



РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕМА ДВИЖЕНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА ПОСЛЕ СЕЛЕКТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ ГРУДНОГО СКОЛИОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РИГИДНОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМ

В.В. Швец¹, А.И. Казьмин¹, М.С. Распопов¹, В.С. Переверзев^{1,2}, И.Е. Домрачев¹, С.В. Колесов^{1,2}

¹Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии
им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия;

²Университетская клиническая больница им. В.В. Виноградова — филиал Российского университета дружбы народов им. П. Лумумбы, Москва, Россия

Цель исследования. Сравнительный анализ постуральных и функциональных рентгенограмм пациентов после коррекции грудного сколиоза с применением динамической и ригидной систем фиксации.

Материал и методы. В ретроспективное исследование включены 105 пациентов (средний возраст 27 лет) с идиопатическим грудным сколиозом (тип Lenke 1). Селективная фиксация выполнена с использованием вентральной динамической или дорсальной ригидной системы. Проводили сравнение по стандартным и функциональным рентгенограммам (боковые наклоны, сгибание/разгибание) через 2 года после хирургического лечения.

Результаты. Обе методики обеспечили коррекцию основной дуги на 73–75 % и поясничной противодуги на 62–64 % ($p \leq 0,005$). При динамической фиксации в зоне операции сохранено 92,0 % сагиттального функционального объема движений (17,1° из 17,6°) и 51,4 % — фронтального (22,1° из 39,0°; $p \leq 0,005$). Отмечена асимметрия: при наклоне в выпуклую сторону сохранено 88,6 % движения (19,6° из 20,1°), в вогнутую — 27,0 % (35,2° из 42,1°). При ригидной фиксации движения в зоне спондилодеза отсутствовали. Суммарный функциональный объем движений всего позвоночника при динамической фиксации выше, чем при ригидной: во фронтальной плоскости 71,2° против 45,1°, в сагиттальной — 78,7° против 58,6° ($p \leq 0,005$).

Заключение. Динамическая система фиксации обеспечивает стабильную коррекцию деформации, сопоставимую с ригидной, но позволяет сохранить до 92 % сагиттальной и 51 % фронтальной подвижности в оперированном отделе с характерной асимметрией. Ригидная фиксация ведет к полной утрате движений в зоне спондилодеза и достоверно более низкому суммарному функциональному объему движений позвоночника.

Ключевые слова: позвоночник; хирургия позвоночника; грудной сколиоз; ригидная система; динамическая система.

Для цитирования: Швец В.В., Казьмин А.И., Распопов М.С., Переверзев В.С., Домрачев И.Е., Колесов С.В. Рентгенологическая оценка объема движений позвоночника после селективной коррекции грудного сколиоза с использованием ригидной и динамической систем // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 2. С. 26–36. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.26-36>

RADIOLOGICAL ASSESSMENT OF SPINAL RANGE OF MOTION AFTER SELECTIVE THORACIC SCOLIOSIS CORRECTION USING RIGID AND DYNAMIC SYSTEMS

V.V. Shvets¹, A.I. Kazmin¹, M.S. Raspopov¹, V.S. Pereverzev^{1,2}, I.E. Domrachev¹, S.V. Kolesov^{1,2}

¹National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, Moscow, Russia;

²V.V. Vinogradov University Clinical Hospital — Branch of the Peoples' Friendship University of Russia n.a. P. Lumumba, Moscow, Russia

Objective. To perform comparative analysis of postural and functional radiographs of patients after correction of thoracic scoliosis using dynamic versus rigid fixation systems.

Material and Methods. This retrospective study included 105 patients (mean age 27 years) with idiopathic thoracic scoliosis (Lenke type 1). Selective fixation was performed using an anterior dynamic or posterior rigid system. Standard and functional radiographs (lateral flexion, flexion/extension) were compared two years after surgery.

Results. Both techniques ensured correction of the main curve by 73–75% and the lumbar counter-curve by 62–64% ($p \leq 0.005$). In the dynamic fixation group, 92% of sagittal functional range of motion (17.1° out of 17.6°) and 51.4% of coronal range of motion (22.1° out of 39.0°) were preserved in the instrumented area ($p \leq 0.005$). Asymmetry was observed: 88.6% (19.6° out of 20.1°) of motion was preserved when bending toward the convex side, versus 27% (35.2° out of 42.1°) when bending toward the concave side. In the rigid fixation group, no motion remained in the fusion area. The total functional range of motion of the entire spine was higher with dynamic fixation than with rigid fixation: in the coronal plane 71.2° vs. 45.1° and in the sagittal plane 78.7° vs. 58.6° ($p \leq 0.005$).

Conclusion. The dynamic fixation system provides stable deformity correction comparable to a rigid one but allows preserving up to 92% of sagittal and 51% of coronal mobility in the operated area with characteristic asymmetry. Rigid fixation leads to a complete motion loss in the fusion area and significantly lower total functional range of motion of the spine.

Key Words: spine; spine surgery; thoracic scoliosis; rigid system; dynamic system.

Please cite this paper as: Shvets VV, Kazmin AI, Raspopov MS, Pereverzev VS, Domrachev IE, Kolesov SV. Radiological assessment of spinal range of motion after selective thoracic scoliosis correction using rigid and dynamic systems. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2026;23(2):26–36. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.26-36>

Идиопатический сколиоз представляет собой одну из наиболее распространенных ортопедических патологий позвоночника, встречающуюся у 2–4 % населения [1]. Тем не менее лишь у 0,2–0,3 % пациентов возникает необходимость в хирургической коррекции [2]. Заболевание оказывает значительное негативное влияние на молодых пациентов, проявляясь снижением качества жизни, хронической болью, психосоциальными последствиями и функциональными ограничениями [3–5].

При наиболее часто встречающемся грудном сколиозе типа 1 по Lenke [6] возможно использование вентральной методики коррекции [4–10]. Однако ригидные металлоконструкции неизбежно приводят к потере подвижности в зоне инструментации, а также к дегенеративным изменениям смежных сегментов [11]. Необходимость эффективного и безопасного лечения сколиоза стимулирует совершенствование современных технологий [12]. Динамические стабилизирующие системы, изначально разработанные для модуляции роста [13, 14], рассматриваются в качестве инструментария нового поколения для пациентов с завершенным и завершающимся ростом [10]. Анализ литературы показывает, что существующие исследования в основном сосредоточены на результатах хирургического лечения деформаций, при этом аспект сохранения объема движений в позвоночнике недостаточно изучен [15].

Цель исследования – анализ постуральных и функциональных рентгенограмм пациентов с идиопатическим грудным сколиозом до и после применения динамических и ригидных систем фиксации.

Материал и методы

В исследование включены 105 пациентов (92 женщины, 13 мужчин), средний возраст – 27 (16–35) лет.

