию, остеотомию по Ponte и Smith-Petersen чаще используют при нейромышечном сколиозе и деформациях позвоночника с преобладанием кифотического компонента. Коррекция крайне тяжелых и запущенных форм идиопатического сколиоза у детей по-прежнему остается важной и актуальной проблемой.

**Цель** — провести сравнительный анализ коррекции деформации позвоночника у детей с крайне тяжелыми формами правостороннего идиопатического сколиоза грудного отдела позвоночника с использованием транспедикулярных металлоконструкций и в сочетании с клиновидной резекцией вершинного позвонка.

**Материалы и методы.** Проведен сравнительный анализ результатов хирургического лечения 20 детей в возрасте от 15 до 17 лет с крайне тяжелой формой правостороннего идиопатического кифосколиоза грудной локализации. Всем детям выполняли стандартное предоперационное обследование, включающее лучевое исследование (рентгенологическое и компьютерную томографию), магнитно-резонансную томографию и нейрофизиологическое исследование. Все пациенты были разделены на две группы, которые различались методикой второго этапа хирургического лечения: коррекцию деформации пациентам второй группы выполняли транспедикулярной системой в сочетании с клиновидной резекцией тела апикального позвонка.

**Результаты.** У пациентов первой группы величина коррекции сколиотического компонента деформации варьировала от 25 до 62 %, кифотического — от 21 до 56 %. У пациентов второй группы, которым в ходе операции была выполнена дополнительная клиновидная резекция тела вершинного позвонка, коррекция сколиотического компонента деформации составила от 36 до 74 %, кифотического — от 50 до 70 %.

**Заключение.** Клиновидная резекция апикального тела позвонка у детей с идиопатическим кифосколиозом грудного отдела позвоночника является достаточно эффективным методом, позволяющим добиться дополнительной мобильности основной дуги искривления, значительной коррекции как сколиотического, так и кифотического искривления, восстановить физиологический профиль позвоночника и баланс туловища.

**Ключевые слова:** идиопатический кифосколиоз; дети; деформация; транспедикулярная система; корпорэктомия.

# SURGICAL CORRECTION OF SEVERE FORMS OF IDIOPATHIC KYPHOSCOLYOSIS IN CHILDREN

© S.V. Vissarionov<sup>1, 2</sup>, A.N. Filippova<sup>1</sup>, D.N. Kokushin<sup>1</sup>, V.V. Murashko<sup>1</sup>, S.M. Belyanchikov<sup>1</sup>, N.O. Khusainov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia;

<sup>2</sup>Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia

For citation: Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery. 2019;7(3):5-14

Received: 09.04.2019

Revised: 19.06.2019

Accepted: 09.09.2019

**Background.** Significant results have been achieved through the use of hybrid and transpedicular metal structures. However, when spinal systems are implanted during surgery in patients with severe forms and idiopathic scoliosis, a number of limitations arise. Not only the performance of corrective maneuvers during the operation but also the creation of mobility on the top of the main arc accompany the strategies of surgical treatment. Traditionally, mobilizing discectomy at the top of the spark is performed in patients with idiopathic scoliosis. Pedicle subtractive vertebralotomy and Ponte and Smith-Petersen osteotomy are most common in neuromuscular scoliosis and spinal deformity, with a predominance of the kyphotic component. Problems with correction of extremely low and "neglected" forms and idiopathic scoliosis in children remain.

**Aim.** The present study aimed to provide a comparative analysis between using transpedicular spinal systems alone and in combination with a wedge osteotomy of the apical vertebra to correct spinal deformity in children with extremely severe right-sided idiopathic thoracic scoliosis.

**Materials and methods.** The surgical treatment results of 20 children 15 to 17 years old with extremely severe forms of right-sided idiopathic thoracic kyphoscoliosis were included in the analysis. All patients underwent standard preoperative examination, including radiology, computed tomography, magnetic resonance imaging, and neurophysiological studies. The patients were divided into two groups according to the method used during the second stage of surgical treatment — correction of deformity with the transpedicular system (1) alone or (2) in combination with a wedge osteotomy of the apical vertebra.

**Results.** Patients from the first group showed an amount of scoliotic and kyphotic component correction ranging from 25% to 62% and from 21% to 56%, respectively. In patients from the second group, who underwent additional wedge osteotomy of the apical vertebrae during the operation, correction of the scoliotic and kyphotic components ranged from 36% to 74% and from 50% to 70%, respectively.

**Conclusion.** In children with idiopathic thoracic kyphoscoliosis, performing a wedge corpectomy of the apical vertebral body is an effective additional mobilizing component, which allows achieving significant correction of both scoliotic and kyphotic curve components, restoring the physiological profile of the spine and body balance during the surgical intervention, and maintaining the achieved result during the long-term observation period.

