



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТУЩИХ СИСТЕМ В ЛЕЧЕНИИ СКОЛИОЗОВ С РАННИМ НАЧАЛОМ: СИСТЕМАТИЗИРОВАННЫЙ ОБЗОР

Ю.В. Молотков¹, С.О. Рябых^{2, 3}, Е.Ю. Филатов¹, О.М. Сергеев¹, И.Э. Хужаназаров^{4, 5}, Д.И. Эшкулов⁵

¹Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии

им. акад. Г.А. Илизарова, Курган, Россия

²Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

⁴Ташкентская медицинская академия, Ташкент, Узбекистан

⁵Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр
травматологии и ортопедии, Ташкент, Узбекистан

Цель исследования. Систематизированный анализ литературы с оценкой эффективности применения растущих систем в лечении сколиоза с ранним началом.

Материал и методы. Проведен тематический поиск в базе Google scholar по терминам «growing rods», «early onset scoliosis», «treatment», «surgery», «growth-friendly» с использованием логических операторов AND или OR с глубиной поиска 10 лет. На первом этапе было отобрано 824 тезиса публикаций. Второй этап осуществлен в соответствии с критериями PICOS, отобрано 38 оригинальных исследований, серий наблюдений и обзоров хирургических методик коррекции деформации позвоночника с сохранением потенциала роста. Критерии оценки были разделены на 4 группы: общие данные, коррекция фронтального и сагиттального компонентов деформации, осложнения и незапланированные сценарии.

Результаты. В анализируемых работах наблюдалось гендерное равенство распределения, а средний возраст на момент первичной операции составил 6,6 года для пациентов с традиционными растущими стержнями (traditional growing rods, TGR) и Schilla/Luque Trolley и 4,9 года — для пациентов с Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib (VEPTR). С позиции величины коррекции деформации позвоночника минимальный результат продемонстрировали системы VEPTR (18 % коррекции), а результаты применения TGR и Schilla оказались сопоставимы (42,1 и 53,1 % соответственно), как и показатели динамики длины туловища.

Заключение. Использование систем VEPTR было сопряжено с высоким риском осложнений и несколько меньшей эффективностью коррекции деформации позвоночника, однако VEPTR незаменим при лечении синдрома торакальной недостаточности, а также тяжелых деформаций осевого скелета у детей раннего возраста с использованием внепозвоночных точек фиксации. Системы модуляции роста (Schilla и Luque Trolley) показали схожие с растущими стержнями результаты коррекции деформации.

Ключевые слова: ранний сколиоз, растущие системы, осложнения, эффективность.

Для цитирования: Молотков Ю.В., Рябых С.О., Филатов Е.Ю., Сергеев О.М., Хужаназаров И.Э., Эшкулов Д.И. Эффективность применения растущих систем в лечении сколиозов с ранним началом: систематизированный обзор // Хирургия позвоночника. 2023. Т. 20. № 2. С. 6–20.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.2.6-20>.

THE EFFECTIVENESS OF GROWTH-FRIENDLY SYSTEMS IN THE TREATMENT OF EARLY ONSET SCOLIOSIS: A SYSTEMATIC REVIEW

Yu.V. Molotkov¹, S.O. Ryabikh^{2, 3}, E.Yu. Filatov¹, O.M. Sergeenkov¹, I.E. Khuzhanazarov^{4, 5}, D.I. Eshkulov⁵

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

²Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

³St. Petersburg University, St. Petersburg, Russia

⁴Tashkent Medical Academy, Tashkent, Uzbekistan

⁵Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Traumatology and Orthopedics, Tashkent, Uzbekistan

Objective. To perform a systematic analysis of the literature evaluating the effectiveness of growth-friendly systems in the treatment of early onset scoliosis.

Material and Methods. A subject search was conducted in the Google Scholar database for the terms “growing rods”, “early onset scoliosis”, “treatment”, “surgery” and “growth-friendly” using AND or OR logical operators with a search depth of 10 years. At the first stage, 824 abstracts of publications were selected. The second stage of search was carried out in accordance with the PICOS criteria, 38 abstracts of original studies, case series and reviews of surgical techniques for spinal deformity correction with preservation of growth potential

were selected. The evaluation criteria were divided into four groups: general data, correction of the frontal and sagittal components of the deformity, complications and unplanned scenarios.

Results. In the analyzed studies, gender equality of distribution was observed, and the average age at the time of the primary operation was 6.6 years for patients with traditional growing rods (TGR) and Schilla/Luque trolley and 4.9 years for patients with Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib (VEPTR). From the point of view of the magnitude of spinal deformity correction, the VEPTR systems demonstrated the minimum result (18 % correction), and the TGR and Schilla results were comparable (42.1 and 53.1 %, respectively), as well as the indicators of the dynamics of body lengthening.

Conclusion. The use of VEPTR systems is associated with a high risk of complications and a somewhat lower efficiency of spinal deformity correction, however, VEPTR is indispensable in the treatment of thoracic insufficiency syndrome, as well as severe deformities of the axial skeleton in young children using non-vertebral fixation points. Growth modulation systems (Schilla and Luque trolley) showed deformity correction results similar to those of TGR.

Key Words: early-onset scoliosis, growth-friendly systems, complications, efficiency.

Please cite this paper as: Molotkov YuV, Ryabykh SO, Filatov EYu, Sergeenko OM, Khuzhanazarov IE, Eshkulov DI. The effectiveness of growth-friendly systems in the treatment of early onset scoliosis: a systematic review. *Hir. Pozvonoc.* 2023;20(2):6–20. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.2.6-20>.

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. В зависимости от этиологии сколиоз с ранним началом принято разделять на идиопатический, врожденный, нейрогенный и системный [1, 2].

Вне зависимости от этиологии течение сколиоза с ранним началом, как правило, бурно прогрессирующее, значительно снижающее качество жизни пациента, нередко за счет грубых функциональных нарушений.

Выбор подходов к лечению сколиоза с ранним началом варьирует от методов ортезирования [3] до современных дистанционно удлиняемых спинальных имплантатов. Дискутабельность об их эффективности, а следовательно, и выборе подтверждается количеством публикаций (более 1,1 тыс. с 1968 г. по данным PubMed, с нарастающим ежегодным трендом более 10 %, из которых только 148 за 2021 г.) и определяет мотивацию авторов.

В современной детской вертебрологии при лечении сколиотических деформаций, в первую очередь, отдают предпочтение консервативным методам, и лишь при их неэффективности принимается решение о хирургическом лечении. Показаниями к оперативному лечению являются угол основной дуги деформации

более 40° по Cobb и прогрессирующее течение заболевания. Также учитывают мобильность основной и вторичных дуг, наличие и степень торсии позвонков. В каждом конкретном случае окончательное решение о выборе лечения принимается лечащим врачом индивидуально и зависит от множества факторов.

