



РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ СКОЛИОЗА С РАННИМ НАЧАЛОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПА РАСТУЩИХ СИСТЕМ: АНАЛИЗ 10-ЛЕТНЕЙ МОНОЦЕНТРОВОЙ КОГОРТЫ

Ю.В. Молотков¹, С.О. Рябых^{2,3}, А.В. Евсюков¹, Д.М. Савин¹, Е.Ю. Филатов¹

¹Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии
им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

²Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии
им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Москва, Россия

³Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Оценка ранних и среднесрочных результатов хирургического лечения сколиозов с ранним началом с применением принципа растущих систем.

Материал и методы. Проведен ретроспективный анализ историй болезней 54 пациентов, в лечении которых использовали хирургические дистрагируемые металлоконструкции. Пациентов разделили на 4 этиологические группы: врожденный сколиоз ($n = 17$), системный ($n = 12$), идиопатический ($n = 16$), нейрогенный ($n = 9$). Соотношение мальчиков и девочек составило 11 : 43. Средний возраст начала лечения пациентов — 9,6 года, окончания — 13,2 года.

Результаты. Проведена оценка рентгенометрических показателей в процессе и после завершения лечения. Угол основной дуги деформации по Cobb перед началом лечения составил в среднем $56,1^\circ$, после первичной операции — $31,8^\circ$, после завершения лечения — $23,2^\circ$. Коррекция основной дуги деформации за весь период многоэтапного оперативного лечения — 57,8 %. Самый высокий показатель исходной величины деформации отмечен в группе нейромышечного сколиоза — $67,6^\circ$, самый низкий при врожденной патологии — $50,4^\circ$, в группах системного и идиопатического сколиоза показатели оказались очень близки: до операции $57,6^\circ$ — при идиопатическом и $53,4^\circ$ — при системном. По результатам этапного лечения в группе нейромышечного сколиоза величина остаточной кривизны основной дуги была самой низкой, а процент коррекции самым высоким — $18,9^\circ$ и 73,6 % против $24,5^\circ$ и 49,7 % в группе врожденного сколиоза. Результативность лечения с оценкой процента коррекции после финальной инструментации в группах идиопатического и системного сколиоза оказалась близка: 23,0° и 62,3 %; 28,5° и 51,5 % соответственно. Отмечены идентичные средние показатели угла основной дуги после финальной инструментации во всех четырех этиологических группах (в среднем $23,2^\circ$). Изменения показателей грудного кифоза и поясничного лордоза оказались незначительны. За время лечения проведено 22 внеплановых оперативных вмешательства у 15 пациентов.

Заключение. Данное исследование выявило ряд ключевых моментов, которые в перспективе могут помочь в формировании более четких алгоритмов помощи выбора оптимальной методики: нейрогенные сколиозы наиболее успешно поддаются коррекции растущими системами; врожденные сколиозы показывают менее выраженную коррекцию деформации и большее относительное количество осложнений на одного пациента при изолированном применении растущих систем, что требует осторожности при этапном оперативном лечении.

Ключевые слова: сколиоз, растущие системы, хирургическое лечение, дети, TGR, VEPTR.

Для цитирования: Молотков Ю.В., Рябых С.О., Евсюков А.В., Савин Д.М., Филатов Е.Ю. Результаты хирургического лечения сколиоза с ранним началом с применением принципа растущих систем: анализ 10-летней моноцентральной когорты // Хирургия позвоночника. 2024. Т. 21. № 2. С. 66–80.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.66-80>.

RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF EARLY-ONSET SCOLIOSIS USING GROWTH-FRIENDLY IMPLANTS: ANALYSIS OF A 10-YEAR MONOCENTRIC COHORT

Yu.V. Molotkov¹, S.O. Ryabykh^{2,3}, A.V. Evsyukov¹, D.M. Savin¹, E.Yu. Filatov¹

¹Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, Russia

²Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Moscow, Russia

³St. Petersburg University's N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, St. Petersburg, Russia

Objective. To evaluate early and medium-term results of surgical treatment of early-onset scoliosis using the principle of growth-friendly systems.

Material and Methods. A retrospective analysis of the medical records of 54 patients treated using surgical distractible metal implants was carried out. Patients were divided into 4 etiological groups: congenital ($n = 17$), systemic ($n = 12$), idiopathic ($n = 16$) and neurogenic

scoliosis (9). The boy/girl ratio was 11/43. The average age at which patients started treatment was 9.6 years, and at the end of treatment — 13.2 years.

Results. Radiometric parameters were assessed during and after completion of treatment. The Cobb angle of the main curve of deformity before treatment averaged 56.1°, after the primary operation — 31.8°, and after completion of treatment — 23.2°. Correction of the main deformity curve for the entire period of multi-stage surgical treatment was 57.8 %. The highest initial magnitude of deformity was noted in the group of neuromuscular scoliosis (67.6°), and the lowest in the group of congenital pathology (50.4°). In the groups of systemic and idiopathic scoliosis, the preoperative values were very close: 53.4° for systemic scoliosis and 57.6° for idiopathic scoliosis. According to the results of staged treatment in the neuromuscular scoliosis group, the residual curvature of the main curve was the lowest, and the percentage of its correction was the highest — 18.9° and 73.6 %, respectively, versus 24.5° and 49.7 % in the congenital scoliosis group. The effectiveness of treatment with an assessment of the percentage of correction after final instrumentation in groups of idiopathic and systemic scoliosis was close: 23.0° and 62.3 %, and 28.5° and 51.5 %, respectively. Identical average values of the main curve angle after final instrumentation were noted in all four etiological groups (on average, 23.2°). Changes in thoracic kyphosis and lumbar lordosis were insignificant. During the treatment, 22 unplanned surgical interventions were performed in 15 patients.

Conclusion. This study revealed a number of key points that in the future may help in the formation of clearer algorithms of selecting the most optimal technique: neurogenic scoliosis is most successfully corrected by growing systems, and congenital scoliosis shows less pronounced correction of deformity and a greater relative number of complications per patient with a single use of growing systems, which requires caution during staged surgical treatment.

Key Words: scoliosis, growth-friendly systems, surgical treatment, children, TGR, VEPTR.

Please cite this paper as: Molotkov YuV, Ryabykh SO, Evsyukov AV, Savin DM, Filatov EYu. Results of surgical treatment of early-onset scoliosis using growth-friendly implants: analysis of a 10-year monocentric cohort. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2024;21(2):66–80. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2024.2.66-80>.

В соответствии с определением, разработанным Growing Spine Study Group (GSSG), Chest Wall and Spine Deformity Study Group (CWSDSG) и Scoliosis Research Society (SRS), а также утвержденным Pediatric Orthopaedic Society of North America (POSNA), понятие «ранний сколиоз» или «сколиоз с ранним началом» (early-onset scoliosis) объединяет в себе широкий спектр деформаций позвоночника, возникающих у детей в возрасте до 10 лет, вне зависимости от этиологии [1].

В современной детской вертебрологии при лечении сколиотических деформаций в первую очередь отдают предпочтение консервативным методам, и лишь при их неэффективности встает вопрос о хирургическом лечении. При принятии решения об оперативной коррекции специалисты ориентируются на угол основной дуги деформации — более 40° по Cobb [2–4], прогрессирующий характер течения заболевания, степень торсии позвонков, мобильность основной и второстепенных дуг, а также выраженность клинических симптомов и косметического дефекта, вызывающих снижение качества жизни пациента. Несмотря на разнообразие описанных критериев, решение о выборе метода лечения принимается индивидуально.

При этом ключевым фактором выбора хирургической коррекции является знание хирургом коридора эффективности и структуры осложнений избранной технологии.

Базовым принципом хирургического лечения сколиоза у детей и подростков с использованием растущих систем является коррекция деформации позвоночника с сохранением потенциала роста [5].

Одним из наиболее распространенных методов является применение систем, удлиняющихся при помощи внешнего воздействия. Наиболее распространенными в России растущими хирургически дистрагируемыми системами являются традиционные конекторные системы Traditional Growing Rods (далее TGR) и модульные дистракторы Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib (далее VEPTR)

Цель исследования — оценка ранних и среднесрочных результатов хирургического лечения сколиозов с ранним началом с применением принципа растущих систем.

Материал и методы

Проведено когортное амбиспективное нерандомизированное исследование.

Селекция пациентов проведена в два этапа. Первый этап — ретроспективный обзор историй болезней пациентов, которым в НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова в 2012–2022 гг. выполняли заднюю инструментальную фиксацию позвоночника после курса реконструкции дистрагируемыми системами. На втором этапе отобрали 54 пациента со сколиозом с ранним началом (возраст младше 10 лет на момент возникновения сколиотической деформации), в лечении которых использовали принцип применения систем, удлиняющихся при помощи внешнего (хирургического) воздействия, с выполнением последующих этапных коррекций деформации — до констатации костной зрелости осевого скелета.

Критерии включения в исследование:

- пациенты со сколиозом с ранним началом любой этиологии (возраст младше 10 лет на момент возникновения сколиотической деформации);
- пациенты, в лечении которых применяли растущие системы фиксации позвоночника (TGR и/или VEPTR);
- пациенты, которым выполнен полный цикл хирургической коррекции растущими хирургически дистрагируемыми системами (первичная

коррекция → многоэтапная оперативная коррекция → завершающая задняя инструментальная транспедикулярная фиксация позвоночника многоопорной системой);

- все этапы хирургического лечения выполняли в НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова;
- период наблюдения после финальной фиксации – не менее 1 года.