**Keywords:** idiopathic scoliosis; kyphosis; children; "severe" deformity; transpedicular fixation; corpectomy.

## Обоснование

По данным зарубежной литературы, в общей структуре деформаций позвоночного столба на долю сколиотических искривлений приходится до 80 % (в эту группу включены инфантильный, ювенильный и подростковый идиопатический сколиоз) [1]. Наиболее часто встречающимся вариантом идиопатического сколиоза является правосторонний грудной тип деформации. Прогрессирующие искривления данной локализации в процессе роста ребенка часто приводят к тяжелым и ригидным деформациям, представляющим сложную проблему даже для оперативного лечения. У пациентов с подобными формами идиопатического сколиоза достаточно резко выражен не только сколиотический, но и кифотический компонент искривления. Коррекция деформа-

ции позвоночника у пациентов детского возраста с крайне тяжелыми и запущенными формами идиопатического сколиоза в настоящее время остается важной и актуальной проблемой.

Понятие «тяжелые и запущенные формы идиопатического сколиоза» основано на количественной оценке величины основной сколиотической дуги деформации, измеряемой по методу Cobb. В англоязычной литературе «тяжелыми» формами сколиоза принято считать искривления, при которых величина основной дуги колеблется в пределах 70–90° [2, 3]. В отечественной литературе тяжелыми (или запущенными) формами идиопатического сколиоза считаются искривления с величиной дуги, превышающей 90° по Cobb, при этом выделено понятие «сверхтяжелых» форм сколиоза, к которым относятся деформации свыше 120° по Cobb [4].

В последние десятилетия в лечении детей с тяжелыми деформациями позвоночника достигнуты значительные успехи благодаря использованию современных гибридных и транспедикулярных металлоконструкций. Так, например, применение гибридных спинальных систем у детей с идиопатическим сколиозом позволило улучшить результаты лечения данной категории пациентов, прежде всего с точки зрения коррекции величины основной дуги искривления [5, 6]. Однако у пациентов с тяжелыми формами деформации в процессе динамического наблюдения нередко возникали переломы установленных металлоконструкций в отдаленные периоды наблюдения (от 2,8 до 18 %, по данным отечественных авторов [7]), отсутствовал полноценный костный блок вдоль спинальной системы, что приводило к потере достигнутого результата коррекции через 2–5 лет после операции [8]. Нередко подобные осложнения требовали проведения повторных хирургических вмешательств, направленных на стабилизацию металлоконструкции или формирование дополнительного костного блока.

Выраженная ригидность деформации у пациентов с подобными формами искривлений, даже при применении различных мобилизирующих хирургических методик как на передних, так и задних колоннах позвоночного столба, не позволяла добиться желаемой коррекции искривления. Выполнение непрямого деротационного маневра в ходе операции лишь незначительно влияло на уменьшение величины сколиотического компонента деформации, не сказываясь при этом на кифотическом компоненте искривления. В литературе в настоящее время отсутствуют исследования, позволяющие провести сравнительную оценку коррекции деформации позвоночника у пациентов с идиопатическим сколиозом при осуществлении прямого или непрямого деротационного маневра.

Благодаря активному внедрению в последние годы металлоконструкций с транспедикулярными винтами был сделан очередной шаг вперед с точки зрения достижения величины коррекции деформации позвоночного столба у детей с идиопатическим сколиозом. По данным ряда исследователей, величина коррекции у пациентов детского возраста с величиной основной дуги искривления 102–136° с применением данных спинальных систем достигала в среднем 57 % [9, 10]. Однако у пациентов с тяжелыми и крайне тяжелыми формами идиопатического сколиоза существует ряд ограничений по выполнению хирургического вмешательства. Прежде всего это связано с техническими сложностями и тяжестью проведения опорных элементов спинальной системы в тела

позвонков на вершине основной дуги деформации, особенно с вогнутой стороны искривления. В случае корректного проведения транспедикулярных винтов агрессивная коррекция деформации в ходе операции может привести к переломам костных опорных структур позвонков, что создавало риск и предпосылки для развития неврологических нарушений [10].

При ригидных деформациях тактика хирургического лечения предусматривает не только выполнение корригирующих маневров в ходе операции, но и создание максимальной мобильности на вершине основной дуги деформации, без которой невозможно достичь оптимального результата. Отечественные и зарубежные авторы применяют различные варианты мобилизирующих хирургических вмешательств на позвоночнике, а также их комбинации: переднюю мобилизирующую дискапозитомию, педикулярную субтракционную вертебротомию (pedicle subtraction osteotomy — PSO), остеотомию по Ponte, остеотомию по Smith-Petersen (Smith-Petersen osteotomy — SPO). Различные виды остеотомий чаще выполняют при нейромышечном сколиозе и деформациях позвоночника с преобладанием кифотического компонента. Традиционно при коррекции деформации позвоночника у детей с тяжелыми формами идиопатического сколиоза прибегают к мобилизирующей дискэктомии на вершине основной дуги и проводят курс галофеморального или тиббиального вытяжения. Завершают вмешательство дорсальной коррекцией деформации многоопорной транспедикулярной системой через 10–12 дней после проведения курса вытяжения. Однако и такой подход не всегда позволяет добиться желаемой величины коррекции, особенно при выраженном кифотическом компоненте искривления [10, 11].