Критерии включения: идиопатический правосторонний грудной сколиоз с основной дугой до операции от 35° до 70° по Cobb, ее мобильностью при функциональных пробах (тракционный или бендинг-тест) 30 % и более, отсутствием структуральной поясничной противодуги (более 25°) и гиперкифоза (более 40°); возраст пациентов от 16 до 45 лет с тестом Risser на момент операции 4 и более; оперативное лечение в объеме селективной фиксации грудного отдела позвоноч-

ника с использованием динамической системы коррекции без предполагаемой модуляции роста либо дорсальной ригидной системой; наличие полных рентгенологических данных до операции и на контрольных осмотрах в срок не менее двух лет; отсутствие потери коррекции в отдаленном наблюдении.

Критерии исключения: наличие тяжелого сопутствующего заболевания, имплантозависимых осложнений на этапах наблюдения (ревизионные вмешательства, разрыв корда, перелом стержня, резорбция кости вокруг винта, потеря коррекции и т.д.), болей в спине на момент контрольных исследований.



Рис. 1

Постуральные рентгенограммы пациента 22 лет через 2 года после ригидной системы фиксации на уровне Th₄–Th₁₂ во фронтальной (а) и сагиттальной (б) проекциях: угол в зоне фиксации – 12,6°, угол кифоза – 16,5°

Учитывали количество фиксированных уровней, протяженность фиксации. Пациентов отслеживали при амбулаторном наблюдении с контрольным рентгенологическим исследованием через 3, 6, 12, 24 мес. после хирургического лечения.

Оценку диапазона движений проводили на основании рентгенограмм позвоночника пациента, который стоял в нейтральном положении, а также функциональных рентгенограмм в положении сгибания/разгибания и при боковых наклонах через 2 года после операции (рис. 1–3).

Этическая экспертиза

Исследование одобрено советом по биомедицинской этике ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России (протокол № 1/23 от 28.12.2023). Пациенты или их роди-

тели подписали информированное согласие на публикацию данных.

Оценка рентгенологических данных

Все пациенты прошли стандартное предоперационное обследование, включающее рентгенограммы позвоночника в положении стоя в переднезадней (фронтальной) и боковой (сагиттальной) проекциях, функциональные рентгенограммы (бендинг-тест – боковые наклоны влево/вправо во фронтальной плоскости) и рентгенограммы в положениях максимального сгибания/разгибания в сагиттальной плоскости (рис. 4).

В раннем послеоперационном периоде выполняли контрольные рентгенограммы в стандартных проекциях в положении пациента стоя для оценки первоначальной коррекции и положения имплантатов (рис. 5).

Для оценки движения в сагиттальной плоскости рассчитывали разницу между углом в положении сгибания и разгибания. Объем движений во фронтальной плоскости в зоне фиксации оценивали как сумму данных функциональных рентгенограмм в крайних положениях с вычетом угла деформации по Cobb, аналогично и для поясничного отдела. Для оценки функционального объема движения (ROM) в каждой плоскости суммировали данные грудного и поясничного отделов: ROM = ROM грудного отдела + ROM поясничного отдела.

Статистический анализ

Результаты анализировали и обрабатывали с помощью программного обеспечения Statistica 13.3. Рассчитывали среднее значение и стандартное отклонение ($M \pm SD$). Для сравнения групп применяли непараметрические критерии Манна – Уитни и Краскела –

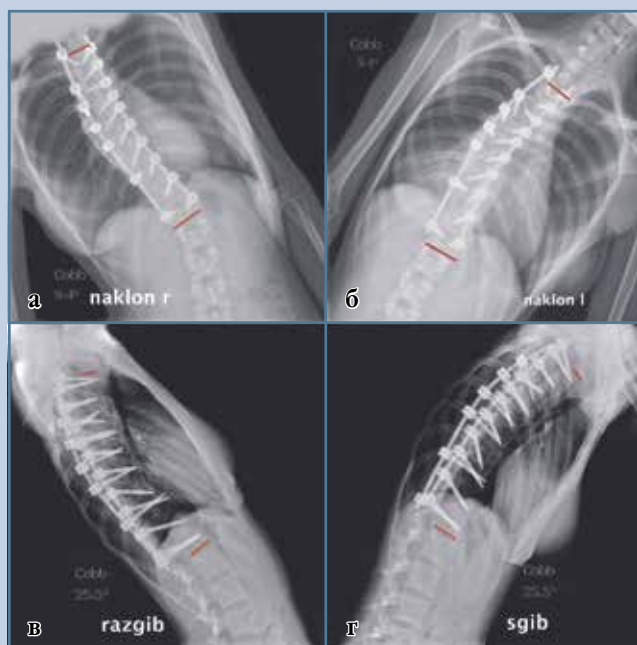


Рис. 2

Функциональный рентгенологический снимок пациентки 26 лет: на бендинг-тесте грудного отдела с наклоном в выпуклую сторону – $9,4^\circ$ (а), в вогнутую сторону – $9,4^\circ$ (б); угол движения во фронтальной плоскости – 0° ; в положении разгибания – $25,5^\circ$ (в), сгибания – $25,5^\circ$ (г); угол движения в сагиттальной плоскости – 0°

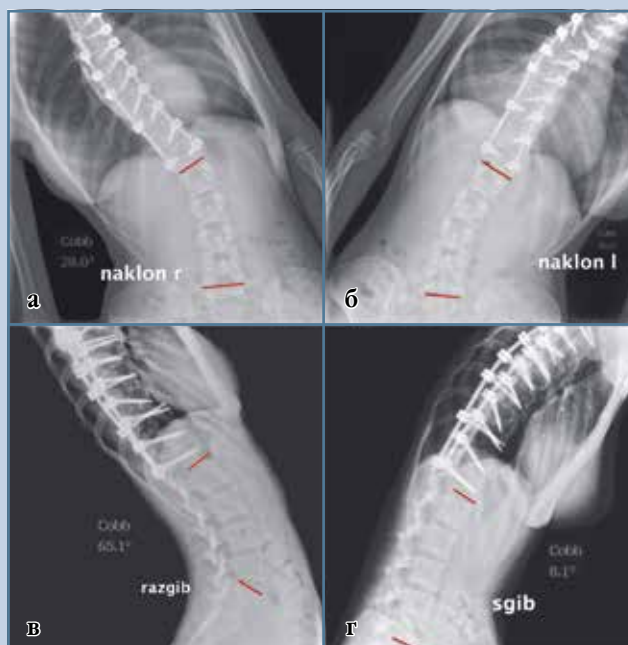


Рис. 3

Функциональный рентгенологический снимок пациентки 26 лет: на бендинг-тесте поясничного отдела с наклоном вправо – $28,0^\circ$ (а), влево – $26,6^\circ$ (б); угол движения во фронтальной плоскости – $49,6^\circ$; в положении разгибания – $65,1^\circ$ (в), сгибания – $8,1^\circ$ (г); угол движения в сагиттальной плоскости – $55,9^\circ$