Базовым принципом всех хирургических методик является коррекция деформации позвоночника с сохранением потенциала роста. Такой подход позволяет начать лечение в раннем возрасте, благодаря чему удается сохранить или улучшить параметры объема грудной клетки и вентиляционные параметры легких путем контроля прогрессирования деформации позвоночника и грудной клетки.

Существует два основных хирургических подхода к лечению протяженных деформаций позвоночника у детей с потенциалом роста: моделирование роста позвоночника и использование систем, удлиняющихся самостоятельно или при помощи внешнего воздействия в течение роста позвоночника. В первом случае наиболее распространены методики следующие: установка переднебоковых скоб на тела позвонков по выгнутой стороне (Vertebral Body Stapling, VBS) и мобильное соединение тел позвонков винтами и гибким кабелем по выгнутой стороне (Vertebral Body Tethering, VBT).

Удлиняемые (растущие) системы могут быть хирургически дистраги-

руемыми: стандартного дизайна – традиционные растущие стержни (Traditional Growing Rods, TGR) и уникального – вертикальное расширяемое искусственное титановое ребро (Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib, VEPTR) с возможностью крепления за позвонки, ребра и таз. Кроме того, существуют растущие системы, не требующие хирургического вмешательства для их удлинения: магнитные растущие стержни (Magnetically Controlled Growing Rods, MCGR), система управления ростом Shilla (Shilla Growth Guidance System, SGGS), современные системы Luque Trolley (modern Luque Trolley, MLT) и другие менее популярные системы со схожим механизмом тракции [4–6].

Цель исследования – систематизированный анализ литературы с оценкой эффективности применения растущих систем в лечении сколиоза с ранним началом.

Материал и методы

Стратегия поиска и анализа литературных данных

В формате обозначенной цели исследования выполнен поиск современной научной литературы, содержащей данные об исходах и результативности лечения раннего сколиоза с применением методики традиционных растущих стержней (TGR), системы VEPTR, а также систем модуляции роста позвоночника (Schilla и Luque Trolley).



Рис.

Отбор публикаций для исследования

В данный обзор не вошли статьи, посвященные лечению с использованием MCGR. Эти имплантаты представляют несомненный научный интерес для отечественных исследователей, однако иной (неинвазивный) принцип distraction требует отдельного рассмотрения, а отсутствие регистрации и высокая стоимость имплантата

ограничивают его широкое применение в Российской Федерации. Кроме того, за последний год опубликованы крупный систематизированный литературный обзор и один метаанализ, посвященные этой проблеме, мы взяли основные данные из этих источников и рассмотрели в разделе «Обсуждение» [7].

Тематический поиск проведен в базе Google scholar по терминам «growing rods», «early onset scoliosis», «treatment», «surgery», «growth-friendly» с использованием логических операторов AND или OR, глубина поиска 10 лет (2012–2022 гг.). На первом этапе было отобрано 824 тезиса публикаций (рис.). Второй этап отбора статей осуществлен вруч-

Таблица 1

Критерии включения/исключения и селекции публикаций в соответствии с принципами PICOS

Элементы PICOS	Включения	Исключения
Участники	Дети младше 10 лет, получившие хирургическое лечение деформации позвоночника	Пациенты старше 10 лет, пациенты не получавшие хирургического лечения деформации позвоночника
Вмешательство	Оперативное лечение сколиоза с ранним началом с использованием одной из методик: TGR, VEPTR, Shilla, Luque Trolley	Оперативное лечение с использованием MCGR либо VBT или прочих металлоконструкций. Использование нескольких методик в процессе лечения
Сравнение	Группы исследования в отобранных статьях	
Результат	Рентгенологические показатели, количество осложнений, клинические результаты лечения	
Дизайн исследования	Нерандомизированные, ретроспективные, проспективные. Отдаленный результат более двух лет	Рандомизированные. Отсутствие данных об отдаленном результате или срок наблюдения менее двух лет
Публикации	На русском, английском языках, полнотекстовые	На любых других языках, без доступа к полному тексту

Таблица 2

Структура когорты пациентов из литературных источников

Источник	Пациенты, n	Пол (муж/жен), n	Средний возраст, лет
TGR			
Xu et al. [9]	27	10/17	6,5
Liang et al. [10]	55	16/39	6,8
Wijidicks et al. [11]	527	191/336	Н/Д
Helenius et al. [12]	12	Н/Д	Н/Д
Zarei et al. [13]	42	22/20	4,8
Jiang et al. [14]	59	24/35	8,9
Wang et al. [15]	30	10/20	7,3
Jain et al. [16]	14	4/10	6,8
Chen et al. [17]	40	Н/Д	6,3
Arandi et al. [18]	175	62/77	6,0
Luhmann et al. [19]	18	Н/Д	7,7
Jayaswal et al. [20]	13	6/7	6,8
Chiba et al. [21]	22	4/18	5,0
Bouthors et al. [22]	18	6/12	8,0
Chen et al. [23]	22	16/6	6,4
Yang et al. [24]	95	45/50	6,5
Yehia et al. [25]	15	8/7	8,5
Helenius et al. [26]	214	86/128	5,6
Chang et al. [27]	17	7/10	7,9
Bachabi et al. [28]	50	Н/Д	5,5
Klyce et al. [29]	396	223/173	6,7
Cobanoglu et al. [30]	46	18/28	Н/Д
Paloski et al. [31]	46	23/23	Н/Д
Akbarnia et al. [32]	12	5/7	6,5
Upasani et al. [33]	110	49/61	6,3
Larson et al. [34]	16	5/11	5,9
Matsumoto et al. [35]	28	9/19	6,5
Итого	2119	849/1114	6,6
VEPTR			
Wijidicks et al. [11]	145	76/69	Н/Д
Helenius et al. [12]	13	Н/Д	4,6
Chen et al. [17]	11	Н/Д	6,8
Waldhausen et al. [36]	65	Н/Д	6,9
Peiro-Garcia et al. [37]	20	9/11	4,0
Upasani et al. [38]	71	Н/Д	3,3
El-Hawary et al. [39]	35	18/17	2,7
El-Hawary et al. [40]	63	35/28	6,1
Bachabi et al. [28]	22	Н/Д	4,3
Studer et al. [41]	34	19/15	7,4
Klyce et al. [29]	390	205/185	6,1
Qiu et al. [42]	60	35/25	4,6
Heflin et al. [43]	12	8/4	6,3
Larson et al. [34]	153	72/81	4,6
Matsumoto et al. [35]	76	32/44	6,2
Итого	1170	509/479	4,9
Schilla u Luque Trolley			
Wijidicks et al. [11]	156	82/74	Н/Д
Luhmann et al. [19]	18	Н/Д	7,9

ную, в соответствии с критериями включения/исключения и селекции публикаций PICOS (табл. 1) [8].