**Цель** — провести сравнительный анализ коррекции деформации позвоночника у детей с крайне тяжелыми формами правостороннего идиопатического сколиоза грудного отдела позвоночника с использованием транспедикулярных спинальных систем и в сочетании с клиновидной резекцией вершинного позвонка.

## Материалы и методы

Проведен сравнительный анализ результатов хирургического лечения 20 детей в возрасте от 15 до 17 лет с крайне тяжелой формой правостороннего идиопатического кифосколиоза грудного отдела позвоночника, тип Lenke I. Среди них было 18 девушек и 2 юношей. Всем пациентам выполняли стандартное обследование перед хирургическим вмешательством, включающее лу-

ческое исследование (рентгенологическое и компьютерную томографию), магнитно-резонансную томографию и нейрофизиологическое исследование. Величина основной сколиотической дуги деформации по Cobb составляла от 120 до 148°, кифотического компонента — от 90 до 120°. При выполнении функциональных рентгеновских снимков позвоночника отмечалась выраженная ригидность деформации, при которой уменьшение величины основной дуги искривления не превышало 10 % начального значения.

Пациенты были разделены на две группы, по 10 человек в каждой, отличающиеся методикой второго (заключительного) этапа хирургического лечения деформации позвоночника. Первым этапом пациентам обеих групп выполняли центральную мобилизацию основной дуги деформации из правостороннего торакотомического подхода (дискэктомия на 3–4-м уровнях с резекцией головок ребер и мобилизацией передней продольной связки) в сочетании с корпородезом на этом уровне. Количество удаленных дисков зависело как от величины основной сколиотической дуги деформации, так и от ее характера (крутое или пологое), а также возможности их визуализации, полноценного доступа к ним и удаления. Завершали операцию установкой галотибиального вытяжения. После этого осуществляли вытяжение в течение 10–12 суток с постепенным увеличением грузов. На заключительном (втором) этапе пациентам первой группы (10 пациентов) из дорсального подхода проводили коррекцию имеющегося искривления путем имплантации многоопорной металлоконструкции с транспедикулярными опорными элементами под контролем активной 3D-КТ-навигации. При невозможности провести транспедикулярный винт (в результате малых размеров основания дуги позвонка) на уровне верхнего инструментированного позвонка устанавливали ламинарный крючок со смещенным центром. Больным второй группы (10 детей) из дорсального доступа выполняли клиновидную резекцию вершинного позвонка с основанием, обращенным к выпуклой стороне основной дуги, с сохранением его верхней и нижней замыкательных пластинок и инструментальную коррекцию деформации позвоночника многоопорной транспедикулярной спинальной системой при помощи навигационной установки и под интраоперационным нейрофизиологическим контролем. В ходе коррекции происходило смыкание сохраненных замыкательных пластин апикального позвонка. Отдаленные сроки наблюдения за пациентами составили от 3 до 7 лет (в среднем — 5 лет 2 мес.). Рентгенологическое исследование проводили

1 раз в 6 мес. на протяжении первого года после операции, в дальнейшем — с частотой 1 раз в год.

Статистическую обработку полученных данных выполняли с помощью онлайн-калькуляторов медицинской статистики. Обработка имеющихся результатов включала подсчет значений средних арифметических разностей показателей ( $M_d$ ), средних квадратичных отклонений разностей показателей ( $\sigma_d$ ), доверительных интервалов ( $\mu$ ). Для оценки корреляционной зависимости между группами рассчитывали коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ). Вариационные ряды сравнивали с помощью парного  $t$ -теста Стьюдента.

## Результаты

У пациентов первой группы величина коррекции сколиотического компонента деформации варьировала от 26 до 62 %, кифотического — от 20 до 56 % (табл. 1). В отдаленном периоде наблюдения переломов и нестабильности металлоконструкции потери достигнутой коррекции в ходе хирургического вмешательства не отмечено. После хирургического вмешательства неврологических нарушений не было ни у одного пациента.

Для сколиотического компонента деформации: коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0,906 (весьма высокая сила связи); зависимость признаков статистически значима при  $p = 0,000507$  ( $p < 0,005$ ).

Для кифотического компонента деформации: коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0,949 (весьма высокая сила связи); зависимость признаков статистически значима при  $p = 0,000062$  ( $p < 0,005$ ).