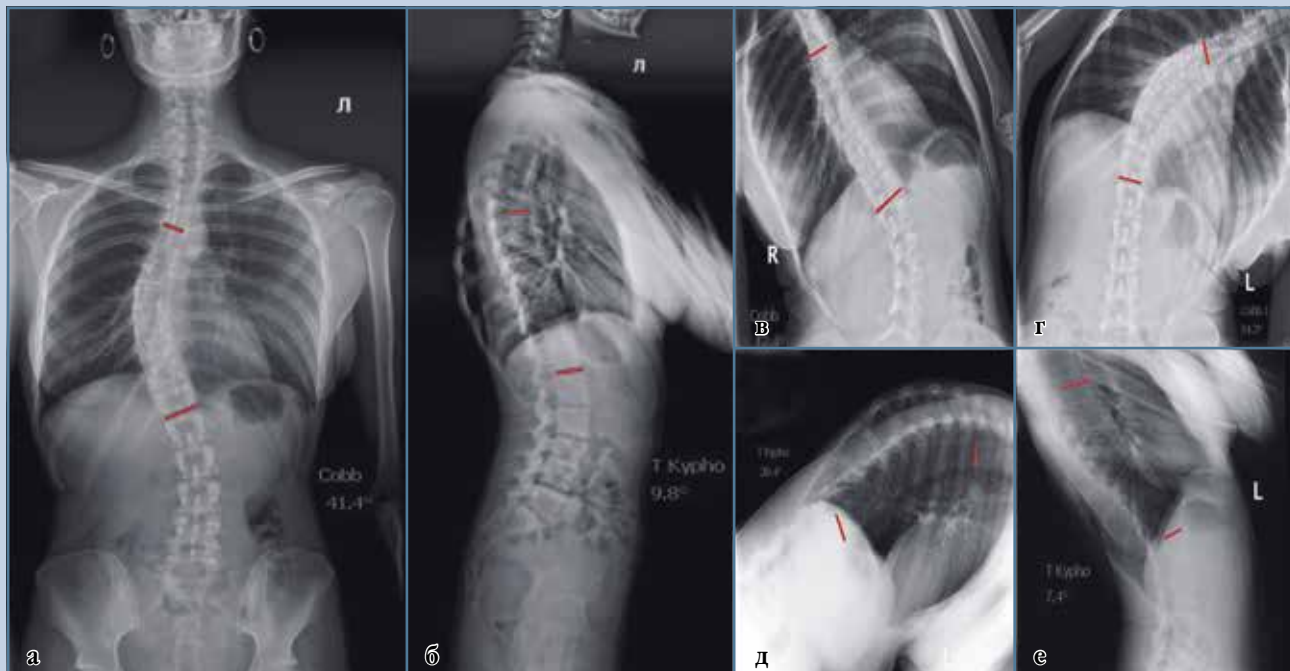


Рис. 4

Постуральные рентгенограммы пациентки 27 лет с грудным сколиозом, тип Lenke 1, угол по Cobb грудной дуги – 41,4°, угол кифоза – 9,8° во фронтальной (а) и сагиттальной проекциях (б); бендинг-тест: угол при наклонах вправо – 12,4° (в), влево – 61,3° (г) относительно фронтальной плоскости; фронтальный угол движения – 39,9°; в положении сгибания угол – 30,4° (д), разгибания – 7,4° (е); сагиттальный угол движения – 23°

Уолис. Различия считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Результаты

В рамках данного ретроспективного моноцентрового исследования провели сравнительный анализ влияния динамической (вентральной) и ригидной (дорсальной) систем фиксации на ROM позвоночника. Средний дооперационный угол основной дуги по Cobb составил $57,2 \pm 3,4^\circ$, при этом средний угол движения во фронтальной плоскости, определенный с помощью бендинг-теста, равнялся $39,2 \pm 5,5^\circ$. После хирургической коррекции с использованием динамической системы (наиболее частые уровни фиксации Th_5-Th_{12} и Th_6-Th_{12} , медиана инструментированных позвонков – 9; табл. 1) угол основной дуги снизился до $11,3 \pm 8,6^\circ$, что соответству-

ет коррекции на 75,3 %, а через два года наблюдалось его незначительное увеличение до $14,3 \pm 10,3^\circ$ (табл. 2). В группе с ригидной системой (преимущественные уровни фиксации Th_3-L_1 и Th_3-Th_{12} , медиана – 11 позвонков, табл. 1) послеоперационный угол составил $10,2 \pm 8,6^\circ$ (коррекция 73,2 %) с дальнейшей стабилизацией на уровне $11,4 \pm 3,2^\circ$ через 24 мес.; кроме того, общее количество фиксированных уровней больше, UIV – Th_3 в 100 % случаев. Помимо коррекции основной дуги, обе системы продемонстрировали положительное влияние на поясничную противодугу: ее угол снизился с дооперационных $14,3 \pm 10,6^\circ$ до $9,5 \pm 4,6^\circ$ в группе динамической фиксации и до $5,2 \pm 4,6^\circ$ в группе ригидной фиксации непосредственно после операции. При отдаленном наблюдении коррекция оставалась стабильной, составляя $5,5 \pm 2,6^\circ$ и $5,2 \pm 4,3^\circ$

соответственно ($p \leq 0,005$ по сравнению с исходными значениями; табл. 2). Сагиттальный баланс характеризовался увеличением угла грудного кифоза в группе динамической фиксации с $18,3 \pm 9,8^\circ$ до $24,7 \pm 9,2^\circ$ через два года ($p = 0,02$), в то время как в группе ригидной фиксации данный показатель оставался стабильным ($22,1 \pm 6,6^\circ$ непосредственно после операции и $22,3 \pm 2,6^\circ$ при отдаленном наблюдении). Качественный анализ подвижности выявил (табл. 3), что в группе с динамической системой через два года после операции сохранено 92 % дооперационного объема движений в сагиттальной плоскости грудного отдела ($17,1^\circ$ против $17,6^\circ$ до операции; $p \leq 0,005$) и 51,4 % – во фронтальной плоскости ($22,1^\circ$ против 39° ; $p \leq 0,005$). При этом во фронтальной плоскости наблюдалась выраженная асимметрия: объем движения при наклоне в вогнутую (левую) сторону снизился

