



Научная статья
УДК 616.711-007.55-089.84
<https://doi.org/10.17816/2311-2905-3189>



Вентральная динамическая или дорсальная транспедикулярная коррекция и фиксация при хирургическом лечении идиопатического сколиоза типа Lenke 5: сравнение отдаленных результатов

В.С. Переверзев, С.В. Колесов, А.И. Казьмин, Н.С. Морозова, В.В. Швец

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова», Минздрава России, г. Москва, Россия

Реферат

Актуальность. Несмотря на активное внедрение динамической коррекции при идиопатическом сколиозе, отсутствуют сравнительные исследования результатов дорсальной и вентральной динамической коррекции у пациентов с завершённым и завершающимся ростом.

Цель исследования — сравнить клинические и рентгенологические результаты вентральной динамической коррекции и традиционной дорсальной транспедикулярной коррекции сколиотических деформаций типа Lenke 5 у пациентов с завершённым или завершающимся ростом.

Материал и методы. В исследование было включено 86 пациентов со сколиотическими деформациями типа Lenke 5. В первой группе (54 пациента) выполняли коррекцию деформации из дорсального доступа с использованием ригидной транспедикулярной системы, во второй группе (32 пациента) — с применением системы для динамической коррекции. Средний возраст пациентов составил $22,6 \pm 12,8$ и $27,3 \pm 10,9$ лет соответственно. Изучали рентгенологические данные до операции, сразу после операции и через 2 и более года после операции. Анализировали объём кровопотери, сроки пребывания в стационаре, длительность приема наркотических анальгетиков в раннем послеоперационном периоде. Функциональные результаты оценивали с использованием опросника SRS-22.

Результаты. В первой группе угол Кобба до операции составил $65,5^\circ$, при отдаленном наблюдении — $27,5^\circ$. Переходный кифоз Th10–L2 до операции составил $21,0^\circ$, при отдаленном наблюдении — $13,2^\circ$. Предоперационный угол Кобба основной дуги во второй группе $52,5^\circ$, а в отдаленные сроки — $24,5^\circ$. Переходный кифоз Th10–L2 до операции — $19,5^\circ$, в отдаленные сроки — $19,0^\circ$. Ротация апикального позвонка по Nash — Мое в первой группе до операции составила 1,62, при последнем осмотре — 0,17, во второй группе — 1,80 и 0,81 соответственно. Среднее количество фиксированных уровней составило в первой группе — $6,4 \pm 1,0$, во второй — $5,6 \pm 1,5$. Мобильность грудно-поясничной/поясничной дуги была выше во второй группе — $28,2 \pm 9,1^\circ$ по сравнению с первой группой — $36,0 \pm 7,2^\circ$. До операции поясничный лордоз у пациентов второй группы составил $42,5^\circ$, в отдаленные сроки — $43,5^\circ$, у пациентов первой группы — $43,4^\circ$ и $44,3^\circ$ соответственно.

Заключение. Как задняя ригидная, так и вентральная динамическая коррекция при идиопатическом сколиозе Lenke 5 могут обеспечить удовлетворительный рентгенологический результат при изначально схожей величине грудно-поясничных деформаций у пациентов с завершённым или завершающимся ростом. Однако динамический подход позволяет сократить объём кровопотери, срок пребывания в стационаре, длительность приема наркотических анальгетиков после операции, а также улучшить качество жизни в отдаленном периоде.

Ключевые слова: поясничный сколиоз, коррекция сколиоза, Lenke 5, вентральная динамическая коррекция, транспедикулярная фиксация.

Для цитирования: Переверзев В.С., Колесов С.В., Казьмин А.И., Морозова Н.С., Швец В.В. Вентральная динамическая или дорсальная транспедикулярная коррекция и фиксация при хирургическом лечении идиопатического сколиоза типа Lenke 5: сравнение отдаленных результатов. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):18–28. <https://doi.org/10.17816/2311-2905-3189>.

Переверзев Владимир Сергеевич; e-mail: vcpereverz@gmail.com

Рукопись получена: 30.01.2023. Рукопись одобрена: 11.04.2023. Статья опубликована онлайн: 05.05.2023.

© Переверзев В.С., Колесов С.В., Казьмин А.И., Морозова Н.С., Швец В.В., 2023



Anterior Dynamic Versus Posterior Transpedicular Spinal Fusion for Lenke Type 5 Idiopathic Scoliosis: A Comparison of Long-term Results

Vladimir S. Pereverzev, Sergey V. Kolesov, Arkady I. Kazmin, Nataliya S. Morozova, Vladimir V. Shvets

National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russia

Abstract

Background. Despite the active implementation of dynamic correction in case of idiopathic scoliosis, there are no comparative studies of results of posterior and anterior dynamic correction in patients with completed and near-completed growth.

Aim of the study – to compare clinical and radiological results of anterior dynamic correction and conventional posterior transpedicular correction of Lenke type 5 scoliotic deformities in patients with completed or near-completed growth.

Methods. Eighty-six patients with Lenke type 5 scoliotic deformities were enrolled in the study. The first group (54 patients) underwent deformity correction via posterior approach using a rigid transpedicular system; the second group (32 patients) – using dynamic correction system. Mean patients' age was 22.6 ± 12.8 and 27.3 ± 10.9 years, respectively. We studied radiological data before surgery, immediately after surgery, and 2 or more years after surgery. Blood loss volume, duration of hospital stay, and duration of narcotic analgesics intake in the early postoperative period were analyzed. Functional results were assessed using SRS-22 questionnaire.