После реализации вышеуказанных критериев и анализа заголовков, тезисов и полных текстов было отобрано 38 оригинальных статей из рецензируемых научных журналов, которые вошли в анализ. В 9 статьях рассматриваются одновременно несколько методик, соответственно они попали сразу в несколько групп.

Количество пациентов в обзореваемых статьях находится в диапазоне от 11 до 527 (в среднем 74,2; в сумме 3638).

Критерии оценки. Данные, извлеченные из отобранных по результатам второго этапа статей, были занесены в таблицы, которые можно условно разбить на несколько групп:

1) общие данные (количество пациентов, соотношение полов, средний возраст на момент начала лечения);

2) осложнения и незапланированные сценарии (число пациентов с осложнениями, осложнения, связанные с имплантатами, нарушение коррекции, инфекционные осложнения, неврологические осложнения, прочие осложнения, среднее количество осложнений на одного пациента);

3) результаты лечения: коррекция сколиоза (средние значения: угол по Cobb, расстояние Th₁–S₁) и влияние на грудной кифоз и поясничный лордоз (средние значения: угол по Cobb).

В процессе исследования дополнительно рассчитали процент коррекции деформации на момент последнего наблюдения и потерю коррекции деформации в течение времени наблюдения (при наличии информации). В последней строке каждой таблицы представлены средние/суммарные значения, обобщающие данные из исследуемых статей.

Результаты

Общие данные о рассматриваемой когорте пациентов представлены в табл. 2, данные по коррекции

Окончание таблицы 2

Структура когорты пациентов из литературных источников

Источник	Пациенты, n	Пол (муж/жен), n	Средний возраст, лет
<i>Schilla и Luque Trolley</i>			
Saارينen et al. [44]	13	8/5	6,0
Luhmann et al. [45]	19	7/12	6,1
Klyce et al. [29]	83	47/36	7,3
McCarthy et al. [46]	40	17/23	7,0
Nazareth et al. [47]	20	10/10	5,7
Итого	349	171/160	6,6

Н/Д – нет данных.

деформации – в табл. 3, а осложнения и незапланированные сценарии – в табл. 4. В табл. 5 представлены сводные данные из рассматриваемых работ по этиологическим группам.

Общие данные

При литературном обзоре найдено 27 статей, описывающих 2119 пациентов, которым имплантировали TGR, 15 статей с 1170 пациентами, которые перенесли имплантацию VEPTR, и 7 статей с 349 пациентами, которых лечили системами Schilla/Luque Trolley.

Возраст пациентов на момент первичной операции в среднем составил $4,90 \pm 1,03$ года при установке систем VEPTR; $6,60 \pm 1,45$ года – при TGR и $6,60 \pm 0,86$ – Schilla/Luque Trolley.

Соотношение мальчиков и девочек в исследованиях с системами Schilla/Luque Trolley и VEPTR было примерно 1 : 1, в то время как в группе пациентов, получавших лечение с использованием TGR, отмечается небольшое превалирование девочек (849 мальчиков, 1114 девочек).

В среднем за время лечения пациенты при использовании TGR переносили $5,30 \pm 1,56$ плановых дистракций, пациенты, лечившиеся VEPTR – $8,50 \pm 1,62$. У пациентов с Schilla/Luque Trolley плановых дистракций не было. Замена растущей системы на ригидную металлоконструкцию с установкой дополнительных транспедикулярных опорных точек между краνιαльной и каудальной базами стала завершающим этапом лечения для 680 (32 %) пациентов с TGR, 187 (16 %) –

с VEPTR и 76 (22 %) – с системами Schilla/Luque Trolley.

Средний период наблюдения после завершения лечения (финальной инструментации или последней дистракции) среди всех пациентов составил 5 лет: в группе TGR – 4,5 года, VEPTR – 6,6 года, Schilla/Luque Trolley – 5 лет. Средний возраст пациентов на момент последнего наблюдения указан только в одной статье [31] и составил 13,4 года.

Распределение по этиологическим группам

Среди пациентов, получавших лечение с использованием TGR, идиопатический сколиоз был у 27,6 %, системный – у 26,0 %, нейрогенный – у 25,0 %, врожденный – у 20,6 %. VEPTR применялся у 15,0 % пациентов с идиопатическим сколиозом, у 14,3 % – с системным, у 35,6 % – с нейрогенным, у 34,8 % – с врожденным. Системы модуляции роста были применены в следующем соотношении: 24,7 % пациентов с идиопатическим сколиозом, 26,4 % – с системным, 39,1 % – с нейрогенным, 9,8 % – с врожденным.

Рентгенологические данные

В большинстве статей рентгенологические показатели представлены только на этапах в следующих контрольных точках: (1) перед началом лечения; (2) после первичной операции; (3) после завершения лечения (финальной инструментации или последней дистракции); (4) на момент последнего наблюдения. Предоперационный угол деформации по Cobb в группе TGR составил в сред-

нем $71,6^\circ \pm 10,2^\circ$, в группе VEPTR – $69,5^\circ \pm 3,8^\circ$, в группе Schilla/Luque Trolley – $67,8^\circ \pm 5,3^\circ$. Средняя длина Th_1-S_1 перед операцией в группе TGR составила $25,2 \pm 1,4$ см, в группе VEPTR – $23,1 \pm 2,3$ см, в группе Schilla/Luque Trolley – $27,7 \pm 2,8$ см.

Показатели грудного кифоза по Cobb перед началом лечения составили $50,4^\circ \pm 9,6^\circ$ в группе TGR, $42,0^\circ \pm 10,2^\circ$ – в группе VEPTR, $36,5^\circ \pm 8,5^\circ$ – в группе Schilla/Luque Trolley. Значения поясничного лордоза до первичной операции: $47,8^\circ \pm 9,7^\circ$ (TGR), $47,7^\circ \pm 5,5^\circ$ (VEPTR), $26,5^\circ \pm 5,0^\circ$ (Schilla/Luque Trolley).

Показатели коррекции основной дуги сколиоза в конце лечения у пациентов с TGR составили $42,0 \pm 7,8$ %, у пациентов с Schilla/Luque Trolley – $53,0 \pm 16,4$ %, у пациентов с VEPTR – $18,0 \pm 8,6$ %.

Потеря коррекции (разница между процентом коррекции после первичной операции и финальной инструментации) составила 1,9 % в группе TGR, 9,1 % – VEPTR, 13,5 – Schilla/Luque Trolley.

Изменение длины туловища у пациентов с TGR составило $8,00 \pm 1,57$ см, с VEPTR – $6,5 \pm 1,2$ см, $7,7 \pm 2,6$ см – с Schilla/Luque Trolley.

В группе TGR грудной кифоз в течение лечения уменьшился в среднем на $10,0^\circ \pm 7,7^\circ$, в группе Schilla/Luque Trolley – на $4,2^\circ \pm 18,7^\circ$, в то время как в группе VEPTR наблюдалось увеличение в среднем на $18,4^\circ \pm 14,3^\circ$.