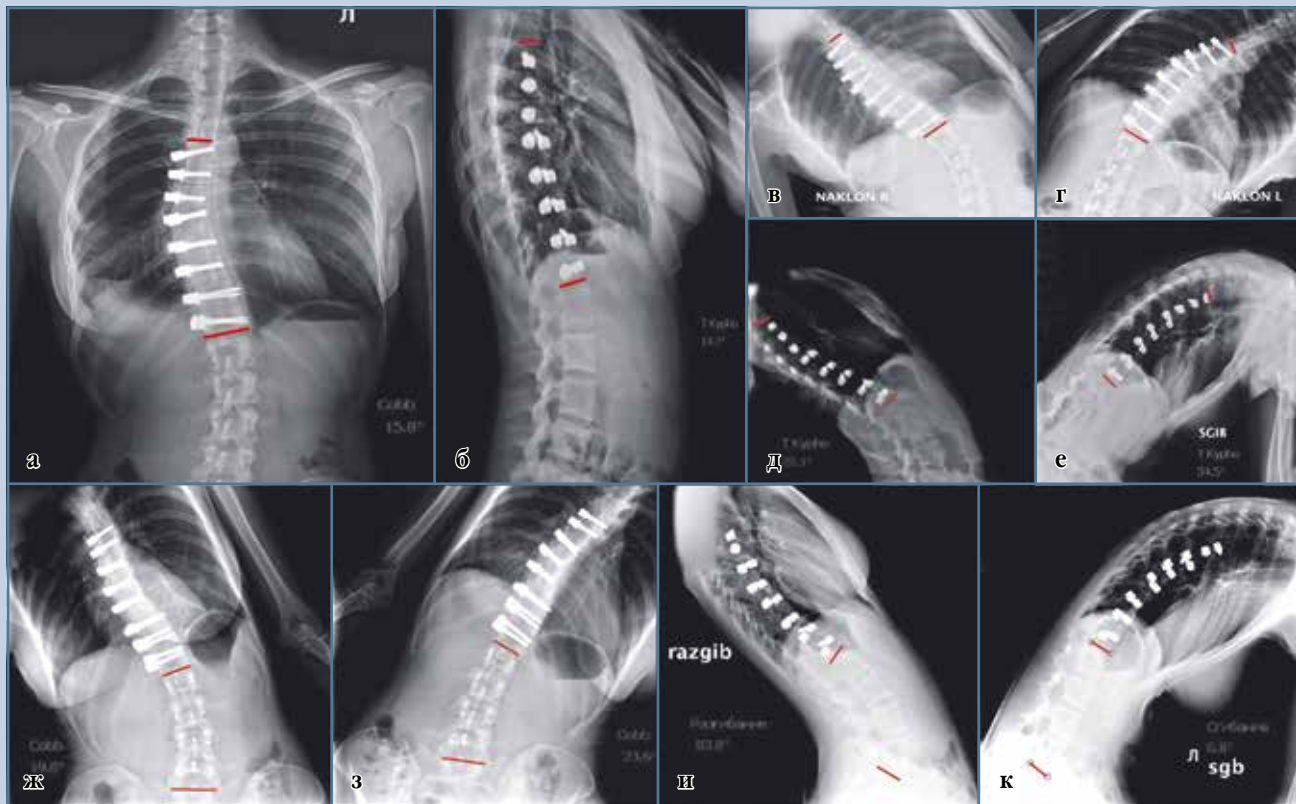


Рис. 5

Постуральные и функциональные рентгенограммы пациентки 27 лет через 2 года после коррекции грудного сколиоза динамической системой на уровне Th₅–Th₁₂ во фронтальной (а) и сагитальной (б) постуральных проекциях: угол в зоне фиксации – 15,8°, грудной кифоз – 14,7°; функциональные снимки зоны инструментальной фиксации: наклон в выпуклую сторону – 1,1° (в), наклон в вогнутую сторону – 32,9°, объем движений во фронтальной плоскости – 31,8° (г); разгибание – 22,1° (д), сгибание – 34,5° (е); объем движений в сагитальной плоскости – 12,4°; функциональные снимки поясничного отдела ниже зоны фиксации: наклон вправо – 19,8° (ж), наклон влево – 23,6° (з), объем движений во фронтальной плоскости – 3,8° (и); разгибание – 83,8°; сгибание – 6,8° (к); объем движений в сагитальной плоскости – 77,4°; общий функциональный объем движений грудного и поясничного отделов во фронтальной плоскости – 35,6°, в сагитальной плоскости – 89,8°

Таблица 1

Характеристика уровней фиксации в исследуемых группах

Группа	Проксимальный уровень фиксации	Дистальный уровень фиксации	Количество фиксированных уровней (медиана)	Наиболее частые уровни фиксации	Соотношение наиболее частых уровней фиксации
Вентральная динамическая система	Th ₅ – 70 % Th ₆ – 30 %	Th ₁₂ – 20 % L ₁ – 32 % L ₂ – 43 % L ₃ – 5 %	9	Th ₅ –Th ₁₂ Th ₆ –L ₁	70,0 % 30,0 %
Дорсальная ригидная система	Th ₃ – 100 %	Th ₁₂ – 25 % L ₁ – 41 % L ₂ – 45 % L ₃ – 5 %	11	Th ₃ –Th ₁₂ Th ₃ –L ₁ Th ₃ –L ₂ Th ₃ –L ₃	41,0 % 9,5 % 45,0 % 5,5 %

Таблица 2

Данные постуральных рентгенограмм пациентов с идиопатическим грудным сколиозом до операции, после операции и через два года

Показатель	До операции	После операции (динамическая система)	После операции (ригидная система)	Через 2 года (динамическая система)	Через 2 года (ригидная система)	p
Угол Cobb основной дуги, град.	38,1 ± 20,5	11,3 ± 8,6	10,2 ± 8,6	14,3 ± 10,3	11,4 ± 3,2	0,005
Угол Cobb противодуги, град.	14,3 ± 10,6	9,5 ± 4,6	5,2 ± 4,6	5,5 ± 2,6	5,2 ± 4,3	0,005
Угол кифоза, град.	18,3 ± 9,8	21,7 ± 9,6	22,1 ± 6,6	24,7 ± 9,2	22,3 ± 2,6	0,020

Таблица 3

Данные функциональных рентгенограмм пациентов с идиопатическим грудным сколиозом до операции и через два года

Показатель	До операции	Через 2 года (вентральная динамическая система)	Через 2 года (дорсальная ригидная система)	p
Наклон вправо основной дуги, град.	20,1 ± 8,1	19,6 ± 7,1	8,5 ± 5,1	≤0,005
Наклон влево основной дуги, град.	42,1 ± 19,9	35,2 ± 12	8,5 ± 5,1	≤0,003
Наклон вправо в противодуге, град.	30,1 ± 6,1	25,3 ± 15,1	15,5 ± 5,1	≤0,003
Наклон влево в противодуге, град.	30,2 ± 5,1	25,3 ± 16,1	15,1 ± 5,6	≤0,005
Фронтальный угол движения основной дуги, град.	39,0	22,1	0,0	≤0,005
Фронтальный угол движения поясничной дуги, град.	50,3	50,1	45,1	≤0,003
Общий фронтальный угол движения, град.	89,3	71,2	45,1	≤0,005
Сгибание в основной дуге, град.	32,8 ± 14,8	30,6 ± 14,6	19,5 ± 10,6	≤0,020
Разгибание в основной дуге, град.	15,2 ± 14,2	13,6 ± 12,6	19,5 ± 10,6	≤0,020
Сгибание в противодуге, град.	5,4 ± 5,2	6,2 ± 5,2	6,4 ± 5,2	≤0,003
Разгибание в противодуге, град.	75 ± 5,2	6,8 ± 5,2	65,0 ± 13,8	≤0,005
Сагиттальный угол движения в грудном отделе, град.	17,6	17,1	0,0	≤0,005
Сагиттальный угол движения в поясничном отделе, град.	69,6	61,8	58,6	≤0,005
Общий сагиттальный угол движения, град.	87,2	78,7	58,6	≤0,005