У пациентов второй группы, которым в ходе операции выполнена дополнительная клиновидная резекция тела вершинного позвонка, коррекция сколиотического компонента деформации составила от 36 до 74 %, кифотического — от 50 до 74 % (табл. 2). У одного пациента этой группы после операции наблюдались неврологические нарушения в виде острой задержки мочи, которые полностью купировались на фоне медикаментозной терапии и физиотерапевтического лечения. Переломов, нестабильности металлоконструкций, а также потери достигнутой в ходе операции коррекции деформации в отдаленном периоде наблюдения после операции у больных этой группы не отмечено. В зависимости от общего состояния вертикализацию пациентов обеих групп исследования проводили на 6–9-е сутки после хирургического вмешательства.

Для сколиотического компонента деформации: коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0,897 (высокая сила связи); зависимость признаков статистически значима при  $p = 0,000696$  ( $p < 0,005$ ).

Таблица 1

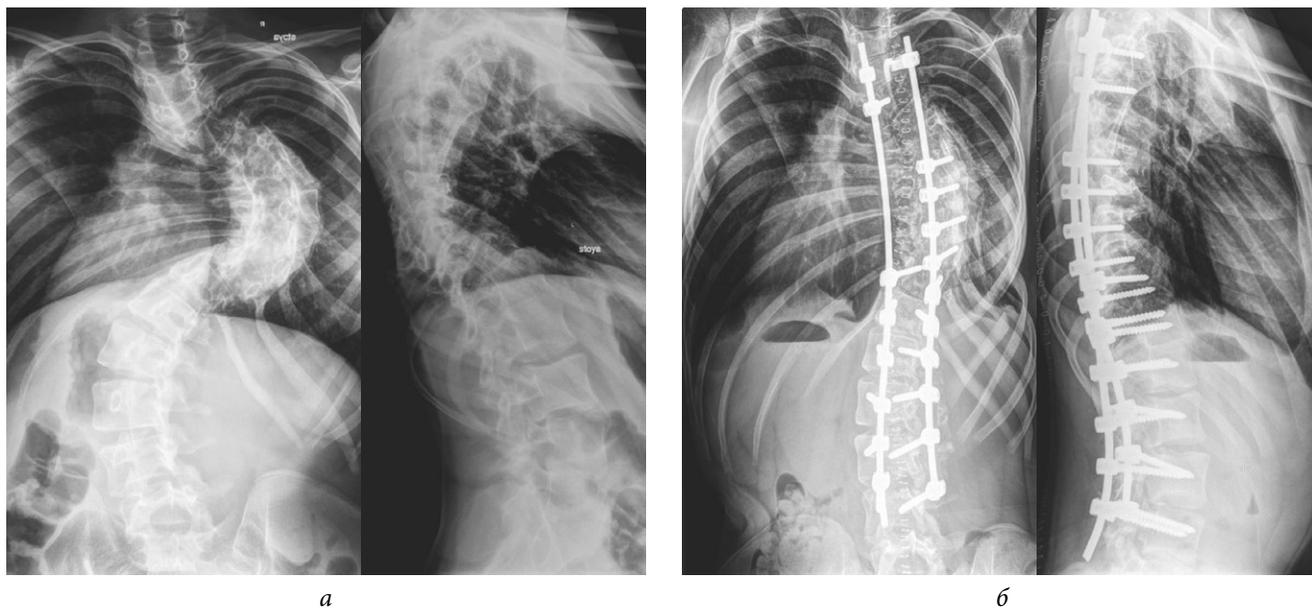
Показатели сколиотического и кифотического компонентов деформации по Cobb у пациентов первой группы до и после операции

| №          | Возраст, лет | Величина сколиоза, ° |                 | Величина коррекции сколиоза |                  | Величина кифоза, ° |                 | Величина коррекции кифоза |                  |
|------------|--------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|------------------|
|            |              | до операции          | после операции  | абсолютная, °               | относительная, % | до операции        | после операции  | абсолютная, °             | относительная, % |
| 1          | 15           | 130                  | 76              | 54                          | 42               | 104                | 60              | 44                        | 42               |
| 2          | 15           | 148                  | 110             | 38                          | 26               | 107                | 86              | 21                        | 20               |
| 3          | 17           | 130                  | 58              | 72                          | 55               | 120                | 92              | 28                        | 23               |
| 4          | 16           | 123                  | 47              | 65                          | 53               | 90                 | 40              | 50                        | 56               |
| 5          | 15           | 128                  | 58              | 70                          | 55               | 100                | 58              | 42                        | 42               |
| 6          | 17           | 136                  | 60              | 76                          | 56               | 120                | 90              | 30                        | 25               |
| 7          | 17           | 132                  | 62              | 70                          | 53               | 118                | 88              | 30                        | 25               |
| 8          | 16           | 120                  | 46              | 74                          | 62               | 96                 | 50              | 46                        | 48               |
| 9          | 15           | 140                  | 98              | 42                          | 30               | 116                | 82              | 34                        | 29               |
| 10         | 16           | 130                  | 62              | 68                          | 52               | 110                | 80              | 30                        | 27               |
| <i>M</i> ± |              | 131,70 ± 8,084       | 67,700 ± 21,050 |                             |                  | 108,10 ± 10,567    | 73,400 ± 19,323 |                           |                  |
| <i>σ</i>   |              | 9,11                 | 23,4            |                             |                  | 10,29              | 18,81           |                           |                  |