Критерии исключения:

- пациенты, самовольно вышедшие из исследования (потерян контакт);
- пациенты, которым по различным причинам не выполняли финальную фиксацию.

Исследование получило одобрение этических комитетов учреждений в соответствии с рекомендациями Хельсинкской декларации [6].

Критерии оценки

Из общих сводных и демографических показателей когорты зафиксировали возраст, половую принадлежность, срок госпитализации, срок между оперативными вмешательствами, общее количество плановых и внеплановых вмешательств, количество и тяжесть неблагоприятных сценариев. Данные об осложнении

ях и неблагоприятных сценариях получали из медицинской документации. Инфекционные осложнения, нестабильность металлоконструкции (поломка стержня/винта/коннектора), неврологические осложнения представляли основной интерес среди прочих неблагоприятных сценариев и были оценены с использованием классификации Clavien – Dindo [7], которая широко распространена в современной научной литературе и валидизирована для хирургии деформаций позвоночника (рис. 1).

На всех этапах лечения пациентам выполняли рентгенологические обследования (рентген-телеметрия позвоночника в двух проекциях, вертикальная). Рентгенограммы оценивали три спинальных хирурга, имеющие опыт работы 3, 9 и 16 лет. Во фронтальной и сагиттальной плоскостях в программе Surgimar выполняли измерения следующих величин: (1) основной дуги деформации по Cobb; (2) краниальной и каудальной компенсаторных дуг (при их наличии); (3) грудного кифоза Th₁–Th₁₂; (4) поясничного лордоза L₁–L₅. На основе рентгенометрических дан-

ных подсчитали процент коррекции деформации в послеоперационном периоде (в том числе после каждого этапного вмешательства) и после завершения лечения. Кроме того, идентифицировали уровни фиксации позвоночника металлоконструкцией и тип установленной системы.

Статистическая обработка

Гипотезу о нормальном распределении данных проверяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Данные, которые характеризовались нормальным распределением, представлены в формате среднее ± среднеквадратичное отклонение (M ± sd), в противном случае – среднее/медиана (1; 3 квартиль; M/Me (Q1; Q3)). Сопоставление углов Cobb до лечения и после финальной коррекции производили с помощью двустороннего теста Стьюдента для зависимых выборок. За уровень статистической значимости принимали p = 0,05. Для иллюстрации результатов использовали диаграммы типа «ящик с усами», где представлены медиана, интерквартильный размах, наибольшее/наименьшее выборочное значение, находящееся в пределах рас-
стояния 1,5 значения интерквартильно-

Класс	Определение
I	Любое отклонение от нормального течения послеоперационного периода без необходимости медикаментозного лечения или хирургических, эндоскопических, радиологических вмешательств
II	Требующие лечения медикаментозными препаратами, помимо допускаемых для I класса осложнений, также включены переливание крови и общее парентеральное питание
III	Требующие хирургических, эндоскопических, радиологических вмешательств
IIIA	Вмешательства без общего обезболивания
IIIB	Вмешательства под общим обезболиванием
IV	Жизнеопасные осложнения (включая осложнения со стороны ЦНС)*, требующие лечения в отделениях интенсивной терапии/реанимации
IVA	Дисфункция одного органа (включая гемодиализ)
IVB	Полиорганная недостаточность
V	Смерть пациента
Суффикс «d»	Если у пациента были осложнения во время выписки (которые привели к инвалидности), суффикс «d» добавляется к соответствующему классу сложности

* Кровоизлияние в мозг, ишемический инсульт, субарахноидальное кровоизлияние, но исключая транзиторную ишемическую атаку.

Рис. 1
Непредвиденные сценарии и осложнения по классификации Clavien – Dindo [7]

го размаха, и выбросы. Обработку данных проводили с помощью программного обеспечения R версии 4.3.2 [8].

Результаты

Анализ общих сводных и демографических данных, результатов инструментальных и лабораторных обследований представлен в табл. 1.

Пациентов разделили на 4 этиологические группы: врожденный сколиоз, системный, идиопатический, нейрогенный.

Средний возраст начала хирургического лечения пациентов составил 9,6 ($\pm 2,66$) года, а окончания – 13,2 ($\pm 1,51$). Все пациенты предварительно наблюдались и получали курсовое консервативное лечение у ортопедов амбулаторно по месту жительства. Сколиоз у них впервые был замечен родителями и диагностирован врачом в раннем возрасте (до 10 лет), что полностью соответствует понятию «сколиоз с ранним началом» [1].

Все пациенты завершили лечение в период с 2015 по 2021 г. (рис. 2): более чем у половины пациентов срок наблюдения после завершения лечения составил более трех лет. Средний срок наблюдения – 4,8 ($\pm 1,87$) года.

На этом период этапных дистракций завершился и выполнялся «финальный спондилодез». Всем пациентам выполнили оперативное вмешательство, во время которого динамическую конструкцию заменили на ригидную, осуществляли максимально возможную коррекцию остаточной деформации, заднюю инструментальную транспедикулярную фиксацию позвоночника и задний спондилодез.

Среднее количество дистрагирующих этапов – 3,6 ($\pm 1,95$) за весь период лечения, а средний срок между операциями – 9,9 мес. для всех групп пациентов.

Металлоконструкции TGR и VEPTR в процессе лечения применяли в разных вариантах и комбинациях (табл. 2).

Показатель среднего количества плановых дистракций ($3,60 \pm 1,95$) за время лечения не продемонстрировал

Таблица 1

Сводные демографические данные пациентов исследуемой группы

Этиологические группы сколиоза	Пациенты, n	Пол (муж/жен), n	Средний возраст начала/завершения лечения, лет	Среднее количество плановых дистракций, n	Средний срок между операциями, мес.
Идиопатический	16	2/14	10,6/13,7	2,9	9,2
Нейромышечный	9	0/9	10,1/13,8	3,4	9,7
Врожденный	17	5/12	7,5/12,4	4,1	11,4
Системный	12	4/8	10,0/13,4	3,9	8,7
Итого	54	11/43	9,6/13,2	3,6	9,9

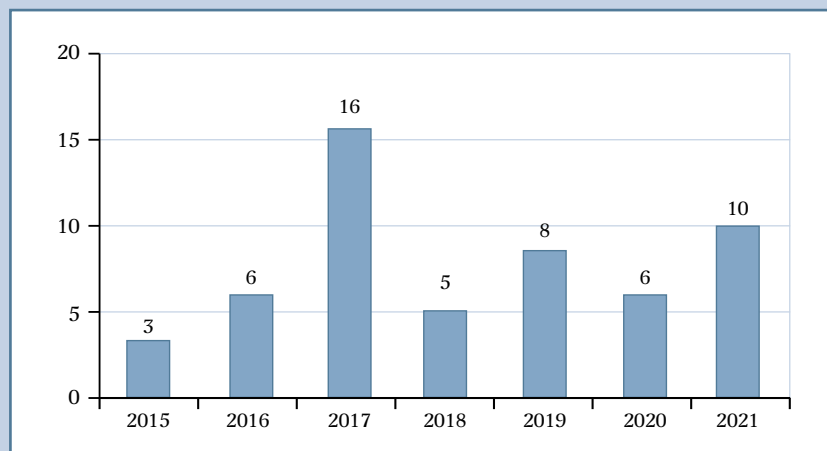


Рис. 2

Пациенты, завершившие многоэтапное лечение

значимой разницы между всеми четырьмя группами: в группе с идиопатическим сколиозом этот показатель составил $2,90 \pm 1,39$; с нейромышечным – $3,00 \pm 2,12$; с врожденным – $4,10 \pm 2,02$; с системным – $4,10 \pm 2,20$. Однако обращает на себя внимание более длительный период между оперативными вмешательствами в группе с врожденным сколиозом ($11,40 \pm 6,79$ мес.), в то время как в группах идиопатического, нейромышечного и системного этот срок составил соответственно $9,10 \pm 6,82$ мес., $9,31 \pm 3,32$ мес. и $8,50 \pm 3,36$ мес.

Срок госпитализации для установки первичной металлоконструкции составил $17,40 \pm 6,30$ дня в среднем по всем группам пациентов (табл. 3).

Перед началом и после завершения лечения часть пациентов проходили оценку качества жизни с использованием опросника SRS-22 (табл. 4). С учетом длительного периода наблюдения данные о результатах SRS-22 имеются не у всех пациентов. Были опрошены 25 пациентов (10 – с идиопатическим сколиозом, 3 – с нейромышечным, 7 – с врожденным, 5 – с системным).