В группе TGR поясничный лордоз в течение лечения увеличился на $2,9^\circ \pm 6,8^\circ$ по Cobb, у пациентов с VEPTR – на $6,0^\circ \pm 4,2^\circ$, в группе Schilla/Luque Trolley – на $10,5^\circ \pm 13,4^\circ$.

К концу периода наблюдения коррекция сколиотической деформации в группе TGR была 42,4 % (первично – 42,1 %), в группе VEPTR – 18,0 % (первично – 25,3 %), в группе Schilla/Luque Trolley – 53,1 % (первично – 63,4 %).

Осложнения и незапланированные сценарии

У 50 % пациентов после TGR имелись осложнения, из них 626 (62 %) были имплант-ассоциированными, 132 (13 %) – инфекционными, 31 (3 %) – неврологическими.

Таблица 3
Сводные данные средних значений рентгенометрических показателей анализируемых растущих систем (по данным литературы)

Источник	Угол Cobb, град.			Коррекция, %	T _{H1} –S ₁ длина, см			Грудной кифоз по Cobb, град.				Поясничный лордоз по Cobb, град.				Дистракции, п	
	Перед началом лечения	После первичной операции	Последнее наблюдение		Перед началом лечения	После первичной операции	Последнее наблюдение	Перед началом лечения	После первичной операции	Последнее наблюдение	Перед началом лечения	После первичной операции	Последнее наблюдение	Потеря коррекции	Потеря коррекции		
TGR																	
Xu et al. [9]	64,9	32,9	34,5	46,8	26,6	29,2	34,1	7,5	53,1	38,5	40,4	12,7	50,6	42,4	44,9	5,7	5,0
Liang et al. [10]	72,1	H/A	36,1	49,9	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	4,3
Wijicks et al. [11]	72,6	37,6	38,5	47,0	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Helenius et al. [12]	83,6	H/A	44,9	46,3	22,9	H/A	28,9	6,0	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Zarei et al. [13]	42,9	H/A	28,8	32,9	H/A	H/A	H/A	H/A	30,3	H/A	17,6	12,7	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Jiang et al. [14]	91,9	53,5	47,9	47,9	24,8	31,2	35,7	10,9	64,7	36,2	42,7	22,0	60,4	47,0	47,0	13,4	H/A
Wang et al. [15]	72,3	34,9	35,3	51,2	25,4	29,1	33,4	8,0	37,6	26,6	35,1	2,5	51,1	43,3	48,0	3,1	4,2
Jain et al. [16]	73,6	30,2	36,2	50,8	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	4,3
Chen et al. [17]	71,4	40,9	46,2	35,3	24,1	26,7	30,7	6,6	51,0	37,6	40,5	10,5	51,5	44,9	44,2	7,3	H/A
Arandi et al. [18]	79,5	41,5	45,5	42,8	25,3	29,4	33,4	8,1	54,5	36,0	47,0	7,5	47,0	42,5	44,0	3,0	5,9
Luhmann et al. [19]	64,6	37,8	35,7	44,7	27,9	32,2	36,9	9,0	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	5,8
Jayaswal et al. [20]	78,5	57,4	53,1	32,4	22,7	24,9	27,5	4,8	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	5,7
Chiba et al. [21]	79,3	34,5	38,4	51,6	24,4	28,0	34,0	9,6	54,0	34,4	44,1	9,9	43,8	39,4	57,2	-13,4	H/A
Bouthors et al. [22]	57,2	H/A	37,0	35,3	26,6	29,2	34,1	7,5	37,0	H/A	33,5	3,5	H/A	H/A	H/A	H/A	3,0
Chen et al. [23]	72,0	46,0	44,0	38,9	24,7	27,8	33,4	8,7	56,0	32,0	38,0	18,0	52,0	45,0	50,0	2,0	6,6
Yang et al. [24]	73,0	36,8	44,6	38,9	24,7	27,8	32,9	8,2	40,2	29,8	34,7	5,5	50,4	45,9	46,9	3,5	4,0
Yehia et al. [25]	73,8	51,7	H/A	H/A	24,6	31,5	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	2,6
Helenius et al. [26]	84,0	48,0	48,5	42,3	24,5	28,5	33,7	9,2	55,5	37,0	50,0	5,5	23,0	21,5	19,0	4,0	7,4
Chang et al. [27]	65,0	45,0	43,0	33,8	H/A	H/A	H/A	H/A	43,0	47,0	51,0	-8,0	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Bachabi et al. [28]	78,0	38,0	35,0	55,1	H/A	H/A	H/A	H/A	57,0	38,0	38,2	18,8	H/A	H/A	H/A	H/A	8,5
Klyce et al. [29]	75,0	H/A	34,0	54,7	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Cobanoglu et al. [30]	53,0	39,0	39,0	26,4	H/A	H/A	H/A	H/A	64,0	50,0	49,0	15,0	48,0	47,0	48,0	0,0	H/A
Paloski et al. [31]	78,0	H/A	47,7	38,8	27,4	H/A	33,3	5,9	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	7,0
Akbarnia et al. [32]	64,0	35,0	42,0	34,4	25,7	30,3	34,2	8,5	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	4,6
Upasani et al. [33]	75,5	43,0	48,3	36,0	26,3	30,2	36,3	10,0	55,6	44,0	50,5	5,1	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Larson et al. [4]	61,0	H/A	37,0	39,3	24,1	H/A	32,2	8,1	53,0	H/A	35,0	18,0	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
H/A – нет данных.																	

Ю.В. МОЛОТКОВ И ДР. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТУЩИХ СИСТЕМ В ЛЕЧЕНИИ СКОЛИОЗОВ С РАННИМ НАЧАЛОМ
YU.V. MOLOTKOV ET AL. THE EFFECTIVENESS OF GROWTH-FRIENDLY SYSTEMS IN THE TREATMENT OF EARLY ONSET SCOLIOSIS

Окончание таблицы 3
Сводные данные средних значений рентгенометрических показателей анализируемых растущих систем (по данным литературы)