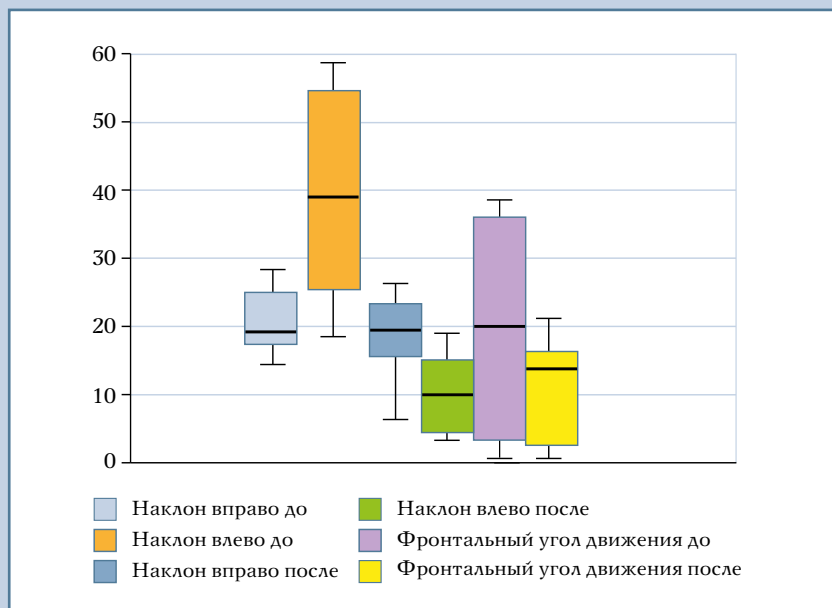
на 73 % (с $42,1^\circ \pm 19,9^\circ$ до $35,2^\circ \pm 12^\circ$; $p \leq 0,003$), тогда как при наклоне в выпуклую (правую) сторону – лишь на 11,4 % (с $20,1^\circ \pm 8,1^\circ$ до $19,6^\circ \pm 7,1^\circ$; $p \leq 0,005$). В группе с ригидной системой в инструментированном грудном отделе движения во фронтальной плоскости отсутствовали (0°), однако в нефиксированном поясничном отделе отмечалось сохранение части подвижности: фронтальный угол движений составил $45,1^\circ$ против $50,3^\circ$ до операции ($p \leq 0,003$), сагиттальный – $58,6^\circ$ против $69,6^\circ$ ($p \leq 0,005$). Суммарный ROM (грудной + поясничные отделы) во фронтальной плоскости достигал при динамической фиксации $71,2^\circ$, при ригидной – $45,1^\circ$ (против $89,3^\circ$ до операции, $p \leq 0,005$);

в сагиттальной плоскости показатели составили $78,7^\circ$ и $58,6^\circ$ соответственно (против $87,2^\circ$ до операции; $p \leq 0,005$). Отмечено сохранение движений в самой зоне фиксации при использовании динамической системы: в сагиттальной плоскости сгибание $30,6^\circ \pm 14,6^\circ$, разгибание – $13,6^\circ \pm 12,6^\circ$, тогда как в группе дорсальной ригидной стабилизации движения в инструментированных сегментах отсутствовали. Таким образом, при сравнении двух методов фиксации общий ROM всего позвоночника оказался достоверно выше в группе с динамической системой как во фронтальной ($71,2^\circ$ против $45,1^\circ$), так и в сагиттальной плоскости ($78,7^\circ$ против $58,6^\circ$). Статистическая значимость всех пред-

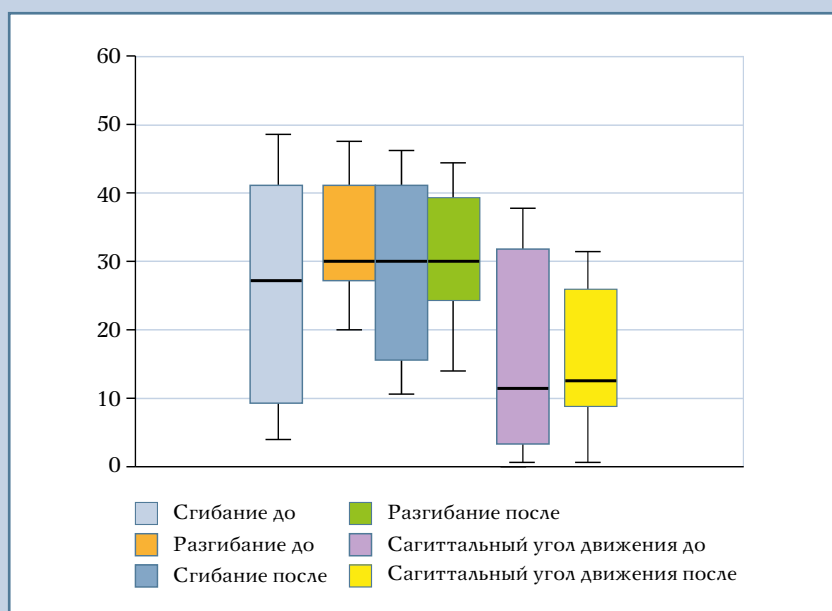
ставленных межгрупповых различий и динамики показателей подтверждена с использованием критерия Манна – Уитни при уровне значимости $p < 0,05$.

Обсуждение

По данным White и Panjabi [16, 17] известно, что грудной отдел позвоночника анатомически ограничен при трехмерном кинематическом анализе за счет вертикальной установки фасеток, близкого расположения остистых отростков, реберного каркаса, которые создают естественное ограничение. Общий диапазон движения грудного отдела Th₁–Th₁₂ варьирует от 34 до 90° при сгиба-

**Рис. 6**

Данные функциональных рентгенограмм во фронтальной проекции грудного отдела позвоночника до и после применения динамической системы фиксации: демонстрируется преимущество движений динамической системы во фронтальной плоскости

**Рис. 7**

Данные функциональных рентгенограмм в сагиттальной проекции грудного отдела позвоночника до и после применения динамической системы фиксации: демонстрируется преимущество движений динамической системы в сагиттальной плоскости

нии/разгибании, при боковых наклонах – от 94 до 164°, при осевом вращении – от 108 до 198° [18, 19]. В систематическом обзоре Borkowski et al. [20], в котором обобщены данные 33 исследований, посвященных подвижности грудного отдела на кадаверном материале, описаны и указаны меньшие средние значения: при сгибании/разгибании – 28°, при боковых наклонах – 38°, при осевой ротации – 45°.

Исследования, изучающие глобальный ROM у пациентов с идиопатическим грудопоясничным/поясничным сколиозом, показывают, что чем выше степень искривления, тем значительно снижается подвижность [21]. Анализ подвижности у неоперированных пациентов подтверждает эти функциональные ограничения, присущие самой деформации [22], при этом в выводах Sung et al. [23] показано, что снижение наиболее заметно при сгибательных и вращательных движениях.