Results. Preoperative Cobb angle in the first group was 65.5° , and 27.5° at the long-term follow-up. Junctional kyphosis of T10-L2 before surgery was 21.0° and 13.2° at the long-term follow-up. Preoperative Cobb angle of the initial curve in the second group was 52.5° and 24.5° at the long-term follow-up. Junctional kyphosis of T10-L2 before surgery was 19.5° , and 19.0° at the long-term follow-up. Nash and Moe apical vertebral rotation in the first group before surgery was 1.62 and 0.17 at the last follow-up; in the second group, it was 1.80 and 0.81, respectively. Mean number of fixed levels was 6.4 ± 1.0 in the first group and 5.6 ± 1.5 in the second group. Mobility of the thoracolumbar/lumbar curve was higher in the second group, $28.2 \pm 9.1^\circ$, compared with $36.0 \pm 7.2^\circ$ in the first group. Preoperatively, lumbar lordosis in the second group was 42.5° , in the long-term period – 43.5° , and in the first group – 43.4° and 44.3° , respectively.

Conclusion. Both posterior rigid and anterior dynamic correction in case of Lenke type 5 idiopathic scoliosis can provide satisfactory radiological results with initially similar thoracolumbar deformities in patients with completed or near-completed growth. However, dynamic approach can reduce blood loss, duration of hospital stay, duration of narcotic analgesics intake after surgery, and improve quality of life in the long-term period.

Keywords: lumbar scoliosis, spinal fusion, Lenke type 5, anterior dynamic fusion, transpedicular fusion.

Cite as: Pereverzev V.S., Kolesov S.V., Kazmin A.I., Morozova N.S., Shvets V.V. Anterior Dynamic Versus Posterior Transpedicular Spinal Fusion for Lenke Type 5 Idiopathic Scoliosis: A Comparison of Long-term Results. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):18-28. (In Russian). <https://doi.org/10.17816/2311-2905-3189>.

✉ Vladimir S. Pereverzev; e-mail: vcpereverz@gmail.com

Submitted: 30.01.2023. Accepted: 11.04.2023. Published Online: 05.05.2023.

© Pereverzev V.S., Kolesov S.V., Kazmin A.I., Morozova N.S., Shvets V.V., 2023

ВВЕДЕНИЕ

Одной из частых дилемм, с которой сталкивается спинальный хирург, занимающийся лечением идиопатического сколиоза, является выбор тактики лечения пациента с законченным ростом, у которого есть рентгенологические показания для операции, умеренная степень деформации, но заболевание протекает бессимптомно. Пациенты и их семьи обсуждают и оценивают преимущества оперативного лечения, ищут альтернативные (как хирургические, так и нехирургические) методы, особенно при отсутствии болей, легочной дисфункции или других проблем, связанных с деформацией позвоночника [1]. Кроме того, хирургическая коррекция у пациента с законченным ростом часто вызывает опасения по поводу возможности различных осложнений, особенно паралича. Поэтому стали появляться исследования, сравнивающие результаты хирургического лечения сколиоза в подростковом и взрослом возрасте, чтобы доказать преимущества выполнения коррекции в более молодом возрасте.

У пациентов, которые подвергаются хирургическому лечению идиопатического сколиоза из дорсального доступа в более молодом возрасте, меньше уровней фиксации, ниже кровопотеря, меньше продолжительность операции, а также меньше осложнений по сравнению со взрослыми, которые прошли через естественное течение сколиоза, его прогрессирование и обратились за лечением позже, хотя рентгенологические данные коррекции схожи и улучшение качества жизни после операции наблюдается в обеих когортах [2]. Вместе с тем подходы к оперативному лечению идиопатического сколиоза остаются дискуссионными. В частности, при хирургическом лечении сколиоза с основной дугой в поясничном или грудно-поясничном отделе (тип Lenke 5) нет консенсуса в вопросах выбора доступа (вентральный или дорсальный) [3], оптимальных точек фиксации [4, 5], предотвращения осложнений [6] и, что немало важно, в выборе инструментария. Согласно классификации Lenke, оптимальным для вентральной коррекции является тип 5 деформации [7]. В период использования при дорсальной хирургии крюков вентральная коррекция давала лучшие результаты, так как винты позволяли улучшить деротационный эффект [8, 9]. Но после начала использования транспедикулярных винтов ситуация изменилась — эффективность коррекции увеличилась и стала сопоставима с вентральной коррекцией. Большинство хирургов в мире стали использовать дорсальную транспедикулярную коррекцию и фиксацию, так как ее выполнение технически проще [10, 11]. В целом не выявлено разницы в рентгенологических и клинических результатах

у пациентов после передней или задней коррекции с использованием ригидной фиксации при сколиозе Lenke 5 [12]. Однако риски и преимущества каждого подхода рассматриваются хирургом и пациентом индивидуально [12].

С недавнего времени хирурги начали использовать динамические системы коррекции, сначала у пациентов детского возраста с целью моделирования роста [13, 14, 15], а затем и у пациентов с завершающимся или завершенным ростом как опцию [6, 16]. Использование динамической системы коррекции сохраняет подвижность в зоне фиксации, что подтверждается биомеханическими исследованиями [17]. Также динамическая коррекция позволяет пациентам в короткие сроки вернуться к привычной физической активности и занятиям спортом [18].

Несмотря на активное внедрение динамических систем коррекции при лечении идиопатического сколиоза, сообщений о результатах использования данного метода у пациентов с завершенным или завершающимся ростом практически нет, так же как и сравнительных исследований использования дорсальной коррекции (формированием спондилодеза) и вентральной динамической коррекции.

Цель исследования — сравнить клинические и рентгенологические результаты вентральной динамической коррекции и традиционной дорсальной транспедикулярной коррекции сколиотических деформаций типа Lenke 5 у пациентов с завершенным или завершающимся ростом.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн

Проведено ретроспективное нерандомизированное когортное сравнительное исследование, основанное на анализе данных пациентов с идиопатическим сколиозом типа Lenke 5, которым была выполнена коррекция деформации из дорсального доступа с использованием ригидной транспедикулярной системы (с формированием спондилодеза) и системы для динамической коррекции (коррекция без спондилодеза).

Критерии включения:

- 1) идиопатический сколиоз Lenke 5;
- 2) одноэтапная операция по поводу сколиоза Lenke 5 из дорсального доступа с использованием транспедикулярной фиксации и формированием спондилодеза или динамическая фиксация с использованием транскорпорального проведения винтов, соединенных гибким кордом из полиэтилентерефталата;
- 3) период наблюдения более 2 лет.