Источник	Угол Cobb, град.			T _{H1} —S ₁ длина, см			Грудной кифоз по Cobb, град.				Поясничный лордоз по Cobb, град.				Дистрак- ции, п
	Перед началом лечения	После первичной операции	Последнее наблюдение	Коррекция, %	Перед началом лечения	После первич- ной операции	Последнее наблю- дение	Перед началом лечения	После первич- ной операции	Последнее наблю- дение	Перед началом лечения	После первич- ной операции	Последнее наблю- дение	Потеря коррек- ции	
TGR															
Matsumoto et al. [35]	77,3	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	49,7	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	6,3
Итого	71,6	41,2	40,8	42,1	25,2	29,1	33,2	8,0	50,4	37,5	40,5	10,0	47,8	44,9	5,3
VEPTR															
Wijdicts et al. [11]	66,6	46,4	53,8	19,2	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Helenius et al. [12]	71,5	H/A	60,0	16,1	20,2	H/A	26,6	6,4	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Chen et al. [17]	74,0	50,0	47,0	36,5	24,5	27,4	32,4	7,9	52,0	40,0	64,0	-12,0	54,0	57,0	6,8
Waldhausen et al. [36]	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	5,5
Peiro-Garcia et al. [37]	75,0	53,5	H/A	H/A	25,7	27,3	H/A	H/A	42,0	33,0	H/A	H/A	44,5	H/A	H/A
Upasani et al. [38]	64,7	54,1	58,5	9,6	21,4	23,0	28,6	7,2	32,7	34,2	46,0	-13,3	44,5	53,4	9,9
El-Hawary et al. [39]	63,5	57,1	H/A	H/A	19,9	22,1	28,0	8,1	40,5	44,5	72,0	-31,5	H/A	H/A	9,0
El-Hawary et al. [40]	72,0	47,0	56,6	21,4	24,9	28,6	29,9	5,0	48,0	40,0	48,0	0,0	H/A	H/A	H/A
Bachabi et al. [28]	74,0	53,0	57,0	23,0	H/A	H/A	H/A	H/A	21,0	40,0	64,0	-43,0	H/A	H/A	9,8
Studer et al. [41]	70,0	50,0	65,0	7,1	H/A	H/A	H/A	H/A	53,0	43,0	70,0	-17,0	H/A	H/A	10,0
Klyce et al. [29]	67,0	H/A	53,0	20,9	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Qiu et al. [42]	69,2	59,4	H/A	H/A	21,7	H/A	27,1	5,4	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	10,0
Hefin et al. [43]	66,3	H/A	60,8	8,3	26,0	H/A	33,0	7,0	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	7,7
Larson et al. [34]	66,0	H/A	58,0	12,1	23,7	H/A	29,0	5,3	40,0	H/A	52,0	-12,0	H/A	H/A	8,0
Matsumoto et al. [35]	73,0	48,6	55,7	23,7	H/A	H/A	H/A	H/A	48,5	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Итого	69,5	51,9	56,9	18,0	23,1	25,7	29,3	6,5	42,0	39,2	59,4	-18,4	47,7	55,2	8,5
Schilla u Luque Trolley															
Wijdicts et al. [11]	65,0	26,4	36,0	44,6	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Luhmann et al. [19]	60,6	23,8	33,9	44,1	30,7	34,0	38,4	7,7	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Saارين et al. [44]	64,0	22,0	12,0	81,3	27,2	30,6	38,6	11,4	45,0	28,0	22,0	23,0	23,0	43,0	H/A
Luhmann et al. [45]	70,3	22,4	40,0	43,1	28,7	H/A	32,9	4,2	36,6	H/A	51,0	-14,4	H/A	H/A	H/A
Klyce et al. [29]	69,0	H/A	19,0	72,5	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
McCarthy et al. [46]	69,0	25,0	38,4	44,3	H/A	H/A	H/A	7,9	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A	H/A
Nazareth et al. [47]	77,0	29,0	45,0	41,6	24,0	29,1	31,3	7,3	28,0	21,0	24,0	4,0	30,0	31,0	H/A
Итого	67,8	24,8	32,0	53,1	27,7	31,2	35,3	7,7	36,5	24,5	32,3	4,2	26,5	37,0	H/A
H/A — нет данных.															

Таблица 4

Сводные данные по осложнениям и незапланированным сценариям (по данным литературы)

Источник	Пациенты с осложнениями, %	Осложнения, связанные с имплантатами, п	Прогресси- рование деформации, п	Инфекционные осложнения, п	Неврологи- ческие осложнения, п	Прочие осложнения, п	Среднее количество осложнений на одного пациента
TGR							
Xu et al. [9]	Н/Д	6	6	2	Н/Д	Н/Д	1,2
Liang et al. [10]	42,0	25	4	4	1	7	0,7
Wijidicks et al. [11]	17,0	0	3	4	Н/Д	Н/Д	0,2
Helenius et al. [12]	Н/Д	60	19	5	3	10	1,3
Zarei et al. [13]	23,3	9	2	Н/Д	Н/Д	1	0,4
Jiang et al. [14]	64,3	8	6	2	1	3	1,4
Wang et al. [15]	65,0	16	11	2	Н/Д	Н/Д	0,7
Jain et al. [16]	Н/Д	146	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	1,8
Chen et al. [17]	46,0	11	Н/Д	7	Н/Д	8	1,4
Arandi et al. [18]	53,0	9	Н/Д	Н/Д	2	7	1,2
Luhmann et al. [19]	Н/Д	3	2	1	0	Н/Д	0,3
Jayaswal et al. [20]	Н/Д	17	7	0	Н/Д	Н/Д	1,4
Chiba et al. [21]	72,7	6	3	3	Н/Д	2	0,6
Bouthors et al. [22]	33,3	2	Н/Д	4	Н/Д	Н/Д	Н/Д
Chen et al. [23]	73,5	124	Н/Д	29	15	45	2,2
Yang et al. [24]	53,0	8	Н/Д	6	1	Н/Д	0,8
Yehia et al. [25]	Н/Д	13	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д
Helenius et al. [26]	79,0	145	Н/Д	60	7	51	2,4
Chang et al. [27]	Н/Д	3	Н/Д	1	Н/Д	Н/Д	Н/Д
Bachabi et al. [28]	32,1	15	Н/Д	2	1	2	0,7
Иторо	50,3	626 (63 %)	63 (6 %)	132 (13 %)	31 (3 %)	136 (14 %)	1,1
VEPTR							
Wijidicks et al. [11]	72,7	6	3	3	Н/Д	2	1,2
Helenius et al. [12]	33,0	35	Н/Д	9	Н/Д	1	1,75
Chen et al. [17]	65,0	7	1	2	1	4	1,2
Waldhausen et al. [36]	85,0	90	Н/Д	97	Н/Д	Н/Д	2,6
Peiro-Garcia et al. [37]	49,0	15	5	6	1	30	1,1
Upasani et al. [38]	82,0	15	Н/Д	9	Н/Д	2	1,0
El-Hawary et al. [39]	Н/Д	45	Н/Д	19	Н/Д	Н/Д	1,9
El-Hawary et al. [40]	40,0	16	10	69	Н/Д	5	2,5
Bachabi et al. [28]	66,0	8	1	Н/Д	Н/Д	5	1,4
Studer et al. [41]	Н/Д	71	Н/Д	30	Н/Д	Н/Д	1,5
Klyce et al. [29]	31,6	26	Н/Д	15	4	22	1,1
Иторо	58,3	334 (48 %)	20 (3 %)	259 (37 %)	6 (0,01 %)	71 (10 %)	1,6
Schilla u Luque Trolley							
Wijidicks et al. [11]	Н/Д	13	Н/Д	5	Н/Д	1	1,1
Luhmann et al. [19]	38,0	8	Н/Д	1	Н/Д	1	0,7
Saarinен et al. [44]	68,4	1	Н/Д	3	Н/Д	1	0,2
Luhmann et al. [45]	73,0	47	Н/Д	6	Н/Д	Н/Д	1,3
Klyce et al. [29]	75,0	26	Н/Д	1	Н/Д	2	1,4
Иторо	63,6	69 (79 %)	Н/Д	15 (17 %)	Н/Д	3 (3 %)	0,94

Н/Д — нет данных.