Таблица 2

Показатели сколиотического и кифотического компонентов деформации у пациентов второй группы до и после операции

| №          | Возраст, лет | Величина сколиоза, ° |                 | Величина коррекции сколиоза |                  | Величина кифоза, ° |                | Величина коррекции кифоза |                  |
|------------|--------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|------------------|--------------------|----------------|---------------------------|------------------|
|            |              | до операции          | после операции  | абсолютная, °               | относительная, % | до операции        | после операции | абсолютная, °             | относительная, % |
| 1          | 15           | 128                  | 36              | 92                          | 72               | 96                 | 30             | 66                        | 69               |
| 2          | 15           | 130                  | 70              | 60                          | 46               | 112                | 40             | 72                        | 64               |
| 3          | 16           | 136                  | 82              | 54                          | 66               | 118                | 42             | 76                        | 64               |
| 4          | 17           | 146                  | 94              | 52                          | 36               | 120                | 60             | 60                        | 50               |
| 5          | 17           | 138                  | 86              | 52                          | 38               | 110                | 40             | 70                        | 64               |
| 6          | 16           | 128                  | 38              | 90                          | 70               | 116                | 42             | 74                        | 64               |
| 7          | 16           | 130                  | 64              | 66                          | 51               | 100                | 36             | 74                        | 74               |
| 8          | 15           | 142                  | 90              | 52                          | 37               | 116                | 40             | 76                        | 66               |
| 9          | 17           | 126                  | 33              | 93                          | 74               | 100                | 38             | 62                        | 62               |
| 10         | 16           | 134                  | 74              | 60                          | 45               | 110                | 36             | 74                        | 67               |
| <i>M</i> ± |              | 133,80 ± 6,630       | 66,700 ± 23,257 |                             |                  | 109,80 ± 8,404     | 40,400 ± 7,763 |                           |                  |
| <i>σ</i>   |              | 6,69                 | 23,26           |                             |                  | 9,12               | 10,18          |                           |                  |



**Рис. 1.** Рентгенограммы пациента С., 17 лет: *а* — до операции; *б* — после дискэктомии, корпородеза, курса галотиббиального вытяжения и коррекции деформации многоопорной металлоконструкцией в сочетании с клиновидной резекцией тела позвонка Th<sub>7</sub>

Для кифотического компонента деформации: коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0,730 (высокая сила связи); зависимость признаков статистически значима при  $p = 0,019283$  ( $p < 0,005$ ).

На рис. 1 представлен результат хирургического лечения пациента С., 17 лет, с идиопатическим правосторонним сколиозом грудной локализации через 2 года после операции.

## Обсуждение

В последние годы в хирургическом лечении детей с идиопатическим сколиозом достигнуты достаточно хорошие результаты. Если на начальных этапах развития и становления этих хирургических технологий значительным успехом в коррекции искривления считался результат, который достигал 50 % начальной величины основной дуги деформации, то в настоящее время величина коррекции составляет от 76 до 100 % [12]. Одним из важных моментов, повлиявших на показатели коррекции деформации, стало использование металлоконструкций с транспедикулярными опорными элементами. Проведение транспедикулярных винтов под контролем навигационного оборудования, нейрофизиологического мониторинга позволило улучшить результаты в отношении правильной и точной установки опорных элементов спинальной системы в тела позвонков на протяжении дуги искривления [13, 14]. Применение в ходе хирургического вмешательства при различных типах идиопатического сколиоза технологии, заключающейся в корректном и последовательном приложении корригирующих усилий, обеспечило

значительную величину коррекции основной дуги деформации. Исследования отечественных и зарубежных исследователей достоверно подтверждают этот факт [15].

Однако проблема коррекции деформации позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом при крайне тяжелой, а порой запущенной форме искривления остается до конца не решенной и важной задачей. Известные и часто применяемые методики — многоуровневая дискэктомия на вершине основной дуги искривления, курс галотиббиального или тиббиального вытяжения, предшествующий дорсальной коррекции деформации, не всегда позволяют достичь желаемого результата. С одной стороны, это объясняется ограничением уровня дискэктомии в результате выраженной кривизны ведущей дуги, с другой — значительной ригидностью основной дуги искривления вследствие ее большой величины, не позволяющей даже на фоне курса вытяжения обеспечить оптимальный эффект.

При помощи задней остеотомии у пациентов с идиопатическим сколиозом можно только повлиять на величину кифотического компонента деформации, при этом не удается изменить основную сколиотическую дугу искривления.