Критерии исключения:

- 1) неселективная фиксация;
- 2) неполные рентгенографические данные.

В исследование вошли 86 пациентов, прооперированные в период с 2013 по 2021 г. одним хирургом, который имел опыт как вентральной, так и дорсальной коррекции сколиоза.

В первую группу вошло 54 пациента с поясничным или груднопоясничным идиопатическим сколиозом в возрасте от 16 до 41 года: 48 женщин и 6 мужчин. В этой группе пациентам выполнялась классическая дорсальная коррекция с использованием транспедикулярных винтов. Осуществлялся задний доступ со скелетированием задних элементов позвонков, устанавливались транспедикулярные винты методом свободной руки с после-

дующим рентгеноконтролем, у части пациентов выполняли задний релиз (остеотомия Ponte на нескольких уровнях). Проводилась трехплоскостная коррекция на стержнях с выполнением заднего спондилодеза (рис. 1).

Вторую группу составили 32 пациента в возрасте от 14 до 44 лет: 29 женщин и 3 мужчины. В этой группе выполнялась торакофренолюмботомия без резекции ребер. В тела позвонков устанавливали по два винта со степлами (опорными пластинами), коррекция осуществлялась с использованием двух кордов (рис. 2). В данной группе применялась система Zimmer Dynesis.



Рис. 1. Рентгенограммы пациентки 31 года с левосторонним поясничным сколиозом до и через 2 года после дорсальной коррекции и фиксации Th11–L4. Достигнут удовлетворительный результат. При отдаленном наблюдении потери коррекции не отмечается

Fig. 1. X-rays of a 31-year-old patient with left-sided lumbar scoliosis before and 2 years after posterior correction and T11-L4 fixation. Satisfactory result was achieved. No loss of correction was observed at the long-term follow-up

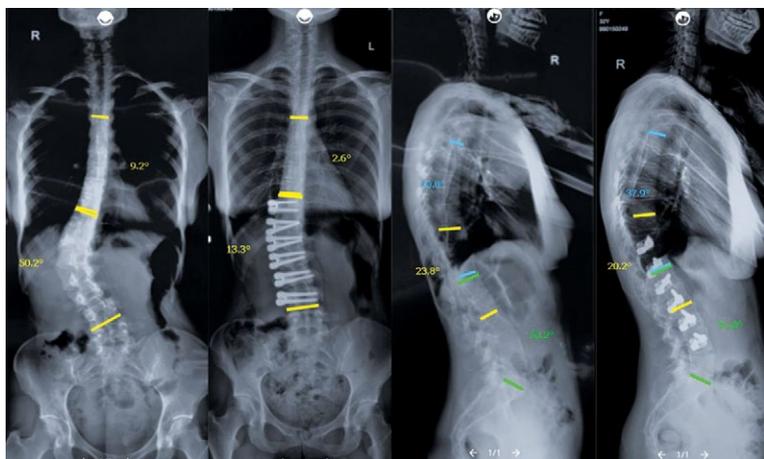


Рис. 2. Рентгенограммы пациентки 32 лет до и через 2 года после операции дорсальной коррекции и фиксации Th11–L4. Потери коррекции нет. Признаков формирования костного блока нет

Fig. 2. X-rays of a 32-year-old patient before and 2 years after posterior correction and T11-L4 fixation. No loss of correction was observed. No signs of bone block formation were noted

В обе группы были включены только пациенты, перенесшие одномоментное хирургическое вмешательство по исправлению деформации без использования предоперационной гало-тракции. В обеих группах показанием к хирургическому лечению была деформация более 40°.

Оценка типа деформации осуществлялась в соответствии с классификацией Lenke. К типу Lenke 5 относятся деформации, при которых вершина основной дуги (структуральной) находится на уровне от Th12 до L4 позвонков, то есть Th12, L1,

L2, L3. Грудные и верхнегрудные дуги не являются структуральными. Это означает, что их величина меньше, чем первичная основная дуга, которые корригируются менее чем на 25° на рентгенограммах с боковым наклоном.

В зону фиксации включали концевые позвонки в соответствии с рентгенологическими данными. Нижнюю точку фиксации L3 выбирали, если диск L3–L4 был параллелен или «открыт» с вогнутой стороны; нейтрален; на рентгенограммах с наклоном в противоположную сторону; L3 центриро-

вался над крестцом. В остальных случаях наиболее дистальным фиксированным позвонком выбирали L4. В одном случае L2 был выбран как нижняя точка фиксации. Если два нижних позвонка были параллельны, то более каудальный выбирали в качестве наиболее дистального инструментированного позвонка.

Методы оценки

Предоперационные, послеоперационные и заключительные (на момент последнего осмотра) рентгенограммы позвоночника в положении стоя были проанализированы с помощью метода Кобба во фронтальной и сагиттальной плоскостях. Для оценки гибкости позвоночника до операции использовали рентгенограммы с наклонами вправо и влево, тракционный тест (при помощи вытяжения позвоночника по оси с нагрузкой 40% от веса пациента, но не более 30 кг), величину поясничного лордоза и грудного кифоза до и после операции, деротацию позвоночника с помощью метода Nash–Мое [19].

В связи с отсутствием доступа к постуральным рентгенограммам на момент предоперационного обследования и операции у пациентов с ригидной металлоконструкцией от оценки сагиттальных параметров в группах пришлось отказаться. Рентгенологические параметры измеряли следующим образом: грудной кифоз T5–T12; грудно-поясничный переходный кифоз Th10–L2; поясничный лордоз L1–S1; фиксированный сегментарный угол (фронтальный угол Кобба между верхним фиксированным позвонком и нижним фиксированным позвонком); тест Риссера. Рентгенографическое измерение проводилось одним экспертом, который не зависел от хирургической бригады.