Известно, что использование ригидных конструкций приводит к исключению функции движения в зоне фиксации с формированием костного блока [24]. К подобным результатам пришли Engsborg et al. [25], установив, что взрослые пациенты, уже перенесшие хирургию по поводу деформации позвоночника, демонстрировали значительное снижение подвижности туловища по сравнению с пациентами до операции.

Marks et al. [26, 27] последовательно изучали последствия спондилита при идиопатическом сколиозе подростков и показали, что в свободных сегментах значительно увеличивается компенсаторная подвижность, особенно в L₂–L₅ при боковых наклонах, что создает на них повышенную нагрузку. При этом гипермобильность не меняется с течением времени (наблюдение более 10 лет) и не коррелирует с субъективной оценкой качества жизни пациентов. Возвращение пациентов к повседневной жизни в среднем занимает 5,5 года [28].

В ответ на ограничения, связанные с ригидными системами, разработаны

конструкции с сохранением потенциала и модуляции роста [29], затем адаптированные для лечения пациентов с завершающимся либо завершенным ростом [30]. Первые исследования, оценивающие послеоперационную подвижность, крайне ограничены [13]. Известно, что рентгенологический снимок – стандартный способ оценки хирургического лечения [31], а функциональные снимки рутинно применяются до операции для оценки мобильности [31, 32], однако данных об оценке движения с помощью рентгенологических снимков недостаточно. Функциональная рентгенография для оценки движения в поясничном отделе позвоночника описывается в работе С.Х. Хаджимуратовой и соавт. [33].

В проспективном исследовании Vuzyuk et al. [34] оценивали объем движения позвоночника через 1 год после динамической коррекции растущего позвоночника у 32 пациентов подросткового возраста (от 10 до 16 лет) с идиопатическим грудным сколиозом, где также использовали функциональную рентгенографию (боковые наклоны, сгибание/разгибание), их результаты продемонстрировали сохранение движения, однако при боковых наклонах снижение во фронтальной плоскости более выраженное – на 77 % меньше дооперационных значений, у 62,5 % пациентов превышало 5°, а движение в боковой плоскости составило $21^\circ \pm 12^\circ$ ($33^\circ \pm 13^\circ$ при сгибании, $11^\circ \pm 14^\circ$ при разгибании).

В другом ретроспективном исследовании с использованием 3D-кинематического анализа показано, что через два года после операции пациенты с динамической системой сохраняют значительную часть подвижности туловища, особенно при разгибании и ротации, по сравнению с ригидной системой, при этом у пациентов с передним динамическим стяжением тел позвонков потеря движения наблюдалась

только при боковых наклонах [35]. Полученные в нашем исследовании данные предоставляют количественные рентгенологические доказательства сохранения сагиттального объема движения 92,0 % от исходного уровня, уменьшение фронтальной подвижности – на 48,6 % с асимметрией в вогнутую сторону на 73,0 %, в выпуклую – на 11,4 %, свидетельствуя о сохранении динамического корда в отдаленные сроки. Также стоит отметить, что достигнутая коррекция стабильна в отдаленных наблюдениях, а увеличение угла кифоза в зоне фиксации динамической системы имеет положительный эффект при восстановлении профиля позвоночника, имеющего тенденцию к формированию гипокифоза при данном типе деформации [36].

Выводы о перераспределении нагрузки в нефиксированных сегментах дополняют исследование Marks et al. [27], показавших, что подвижность неоперированных поясничных сегментов остается стабильной в долгосрочной перспективе и не меняется значительно при отдаленном наблюдении. В ходе анализа установлено, что обе хирургические методики приводят к статически значимому ($p \leq 0,005$) уменьшению угла поясничной противодуги. В группе с динамической системой угол снизился с $14,3^\circ \pm 10,6^\circ$ до $5,5^\circ \pm 2,6^\circ$ через два года (коррекция около 62 %), а в группе с ригидной конструкцией – до $5,2^\circ \pm 4,3^\circ$ (64 %). Этот результат согласуется с исследованием Lenke et al. [37], показавшим, что вентральная методика селективного грудного спондилодеза обеспечивает высокую коррекцию как грудной, так и поясничной дуг.

Roysse et al. [38] в качественном исследовании с использованием полуструктурированных интервью 40 пациентов через три года и более после динамической коррекции растущего позвоночника или заднего

спондилодеза по поводу идиопатического сколиоза выявили, что пациенты обеих групп отмечают облегчение боли, сохранение функции, улучшение внешности после хирургического лечения. Функциональные преимущества, отражающие качество жизни, выходят за пределы нашего исследования, данный вопрос требует дальнейшего изучения.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют, что обе методики обеспечивают сопоставимую и стабильную во времени коррекцию как основной грудной дуги (снижение угла Cobb на 73–75 %), так и поясничной противодуги (уменьшение угла с $14,3^\circ$ до $5,2$ – $5,5^\circ$, что составляет около 62 %). Динамическая система позволяет сохранить до 92 % сагиттального и 51 % фронтального объема движений в инструментированном отделе, при этом наблюдается характерная асимметрия, обусловленная продолжающимся корригирующим действием корда: сохранение 88,6 % подвижности при наклоне в сторону выпуклости против 27,0 % при наклоне в сторону вогнутости. Наряду с этим отмечается восстановление физиологического грудного кифоза (увеличение с $18,3^\circ$ до $24,7^\circ$). При ригидной фиксации происходит полная утрата подвижности в зоне фиксации при сохранении неизменного сагиттального профиля. Вследствие этого суммарный ROM всего позвоночника (грудной + поясничные отделы) при ригидной фиксации оказывается достоверно ниже, чем при динамической: $45,1^\circ$ против $71,2^\circ$ во фронтальной плоскости и $58,6^\circ$ против $78,7^\circ$ в сагиттальной плоскости ($p \leq 0,005$). Также необходимо изучение корреляции между остаточным объемом движений позвоночника и качеством жизни пациентов после селективной коррекции грудного сколиоза.