Клиновидная резекция тела вершинного позвонка в нашем исследовании позволила добиться достоверного ( $p < 0,005$ ) увеличения коррекции одновременно сколиотического и кифотического компонентов искривления по сравнению с методикой коррекции деформации с использованием транспедикулярной конструкции. Эта процедура дает возможность получить дополнительную мо-

билизацию деформации на ее вершине, осуществить значительную дистракцию вдоль вогнутой стороны искривления, уменьшая сколиотическую дугу искривления, и контракцию по выпуклой стороне, при этом происходит значительное воздействие и на кифотический компонент деформации. Данное мобилизирующее вмешательство позволило также восстановить сагиттальный профиль позвоночника до величины физиологической нормы.

В зарубежной литературе описаны способы коррекции сколиотической деформации с выраженным кифотическим компонентом при ригидных сколиозах у взрослых пациентов [16] и деформациях различного генеза в детской практике. К.Н. Bridwell, опираясь на свой опыт и данные литературы по различным видам остеотомий при коррекции деформаций позвоночника, анализирует вопросы применения того или иного способа остеотомии и сопоставляет методики SPO, PSO и vertebral column resection (VCR). Однако в своем литературном обзоре автор не затрагивает темы коррекции деформации позвоночного столба при идиопатическом сколиозе [17]. Небольшое количество иностранных публикаций посвящены применению методик различных вариантов дорсальной остеотомии при коррекции деформации позвоночника у больных детского возраста с идиопатическим сколиозом.

Одними из первых опытом применения остеотомий при кифосколиотических деформациях у детей поделилась группа авторов G. Vakkaloudis et al. Они представили результаты PSO у 12 человек, в том числе 9 детей с идиопатическим сколиозом. На основании их данных, угол деформации до операции во фронтальной плоскости составлял более 90°, в сагиттальной — более 80°. В ходе хирургического вмешательства коррекция искривления в среднем колебалась в пределах 55–70 % [18]. Аналогичные результаты коррекции тяжелой кифосколиотической деформации с применением PSO у пациентов молодого возраста ( $16,9 \pm 9,1$  года) получила группа исследователей T. Xu et al. В своей работе они достигли исправления сколиотической дуги искривления в среднем 64,8 %, а кифотической — 82,6 % [19].

J. Xie et al. опубликовали результаты коррекции ригидных кифосколиотических деформаций позвоночника, составляющих более 100°, с использованием методики VCR. Согласно их данным, в ходе вмешательства было достигнуто исправление искривления более чем в 2 раза как сколиотического, так и кифотического компонентов деформации [20].

P. Kandwal et al. оценивали эффективность остеотомии Ponte у подростков (14–17 лет) с различными деформациями позвоночника, в том числе с идиопатическим сколиозом. В группу исследования вошли пациенты с величиной искривления более 100°. Авторы применяли многоуровневые остеотомии Ponte, окончательный результат коррекции составил в среднем 76 % [21].

S. Seki et al. проводили сравнительный анализ между PSO и остеотомией Ponte при коррекции деформации позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом из дорсального доступа. Работа была направлена на определение методики, позволяющей получить большую мобильность на вершине деформации, однако величину исходной деформации в данном исследовании нельзя отнести к тяжелым сколиозам. Несмотря на это, согласно полученным результатам наибольшим мобилизирующим эффектом обладала остеотомия Ponte [22].

На наш взгляд, у детей с крайне тяжелыми формами идиопатического сколиоза с целью достижения оптимального результата коррекции необходимо выполнение мобилизирующих вмешательств на протяжении основной дуги деформации. В качестве мобилизационных манипуляций у пациентов с тяжелым вариантом искривления позвоночного столба возможно применение различного рода остеотомий костных структур позвонков, входящих в основную дугу. На основании немногочисленных литературных данных вопрос о варианте остеотомии на протяжении основной дуги искривления у детей с тяжелыми формами идиопатического сколиоза остается до конца не решенным, выполнение клиновидной резекции вершинного позвонка является эффективным дополнительным методом, позволяющим достичь значительной мобилизации.

## Заключение

У пациентов с тяжелыми формами идиопатического сколиоза с целью достижения мобилизации основной дуги деформации показано выполнение остеотомий костных структур позвонка. Клиновидная резекция апикального тела позвонка у детей с идиопатическим кифосколиозом грудного отдела позвоночника является достаточно эффективным компонентом достижения дополнительной мобильности основной дуги искривления, позволяющим добиться значительной коррекции как сколиотического, так и кифотического искривления, восстановить физиологический профиль позвоночника и баланс туловища в ходе хирургического вмешательства.

## Дополнительная информация

**Источник финансирования.** Работа проведена в рамках выполнения Государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации № АААА-А18-118122690157-5.