Оценивали кровопотерю, длительность пребывания в больнице, длительность приема наркотических анальгетиков в раннем послеоперационном периоде.

Функциональные результаты оценивали с использованием опросников Общества изуче-

ния сколиоза (Scoliosis Research Society) SRS-22. Потеря коррекции расценивалась как увеличение фиксированной дуги более 5° при всех методах фиксации.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с помощью пакета SPSS Statistics. Данные по переменным представлены с помощью описательной статистики (среднее значение, стандартное отклонение) для оценки различий между группами на исходном уровне и в течение двух лет наблюдения. Для сравнения групп по качественной переменной (пол) использовался критерий χ^2 Пирсона.

Нормальность распределения количественных переменных проверялась при помощи одновыборочного критерия Колмогорова–Смирнова; по итогам проверки принималось решение об использовании параметрических либо непараметрических методов сравнения.

Распределение всех показателей было непараметрическим (кроме величины грудного кифоза Th5–Th12, количества фиксированных уровней и показателей опросника SRS-22, полученных в сроки 2 года с момента вмешательства). Различия между группами по всем соответствующим показателям анализировали с помощью теста Манна–Уитни. Данные с параметрическим распределением анализировали с помощью t-критерия Стьюдента. Сопоставимость распределения пациентов в группах по полу оценивали с помощью критерия χ^2 Пирсона.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика пациентов первой и второй групп представлена в таблице 1.

Величина деформации основной дуги в поясничном или груднопоясничном отделе, грудная противодуга, сагиттальные параметры в группах были сопоставимы. Рентгенологические показатели представлены в таблице 2.

Таблица 1

Характеристика пациентов групп исследований

Показатель	Первая группа	Вторая группа	<i>p</i>
Возраст, лет	22,6±12,8	27,3±10,9	0,744
Тест Риссера, баллы	4,4±1,2	4,2±1,7	0,556
Период наблюдения, мес.	46,4±23,2 (от 24 до 84)	39,2±14,1 (от 24 до 42)	0,377

Таблица 2

Рентгенологические показатели в группах, град.

Срок наблюдения	Первая группа	Вторая группа	<i>p</i>
Угол Кобба во фронтальной плоскости (основная дуга), Ме (95% ДИ)			
До операции	65,5 (50,4; 79,5)	52,5 (43,2; 63,1)	0,259
После операции	24,0 (11,4; 37,2)	29,0 (17,5; 41,2)	0,039
Через 2 года с момента вмешательства	27,5 (22,4; 32,9)	24,5 (18,6; 32,8)	0,046
Угол переходного кифоза Th10–L2, Ме (95% ДИ)			
До операции	21,0 (15,3; 29,0)	19,5 (13,5; 24,2)	0,289
После операции	15,3 (13,8; 17,1)	18,5 (16,4; 21,1)	0,048
Через 2 года с момента вмешательства	13,2 (11,8; 15,1)	19,0 (18,6; 19,7)	0,032
Ротация апикального позвонка (по методу Nash–Мое), Ме (95% ДИ)			
До операции	1,62 (1,41; 1,89)	1,80 (1,52; 2,08)	0,369
После операции	0,15 (0,01; 0,63)	0,83 (0,51; 1,12)	0,013
Через 2 года с момента вмешательства	0,17 (0,01; 0,53)	0,81 (0,49; 1,19)	0,028
Поясничный лордоз, Ме (95% ДИ)			
До операции	42,5 (36,7; 50,1)	43,4 (31,8; 53,2)	0,548
После операции	43,5 (35,8; 55,9)	42,3 (34,10; 52,03)	0,396
Через 2 года с момента вмешательства	43,5 (32,4; 51,8)	44,3 (32,7; 55,3)	0,569
Величина грудного кифоза Th5–Th12, М±σ*			
До операции	19,0±5,8	21,2±7,0	0,249
После операции	17,4±8,3	20,2±4,6	0,070
Через 2 года с момента вмешательства	18,6±6,5	22,3±6,8	0,375

* Учитывая нормальность распределения данных, результаты представлены в формате М±σ, где М — среднее значение, σ — среднеквадратичное отклонение.

Среднее количество фиксированных уровней составило 6,4±1,0 в первой группе и 5,6±1,5 — во второй ($p = 0,047$). В обеих группах было фиксировано сопоставимое количество уровней, но в группе с вентральной коррекцией несколько меньше. В группе динамической коррекции фиксация оканчивалась на уровне L3 у 13 пациентов (40,7%) и на уровне L4 у 19 (59,3%) пациентов, в группе дорсальной коррекции фиксация оканчивалась на уровне L3 у 29 пациентов (53,7%) и при L4 у 25 пациентов (46,3%). Мобильность груднопоясничной/поясничной дуги была выше в группе с динамической коррекцией 28,2±9,1° по сравнению с ригидной фиксацией 36,0±7,2°.

Показатели грудного кифоза увеличились при отдаленном наблюдении в обеих группах, причем как сразу после операции, так и в отдаленном периоде (см. табл. 2).

Пациенты обеих групп не продемонстрировали значительной потери коррекции деформации в течение периода наблюдения.

Кровопотеря в первой группе составила (Ме и Q₁–Q₃ соответственно): 382 (249; 503) мл; во второй группе 156 (102,3; 204) мл ($p = 0,023$).

Пациенты второй группы проводили меньше времени в больнице после операции, также наблюдалось снижение срока потребления наркотических анальгетиков до 2 дней после вмешательства, что отражено в таблице 3.