Рентгенологические данные

Угол основной дуги деформации по Cobb перед началом лечения составил в среднем $56,0^\circ \pm 19,5^\circ$, после первичной операции – $28,9^\circ \pm 15,2^\circ$, а после завершения лечения – $23,6^\circ \pm 10,7^\circ$. Коррекция основной дуги деформации за весь период многоэтапного оперативного лечения в группе исследова-

Таблица 2

Использование систем фиксации в различных этиологических группах

Тип металлоконструкции	Этиологические группы сколиоза				Итого
	идиопатический	нейрогенный	врожденный	системный	
Монолатеральное применение TGR	9	1	9	3	22
Билатеральное применение TGR	9	8	7	9	33
Применение системы VEPTR в различных конфигурациях (ребро — позвоночник; ребро — ребро; ребро — таз)	2	—	6	—	8
Гибридное применение VEPTR + двойные монолатеральные TGR	—	—	1	—	1
Конверсия в процессе лечения с монолатеральной TGR системы на билатеральную	2	—	2	—	4
Конверсия с системы VEPTR на монолатеральную TGR-2	—	—	2	—	2

Таблица 3

Средний койкодень на этапах лечения

Этиологические группы сколиоза	Первичная операция	Плановая этапная дистракция	Внеплановое оперативное вмешательство	Финальная инструментация	Итого
Идиопатический	13,90 ± 4,40	7,30 ± 3,06	16,00 ± 8,48	15,50 ± 5,22	10,30 ± 5,22
Нейромышечный	18,70 ± 6,61	8,40 ± 2,57		23,90 ± 14,09	13,50 ± 9,46
Врожденный	23,00 ± 5,04	8,90 ± 4,16		17,90 ± 6,85	12,50 ± 7,40
Системный	16,40 ± 5,90	8,40 ± 3,36		14,80 ± 3,59	10,90 ± 5,13
Итого	17,40 ± 6,30	8,20 ± 3,50		17,50 ± 8,03	11,70 ± 6,86

Таблица 4

Средние значения оценки состояния пациентов со сколиозом по опроснику SRS-22

Домены	Срок	Этиологические группы сколиоза				Итого (n = 25)
		идиопатический (n = 10)	нейромышечный (n = 3)	врожденный (n = 7)	системный (n = 5)	
Боль	До лечения	3,10 ± 0,83	3,30 ± 0,57	3,60 ± 0,78	3,00 ± 0,70	3,20 ± 0,76
	После финальной инструментации	4,20 ± 0,98	4,30 ± 0,57	4,30 ± 0,75	4,20 ± 0,44	4,20 ± 0,76
Самовосприятие	До лечения	2,80 ± 0,98	2,30 ± 0,57	3,00 ± 0,57	3,00 ± 0,70	2,90 ± 0,78
	После финальной инструментации	4,00 ± 0,63	3,30 ± 0,57	4,00 ± 0,81	4,00 ± 1,00	3,90 ± 0,74
Функция	До лечения	3,60 ± 0,67	2,00 ± 1,00	2,80 ± 0,69	3,4 ± 0,54	3,20 ± 0,84
	После финальной инструментации	4,50 ± 0,63	2,30 ± 0,57	3,80 ± 0,69	4,00 ± 1,22	4,00 ± 0,97
Психическое состояние	До лечения	3,10 ± 1,04	2,60 ± 0,57	3,30 ± 0,95	3,60 ± 0,54	3,20 ± 0,89
	После финальной инструментации	4,00 ± 0,63	3,30 ± 0,57	4,40 ± 0,78	3,80 ± 0,83	4,00 ± 0,74
Удовлетворенность	До лечения	—	—	—	—	—
	После финальной инструментации	4,70 ± 0,46	4,00 ± 1,00	3,30 ± 0,75	4,60 ± 0,54	4,20 ± 0,86
Общее значение	До лечения	3,20 ± 0,59	2,60 ± 0,52	3,20 ± 0,37	3,20 ± 0,46	3,10 ± 0,52
	После финальной инструментации	4,30 ± 0,38	3,50 ± 0,23	4,00 ± 0,39	4,10 ± 0,22	4,00 ± 0,41

Таблица 5

Величина основной дуги сколиотической деформации по Cobb в группах пациентов со сколиозом, град.

Этиологические группы сколиоза	Перед началом лечения	После первичной операции	Перед финальной инструментацией	После финальной инструментации	Коррекция	Коррекция (среднее), %
Идиопатический	57,6 ± 17,5	28,7 ± 14,0	39,7 ± 16,2	23,0 ± 15,4	34,6 ± 13,8	62,3
Нейромышечный	67,6 ± 17,5	30,4 ± 15,1	30,7 ± 15,4	18,9 ± 12,2	48,7 ± 11,2	73,6
Врожденный	50,4 ± 18,4	37,1 ± 14,3	37,9 ± 17,1	24,5 ± 15,6	25,8 ± 17,5	49,7
Системный	53,4 ± 16,2	29,5 ± 20,2	37,9 ± 18,8	24,9 ± 18,0	28,5 ± 19,5	51,5
Итого	56,1 ± 18,0	31,8 ± 15,8	37,2 ± 16,6	23,2 ± 15,3	32,8 ± 17,5	57,8
Литературные данные (среднее)	71,6	41,2	Нет данных	40,8	30,8	42,1

ния составила $58,0 \pm 21,2$ %. Сводные числовые данные по этапам приведены в табл. 5.

Особый интерес представляют рентгенометрические данные в разрезе этиологических групп (рис. 3, 4).

Угол основной дуги деформации. Самый высокий показатель исходной величины деформации отмечен в группе нейромышечного сколиоза ($67,6^\circ \pm 17,5^\circ$), самый низкий – при врожденной патологии ($50,4^\circ \pm 18,4^\circ$). Угол основной дуги деформации при системном и идиопатическом сколиозах составил $53,4^\circ \pm 16,2^\circ$ и $57,6^\circ \pm 17,5^\circ$ соответственно. При этом по результатам этапного лечения в группе нейромышечного сколиоза величина остаточной кривизны основной дуги была самая низкая – $18,9^\circ \pm 12,2^\circ$. В остальных группах значения остаточной дуги деформации по Cobb после завершения лечения оказались схожи (табл. 5). Однако с учетом различий в средних значениях угла деформации перед началом лечения объем деформации, которую удалось скорректировать, оказался различным. В группе врожденного сколиоза и процентное, и числовое (в градусах по Cobb) значения коррекции основной дуги деформации оказались самыми низкими 49,9 % и $25,8^\circ \pm 17,5^\circ$, в то время как у пациентов с нейромышечным сколиозом эти значения оказались наиболее значительными – 73,6 % и $48,7^\circ \pm 11,2^\circ$. Рентгенометрические показатели коррекции дуги сколиотической дефор-

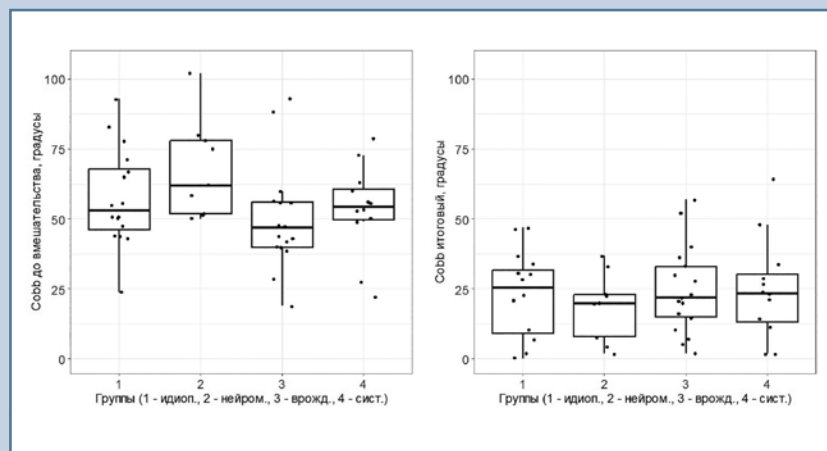


Рис. 3

Углы сколиотической деформации перед началом лечения (слева) и после итоговой инструментации (справа)

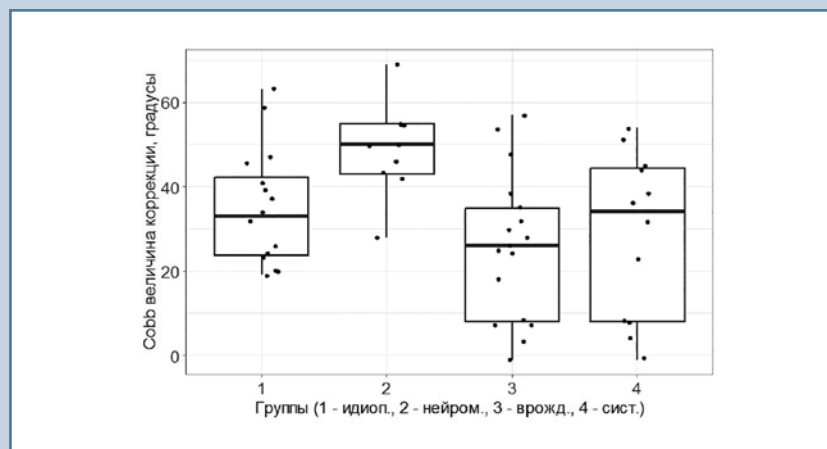


Рис. 4

Величина коррекции основной дуги деформации, град.

мации в группе идиопатического сколиоза по завершению лечения: 62,3 % и $34,6^\circ \pm 13,8^\circ$. У пациентов с системной патологией после финальной инструментальной коррекции составила 51,5 % и $28,5^\circ \pm 19,5^\circ$. Финальные изменения основной дуги сколиотической деформации по Cobb во всех группах пациентов были статистически значимы ($p < 0,0004$).

Изменения показателей грудного кифоза и поясничного лордоза

в процессе лечения оказались незначительны. Грудной кифоз составил $28,4^\circ/24,5^\circ$ ($16,2^\circ; 36,0^\circ$) до операции и $23,3^\circ/22,0^\circ$ ($15,0^\circ; 29,0^\circ$) после завершения лечения; поясничный лордоз – $38,9^\circ/37,0^\circ$ ($28,0^\circ; 44,5^\circ$) до начала лечения и $37,2^\circ/35,0^\circ$ ($28,8^\circ; 44,5^\circ$) – после финальной коррекции.