Литература/References

1. **Казьмин А.И., Кон И.И., Беленький В.Е.** Сколиоз. Москва, 1981. [Kazmin AI, Kon II, Belenkiy VE. *Scoliosis*. Moscow, 1981].
2. **Weinstein SL.** The natural history of adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 2019;39:S44–S46. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001350
3. **Ansari K, Singh M, McDermott JR, Gregorczyk JA, Balmaceno-Criss M, Daher M, McDonald CL, Diebo BG, Daniels AH.** Adolescent idiopathic scoliosis in adulthood. *EFORT Open Rev*. 2024;9:676–684. DOI: 10.1530/EOR-23-0162
4. **Пятакова Г.В., Виссарионов С.В.** Исследование качества жизни подростков с тяжелыми деформациями позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2009;(4):38–43. [Pyatakova GV, Vissarionov SV. Assessment of life quality in adolescents with severe spinal deformities. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2009;(4):38–43]. DOI: 10.14531/ss2009.4.38-43 EDN: KZGRID
5. **Дубоносов Ю.В., Мушкин А.Ю.** Использование анкеты-опросника в обследовании подростков при корсетном лечении сколиоза. *Хирургия позвоночника*. 2011;(1):26–32. [Dubonosov YuV, Mushkin AYU. Questionnaire-based examination of adolescents undergoing brace treatment of scoliosis. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2011;(1):26–32]. DOI: 10.14531/ss2011.1.26-32 EDN: NXAPFN
6. **Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, Blanke K.** Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. 2001;83:1169–1181.
7. **Lenke LG.** Lenke classification system of adolescent idiopathic scoliosis: treatment recommendations. *Instr Course Lect*. 2005;54:537–542.
8. **Zielke K.** [Ventral derotation spondylosis. Results of treatment of cases of idiopathic lumbar scoliosis (author's (author's transl)).] *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1982;120:320–329. In German. DOI: 10.1055/s-2008-1051620
9. **Patel PN, Upasani VV, Bastrom TP, Marks MC, Pawelek JB, Betz RR, Lenke LG, Newton PO.** Spontaneous lumbar curve correction in selective thoracic fusions of idiopathic scoliosis: a comparison of anterior and posterior approaches. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2008;33:1068–1073. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816f6404
10. **Колесов С.В., Переверзев В.С., Казьмин А.И., Морозова Н.С., Швец В.В., Распопов М.С., Багиров С.Б.** Можно ли считать вентральную динамическую коррекцию новым стандартом хирургического лечения идиопатического сколиоза у пациентов с завершённым и завершающимся ростом? Ретроспективный моноцентровой анализ отдалённых результатов. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Пруорова*. 2024;31(2):147–157. [Kolesov SV, Pereverzev VS, Kazmin AI, Morozova NS, Shvec VV, Raspopov MS, Bagirov SB. Can anterior dynamic correction be considered a new standard of surgical treatment for idiopathic scoliosis in patients with completed and terminating growth? Retrospective single-center analysis of long-term results. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(2):147–157]. DOI: 10.17816/vto617680 EDN: TICXGP
11. **Wang DH, Wu DN, Xin DQ, Shi Q, Wang WX, Xing WH, Yang HL.** Biomechanical analysis of adjacent segments after correction surgery for adult idiopathic scoliosis: a finite element analysis. *Sci Rep*. 2024;14:13181. DOI: 10.1038/s41598-024-63113-9
12. **Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А., Швец В.В., Кисель А.А., Ветрилэ М.С., Гусейнов В.Г.** Концепция оперативного лечения различных форм сколиоза с использованием современных технологий. *Хирургия позвоночника*. 2009;(4):21–30. [Vetrile ST, Kuleshov AA, Shvets VV, Kisel AA, Vetrile MS, Guseinov VG. The concept of surgical treatment of various forms of scoliosis using modern technologies. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2009;(4):21–30]. DOI: 10.14531/ss2009.4.21-30 EDN: KZGRHJ
13. **Crawford CH 3rd, Lenke LG.** Growth modulation by means of anterior tethering resulting in progressive correction of juvenile idiopathic scoliosis a case report. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92:202–209. DOI: 10.2106/JBJS.H.01728
14. **Alanay A, Yucekul A, Abul K, Ergene G, Senay S, Ay B, Cebeci BO, Yalinay Dikmen P, Zulemyan T, Yavuz Y, Yilgor C.** Thoracoscopic vertebral body tethering for adolescent idiopathic scoliosis: follow-up curve behavior according to Sanders skeletal maturity staging. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2020;45:E1483–E1492. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003643
15. **Maksimovic M, Beaudette SM, Livock H, Tice A, Jarvis J, Smit K, Graham RB.** The effect of vertebral body tethering on spine range of motion in adolescent idiopathic scoliosis: a pilot study. *Spine Deform*. 2023;11:123–131. DOI: 10.1007/s43390-022-00578-6
16. **White AA 3rd.** Analysis of the mechanics of the thoracic spine in man. An experimental study of autopsy specimens. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1969;127:1–105. DOI: 10.3109/ort.1969.40.suppl.127.01
17. **Panjabi MM, White AA 3rd.** Basic biomechanics of the spine. *Neurosurgery*. 1980;7:76–93. DOI: 10.1227/00006123-198007000-00014
18. **Fujimori T, Iwasaki M, Nagamoto Y, Matsuo Y, Ishii T, Sugiura T, Kashii M, Murase T, Sugamoto K, Yoshikawa H.** Kinematics of the thoracic spine in trunk lateral bending: in vivo three-dimensional analysis. *Spine J*. 2014;14:1991–1999. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.11.054
19. **Mannion AF, Knecht K, Balaban G, Dvorak J, Grob D.** A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. *Eur Spine J*. 2004;13:122–136. DOI: 10.1007/s00586-003-0618-8
20. **Borkowski SL, Tamrazian E, Bowen RE, Scaduto AA, Ebramzadeh E, Sangiorio SN.** Challenging the conventional standard for thoracic spine range of motion: a systematic review. *JBJS Rev*. 2016;4:e51–e511. DOI: 10.2106/JBJS.RVW.O.00048
21. **Eyvazov K, Samartzis D, Cheung JP.** The association of lumbar curve magnitude and spinal range of motion in adolescent idiopathic scoliosis: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18:51. DOI: 10.1186/s12891-017-1423-6
22. **Hoyek K, El Hayeck R, El Khoury C, Karam M, Asmar R, Rassam M, El Braidy P, Karam M, El Rachkidi R, Assi A.** Kinematic limitations in trunk movements in adolescent idiopathic scoliosis. *Gait Posture*. 2023;106, Suppl 1:S84. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2023.07.103
23. **Sung PS, Park MS.** Lumbar spine coordination during axial trunk rotation in adolescents with and without right thoracic idiopathic scoliosis. *Hum Mov Sci*. 2020;73:102680. DOI: 10.1016/j.humov.2020.102680
24. **Кулешов А.А., Ветрилэ С.Т., Лисянский И.Н., Ветрилэ М.С., Захарин П.Г., Гусейнов В.Г.** Комплексное оперативное лечение тяжелых сколиозов с применением элевационной торакопластики. *Хирургия позвоночника*. 2012;(2):37–43. [Kuleshov AA, Vetrile ST, Lisyanskiy IN, Vetrile MS, Zakharin RG, Guseynov VG. Multimodal surgical treatment of severe scoliosis using concave thoracoplasty. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2012;(2):37–43]. DOI: 10.14531/ss2012.2.37-43 EDN: OYSNAP
25. **Engsborg JR, Bridwell KH, Reitenbach AK, Urich ML, Baldus C, Blanke K, Lenke LG.** Preoperative gait comparisons between adults undergoing long spinal deformity fusion surgery (thoracic to L4, L5, or sacrum) and controls. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26:2020–2028. DOI: 10.1097/00007632-200109150-00016
26. **Marks M, Newton PO, Petcharaporn M, Bastrom TP, Shah S, Betz R, Lonner B, Miyanji F.** Postoperative segmental motion of the unfused spine distal to the fusion in 100 patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37:826–832. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31823b4eab