Таких осложнений, как инфекционные, повреждения сосудов, ухудшение неврологического статуса в обеих группах не отмечалось. Из ранних осложнений у 5 пациентов первой группы выявлялось скопление гематомы послеоперационной раны, что требовало дополнительного лечения и удлинения сроков пребывания в стационаре. У трех пациентов с динамической коррекцией отмечался пневмоторакс — выполнялось дренирование плевральной полости по Бюлау. Таких осложнений, как разрыв корда при динамической коррекции, нестабильность винтов или переломы элементов ригидной металлоконструкции, также

не выявлено. Нейропатический болевой синдром в первой группе констатирован у двух человек, во второй — у четырех. Замечена корреляция с возрастом пациентов: нейропатия развивалась в более старшем возрасте. Данная проблема решалась с использованием габапентина в дозировке 300 мг 2 раза в день в течение 2–3 мес., после чего это состояние купировалось. В первой группе у 3 па-

циентов отмечался перелом стержней более чем через год после операции, что потребовало его замены, но на функциональный результат ревизионная хирургия значимо не повлияла.

Результаты анкетирования по опроснику SRS-22, полученные через 2 года после вмешательства, представлены в таблице 4.

Таблица 3

Сроки пребывания в стационаре и приема наркотических анальгетиков

Показатель	Первая группа	Вторая группа	<i>p</i>
Послеоперационный койко-день	8,2 (6,4; 10,3)	5,0 (4,1; 6,5)	0,017
Прием наркотических анальгетиков, дни	3,5 (2,1; 5,2)	2,5 (1,5; 3,7)	0,043

Таблица 4

Результаты анкетирования по опроснику SRS-22 в исследуемых группах

Показатель	Первая группа	Вторая группа	<i>p</i>
Функция	3,9±0,5	4,8±0,3	0,038
Болевой синдром	4,6±0,4	4,2±0,7	0,041
Психическая функция	4,0±0,7	4,4±0,4	0,049
Удовлетворенность результатом операции	3,8±0,5	4,3±0,8	0,021
Самооценка	4,3±0,5	4,6±0,4	0,034

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным литературы и нашему собственному опыту, по-прежнему недостаточно объективных доказательств преимуществ динамической коррекции при идиопатическом сколиозе по сравнению со стандартным спондилодезом [6, 20]. Остается дискуссионным вопрос показаний — какой тип деформации, его величина, мобильность основной дуги или возраст пациентов были бы наилучшими показаниями для динамического подхода, в частности в условиях завершеного роста [16, 21]. Кроме того, пациенты с завершенным ростом имеют, как правило, более ригидные деформации по сравнению с растущими, соответственно, модуляция роста невозможна. С другой стороны, при модуляции трудно предсказать реакцию растущего позвоночника на динамический имплантат, а при завершенном росте коррекция более предсказуема, так как хирург старается ее выполнить максимально, насколько это возможно.

Несмотря на то, что динамическая коррекция стала инновационной стратегией лечения сколиоза без формирования спондилодеза, как и когда использовать динамическую или ригидную фиксацию при завершенном росте тоже четко не определено [22].

Известно, что дорсальная ригидная коррекция обладает достаточной эффективностью, но сопровождается кровопотерей и не позволяет сохранить движения в оперированных сегментах, что негативно сказывается на функциональном состоянии позвоночника [23, 24]. При этом пик публикационной активности по проблеме дорсальной коррекции сколиоза методом только транспедикулярной фиксации приходится на 2010–2013 гг. В это же время отмечается рост публикаций по вентральной коррекции сколиоза также с использованием ригидных систем, а в дальнейшем интерес к переднему доступу при поясничном/грудопоясничном идиопатическом сколиозе среди спинальных хирургов значительно уменьшился. Это связано с доказанным отсутствием значимых различий между рентгенологическими и функциональными результатами между передним и задним доступом [3, 11, 12, 24].

В настоящий момент появляются работы, оценивающие результаты применения динамической коррекции сколиоза у взрослых, авторы которых предполагают, что рентгенологические результаты ASC (Anterior Scoliosis Correction — динамическая коррекция сколиоза взрослых) у пациентов

с законченным или почти законченным ростом лучше, чем при VBT (Vertebral Body Tethering — динамическая коррекция растущего позвоночника) из-за агрессивных хирургических приемов, используемых во время операции для достижения удовлетворительной коррекции [6]. В исследованиях проводится оценка нижней точки фиксации при вентральной коррекции сколиоза [25, 26], а о выборе верхней точки данных нет, впрочем как и для динамической фиксации.

Дорсальная транспедикулярная коррекция давала в нашем исследовании коррекцию, сходную с передней динамической, но требовала большего времени операции и сопровождалась значительно большей интраоперационной кровопотерей. Это обусловлено большей травматичностью операции и необходимостью выполнения заднего релиза, а иногда и задней остеотомии позвоночника типа Ponte, в то время как при динамической коррекции выполняли лишь нуклеотомию на вершине деформации. Средний угол основной дуги при ригидной фиксации составил $64,4^\circ$ и был скорригирован до $26,9^\circ$ при отдаленном наблюдении, а при динамической — с $52,4 \pm 9,6^\circ$ до $24,2 \pm 12,3^\circ$. При этом деформации в этой группе перед операцией были более мобильны примерно на 10%. Также отмечено определенное улучшение в отдаленном периоде по сравнению с послеоперационными данными, судя по всему, обусловленное сохраняющимся потенциалом роста у части пациентов второй группы. Однако необходимо отметить, что степень коррекции в обеих группах зависела от исходного угла деформации и мобильности позвоночника, при угле до $50\text{--}55^\circ$ степень коррекции при жесткой и динамичной коррекции идентична. При более тяжелых деформациях все зависит от мобильности позвоночника.