На рис. 5 представлены рентгенограммы типичного течения многоэтапного лечения сколиоза с применением растущей металлоконструкции. Паци-

ентка с диагнозом «системный прогрессирующий сколиоз тяжелой степени по James на фоне недифференцированной соединительно-тканной дисплазии». Получала лечение на базе НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова на протяжении трех лет (с 26.03.2018 г. по 25.01.2021 г.). За это время осуществили четыре плановых оперативных вмешательства с целью этапной дистракции позвоночника, после чего провели финальную коррекцию деформации и транспедикулярную заднюю инструментальную фиксацию позвоночника.

Клинический пример лечения пациентки И. с врожденным структурным сколиозом с применением растущей конструкции VEPTR представлен на рис. 6. Пациентка получала лечение на протяжении семи лет (с 14.01.2009 г. по 02.08.2016 г.), за это время провели шесть плановых оперативных вмешательств с целью этапной дистракции позвоночника, во время которых VEPTR заменили на моностеральную TGR-систему на последнем этапе по причине мальпозиции реберного захвата. Лечение завершили финальной коррекцией деформации и транспедикулярной билатеральной задней инструментальной фиксацией позвоночника.

Непредвиденные сценарии и осложнения

Всего провели 22 внеплановых оперативных вмешательства у 15 пациентов: 9 – пациентам с идиопатическим сколиозом, 2 – с нейромышечным, 9 – с врожденным, 2 – с системным. Четверем пациентам потребовались неоднократные внеплановые операции.

Кроме того, возникало множество непредвиденных сценариев, которые не требовали неотложного оперативного вмешательства, однако вынуждали корректировать процесс лечения в плановом порядке. Так, 26 причин непредвиденных сценариев были устранены в процессе плановых операций и не оказали существенного влияния на ход лечения (табл. 6).

Отметили 7 осложнений I степени, 6 – II, 55 – IIIВ. В исследуемой группе не было выявлено ни одного

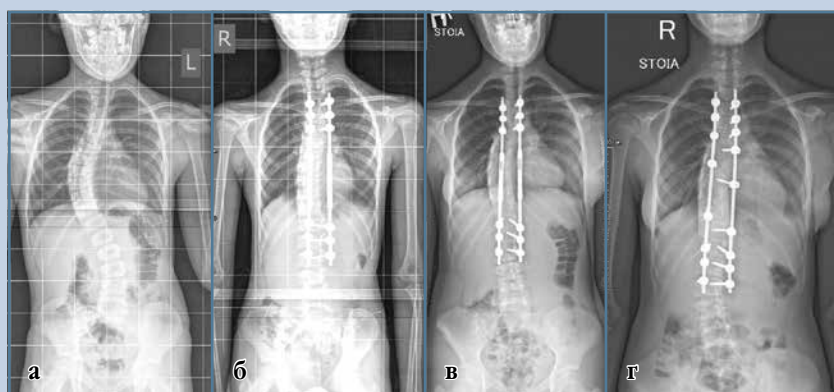


Рис. 5

Типичное течение многоэтапного лечения сколиоза с применением растущей металлоконструкции: **а** – перед началом лечения, пациентке 10 лет; **б** – после первичной установки растущей системы; **в** – перед финальным этапом лечения; **г** – после завершения лечения (финальной инструментации), пациентке 13 лет

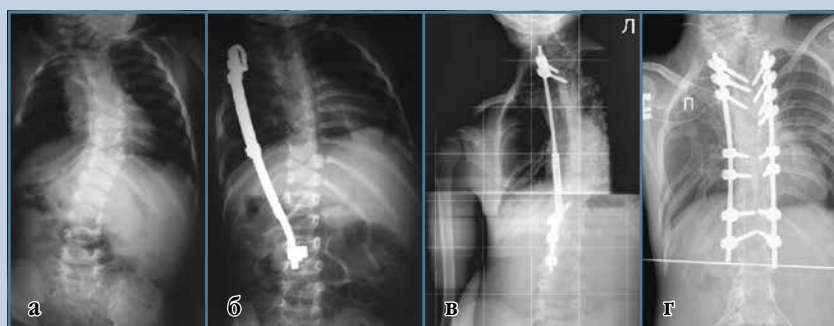


Рис. 6

Рентгенограммы пациентки И. с врожденным структурным сколиозом: **а** – перед началом многоэтапного оперативного лечения с применением VEPTR, пациентке 2 года; **б** – после установки первичной металлоконструкции – моностеральной системы VEPTR; **в** – перед установкой финальной ригидной металлоконструкции, после 6 плановых оперативных дистракций с заменой VEPTR на моностеральную TGR-систему на одном из этапов; **г** – после завершения лечения (финальной инструментации), пациентке 9 лет

Таблица 6

Распределение осложнений и непредвиденных сценариев (по Clavien — Dindo) по этиологическим группам, n

Степень по Clavien — Dindo	Этиологические группы сколиоза				Всего
	идиопатический	нейрогенный	врожденный	системный	
I	5	1	1	—	7
II	—	2	4	—	6
IIIA	—	—	—	—	—
IIIB	13	3	20	9	55
IV—V	—	—	—	—	—
Кол-во осложнений/ пациентов с осложнениями	18/10	6/4	25/11	9/6	68/31

осложнения, связанного с инфекцией и/или с замедленным заживлением операционной раны. Большинство (36) непредвиденных сценариев было связано либо с мальпозицией, либо с повреждением элементов металлоконструкции. Отмечено 7 эпизодов осложнений, связанных с нервной системой, включая 4 эпизода ликвореи, устраненных интраоперационно без последствий, и 3 эпизода временного неврологического дефицита, купированных в послеоперационном периоде без последствий. Выявили 11 эпизодов прогрессирования деформации за пределами зоны фиксации. Кроме того, зафиксирован 1 случай пневмоторакса, возникший в процессе установки подключичного венозного катетера и не повлиявший на результаты лечения. Пациентов, перенесших во время хирургического вмешательства кровопотерю более 1000 мл и/или требующих гемотрансфузии для коррекции послеоперационной постгеморрагической анемии, в группе исследования не было. Среднее количество осложнений составило 1,19 на 1 пациента. При этом самое высокое значение показателя выявлено в группе пациентов с врожденным сколиозом (1,47 на 1 пациента), а самое низкое в группе нейрогенного сколиоза (0,66 осложнения на 1 пациента). Для групп пациентов с системным и идиопатическим сколиозом это значение составило 0,75 и 1,25 осложнений на 1 пациента соответственно.

Обсуждение

Лечение сколиозов с ранним началом у детей и подростков представляет собой сложную комплексную задачу современной вертебрологии. Отсутствие лечения у таких пациентов приводит к значительному ухудшению качества жизни на фоне возникающих тяжелых кардиореспираторных нарушений, а также к повышенной смертности [9, 10]. При всей очевидности конечной цели лечения, а именно максимальной коррекции деформации позвоночника и достижения сбалансированного профиля туловища в трех плоскостях с минимальным количеством операций и без осложнений, важно учитывать уникальные аспекты лечения сколиоза у растущего организма. При планировании и прогнозировании результата лечения необходимо уделять внимание росту грудной клетки и учитывать созревание ткани легкого к 8 годам жизни [11, 12].

Существует множество вариантов применения растущих систем. Традиционная система модуляции роста, основанная на дистрагирующем усилении конструкции, была популяризирована Akbarnia et al. [2–4] и является общемировым стандартом лечения сколиоза с ранним началом. Широкая вариация типов опорных точек, крючки, субламинарная фиксация проволокой и лентами, транспедикулярные винты, а также различные типы коннекторов разных производителей создают огромное множество комбинаций, доступных для приме-

нения в странах с различными моделями организации здравоохранения. Несмотря на наличие убедительных доказательств того, что билатеральные растущие системы показывают лучшие результаты, в отличие от моностеральных, до сих пор ведутся споры об идеальной компоновке системы. На территории России наиболее широко используют различные вариации и комбинации систем TGR и VEPTR [13], так как другие варианты систем growth-friendly (Vertebral Body Stapling, Vertebral Body Tethering, Magnetically Controlled Growing Rods [14], Shilla Growth Guidance System, Modern Luque trolley и т.п.) не имеют регистрации в Российской Федерации, а доказательная база их эффективности значительно менее обширна и достоверна. Кроме того, имеется ряд новейших систем динамической фиксации, демонстрирующих стремление к снижению инвазивности операций и стоимости лечения. Одной из современных тенденций является применение принципа храпового механизма. Исследователи из разных стран предлагают различные варианты фиксаторов, позволяющих осуществлять дистракции либо вообще без оперативного вмешательства, либо при минимально-инвазивных плановых операциях. Примерами таких систем являются One-Way Self-Expanding Rod [15], Self-Adaptive Ratchet Growing Rod [16], ApiFix posterior dynamic deformity correction device [17], которые объединяет единый принцип использования коннектора

Таблица 7

Сводные демографические данные, представленные в современной литературе

TGR			VEPTR		
Пациенты, п	Пол (муж/жен), %	Средний возраст на момент начала лечения, лет	Пациенты, п	Пол (муж/жен), %	Средний возраст на момент начала лечения, лет
76,5	41,5/58,5	6,6	78,0	51,5/48,5	4,9

с храповым механизмом. Такой способ позволяет исключить или значительно снизить инвазивность плановых дистракций, что предположительно должно привести к снижению количества осложнений.