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

**Этическая экспертиза.** Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации с поправками Минздрава России, одобрено этическим комитетом ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России (протокол № 4 от 27.11.2018). Авторы в письменной форме получили добровольное согласие пациентов (или их законных представителей) на участие в исследовании и публикацию медицинских данных.

### Вклад авторов

**С.В. Виссарионов** — разработка методологии исследования, написание всех разделов статьи, основной хирург-оператор.

**А.Н. Филиппова** — сбор литературных данных и их обработка, оформление статьи, написание некоторых разделов статьи, списка литературы.

**Д.Н. Кокушин** — участие в обработке данных, в оперативном лечении и ведении пациентов, корректировка статьи.

**Н.О. Хусаинов** — перевод резюме и информации об авторах на английский язык, участие в обработке данных, оперативном лечении и ведении пациентов.

**В.В. Мурашко, С.М. Белянчиков** — участие в обработке данных, оперативном лечении и ведении пациентов.

## Литература

- Moreau A, Akoume Ndong MY, Azeddine B, et al. Molecular and genetic aspects of idiopathic scoliosis. Blood test for idiopathic scoliosis. *Orthopade*. 2009;38(2):114-116, 118-121. <https://doi.org/10.1007/s00132-008-1362-x>.
- Dobbs MB, Lenke LG, Kim YJ, et al. Anterior/posterior spinal instrumentation versus posterior instrumentation alone for the treatment of adolescent idiopathic scoliotic curves more than 90°. *Spine*. 2006;31(20):2386-2391. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000238965.81013.c5>.
- Rinella A, Lenke L, Whitaker C, et al. Perioperative halo-gravity traction in the treatment of severe scoliosis and kyphosis. *Spine*. 2005;30(4):475-482. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000153707.80497.a2>.
- Михайловский М.В., Лебедева М.Н., Садовая Т.Н., и др. Ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения пациентов со сверхтяжелыми формами идиопатического сколиоза // Хирургия позвоночника. – 2009. – № 2. – С. 38–47. [Mikhailovsky MV, Lebedeva MN, Sadovaya TN, et al. Immediate and long-term outcomes of surgical treatment of patients with super severe idiopathic scoliosis. *Spine surgery*. 2009;(2):38-47. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14531/ss2009.2.38-47>.
- Kuklo TR, Lenke LG, O'Brien MF, et al. Accuracy and efficacy of thoracic pedicle screws in curves more than 90°. *Spine*. 2005;30(2):222-226. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000150482.26918.d8>.
- Suk S-I, Chung E-R, Kim J-H, et al. Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis. *Spine*. 2005;30(14):1682-1687. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000170590.21071.c1>.
- Бердюгин К.А., Чертков А.К., Штадлер Д.И., Бердюгина О.В. О неудовлетворительных исходах транспедикулярной фиксации позвоночника // Хирургия позвоночника. – 2010. – № 4. – С. 19–24. [Berdyugin KA, Chertkov AK, Shtadler DI, Berdyugina OV. On unsatisfactory outcomes of transpedicular fixation. *Spine surgery*. 2010;(4):19-24. (In Russ.)]
- Hwang SW, Samdani AF, Marks M, et al. Five-year clinical and radiographic outcomes using pedicle screw only constructs in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2013;22(6):1292-1299. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2625-0>.
- Виссарионов С.В., Белянчиков С.М., Кокушин Д.Н., и др. Результаты коррекции деформации позвоночника транспедикулярными спинальными системами у детей с идиопатическим сколиозом // Хирургия позвоночника. – 2013. – № 3. – С. 30–37. [Vissarionov SV, Belyanchikov SM, Kokushin DN, et al. Results of spinal deformity correction using transpedicular instrumentation in children with idiopathic scoliosis. *Spine surgery*. 2013;(3):30-37. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14531/ss2013.3.30-37>.
- Yilmaz G, Borkhuu B, Dhawale AA, et al. Comparative analysis of hook, hybrid, and pedicle screw instrumentation in the posterior treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 2012;32(5):490-499. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318250c629>.
- Davis MA. Posterior spinal fusion versus anterior/posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis: a decision analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(21):2318-2323. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181adb296>.
- Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Дроздецкий А.П., Белянчиков С.М. Варианты коррекции деформации позвоночника у детей с идиопатическим сколиозом грудной локализации // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2012. – № 3. – С. 9–13. [Vissarionov SV, Kokushin DN, Drozdetsky AP, Belyanchikov SM. Variants of spine deformity correction in children with idiopathic scoliosis of thoracic localization. *N.N. Priorov Journal of traumatology and orthopedics*. 2012;(3):9-13. (In Russ.)]