P.D. Trobisch и A. Baroncini в 2021 г. опубликовали данные пациентов, которым выполняли динамическую коррекцию на уровне груднопоясничного/поясничного отдела с удовлетворительным результатом, но частота разрывов была достаточно высокой. Это подтверждает гипотезу о том, что поясничная VBT действительно сопровождается более высокой частотой разрывов, чем грудная [27]. Возможно, это связано с использованием первого корда и агрессивными деротационными маневрами, а также большей подвижностью поясничного отдела по сравнению с грудным, что может влиять на прочностные характеристики конструкции, а также не принимается во внимание сила роста позвоночника. В нашей группе динамической коррекции ни в одном случае не выявлено разрыва корда, что часто встречается у растущих пациентов. Вероятно, это обусловлено рутинным

применением двойного корда, что обеспечивает большую прочность на растяжение и предотвращает износ материала. Однако биомеханических исследований оценки прочности одного и двух кордов на сегодняшний день нет. Недавнее биомеханическое исследование показало, что хирургические конструкции с одним или двумя кордами незначительно ограничивали глобальные и L1–L2 движения позвоночника при сгибании или разгибании ($<10\%$) левой или правой аксиальной ротации ($<14\%$) [18]. К тому же, межпозвоночные диски и фасеточные суставы не подвергаются дегенеративным изменениям в среднем через 29 мес. наблюдения при использовании динамической фиксации [28].

Поясничный лордоз был одним из оцениваемых параметров, который значительно изменился после операции в группе с ригидной фиксацией. Вентральная коррекция, по-видимому, оказывает определенный кифозогенный эффект, однако обеспечивает гармоничный сагиттальный профиль, и при этом сохранены мышцы спины и задние связки, что объясняет низкую частоту развития РJK (проксимального переходного кифоза) при данном методе [27, 29, 30]. Хотя насколько важны оценка, интерпретация и восстановление «идеальных» параметров глобального баланса именно при динамической коррекции, до конца не ясно, так как в отличие от ригидных систем динамический подход подразумевает сохранение определенной подвижности в зоне фиксации и амортизации, что, в свою очередь, должно снижать риск синдрома смежного уровня, усталостных переломов конструкции и других имплантат-зависимых осложнений, которые наблюдаются при ригидной фиксации в условиях грубого нарушения параметров баланса позвоночника. К тому же в настоящее время при применении задних транспедикулярных ригидных систем потеря коррекции, псевдоартроз и переломы конструкций в подростковом возрасте встречаются редко, но их риск увеличивается в более старшем возрасте [22, 31].

Согласно нашим данным, использование двойного корда в поясничном отделе позвоночника не оказывало кифозогенного эффекта на поясничный лордоз. Это подтверждает гипотезу о том, что поясничное VBT действительно сопровождается более высокой частотой разрывов, чем грудное [28, 32]. Но при этом динамическая компрессия обладает меньшим деротирующим эффектом по сравнению с ригидными системами согласно оценке ротации апикального позвонка по Nash и Мое (см. табл. 1). Улучшение показателей переходного кифоза Th10–L2 достигнуто в обеих группах.

В исследовании функциональных результатов коррекции сколиоза Lenke 5, выполненном Ф. Тао с соавторами, все домены SRS-22 были значительно выше в группе с ригидной вентральной коррекцией сколиоза по сравнению с дорсальной коррекцией [33]. Хотя есть данные, подтверждающие, что значимых различий между этими доступами нет [25, 34]. Тем не менее динамическая коррекция обеспечивает лучший функциональный результат согласно результатам анкетирования по опроснику SRS-22 у наших пациентов. Существенных различий между двумя группами в отношении восприятия пациентами функций, боли, самооценки, психических функций или удовлетворенности не отмечалось. Однако показатели функции, удовлетворенность операцией и психическое здоровье оказались выше в группе вентральной динамической коррекции, что указывает на то, что этот метод лечения соответствовал ожиданиям пациентов (см. табл. 3).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Заявленный вклад авторов

Переверзев В.С. — разработка концепции и дизайна исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста.

Колесов С.В. — анализ данных, редактирование текста.

Казьмин А.И. — сбор и анализ данных.

Морозова Н.С. — статистический анализ, редактирование.

Швец В.В. — анализ литературы, анализ полученных данных, редактирование.

Все авторы прочли и одобрили финальную версию рукописи статьи. Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение и решение всех возможных вопросов, связанных с корректностью и надежностью любой части работы.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Возможный конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Не применима.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациента на участие и публикацию медицинских данных и изображений.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Lonner B.S., Ren Y., Bess S., Kelly M., Kim H.J., Yaszay B. et al. Surgery for the Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients After Skeletal Maturity: Early Versus Late Surgery. *Spine Deform.* 2019;7(1):84-92. doi: 10.1016/j.jspd.2018.05.012.

Ограничения исследования

Мощность выборки ограничена ретроспективным характером исследования. Инструмент оценки результатов не использовался последовательно, чтобы можно было проводить сравнения с четкими интервалами до и после операции, а рандомизация не применялась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как задняя ригидная, так и вентральная динамическая коррекция при идиопатическом сколиозе Lenke 5 могут обеспечить удовлетворительный рентгенологический результат при изначально схожей величине грудопоясничных деформаций у пациентов с заверренным или завершающимся ростом. Однако при динамическом подходе отмечаются более низкая кровопотеря, меньший срок пребывания в больнице, ниже длительность приема наркотических анальгетиков после операции, а также лучше качество жизни в отдаленном периоде.

DISCLAIMERS

Author contribution

Pereverzev V.S. — the conception and design of the study, the analysis and interpretation of data, the writing of the text.

Kolesov S.V. — the analysis and interpretation of data, the drafting of the text.

Kazmin A.I. — data collection and processing.

Morozova N.S. — the statistical analysis of results, the drafting of the article.

Shvec V.V. — the search and analysis of literature sources, the analysis and interpretation of data, the drafting of the article.

All authors have read and approved the final version of the manuscript of the article. All authors agree to bear responsibility for all aspects of the study to ensure proper consideration and resolution of all possible issues related to the correctness and reliability of any part of the work.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Ethics approval. Not applicable.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

2. Bridwell K.H., Shufflebarger H.L., Lenke L.G., Lowe T.G., Betz R.R., Bassett G.S. Parents' and patients' preferences and concerns in idiopathic adolescent scoliosis: a cross-sectional preoperative analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25(18):2392-2399. doi: 10.1097/00007632-200009150-00020.