Таблица 5

Распределение пациентов из рассматриваемых источников по этиологии сколиоза, n (%)

Система	Идиопатические	Системные	Нейрогенные	Врожденные	Прочие
TGR	399 (27,6)	376 (26,0)	363 (25,1)	298 (20,6)	9 (0,6)
VEPTR	129 (15,0)	123 (14,3)	306 (35,6)	299 (34,8)	2 (0,2)
Schilla и Luque Trolley	43 (24,7)	46 (26,4)	68 (39,1)	17 (9,8)	0 (0,0)
Итого	571 (23,0)	545 (22,0)	737 (29,7)	614 (24,8)	11 (0,4)

В группе VEPTR осложнения отмечены у 58 % пациентов: 334 (48 %) – имплант-ассоциированные, 20 (3 %) – инфекционные, 6 (0,06 %) – неврологические.

В группе Schilla/Luque Trolley в 64 % констатированы осложнения: 69 (79 %) – имплант-ассоциированные, 15 (17 %) – инфекционные.

Влияние хирургического лечения на качество жизни пациентов

Только в четырех работах из 38 использовали опросник EOSQ-24, в одной – SRS-24. В остальных публикациях этому вопросу не уделено внимания. В одной из работ отмечается отсутствие значимой разницы между изменением качества жизни у пациентов с системами VEPTR и TGR [23]. Имеются данные, указывающие на более низкие предоперационные показатели качества жизни у пациентов со скелетной дисплазией, чем у пациентов с идиопатическим сколиозом. При этом отсутствовала выраженная положительная динамика в качестве жизни в обеих группах [12]. В остальных работах отмечаются лишь незначительные изменения в качестве жизни пациентов по данным опросников как в положительную, так и в отрицательную сторону по разным параметрам [25, 27, 44].

Обсуждение

В настоящее время имеется множество типов металлоконструкций, применяемых для лечения раннего сколиоза, основанных на разных механических принципах. Объем данных, представленных в современной научной литературе, весьма велик, а сами данные разнородны. По этой причине с полной уверенностью выявить некий

единый золотой стандарт в лечении раннего сколиоза не представляется возможным [48].

Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib (VEPTR)

VEPTR представили впервые Campbell et al. [49] как систему, которую можно использовать при синдроме торакальной недостаточности. В России впервые данная методика применена в 2008 г. [50]. Системы VEPTR, исходно разработанные для пациентов с синдромом торакальной недостаточности, активно применяются при сколиозе с ранним началом, особенно у детей первых двух лет жизни [51]. Их преимуществом является возможность сочетанной экспансивной торакопластики, установки опорных точек за ребра, позвонков и таз для монтажа дистракторов «ребро – ребро», «ребро – позвоночник», «ребро – таз». Кроме того, установка таких опорных элементов предотвращает преждевременную потерю транспедикулярных точек фиксации до установки финальной конструкции из-за мальпозиции винтов и/или чрезмерного повреждения ножек позвонков при попытке их установки. Такой подход облегчает финальную интрузментацию, позволяет обеспечить больший процент коррекции и улучшить результат лечения. С учетом особенностей опоры и сроков первичной имплантации этапные дистракции рекомендовано проводить каждые 4–6 мес.

В результате анализа литературы обнаружили, что данный тип конструкции применялся в основном у пациентов самого раннего возраста (средний возраст первичной операции – 4,9 года), главным образом

при врожденных и нейрогенных сколиозах (34,8 и 35,5 % пациентов соответственно).

Нередко данная методика применяется как предварительный этап перед другими методами лечения (TGR, вертебротомии, и т.д.), поэтому указанную величину потери коррекции вряд ли можно считать значительным результатом. Однако по данным, представленным в обзоре статей, выявлено лишь 16 % случаев применения финальной фиксации ригидной конструкцией позвоночника в завершении лечения.

Traditional Growing Rods (TGR)

Наиболее широко применяемым типом лечения при раннем сколиозе во всем мире является TGR [52]. Традиционные растущие стержни впервые были предложены Harrington et al. в 1962 г., Akbarnia et al. предложили модификацию с использованием двойных стержней.

Традиционные растущие стержни позволяют эффективно исправлять сколиотическую деформацию (в среднем на 42 %) и контролировать ось позвоночника, но уменьшают его подвижность, имеют относительно высокий риск осложнений (50 %), а также требуют плановых вмешательств каждые 6–8 мес. для удлинения конструкции. При стартовой операции коррекция при TGR составляет 30–60 %, а тракция осуществляется с промежутком от 6 до 12 мес.

В результате анализа литературы по теме лечения раннего сколиоза методикой TGR выявили, что данный тип конструкции применялся у пациентов в среднем с 6,6 года при сколиозе с ранним началом различной этиологии. Лишь в 32 % случаев при-

менения данной методики в финале лечения выполняли удаление дистракционного коннектора и финальную винтовую фиксацию.

Shilla и Luque Trolley

Система Shilla впервые была описана в 2014 г. [53]. Она подразумевает жесткую фиксацию со спондилодезом, выполнением деротационного маневра в апикальной зоне и отсутствием жесткой фиксации головок винтов с продольными стержнями во внепикальных опорных точках. Показанием к ее применению является сколиоз больше 50° по Cobb. Снижение количества дополнительных операций делает систему Shilla привлекательной альтернативой TGR. Современная система Luque Trolley [54] подразумевает имплантацию жестких винтовых баз выше и ниже вершины дуги, соединяющихся параллельными стержнями, которые, в свою очередь, пропускают через двойные головки винтов на вершине деформации. В процессе роста стержни скользят вдоль винтов и препятствуют прогрессированию деформации. Показанием к применению методики является сколиоз больше 40° по Cobb у пациентов с потенциалом роста [55]. Достоинством является отсутствие необходимости в этапных операциях и финальных (последующих) вмешательствах по коррекции сколиоза.

Методики Shilla и Luque Trolley помогают хорошо корригировать деформацию (50 %), но при этом их применение сопряжено с достаточно высокой частотой осложнений (64 %). Нередко специалисты отказываются от финального блокирования конструкции в конце лечения (лишь в 22 % случаев применялась финальная инструментация).