13. Виссарионов С.В., Дроздецкий А.П., Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М. Коррекция идиопатического сколиоза у детей под контролем 3D-КТ-навигации // Хирургия позвоночника. – 2012. – № 2. – С. 30–36. [Vissarionov SV, Drozdetsky AP, Kokushin DN, Belyanchikov SM. Correction of idiopathic scoliosis under 3d-ct navigation in children. *Spine surgery*. 2012;(2):30-36. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14531/ss2012.2.30-36>.
14. Fuster S, Vega A, Barrios G, et al. Fiabilidad del navegador en la colocación de tornillos pediculares toracolumbares. *Neurocirugía*. 2010;21(4). <https://doi.org/10.4321/s1130-14732010000400003>.
15. Hwang SW, Samdani AF, Marks M, et al. Five-year clinical and radiographic outcomes using pedicle screw only constructs in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2013;22(6):1292-1299. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2625-0>.
16. Zhang Y, Hai Y, Tao L, et al. Posterior multiple-level asymmetrical Ponte osteotomies for rigid adult idiopathic scoliosis. *World Neurosurg*. 2019;127:e467-e473. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.03.173>.
17. Bridwell KH. Decision making regarding Smith-Petersen vs. pedicle subtraction osteotomy vs. vertebral column resection for spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(19 Suppl):S171-178. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000231963.72810.38>.
18. Bakaloudis G, Lolli F, Di Silvestre M, et al. Thoracic pedicle subtraction osteotomy in the treatment of severe pediatric deformities. *Eur Spine J*. 2011;20 Suppl 1: S95-104. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1749-y>.
19. Xu T, Maierdan M, Guo HL, et al. Efficacy and safety of vertebrae pedicle subtraction osteotomy by posterior trans apical for correction of severe and rigid idiopathic scoliosis. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2017;97(15):1150-1154. <https://doi.org/10.3760/cma.j.isn.0376-2491.2017.15.008>.
20. Xie J, Wang Y, Zhao Z, et al. Posterior vertebral column resection for correction of rigid spinal deformity curves greater than 100 degrees. *J Neurosurg Spine*. 2012;17(6):540-551. <https://doi.org/10.3171/2012.9.SPINE111026>.
21. Kandwal P, Goswami A, Vijayaraghavan G, et al. Staged anterior release and posterior instrumentation in correction of severe rigid scoliosis (Cobb Angle >100 Degrees). *Spine Deform*. 2016;4(4):296-303. <https://doi.org/10.1016/j.jspsd.2015.12.005>.
22. Seki S, Yahara Y, Makino H, et al. Selection of posterior spinal osteotomies for more effective periapical segmental vertebral derotation in adolescent idiopathic scoliosis — An *in vivo* comparative analysis between Ponte osteotomy and inferior facetectomy alone. *J Orthop Sci*. 2018;23(3):488-494. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2018.02.003>.

### Сведения об авторах

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

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

**Дмитрий Николаевич Кокушин** — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-2510-7213>. E-mail: [partgerm@yandex.ru](mailto:partgerm@yandex.ru).

**Владислав Валерьевич Мурашко** — врач травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника и нейрохирургии. ФГБУ «НИДОИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-2201-6906>.

**Sergey V. Vissarionov** — MD, PhD, D.Sc., Professor, Deputy Director for Research and Academic Affairs, Head of the Department of Spinal Pathology and Neurosurgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics; Professor of the Chair of Pediatric Traumatology and Orthopedics. North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-4235-5048>. E-mail: [vissarionovs@gmail.com](mailto:vissarionovs@gmail.com).

**Aleksandra N. Filippova\*** — MD, PhD Student of the Department of Spine Pathology and Neurosurgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-9586-0668>. E-mail: [alexandrjonok@mail.ru](mailto:alexandrjonok@mail.ru).

**Dmitriy N. Kokushin** — MD, PhD, Senior Research Associate of the Department of Pathology of the Spine and Neurosurgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-2510-7213>. E-mail: [partgerm@yandex.ru](mailto:partgerm@yandex.ru).

**Vladislav V. Murashko** — MD, Orthopedic and Trauma Surgeon of the Department of Spine Pathology and Neurosurgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-2201-6906>.

**Сергей Михайлович Белянчиков** — канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, заведующий отделением патологии позвоночника и нейрохирургии. ФГБУ «НИДООИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0002-7464-1244>. E-mail: beljanchikov@list.ru.

**Никита Олегович Хусаинов** — канд. мед. наук, научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии ФГБУ «НИДООИ им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург. <https://orcid.org/0000-0003-3036-3796>. E-mail: nikita\_husainov@mail.ru.

**Sergei M. Belyanchikov** — MD, PhD, Orthopedic and Trauma Surgeon, Head of the Department of Pathology of the Spine and Neurosurgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0002-7464-1244>. E-mail: beljanchikov@list.ru.

**Nikita O. Khusainov** — MD, PhD, Research Associate of the Department of Pathology of the Spine and Neurosurgery. The Turner Scientific Research Institute for Children's Orthopedics, Saint Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0003-3036-3796>. E-mail: nikita\_husainov@mail.ru.