3. Hirase T., Ling J.F., Haghshenas V., Thirumavalavan J., Dong D., Hanson D.S. et al. Anterior versus posterior spinal fusion for Lenke type 5 adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Spine Deform.* 2022;10(2):267-281. doi: 10.1007/s43390-021-00436-x.
4. Ogura Y., Okada E., Fujii T., Yagi M., Fujita N., Suzuki S. et al. Midterm surgical outcomes of a short fusion strategy for adolescent idiopathic scoliosis with Lenke 5C curve. *Spine J.* 2020;20(3):361-368. doi: 10.1016/j.spinee.2019.09.010.
5. Zhuang Q., Zhang J., Wang S., Yang Y., Lin G. How to select the lowest instrumented vertebra in Lenke type 5 adolescent idiopathic scoliosis patients? *Spine J.* 2021;21(1):141-149. doi: 10.1016/j.spinee.2020.08.006.
6. Antonacci C., Antonacci M., Bassett W., Cuddihy L., Haas A., Cerrone J. et al. Treatment of Mature/ Maturing Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis (Sanders ≥ 5) Using a Unique Anterior Scoliosis Correction Technique. *Med Res Arch.* 2021;9(12). Available from: <https://doi.org/10.18103/mra.v9i12.2632>
7. Lenke L.G. Lenke classification system of adolescent idiopathic scoliosis: treatment recommendations. *Instr Course Lect.* 2005;54:537-542.
8. Barr S.J., Schuette A.M., Emans J.B. Lumbar pedicle screws versus hooks. Results in double major curves in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(12):1369-1379. doi: 10.1097/00007632-199706150-00016.
9. Di Silvestre M., Bakaloudis G., Lolli F., Vommario F., Martikos K., Parisini P. Posterior fusion only for thoracic adolescent idiopathic scoliosis of more than 80 degrees: pedicle screws versus hybrid instrumentation. *Eur Spine J.* 2008;17(10):1336-1349. doi: 10.1007/s00586-008-0731-9.
10. Kim Y.J., Lenke L.G., Cho S.K., Bridwell K.H., Sides B., Blanke K. Comparative analysis of pedicle screw versus hook instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29(18):2040-2048. doi: 10.1097/01.brs.0000138268.12324.1a.
11. Hee H.T., Yu Z.R., Wong H.K. Comparison of segmental pedicle screw instrumentation versus anterior instrumentation in adolescent idiopathic thoracolumbar and lumbar scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(14):1533-1542. doi: 10.1097/BRS.0b013e318067dc3d.
12. O'Donnell C., Michael N., Pan X., Emans J., Garg S., Erickson M. Anterior Spinal Fusion and Posterior Spinal Fusion Both Effectively Treat Lenke Type 5 Curves in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Multicenter Study. *Spine Deform.* 2018;6(3):231-240. doi: 10.1016/j.jspd.2017.09.054.
13. Ergene G. Early-term postoperative thoracic outcomes of videothoracoscopic vertebral body tethering surgery. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg.* 2019;27(4):526-531. doi: 10.5606/tgkdc.dergisi.2019.17889.
14. Samdani A.F., Ames R.J., Kimball J.S., Pahys J.M., Grewal H., Pelletier G.J. et al. Anterior vertebral body tethering for immature adolescent idiopathic scoliosis: one-year results on the first 32 patients. *Eur Spine J.* 2015;24(7):1533-1539. doi: 10.1007/s00586-014-3706-z.
15. Newton P.O., Kluck D.G., Saito W., Yaszay B., Bartley C.E., Bastrom T.P. Anterior Spinal Growth Tethering for Skeletally Immature Patients with Scoliosis: A Retrospective Look Two to Four Years Postoperatively. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100(19):1691-1697. doi: 10.2106/JBJS.18.00287.
16. Колесов С.В., Переверзев В.С., Пантелеев А.А., Швец В.В., Горбатьюк Д.С. Первый опыт вентральной динамической коррекции сколиозов у подростков с законченным ростом и взрослых: хирургическая техника и ближайшие результаты. *Хирургия позвоночника.* 2021;18(3):19-29. doi: 10.14531/ss2021.3.19-29.
17. Kolesov S.V., Pereverzev V.S., Panteleyev A.A., Shvets V.V., Gorbatyuk D.S. The first experience of anterior dynamic correction of scoliosis in adolescents with complete growth and adults: surgical technique and immediate results. *Spine Surgery.* 2021;18(3):19-29. (In Russian). doi: 10.14531/ss2021.3.19-29.
18. Nicolini L.F., Kobbe P., Seggewiß J., Greven J., Ribeiro M., Beckmann A. et al. Motion preservation surgery for scoliosis with a vertebral body tethering system: a biomechanical study. *Eur Spine J.* 2022;31(4):1013-1021. doi: 10.1007/s00586-021-07035-4.
19. Baroncini A., Trobisch P.D., Berrer A., Kobbe P., Tingart M., Eschweiler J. et al. Return to sport and daily life activities after vertebral body tethering for AIS: analysis of the sport activity questionnaire. *Eur Spine J.* 2021;30(7):1998-2006. doi: 10.1007/s00586-021-06768-6.
20. Nash C.L. Jr., Moe J.H. A study of vertebral rotation. *J Bone Joint Surg Am.* 1969;51(2):223-229.
21. Pehlivanoglu T., Oltulu I., Erdag Y., Akturk U.D., Korkmaz E., Yildirim E. et al. Comparison of clinical and functional outcomes of vertebral body tethering to posterior spinal fusion in patients with adolescent idiopathic scoliosis and evaluation of quality of life: preliminary results. *Spine Deform.* 2021;9(4):1175-1182. doi: 10.1007/s43390-021-00323-5.
22. Михайловский М.В., Васюра А.С., Новиков В.В., Сарнадский В.Н., Губина Е.В., Чернядьева М.А. Хирургическая коррекция идиопатического сколиоза у взрослых больных молодого и среднего возраста. *Хирургия позвоночника.* 2018;15(3):52-60. doi: 10.14531/ss2018.3.52-60.
23. Mikhaylovskiy M.V., Vasyura A.S., Novikov V.V., Sarnadsky V.N., Gubina E.V., Chernyadjeva M.A. Surgical correction of adult idiopathic scoliosis in patients of young and middle age. *Spine Surgery.* 2018;15(3):52-60. (In Russian). doi: 10.14531/ss2018.3.52-60.
24. Кокушин Д.Н., Хусаинов Н.О. Аспекты применения вентральной динамической коррекции при хирургическом лечении пациентов с идиопатическим сколиозом. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2021;(12):51-55. doi: 10.17513/mjpf.13329.
25. Kokushin D.N., Khusainov N.O. Aspects of the use of ventral dynamic correction in the surgical treatment of patients with idiopathic scoliosis. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy.* 2021;(12):51-55. (In Russian). Available from: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13329>. doi: 10.17513/mjpf.13329.
26. Колесов С.В., Кудряков С.А., Шавырин И.А. Хирургическая коррекция грудного сколиоза из вентрального и дорсального доступов. *Хирургия позвоночника.* 2013;(2):14-22.
27. Kolesov S.V., Kudryakov S.A., Shavyrin I.A. Surgical Correction of Thoracic Scoliosis through Anterior and Posterior Approaches. *Spine surgery.* 2013;(2):14-22. (In Russian).