Кроме того, еще одна идея реализована в применении пружинных механизмов, обеспечивающих пассивное растягивающее усилие в системе, например, Spring distraction system [18].

Большинство этих систем еще проходят клиническую апробацию или введены в клиническую практику совсем недавно. Несмотря на многообещающие краткосрочные результаты такого лечения, небольшое количество пациентов и короткий follow-up не позволяют объективно оценить их надежность и эффективность. Имеется еще целый ряд новых «самодистрагируемых» систем, однако эти разработки в большинстве случаев находятся на стадии испытаний.

Мы ранее провели обширное исследование современных научных публикаций по теме эффективности применения систем growth-friendly в лечении раннего сколиоза [19]. Из более чем 800 статей по данной теме в соответствии с критериями PICOS [20] за последние 10 лет было отобрано и подробно проанализировано 38 современных научных публикаций [21–58]. На основании проведенного анализа литературы удалось получить достоверные данные для сравнения. Было обнаружено, что результаты данного исследования в некоторых аспектах заметно отличались от показателей, представленных в современной научной литературе. Соотношение полов демонстрирует явное преобладание девочек над мальчиками – 80/20 %, в отличие от литера-

турных данных, где это соотношение близко к 50 на 50 (41,5/58,5 % для TGR и 51,5/48,5 % для VEPTR). Средний возраст детей на момент начала лечения в нашем исследовании выше, чем средний возраст, представленный в литературе (6,6 года для TGR и 4,9 года для VEPTR), и составил 9,6 года (табл. 7). Поскольку сколиотическая деформация позвоночника – синдром, развивающийся на протяжении длительного времени, с момента, когда деформация позвоночника обнаруживается, и до того момента, когда она прогрессирует до состояния, требующего оперативной коррекции, проходит от нескольких месяцев до нескольких лет. За это время, как правило, в соответствии с принятым в современной вертебрологии подходом к лечению раннего сколиоза, амбулаторно пациенты получают курсовое консервативное лечение (в том числе корсетотерапию), призванное замедлить прогрессирование деформации позвоночника и грудной клетки [59]. В случае же, когда консервативный подход демонстрирует свою неэффективность, принимается решение о необходимости перехода к оперативной методике лечения. Оценить эту динамику и эффективность консервативного лечения специалист может лишь в разрезе довольно продолжительного времени, как правило, от полугода и больше. Кроме того, на территории Российской Федерации имеется ряд организационных (в том числе обусловленных географией) особенностей, что увеличивает время с момента постановки диагноза «ранний сколиоз» до первичной операции. Все эти факторы, вероятнее всего, и влияют на разницу в среднем возрасте на момент установки пер-

вичной металлоконструкции в нашем исследовании и данных в современной литературе.

Стоит отметить, что крайние значения этого показателя в нашем исследовании (начало лечения в 15 и завершение в 8 лет) – это единичные, уникальные случаи. Решение о нетипичном для такого возраста лечении принималось коллективом экспертов с учетом индивидуальных особенностей пациентов. Пациент Г., получавший этапное оперативное лечение с применением растущей TGR-конструкции в возрасте от 15 до 16 лет, помимо врожденной аномалии, имел недифференцированную генетическую патологию. Установить точный диагноз не удалось, несмотря на проведенную генетическую экспертизу. Эта патология обуславливала выраженное отставание в массе и росте тела ребенка и высокую мобильность дуги сколиотической деформации. По этой причине пациент на протяжении семи лет (с 8 до 15 лет) находился под амбулаторным наблюдением и получал консервативное лечение, включающее в том числе корсетотерапию. Основным препятствием к проведению операции в более раннем возрасте являлись чрезмерно низкий рост и масса тела пациента. Лишь к возрасту 15 лет вес и рост оказались сопоставимы с показателями нормального 8–10-летнего ребенка и приблизились к допустимым для оперативного вмешательства. Эти особенности и послужили аргументами в пользу выбора методики растущих систем, несмотря на возраст. Пациент перенес в сумме 3 операции: первичную установку металлоконструкции TGR, оперативное вмешательство с целью дистракции установленной металлоконструк-

ции, после чего провели коррекцию деформации и заднюю инструментальную транспедикулярную фиксацию позвоночника с удовлетворительным результатом.

Пациентка Е., которой растущая металлоконструкция была заменена на ригидную в возрасте 8 лет, имела врожденную патологию позвоночника высокой структурной сложности, из-за чего было принято решение изменить тактику лечения в пользу вертебротомии с короткой задней фиксацией. Отказ от дальнейшего использования растущей конструкции на тот момент представлялся верным решением, поскольку сразу после вертебротомии с короткой задней фиксацией коррекция основной дуги деформации выглядела весьма удовлетворительной. Однако сейчас, рассматривая этот клинический случай ретроспективно, такой подход однозначно представляется ошибочным, так как короткой фиксации оказалось недостаточно, чтобы предотвратить дальнейшее прогрессирование деформации. В результате этот подход показал неудовлетворительные отсроченные результаты, поскольку в последующие годы у пациентки возникали нежелательные сценарии в виде мальпозиции элементов металлоконструкции и прогрессирования деформации выше и ниже зоны фиксации. Это потребовало еще нескольких дополнительных операций, поэтому фактически полноценное хирургическое лечение завершилось с удовлетворительным результатом в возрасте 11 лет. Всего пациентка перенесла 9 оперативных вмешательств: первичную установку монолатеральной металлоконструкции VERPTR в возрасте 2 лет, 4 плановых этапных дистракции в возрасте с 2 до 6 лет, во время которых VERPTR был заменен на монолатеральную TGR-конструкцию, вертебротомию на вершине деформации с коррекцией деформации и короткой задней инструментальной фиксацией – в возрасте 8 лет. В период с 8 до 11 лет пациентка перенесла еще 3 незапланированных операции по перемонтажу и продлению металлоконструкции

с целью коррекции спродессированной деформации позвоночника.

Хотя эти пациенты попали в наше исследование в соответствии с критериями включения/исключения, важно отметить, что подобные случаи единичны и непоказательны, в целом они не влияют на средние значения в группе исследования.

Рентгенологические данные когорты в нашем исследовании также продемонстрировали расхождения с информацией, представленной в современных публикациях. Угол основной дуги деформации по Cobb перед началом лечения составил в среднем $56,1^\circ$, что меньше, чем в литературных данных – $71,6^\circ$. Вызывают интерес идентичные средние показатели угла основной дуги после первичной операции в группах идиопатического, нейромышечного и системного сколиозов ($28,7^\circ$; $30,4^\circ$; и $29,5^\circ$ соответственно), в то время как группа пациентов с врожденным сколиозом после первичной установки металлоконструкции имела более высокие значения остаточной дуги деформации ($37,1^\circ$). После первичной операции показатель остаточной основной дуги в среднем по всем группам составил $31,8^\circ$, а после завершения лечения – $23,2^\circ$, что также меньше, чем представлено в литературе ($41,2^\circ$ и $40,8^\circ$ соответственно). Коррекция основной дуги деформации после завершения лечения в представленном исследовании получилась больше, чем в мировой литературе – $57,8\%$ против $42,1\%$. Несмотря на расхождение в процентных показателях, количество градусов коррекции основной дуги оказалось сопоставимо – $32,8^\circ$ в нашем исследовании против $30,8^\circ$ в литературе. Исходя из этого, можно отметить, что в процентном соотношении в когорте пациентов данного исследования в среднем удалось достичь лучшего результата, чем представленный в мировой литературе, но при этом количество градусов, которое удалось скорректировать за время лечения, оказалось практически одинаковым и составило примерно 30° . Расхождение с литературными данными, веро-

ятно, можно объяснить моноцентровым характером нашего исследования.

Особый интерес представляет корреляция коррекции деформации и этиологии сколиоза. Наибольший показатель коррекции деформации в группе нейромышечного сколиоза можно объяснить высокой мобильностью дуг при данном типе деформации. При этом самые низкие показатели коррекции деформации продемонстрированы в группе врожденного сколиоза. Это обусловлено повышенной структурной сложностью данной патологии и сниженным потенциалом роста таких пациентов. Однако, кроме процентов коррекции деформаций, важно рассмотреть и абсолютные значения этого показателя. Таким образом, за все время лечения в группе пациентов с идиопатическим сколиозом удалось скорректировать в среднем $34,6^\circ$, с нейромышечным – $48,7^\circ$, врожденным – $25,8^\circ$, с системным – $28,5^\circ$. Исходя из этого отмечено, что при нейромышечном сколиозе потенциал коррекции заметно более выражен, чем в других группах, в то время как при врожденной патологии, наоборот, он оказался ощутимо ниже.

Изменения показателей грудного кифоза и поясничного лордоза в нашем исследовании и в литературных данных оказались незначительными. В представленном исследовании грудной кифоз составил $28,4^\circ$ до операции и $23,3^\circ$ после завершения лечения, поясничный лордоз – $38,9^\circ$ до начала лечения и $37,2^\circ$ – после финальной инструментальной фиксации. По данным литературы, грудной кифоз – $46,2^\circ$ до операции и $59,4^\circ$ после завершения лечения, а поясничный лордоз – $47,7^\circ$ до начала лечения и $50,1^\circ$ после финального хирургического вмешательства. Хотя числовые значения этих показателей по данным современных публикаций ощутимо выше, чем в нашем исследовании, динамика их изменения за время лечения одинаково минимальна во всех группах. В результате можно констатировать, что применение растущих систем не оказывает выраженного влияния

на сагиттальный баланс тела ребенка. Растущий организм, благодаря своей высокой адаптивности, успевает подстроиться и компенсировать отклонение сагиттального профиля в процессе роста без нарушения глобального баланса. Кроме того, установка ригидной металлоконструкции в конце лечения позволяет дополнительно скорректировать выявленные нарушения сагиттального профиля на уровне фиксации.