Альтернативные системы модуляции роста

Методика VBT впервые представлена в 2010 г. [56]. Данный метод предполагает использование гибкого кабеля (корда), крепящегося в головках винтов, имплантированных в тела позвонков по выпуклой стороне деформации. Показания к ее использованию рядом авторов описаны достаточно селективно: изолированные грудные дуги 30–70° или груднопоясничные/пояс-

ничные изгибы от 30–60° у пациентов с сохраненным потенциалом роста. При этом грудной гиперкифоз и поясничный гиполордоз являются относительными противопоказаниями [57].

При VBS в соседние позвонки по их ростовым пластинкам с выпнутой стороны через передний доступ имплантируется С-образная скоба и выполняется дополнительная компрессия. Скобы ингибируют рост позвоночника на выпуклой стороне, при этом сохраняют подвижность позвоночника. Показания к VBS: идиопатический сколиоз, оценка костной зрелости по Risser – 0–2, угол 25–40° по Cobb, неэффективность корсетотерапии [58].

Специфическим осложнением методик по модуляции роста является чрезмерная коррекция, скорее антикоррекция, когда сколиоз по мере роста сначала корректируется, а затем развивается в обратном направлении. Несмотря на строгие показания и ограниченное применение, большим преимуществом VBT и VBS является сохранение подвижности позвоночника [59]. Отметим, что следует говорить о частичной подвижности в оперированных сегментах, поскольку исходно подвижность ограничена торсией, при VBT дополнительным компонентом ригидности является натяжение корда при наклоне, а при VBS – расположение скоб.

Magnetically Controlled Growing Rods (MCGR)

Одной из разновидностей растущих стержней являются магнитоуправляемые растущие стержни (MCGR), впервые представленные Takaso et al. в 1998 г. [60]. Система содержит винты, стержни и внешний пульт дистанционного управления. Частота плановых дистракций и их величина имеют широкую вариативность у разных авторов и типов MCGR-коннекторов. Достоверно утвержденного единого алгоритма данной методики нет [61]. Большинство хирургов удлиняют стержни 1 раз в 3–6 мес., то есть чаще, чем TGR в среднем.

По результатам систематизированного обзора [7], охватившего 23 статьи с 504 пациентами (56 % девочек

и 44 % мальчиков), средний возраст имплантации составил $8,7 \pm 1,9$ года, а период наблюдения – $28,0 \pm 16,0$ мес. (в среднем 2 года).

Данный метод по эффективности был сопоставим по коррекции деформации с TGR и Shilla/Luque Trolley – с $68,2^\circ \pm 10,8^\circ$ до $36,6^\circ \pm 8,5^\circ$ (54 % коррекции), однако частота осложнений составила около 45 %, при этом повторные операции потребовались в 33 % случаев [62].

Без сомнения, авторами подчеркнуты преимущества неинвазивных дистракций в амбулаторных условиях как более комфортных для пациента и его родителей [63].

По данным ряда сравнительных экономических исследований в системах здравоохранения США и Европейских стран, применение магнитных растущих стержней оказывается более выгодным по сравнению с другими технологиями в течение 4-летнего периода лечения [64–67]. Это обусловлено меньшими затратами на плановые госпитализации, оперативные вмешательства и койкодны стационарного лечения. Данная разница в конце лечения компенсирует и даже превосходит более высокую стоимость самого MCGR-имплантата в сравнении с TGR. Однако ряд других авторов указывает, что высокое количество осложнений и внеплановых реопераций нивелирует потенциальную финансовую выгоду от применения MCGR и делает этот метод лечения более дорогостоящим, чем TGR.

Альтернативные растущие конструкции для лечения сколиоза

Метод имплантации заднего мобильного дистракционного устройства по вогнутой стороне (Posterior Dynamic Deformity Correction, PDDS) [68] объединил в себе механизмы двух подходов: это модуляция роста (позвоночник остается подвижным) и неинвазивная дистракция. Устройство устанавливается с вогнутой стороны, оно состоит из винтов по краям и стержня с однонаправленным храповым механизмом. Стержень удлиняется, когда пациент выполняет упражнения с наклонами в сторону, а благо-

даря храповому механизму не может вернуться к прежней длине. Таким образом, пациент сам при помощи упражнений способствует коррекции деформации.

Исследователи из разных стран предлагают различные варианты фиксаторов, позволяющих осуществлять distraction либо вообще без оперативного вмешательства, либо за счет минимально-инвазивных доступов. Примерами таких систем являются One-Way Self-Expanding Rod [4] Self-Adaptive Ratchet Growing Rod [5], которые объединяет единый принцип использования коннектора с храповым механизмом. Способ позволяет исключить или значительно снизить инвазивность плановых distraction, что предположительно должно привести к снижению количества осложнений.

Еще одна идея реализована в применении пружинных механизмов, обеспечивающих пассивное растягивающее усилие в системе, например, Spring distraction system [6]. Несмотря на многообещающие краткосрочные результаты такого лечения, небольшое количество пациентов и отсутствие отдаленных результатов не позволяют объективно оценить их надежность и эффективность. Кроме того, важно помнить, что увеличение подвижных элементов и механическое усложнение металлоконструкции не только повышает стоимость лечения, но и неизбежно ведет к снижению надежности имплантата и увеличивает риск различных осложнений.

Не стоит забывать о гибридных методах, например, в части случаев при врожденных сколиозах, когда сколиозогенный порок развития сочетается с сопутствующим протяженным сколиозом в соседней зоне, можно применить гибридную методику: остеотомию в области порока с одновременной или этапной имплантацией растущей системы [69].

Поиск баланса между стоимостью, надежностью, инвазивностью и эффективностью у различных методик лечения является одной из ключевых задач современной вертеб-

рологии в аспекте лечения ранних сколиозов.

Ограничения и проблемные моменты исследования

Важным моментом является наличие во всех статьях рентгенологических данных только на следующих контрольных точках: перед началом лечения, после первичной операции, после завершения лечения и на момент последнего наблюдения. Показатели коррекции деформации в моменты многочисленных плановых distraction, а также перед финальной инструментацией в статьях, вошедших в исследование, не представлены. Эта особенность данных не дает всеобъемлющего понимания течения периода distraction и не позволяет в полном объеме дать достоверно оценить эффективность проводимого лечения.

Кроме того, важно отметить, что в рамках данного обзора оказалось возможным оценить и сравнить рентгенологические показатели, связанные только с коррекцией деформации позвоночника. Данных об изменении структурных и функциональных показателей грудной клетки в обзоре статей оказалось недостаточно для достоверного и объективного сравнительного анализа. Не хватает информации относительно изменений объема грудной клетки (VPI, окружность грудной клетки, индексы SAL, индекс асимметрии грудной клетки и пр.), от которого закономерно зависит как состояние внутренних органов (легких и органов средостения), так и прогноз жизни. Данных об изменении функциональных показателей легких (ЖЕЛ, ДО, ФЖЕЛ и др.) представлено еще меньше – лишь в пяти работах частично присутствуют подобные сведения. Зависимость роста легочной ткани (а соответственно, и качественной динамики функции легких) от объема грудной клетки наиболее ярко проявляется в возрасте до 8 лет, после чего эта зависимость становится незначительной [70].