24. Abel M.F., Singla A., Feger M.A., Sauer L.D., Novicoff W. Surgical treatment of Lenke 5 adolescent idiopathic scoliosis: Comparison of anterior vs posterior approach. *World J Orthop.* 2016;7(9):553-60. doi: 10.5312/wjo.v7.i9.553.
25. Satake K., Lenke L.G., Kim Y.J., Bridwell K.H., Blanke K.M., Sides B. et al. Analysis of the lowest instrumented vertebra following anterior spinal fusion of thoracolumbar/lumbar adolescent idiopathic scoliosis: can we predict postoperative disc wedging? *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(4):418-26. doi: 10.1097/01.brs.0000153342.89478.d2.
26. Wang Y., Bünger C.E., Zhang Y., Wu C., Li H., Dahl B. et al. Lowest instrumented vertebra selection for Lenke 5C scoliosis: a minimum 2-year radiographical follow-up. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38(14):E894-900. doi: 10.1097/BRS.0b013e31829537be.
27. Trobisch P.D., Baroncini A. Preliminary outcomes after vertebral body tethering (VBT) for lumbar curves and subanalysis of a 1- versus 2-tether construct. *Eur Spine J.* 2021;30(12):3570-3576. doi: 10.1007/s00586-021-07009-6.
28. Yucekul A., Akpunarli B., Durbas A., Zulemyan T., Havlucu I., Ergene G. et al. Does vertebral body tethering cause disc and facet joint degeneration? A preliminary MRI study with minimum two years follow-up. *Spine J.* 2021;21(11):1793-1801. doi: 10.1016/j.spinee.2021.05.020.
29. Roussouly P., Pinheiro-Franco J.L. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5(Suppl 5):609-618. doi: 10.1007/s00586-011-1928-x.
30. Tao F., Wang Z., Li M., Pan F., Shi Z., Zhang Y. et al. A comparison of anterior and posterior instrumentation for restoring and retaining sagittal balance in patients with idiopathic adolescent scoliosis. *J Spinal Disord Tech.* 2012;25(6):303-308. doi: 10.1097/BSD.0b013e3182204c3e.
31. Kelly D.M., McCarthy R.E., McCullough F.L., Kelly H.R. Long-term outcomes of anterior spinal fusion with instrumentation for thoracolumbar and lumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(2):194-198. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181bc948e.
32. Otani K., Saito M., Sibasaki K. Anterior instrumentation in idiopathic scoliosis: a minimum follow-up of 10 years. *Int Orthop.* 1997;21(1):4-8. doi: 10.1007/s002640050108.
33. Tao F., Wang Z., Li M., Pan F., Shi Z., Zhang Y. et al. A comparison of anterior and posterior instrumentation for restoring and retaining sagittal balance in patients with idiopathic adolescent scoliosis. *J Spinal Disord Tech.* 2012;25(6):303-308. doi: 10.1097/BSD.0b013e3182204c3e.
34. Dong Y., Weng X., Zhao H., Zhang J., Shen J., Qiu G. Lenke 5C Curves in Adolescent Idiopathic Scoliosis: Anterior vs Posterior Selective Fusion. *Neurosurgery.* 2016;78(5):324-331. doi: 10.1227/NEU.0000000000001055.

Сведения об авторах

✉ Переверзев Владимир Сергеевич — канд. мед. наук

Адрес: Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10

<https://orcid.org/0000-0002-6895-8288>

e-mail: vcpereverz@gmail.com

Колесов Сергей Васильевич — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0002-4252-1854>

e-mail: dr-kolesov@yandex.ru

Казьмин Аркадий Иванович — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-2330-0172>

e-mail: kazmin.cito@mail.ru

Морозова Наталия Сергеевна — канд. мед. наук

<https://orcid.org/0000-0003-4504-6902>

e-mail: morozcito@gmail.com

Швец Владимир Викторович — д-р мед. наук

<https://orcid.org/0000-0001-8884-2410>

e-mail: vshvetcv@yandex.ru

Authors' information

✉ Vladimir S. Pereverzev — Cand. Sci. (Med.)

Address: 10, Priorova st., Moscow, 127299, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-6895-8288>

e-mail: vcpereverz@gmail.com

Sergey V. Kolesov — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0002-4252-1854>

e-mail: dr-kolesov@yandex.ru

Arkady I. Kazmin — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-2330-0172>

e-mail: kazmin.cito@mail.ru

Nataliya S. Morozova — Cand. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0003-4504-6902>

e-mail: morozcito@gmail.com

Vladimir V. Shvets — Dr. Sci. (Med.)

<https://orcid.org/0000-0001-8884-2410>

e-mail: vshvetcv@yandex.ru