Таким образом, данное исследование позволило оценить ранние результаты лечения сколиозов у детей и подростков с использованием систем TGR и VEPTR и выявить ряд особенностей, возникавших в процессе их применения.

Биомеханика работы растущих стержней существенно отличается от ригидной металлоконструкции. Циклические нагрузки на менее жесткую мостовидную конструкцию растущих стержней в совокупности с меньшим размером стержней и винтов системы Ø4,5 при первичной имплантации увеличивают риск осложнений, связанных с повреждением и/или поломкой имплантата в процессе роста и увеличения веса ребенка. Также следует учитывать и достаточно высокую моторную активность детей. Это требует последовательного выполнения нескольких плановых хирургических процедур удлинения конструкции (в среднем 3,5 раза) с регулярной госпитализацией пациента и лиц, осуществляющих уход (родителей, опекунов, родственников и т.п.). Кроме того, необходим контроль эффективности коррекции основной дуги, наличия и прогрессирования вторичных дуг вне зоны фиксации, а также веса, роста и моторной активности. Это предопределяет высокий процент имплантозависимых осложнений и в данном исследовании, который составил 65 % от общего количества непредвиденных сценариев. В исследовании не отмечено возникновения или усугубления неврологической симптоматики, а транзиторные нарушения у 7 пациентов (13 % от общего количества непредвиденных сценариев)

не привели к долгосрочным негативным последствиям. Обращает на себя внимание довольно высокое (11) количество осложнений, связанных с прогрессированием деформации за пределами зоны фиксации (20 % от общего количества непредвиденных сценариев), что свидетельствует о высоком потенциале роста данной когорты пациентов и динамическом изменении биомеханических взаимоотношений, что можно скорректировать в процессе этапного лечения. Другой вариант развития этих осложнений (возможный некорректный выбор уровня установки металлоконструкции и/или неправильный выбор типа опорных точек) представляется маловероятным. Эти аспекты требуют дополнительного предоперационного планирования для корректного определения зоны инструментации и тщательного послеоперационного наблюдения с целью выявления закономерностей и дальнейшего изучения.

В данном исследовании врожденные сколиозы в силу большей ригидности продемонстрировали меньшие показатели коррекции деформации. Это подчеркивает целесообразность применения трехколонных корригирующих остеотомий позвоночника с последующей короткой задней инструментальной фиксацией для формирования локального костного блока в раннем возрасте без серьезного ущерба процессу осевого роста ребенка. Однако этот вопрос требует значительно более детального исследования с оценкой отдаленных результатов. Кроме того, в литературе имеются данные о том, что оптимальной представляется гибридная методика [60], совмещающая апикальную вертебротомию с короткой задней инструментальной фиксацией и одновременной установкой растущей TGR-системы. Такой подход позволяет добиться большей коррекции деформации позвоночника и снизить количество осложнений. Применение динамических систем в этой ситуации возможно при наличии противопоказаний к выполнению более агрессивной остеотомии позвоночника.

Заключение

Применение динамических, хирургически дистрагируемых растущих систем на данный момент не имеет единого стандарта. Широкий выбор вариантов и комплектаций растущих имплантатов, вкупе с большим количеством дополнительных факторов, связанных с этиологией, возрастом, тяжестью деформации, сочетанной и сопутствующей патологией у различных пациентов, значительно влияет на результаты лечения.

Данное исследование выявило ряд ключевых моментов, которые в перспективе могут помочь в формировании более четких алгоритмов помощи выбора оптимальной методики: нейрорегенные сколиозы успешнее поддаются коррекции растущими системами; врожденные сколиозы показывают менее выраженную коррекцию деформации и большее относительное количество осложнений на одного пациента при изолированном применении растущих систем, что требует настоятельности при этапном оперативном лечении.

Относительно высокое количество осложнений и незапланированных сценариев, большинство из которых вызвано проблемами с металлоконструкцией, указывает на необходимость в дальнейшем развитии и усовершенствовании как самих конструкций, так и методик и алгоритмов их применения.

Выбор в пользу той или иной методики зависит от большого количества факторов и должен проводиться строго в индивидуальном порядке на основе опыта и экспертного мнения. Разнородность каузогенных факторов предопределяет большой выбор критериев планирования и оценки, что значительно ограничивает возможность алгоритмизации и машинного анализа для обоснования протокола поддержки врачебных решений.

Ограничения исследования

Данное исследование имеет ряд ограничений, не позволяющих с полной уверенностью и достоверностью интерпретировать его результаты.

1. Малая выборка пациентов. Больше количество исследуемых боль-

ных позволит корректнее подсчитать демографические и рентгенометрические показатели.

2. Малый период наблюдения после завершающего этапа лечения. Более длительный минимальный период наблюдения после завершения лечения (5, 10 лет) позволит лучше понять и оценить сохраняемость достигнутого результата и динамику состояния пациентов.

3. Ограничение информации оценки качества жизни на этапах лечения. В вопросе оценки качества жизни

требуется регулярное исследование с использованием валидизированных опросников (SRS-22/24) на различных этапах лечения. Понимание персональных факторов, влияющих на качество жизни, позволит корректировать лечебный процесс, что может значительно повысить удовлетворенность пациента.

Благодарность

Особую благодарность выражаем Евгению Валерьевне Амелиной, канд. физ.-мат. наук, научному сотруднику лаборатории аналитики

поточных данных и машинного обучения Новосибирского государственного университета, за значительную помощь в статистической обработке данных нашего исследования.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальными этическими комитетами учреждений.

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

Литература/References

- Williams BA, Matsumoto H, McCalla DJ, Akbarnia BA, Blakemore LC, Betz RR, Flynn JM, Johnston CE, McCarthy RE, Roye DP Jr, Skaggs DL, Smith JT, Snyder BD, Sponseller PD, Sturm PF, Thompson GH, Yazici M, Vitale MG. Development and initial validation of the Classification of Early-Onset Scoliosis (C-EOS). J Bone Joint Surg Am. 2014;96:1359–1367. DOI: 10.2106/JBJS.M.00253.
- Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O, Thompson AG, Asher MA. Dual growing rod technique for the treatment of progressive early-onset scoliosis: a multicenter study. Spine. 2005;30(17 Suppl):S46–S57. DOI: 10.1097/01.brs.0000175190.08134.73.
- Akbarnia BA, Breakwell LM, Marks DS, McCarthy RE, Thompson AG, Canale SK, Kostial PN, Tambe A, Asher MA. Dual growing rod technique followed for three to eleven years until final fusion: the effect of frequency of lengthening. Spine. 2008;33:984–990. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816c8b4e.
- Akbarnia BA. Management themes in early onset scoliosis. J Bone Joint Surg Am. 2007;89 Suppl 1:42–54. DOI: 10.2106/JBJS.F.01256.
- Helenius IJ. Treatment strategies for early-onset scoliosis. EFORT Open Rev. 2018;3:287–293. DOI: 10.1302/2058-5241.3.170051.
- Tyebkhan G. Declaration of Helsinki: the ethical cornerstone of human clinical research. Indian J Dermatol Venereol Leprol. 2003;69:245–247.
- Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. Ann Surg. 2004;240:205–213. DOI: 10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae.
- R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Electronic resource]. Available at: <https://www.R-project.org/>
- Pehrsson K, Larsson S, Oden A, Nachemson A. Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms. Spine. 1992;17:1091–1096. DOI: 10.1097/00007632-199209000-00014.
- Guzek RH, Murphy R, Hardesty CK, Emans JB, Garg S, Smith JT, Roye BD, Glotzbecker MP, Sturm PF, Snyder BD, Poon SC, Poe-Kochert C, Anari JB. Mortality in early-onset scoliosis during the growth-friendly surgery era. J Pediatr Orthop. 2022;42:131–137. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001983.
- Campbell RM Jr, Smith MD, Mayes TC, Mangos JA, Willey-Courand DB, Kose N, Pinero RF, Alder ME, Duong HL, Surber JL. The characteristics of thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and scoliosis. J Bone Joint Surg Am. 2003;85:399–408. DOI: 10.2106/00004623-200303000-00001.
- Рябых С.О., Ульрих Э.В. Возможности коррекции односторонней гипоплазии грудной клетки при деформациях позвоночника у детей с большой потенциаль
- поста // Гений ортопедии. 2011. № 4. С. 44–48. [Riabykh SO, Ulrich EV. Possibilities of unilateral chest hypoplasia correction for the spine deformities in children with great growth potency. Genij Ortopedii. 2011;(4):44–48].
- Михайловский М.В., Суздалов В.А., Долотин Д.Н., Садовая Т.Н. Результаты многоэтапного хирургического лечения сколиозов I декады жизни с применением инструментария VEPTR. // Хирургия позвоночника. 2017. Т. 14. № 3. С. 8–14. [Mikhaylovskiy MV, Suzdalov VA, Dolotin DN, Sadovaya TN. Results of multi-stage surgical treatment of scoliosis in the first decade of life using VEPTR instrumentation. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2017;14(3): 8–14]. DOI: 10.14531/ss2017.3.8-14.
- Михайловский М.В., Альшевская А.А. Магнитно-контролируемые стержни в хирургии ранних сколиозов: обзор англоязычной литературы // Хирургия позвоночника. 2020. Т. 17. № 1. С. 25–41. [Mikhaylovskiy MV, Alshevskaya AA. Magnetically controlled growing rods in early onset scoliosis surgery: a review of English-language literature. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2020;17(1):25–41]. DOI: 10.14531/ss2020.1.25-41.
- Gaume M, Hajj R, Khouri N, Johnson MB, Miladi L. One-way self-expanding rod in neuromuscular scoliosis preliminary results of a prospective series of 21 patients. JB JS Open Access. 2021;6:e21.00089. DOI: 10.2106/JBJS.OA.21.00089.
- Chen ZX, Kaliya-Perumal AK, Niu CC, Wang JL, Lai PL. In vitro biomechanical validation of a self-adaptive ratchet growing rod construct for fusionless scoliosis correction. Spine. 2019;44:E1231–E1240. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003119.
- Floman Y, El-Hawary R, Millgram MA, Lonner BS, Betz RR. Surgical management of moderate adolescent idiopathic scoliosis with a fusionless posterior dynamic deformity correction device: interim results with bridging 5–6 disc levels at 2 or more years of follow-up. J Neurosurg Spine. 2020;32:748–754. DOI: 10.3171/2019.11.SPINE19827.
- Lemans JVC, Wijdicks SPJ, Castelein RM, Kruyt MC. Spring distraction system for dynamic growth guidance of early onset scoliosis: two-year prospective follow-up of 24 patients Spine J. 2021;21:671–681. DOI: 10.1016/j.spinee.2020.11.007.
- Молотков Ю.В., Рябых С.О., Филатов Е.Ю., Сергеев О.М., Хужаназаров И.Э., Энкулов Д.И. Эффективность применения растущих систем в лечении сколиозов с ранним началом: систематизированный обзор // Хирургия позвоночника. 2023. Т. 20. № 2. С. 6–20. [Molotkov YuV, Ryabykh SO, Filatov EYu, Sergeenkov OM, Khuzhanazarov IE, Eshkulov DI. The effectiveness of growth-friendly systems in the treatment of early onset scoliosis: a systematic review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2023;20(2):6–20]. DOI: 10.14531/ss2023.2.6-20.