27. Marks MC, Bastrom TP, Petcharaporn M, Shah SA, Betz RR, Samdani A, Lonner B, Miyanji F, Newton PO. The effect of time and fusion length on motion of the unfused lumbar segments in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform.* 2015;3:549–553. DOI: 10.1016/j.jspd.2015.03.007
28. Fabricant PD, Admoni S, Green DW, Ipp LS, Widmann RF. Return to athletic activity after posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis: analysis of independent predictors. *J Pediatr Orthop.* 2012;32:259–265. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31824b285f
29. Wessell NM, Martus JE, Halanski MA, Snyder B, Truong W. What's new in pediatric spine growth modulation and implant technology for early-onset scoliosis? *J Pediatr Orthop.* 2018;38:e3–e13. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000830
30. Колесов С.В., Переверзев В.С., Пантелеев А.А., Швец В.В., Горбатюк 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. [Kolesov SV, Pereverzev VS, Panteleyev AA, Shvets VV, Gorbyatuk DS. The first experience of anterior dynamic correction of scoliosis in adolescents with complete growth and adults: surgical technique and immediate results. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2021;18(3):19–29]. DOI: 10.14531/ss2021.3.19-29 EDN: DBPVYY
31. White AA 3rd, Panjabi MM, Thomas CL. The clinical biomechanics of kyphotic deformities. *Clin Orthop Relat Res.* 1977;(128):8–17. DOI: 10.1097/000030866-197710000-00003
32. O'Neill CJ, Brennan SA, Quinn C, Brabazon D, Kiely PJ. Standardized traction versus side-bending radiographs in adolescent idiopathic scoliosis: a preliminary study. *J Pediatr Orthop B.* 2019;28:17–21. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000550
33. Хаджимуратова С.Х., Жарков П.Л. Варианты нормальной формы поясничного отдела позвоночника у мужчин и женщин. *Вестник Российского научного журнала рентгенодиагностики.* 2009;(9):9. [Khadzhimuratova SK, Zharkov PL. The normal variants of the men and women's lumbar spine. *Russian Journal of Radiology.* 2009;(9):9]. EDN: MCMGVB
34. Buyuk AF, Milbrandt TA, Mathew SE, Larson AN. Measurable thoracic motion remains at 1 year following anterior vertebral body tethering, with sagittal motion greater than coronal motion. *J Bone Joint Surg Am.* 2021;103:2299–2305. DOI: 10.2106/JBJS.20.01533
35. Pahys JM, Samdani AF, Hwang SW, Warshauer S, Gaughan JP, Chafetz RS. Trunk range of motion and patient outcomes after anterior vertebral body tethering versus posterior spinal fusion: comparison using computerized 3D motion capture technology. *J Bone Joint Surg Am.* 2022;104:1563–1572. DOI: 10.2106/JBJS.21.00992
36. Watanabe K, Nakamura T, Iwanami A, Hosogane N, Tsuji T, Ishii K, Nakamura M, Toyama Y, Chiba K, Matsumoto M. Vertebral derotation in adolescent idiopathic scoliosis causes hypokyphosis of the thoracic spine. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012;13:99. DOI 10.1186/1471-2474-13-99
37. Lenke IG, Betz RR, Bridwell KH, Harms J, Clements DH, Lowe TG. Spontaneous lumbar curve coronal correction after selective anterior or posterior thoracic fusion in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24:1663–1671; discussion 1672. DOI: 10.1097/00007632-199908150-00007
38. Roysse LA, Saporova D, Boeyer ME, Hoernschemeyer DG. How do patients perceive success and satisfaction after vertebral body tethering and fusion for adolescent idiopathic scoliosis? A qualitative study. *Clin Orthop Relat Res.* 2025;483:1124–1138. DOI: 10.1097/CORR.0000000000003373

Статья поступила в редакцию 28.01.2026

Рецензирование пройдено 08.04.2026

Подписано в печать 20.05.2026

Received 28.01.2026

Review completed 08.04.2026

Passed for printing 20.05.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. В.В. Швец – утверждение окончательного варианта статьи для публикации и существенный вклад в разработку концепции и дизайна исследования; А.И. Казьмин – утверждение окончательного варианта статьи для публикации и существенный вклад в разработку концепции, дизайна исследования, сбор, анализ и интерпретацию данных; М.С. Располов – сбор, анализ и интерпретация данных, написание текста статьи и ее редактирование; В.С. Переверзев – написание текста статьи и ее редактирование, существенный вклад в разработку концепции и дизайна исследования, сбор, анализ и интерпретация данных; И.Е. Домрачев – существенный вклад в разработку концепции и дизайна исследования, сбор, анализ и интерпретация данных; С.В. Колесов – существенный вклад в разработку концепции и дизайна исследования. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено советом по биомедицинской этике ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России (протокол № 1/23 от 28.12.2023).

Согласие на публикацию. Все участники добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Владимир Викторович Швец, д-р мед. наук; ORCID: 0000-0001-8884-2410; vshvetsv@yandex.ru

Аркадий Иванович Казьмин, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 4944-4173; ORCID: 0000-0003-2330-0172; KazminAI@cito-priorov.ru

✉ Михаил Сергеевич Располов; Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10; eLibrary SPIN: 1843-2864; ORCID: 0009-0005-9517-7347; mihail.rasplov74@mail.ru

Владимир Сергеевич Переверзев, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 8164-1389; ORCID: 0000-0002-6895-8288; vcperverz@gmail.com

Иван Евгеньевич Домрачев; eLibrary SPIN: 1367-3096; ORCID: 0009-0005-9014-3068; VaniaD97@yandex.ru

Сергей Васильевич Колесов, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 1989-6994; ORCID: 0000-0001-9657-8584; dr-kolesov@yandex.ru

Authors' Info

Vladimir Viktorovich Shvets, MD, Dr. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0001-8884-2410; vshvetcv@yandex.ru

Arkadii Ivanovich Kazmin, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 4944-4173; ORCID: 0000-0003-2330-0172; KazminAI@cito-priorov.ru

✉ Mikhail Sergeevich Raspopov; 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia; eLibrary SPIN: 1843-2864; ORCID: 0009-0005-9517-7347; mihail.raspopov74@mail.ru

Vladimir Sergeevich Pereverzev, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 8164-1389; ORCID: 0000-0002-6895-8288; vcpereverz@gmail.com

Ivan Evgenievich Domrachev; eLibrary SPIN: 1367-3096; ORCID: 0009-0005-9014-3068; VaniaD97@yandex.ru

Sergey Vasilyevich Kolesov, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 1989-6994; ORCID: 0000-0001-9657-8584; dr-kolesov@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Объявляет конкурсный прием

в ординатуру по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия»,
«анестезиология-реаниматология» и в аспирантуру по направлению «Клиническая
медицина» по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия»,
«анестезиология-реаниматология»

Контактная информация: niito@niito.ru

Тел.: 8 (383) 363-39-81