20. **Methley AM, Campbell S, Chew-Graham C, McNally R, Cheraghi-Sohi S.** PICO, PICOS and SPIDER: a comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews. *BMC Health Serv Res.* 2014;14:579. DOI: 10.1186/s12913-014-0579-0.
21. **Xu L, Qiu Y, Chen Z, Shi B, Chen X, Li S, Du C, Zhu Z, Sun X.** A re-evaluation of the effects of dual growing rods on apical vertebral rotation in patients with early-onset scoliosis and a minimum of two lengthening procedures: a CT-based study. *J Neurosurg Pediatr.* 2018;22:306–312. DOI: 10.3171/2018.3.PEDS1832.
22. **Liang J, Li S, Xu D, Zhuang Q, Ren Z, Chen X, Gao N.** Risk factors for predicting complications associated with growing rod surgery for early-onset scoliosis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2015;136:15–19. DOI: 10.1016/j.clineuro.2015.05.026.
23. **Wijedicks SPJ, Tromp IN, Yazici M, Kempen DHR, Castelein RM, Kruyt MC.** A comparison of growth among growth-friendly systems for scoliosis: a systematic review. *Spine J.* 2019;19:789–799. DOI: 10.1016/j.spinee.2018.08.017.
24. **Helenius IJ, Saarinen AJ, White KK, McClung A, Yazici M, Garg S, Thompson GH, Johnston CE, Pahys JM, Vitale MG, Akbarnia BA, Sponseller PD.** Results of growth-friendly management of early-onset scoliosis in children with and without skeletal dysplasias: a matched comparison. *Bone Joint J.* 2019;101-B:1563–1569. DOI: 10.1302/0301-620X.101B12.BJJ-2019-0735.R1.
25. **Zarei M, Tavakoli M, Ghadimi E, Moharrami A, Nili A, Vafaei A, Zadeh SST, Baghdadi S.** Complications of dual growing rod with all- pedicle screw instrumentation in the treatment of early-onset scoliosis. *J Orthop Surg Res.* 2021;16:112. DOI: 10.1186/s13018-021-02267-y.
26. **Jiang H, Hai JJ, Yin P, Su Q, Zhu S, Pan A, Wang Y, Hai Y.** Traditional growing rod for early-onset scoliosis in high-altitude regions: a retrospective study. *J Orthop Surg Res.* 2021;16:483. DOI: 10.1186/s13018-021-02639-4.
27. **Wang S, Zhang J, Qiu G, Wang Y, Li S, Zhao Y, Shen J, Weng X.** Dual growing rods technique for congenital scoliosis: more than 2 years outcomes: preliminary result of a single center. *Spine.* 2012;37:E1639–1644. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318273d6bf.
28. **Jain VV, Berry CA, Crawford AH, Emans JB, Sponseller PD.** Growing rods are an effective fusionless method of controlling early-onset scoliosis associated with neurofibromatosis type 1 (NF1): a multicenter retrospective case series. *J Pediatr Orthop.* 2017;37:e612–e618. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000963.
29. **Chen Z, Qiu Y, Zhu Z, Li S, Chen X, Sun X.** How does hyperkyphotic early-onset scoliosis respond to growing rod treatment? *J Pediatr Orthop.* 2017;37:e593–e598. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000905.
30. **Arandi NR, Pawelek JB, Kabirian N, Thompson GH, Emans JB, Flynn JM, Dormans JP, Akbarnia BA.** Do thoracolumbar/lumbar curves respond differently to growing rod surgery compared with thoracic curves? *Spine Deform.* 2014;2:475–480. DOI: 10.1016/j.jspd.2014.04.002.
31. **Luhmann SJ, Smith JC, McClung A, McCullough FL, McCarthy RE, Thompson GH.** Radiographic outcomes of Shilla Growth Guidance System and traditional growing rods through definitive treatment. *Spine Deform.* 2017;5:277–282. DOI: 10.1016/j.jspd.2017.01.011.
32. **Jayaswal A, Kandwal P, Goswami A, Vijayaraghavan G, Jariyal A, Upendra BN, Gupta A.** Early onset scoliosis with intraspinal anomalies: management with growing rod. *Eur Spine J.* 2016;25:3301–3307. DOI: 10.1007/s00586-016-4566-5.
33. **Chiba T, Inami S, Moridaira H, Takeuchi D, Sorimachi T, Ueda H, Ohe M, Aoki H, Iimura T, Nohara Y, Taneichi H.** Growing rod technique with prior foundation surgery and sublaminar taping for early-onset scoliosis. *J Neurosurg Spine.* 2020;33:607–612. DOI: 10.3171/2020.4.SPINE2036.
34. **Bouthors C, Dukan R, Glorion C, Miladi L.** Outcomes of growing rods in a series of early-onset scoliosis patients with neurofibromatosis type 1. *J Neurosurg Spine.* 2020;33:373–380. DOI: 10.3171/2020.2.SPINE191308.
35. **Chen Z, Li S, Qiu Y, Zhu Z, Chen X, Xu L, Sun X.** Evolution of the postoperative sagittal spinal profile in early-onset scoliosis: is there a difference between rib-based and spine-based growth-friendly instrumentation? *J Neurosurg Pediatr.* 2017;20:561–566. DOI: 10.3171/2017.7.PEDS17233.
36. **Yang B, Xu L, Qiu Y, Wang M, Du C, Wang B, Zhu Z, Sun X.** Mismatch between proximal rod contour angle and proximal junctional angle: a risk factor associated with proximal junctional kyphosis after growing rods treatment for early-onset scoliosis. Preprint. 2020. DOI: 10.21203/rs.3.rs-129851/v1.
37. **Yehia MA, Soliman HAG, Sayed AM.** Dual growing rod technique for the treatment of early-onset scoliosis. *Life Sci J.* 2020;17:58–64. DOI:10.7537/marslsj170220.09.
38. **Helenius IJ, Oksanen HM, McClung A, Pawelek JB, Yazici M, Sponseller PD, Emans JB, Sanchez Perez-Grueso FJ, Thompson GH, Johnston C, Shah SA, Akbarnia BA.** Outcomes of growing rod surgery for severe compared with moderate early-onset scoliosis: a matched comparative study. *Bone Joint J.* 2018;100-B:772–779. DOI: 10.1302/0301-620X.100B6.BJJ-2017-1490.R1.
39. **Chang WC, Hsu KH, Feng CK.** Pulmonary function and health-related quality of life in patients with early onset scoliosis after repeated traditional growing rod procedures. *J Child Orthop.* 2021;15:451–457. DOI: 10.1302/1863- 2548.15.210021.
40. **Bachabi M, McClung A, Pawelek JB, El Hawary R, Thompson GH, Smith JT, Vitale MG, Akbarnia BA, Sponseller PD.** Idiopathic early-onset scoliosis: growing rods versus vertically expandable prosthetic titanium ribs at 5-year follow-up. *J Pediatr Orthop.* 2020;40:142–148. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001202.
41. **Klyce W, Mitchell SL, Pawelek J, Skaggs DL, Sanders JO, Shah SA, McCarthy RE, Luhmann SJ, Sturm PF, Flynn JM, Smith JT, Akbarnia BA, Sponseller PD.** Characterizing use of growth-friendly implants for early-onset scoliosis: a 10-year update. *J Pediatr Orthop.* 2020;40:e740–e746. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001594.
42. **Cobanoglu M, Yorgova P, Neiss G, Pawelek JB, Thompson GH, Skaggs DL, Jain VV, Akbarnia BA, Shah SA.** Prevalence of junctional kyphosis in early onset scoliosis: can it be corrected at final fusion? *Eur Spine J.* 2021;30:3563–3569. DOI: 10.1007/s00586-021-06968-0.
43. **Paloski MD, Sponseller PD, Akbarnia BA, Thompson GH, Skaggs DL, Pawelek JB, Nguyen PT, Odum SM.** Is there an optimal time to distract dual growing rods? *Spine Deform.* 2014;2:467–470. DOI: 10.1016/j.jspd.2014.08.002.
44. **Upasani VV, Parvareh KC, Pawelek JB, Miller PE, Thompson GH, Skaggs DL, Emans JB, Glotzbecker MP.** Age at initiation and deformity magnitude influence complication rates of surgical treatment with traditional growing rods in early-onset scoliosis. *Spine Deform.* 2016;4:344–350. DOI: 10.1016/j.jspd.2016.04.002.
45. **Larson AN, Baky EJ, St Hilaire T, Pawelek J, Skaggs DL, Emans JB, Pahys JM.** Spine deformity with fused ribs treated with proximal rib- versus spine-based growing constructs. *Spine Deform.* 2019;7:152–157. DOI: 10.1016/j.jspd.2018.05.011.
46. **Matsumoto H, Fields MW, Royce BD, Royce DP, Skaggs D, Akbarnia BA, Vitale MG.** Complications in the treatment of EOS: Is there a difference between rib vs. spine based proximal anchors? *Spine Deform.* 2021;9:247–253. DOI: 10.1007/s43390-020-00200-7.
47. **Waldhausen JHT, Redding G, White K, Song K.** Complications in using the vertical expandable prosthetic titanium rib (VEPTR) in children. *J Pediatr Surg.* 2016;51:1747–1750. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2016.06.014.
48. **Peiro-Garcia A, Bourget-Murray J, Suarez-Lorenzo I, Ferri-De-Barros F, Parsons D.** Early complications in vertical expandable prosthetic titanium rib and magnetically controlled growing rods to manage early onset scoliosis. *Int J Spine Surg.* 2021;15:368–375. DOI: 10.14444/8048.
49. **Upasani VV, Miller PE, Emans JB, Smith JT, Betz RR, Flynn JM, Glotzbecker MP.** VEPTR implantation after age 3 is associated with similar radiographic outcomes with fewer complications. *J Pediatr Orthop.* 2016;36:219–225. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000431.

50. El-Hawary R, Samdani A, Wade J, Smith M, Heflin JA, Klatt JW, Vitale MG, Smith JT. Rib-based distraction surgery maintains total spine growth. J Pediatr Orthop. 2016;36:841–846. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000567.
51. El-Hawary R, Kadhim M, Vitale M, Smith J, Samdani A, Flynn JM. VEPTR implantation to treat children with early-onset scoliosis without rib abnormalities: early results from a prospective multicenter study. J Pediatr Orthop. 2017;37:e599–e605. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000943.
52. Studer D, Buchler P, Hasler CC. Radiographic outcome and complication rate of 34 graduates after treatment with vertical expandable prosthetic titanium rib (VEPTR): a single centre report. J Pediatr Orthop. 2019;39:e731–e736. DOI: 10.1097/BPO.000000000000133.
53. Qiu C, Lott C, Agaba P, Cahill PJ, Anari JB. Lengthening less than 7 months leads to greater spinal height gain with rib-based distraction. J Pediatr Orthop. 2020;40:e747–e752. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001625.
54. Heflin JA, Cleveland A, Ford SD, Morgan JV, Smith JT. Use of rib-based distraction in the treatment of early-onset scoliosis associated with neurofibromatosis type 1 in the young child. Spine Deform. 2015;3:239–245. DOI: 10.1016/j.jspd.2014.10.003.
55. Saarinen AJ. Safety and Quality of Surgical Treatment of Early Onset Scoliosis. Doctoral Dissertation, University of Turku, 2022.
56. Luhmann SJ, McCarthy RE. A comparison of Shilla Growth Guidance System and growing rods in the treatment of spinal deformity in children less than 10 years of age. J Pediatr Orthop. 2017;37:e567–e574. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000751.
57. McCarthy RE, McCullough FL. Shilla Growth Guidance for early-onset scoliosis results after a minimum of five years of follow-up. J Bone Joint Surg Am. 2015;97:1578–1584. DOI: 10.2106/JBJS.N.01083.
58. Nazareth A, Skaggs DL, Illingworth KD, Parent S, Shah SA, Sanders JO, Andras LM. Growth guidance constructs with apical fusion and sliding pedicle screws (SHILLA) results in approximately 1/3rd of normal T1–S1 growth. Spine Deform. 2020;8:531–535. DOI: 10.1007/s43390-020-00076-7.
59. Hardesty CK, Huang RP, El-Hawary R, Samdani A, Hermida PB, Bas T, Balioglu MB, Gurd D, Pawelek J, McCarthy R, Zhu F, Luhmann S. Early-onset scoliosis: updated treatment techniques and results. Spine Deform. 2018;6:467–472. DOI: 10.1016/j.jspd.2017.12.012.
60. Wang S, Zhao Y, Yang Y, Lin G, Shen J, Zhao Y, Wu N, Zhuang Q, Du Y, Zhang J. Hybrid technique versus traditional dual growing rod technique to treat congenital early-onset scoliosis: a comparative study with more than 3 years of follow-up. J Neurosurg Spine. 2022;38:199–207. DOI: 10.3171/2022.8.SPINE22618.

Адрес для переписки:

Молотков Юрий Витальевич
 640014, Россия, Курган, ул. М. Ульяновой, 6,
 Национальный медицинский исследовательский центр
 травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова,
 m.d.molotkov@gmail.com

Address correspondence to:

Molotkov Yuri Vitalyevich
 Russian Ilizarov Scientific Center
 for Restorative Traumatology and Orthopaedics,
 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia,
 m.d.molotkov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 21.02.2024

Рецензирование пройдено 04.04.2024

Подписано в печать 18.04.2024

Received 21.02.2024

Review completed 04.04.2024

Passed for printing 18.04.2024

Юрий Витальевич Молотков, травматолог-ортопед, аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0003-3615-2527, m.d.molotkov@gmail.com;

Сергей Олегович Рябых, д-р мед. наук, заместитель директора по научной работе, руководитель отдела травматологии и ортопедии Научно-исследовательского клинического института педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Россия, 125412, Москва, ул. Талдомская, 2; травматолог-ортопед, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета, 190103, Россия, Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, 154, ORCID: 0000-0002-8293-0521, rso_@mail.ru;

Алексей Владимирович Евсюков, канд. мед. наук, нейрохирург, руководитель клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0001-8583-0270, alexevsukov@mail.ru;

Дмитрий Михайлович Савин, канд. мед. наук, травматолог-ортопед, заведующий травматолого-ортопедическим отделением № 9 клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0002-4395-2103, savindm81@mail.ru;

Егор Юрьевич Филатов, канд. мед. наук, травматолог-ортопед, заведующий операционным блоком, младший научный сотрудник научной лаборатории клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0002-3390-807X, filatov@ro.ru.

Yuri Vitalyevich Molotkov, orthopedic surgery fellow, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0003-3615-2527, m.d.molotkov@gmail.com;

Sergey Olegovich Ryabykh, DMSc, orthopedic surgeon, Deputy Director for Science, Head of the Department of Traumatology and Orthopaedics, Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery of the Pirogov Russian National Research Medical University, 2 Taldomskaya str., Moscow, 125412, Russia; traumatologist-orthopedist, St. Petersburg University's Pirogov Clinic of High Medical Technologies, 154 Fontanka River Embankment, St. Petersburg, 190103, Russia, ORCID: 0000-0002-8293-0521, rso_@mail.ru;

Alexey Vladimirovich Evsyukov, MD, PhD, neurosurgeon, Head of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0001-8583-0270, alexevsukov@mail.ru;
Dmitry Mikhailovich Savin, MD, PhD, traumatologist-orthopedist, Head of traumatologic-orthopedic department No. 9 of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0002-4395-2103, savindm81@mail.ru;
Egor Yuryevich Filatov, MD, PhD, orthopedic surgeon, Head of the Operating Unit, junior researcher of Scientific Laboratory of the Clinic of Spine Pathology and Rare Diseases, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0002-3390-807X, filatov@ro.ru.

**Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна
проводит индивидуальное тематическое обучение на рабочем месте
в виде краткосрочных курсов повышения квалификации
по следующим циклам:**

1. Эндопротезирование и эндоскопическая хирургия суставов конечностей (80 ч).
2. Современная диагностика, консервативное и хирургическое лечение деформаций позвоночника детского возраста (144 ч).
3. Хирургия заболеваний и повреждений позвоночника (144 ч).
4. Дегенеративные заболевания позвоночника (80 ч).
5. Артроскопия плечевого сустава (80 ч).

**Занятия проводятся по мере поступления заявок.
После прохождения курсов выдается свидетельство о повышении квалификации.**

E-mail: niito@niito.ru

Тел.: 8 (383) 363-39-81