Еще одним проблемным вопросом является учет осложнений. Ряд авторов относит прогрессирование деформации к одному из нормальных вари-

антов протекания заболевания, вовсе не классифицируя его как осложнение. Трудности вызывает и оценка возникновения проксимального переходного кифоза, который авторы обзореваемых статей не всегда однозначно относят к связанным с имплантатами осложнениям или к осложнениям, связанным с коррекцией деформации. Обращает на себя внимание крайняя неравномерность и неоднородность освещенных в статьях осложнений и методик их подсчета. Авторы по-разному акцентируют внимание на возникавших неблагоприятных сценариях и предоставляют разное количество данных как в количественном, так и в качественном выражении.

Заключение

Методы лечения раннего сколиоза многочисленны, при этом представленные результаты (в основном данные когортных исследований с различными критериями и сроками оценки) позволяют оценить только тренды. Это предопределяет необходимость накопления данных для проведения мультифакторного анализа результатов по отобранным критериям и срокам оценки результатов, с одной стороны, и мотивацию врачей, инженеров и производителей к новым разработкам – с другой. Всегда лечение начинают с консервативных методов, а при их неэффективности прибегают к хирургической коррекции [71]. Оптимальная методика выбирается в зависимости от особенностей пациента, деформации, опыта и предпочтений хирурга, а также имеющихся в стране лицензированных имплантатов.

Проведенный анализ литературы по применению растущих систем при сколиозе с ранним началом выявил ряд трендов и проблемных точек.

1. Использование систем VERTR сопряжено с несколько меньшей эффективностью коррекции деформации позвоночника, однако обладает весомыми преимуществами при лечении синдрома торакальной недостаточности, а также у детей раннего возраста. Системы моду-

ляции роста (Schilla и Luque Trolley) показывают схожие с растущими стержнями результаты лечения, но и один из самых больших процентов осложнений.

2. В работах отмечается недостаток показателей оценки следующих результатов лечения: качества жизни пациентов и функционального состояния, осложнений, величины деформации на промежуточных этапах и перед финальной коррекцией, если она была, в большинстве статей нет информации, в каком возрасте выполнена финальная операция (постановка ригидной системы или последняя этапная дистракция), состояние позвоночного столба за пределами зоны фиксации в процессе и после завершения лечения, динамика функциональ-

ного и структурного состояния грудной клетки. Большинство исследователей концентрируют свое внимание на рентгенологических показателях коррекции основной дуги деформации, грудного кифоза, поясничного лордоза, сагиттального баланса, увеличения длины туловища.

3. Количество осложнений и нежелательных сценариев, возникающих в процессе применения традиционных растущих стержней (TGR), остается довольно высоким, а их модификации направлены на снижение числа плановых оперативных вмешательств, рисков осложнений и повышение комфорта пациентов в процессе лечения.

Более подробное изучение и анализ этих аспектов позволит провести коррекцию стандартных протоколов

лечения и улучшить качество и эффективность оказываемой помощи.

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 ChE, McCarthy RE, Roye Jr DP, 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.
- The Growing Spine: Management of Spinal Disorders in Young Children. Ed. by Akbarnia BA, Yazici M, Thompson GE. 2nd ed. Springer, 2016.
- Николаев В.Ф., Барановская И.А., Андриевская А.О. Результаты применения функционально-корректирующего корсета типа Шено в комплексной реабилитации детей и подростков с идиопатическим сколиозом // Гений ортопедии. 2019. Т. 25, № 3. С. 368–377. [Nikolaev VF, Baranovskaya IA, Andrievskaya AO. Results of using a functional corrective Cheneau type brace in complex rehabilitation of children and teenagers with idiopathic scoliosis. Genij Ortopedii. 2019;25(3):368–377]. DOI: 10.18019/1028-4427-2019-25-3-368-377.
- 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.
- 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.
- Migliorini F, Chiu WO, Scrofanì R, Chiu WK, Baroncini A, Iaconetta G, Maffulli N. Magnetically controlled growing rods in the management of early onset scoliosis: a systematic review. J Orthop Surg Res. 2022;17:309. DOI: 10.1186/s13018-022-03200-7.
- 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.
- 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.
- 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.
- Wijdicks 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.
- 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.
- Zarei M, Tavakoli M, Ghadimi E, Moharrami A, Nili A, Vafaei A, Tamehri Zadeh SS, 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.
- 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.
- 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 results of a single center. Spine. 2012;37:E1639–E1644. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318273d6bf.
- 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.
- 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.
- 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.
19. **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.
 20. **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.
 21. **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;26:1–6. DOI: 10.3171/2020.4.SPINE2036.
 22. **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.
 23. **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.
 24. **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.
 25. **Yehia MA, Gawwad Soliman HA, Sayed AM.** Dual growing rod technique for the treatment of early-onset scoliosis. *Life Sci J.* 2020;17:58–64. DOI: 10.7537/marslsj17022009.
 26. **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.
 27. **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.
 28. **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.
 29. **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.
 30. **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.
 31. **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.
 32. **Akbarnia BA, Pawelek JB, Cheung KMC, Demirkiran G, Elsebaie H, Emans JB, Johnston CE, Mundis GM, Noordeen H, Skaggs DL, Sponseller PD, Thompson GH, Yaszay B, Yazici M.** Traditional Growing Rods Versus Magnetically Controlled Growing Rods for the Surgical Treatment of Early-Onset Scoliosis: A Case-Matched 2-Year Study. *Spine Deform.* 2014;2(6):493–497. DOI: 10.1016/j.jspd.2014.09.050.
 33. **Upasani VV, Parvareesh 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.
 34. **Larson AN, Baky FJ, 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.
 35. **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.
 36. **Waldhausen JH, 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.
 37. **Peiro-García 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.
 38. **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.
 39. **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.* 2015;36:841–846. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000567.
 40. **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.
 41. **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 center report. *J Pediatr Orthop.* 2019;39:e731–e736. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001338.
 42. **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.
 43. **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.
 44. **Saarienen AJ.** Safety and Quality of Surgical Treatment of Early Onset Scoliosis. University of Turku, 2022.
 45. **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.* 2016;37:e567–e574. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000751.
 46. **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.
 47. **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.
 48. **Михайловский М.В., Суздаков В.А., Садовой М.А.** Хирургическое лечение пациентов со сколиозами 1-й декады жизни: обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2016. Т. 13. № 3. С. 32–40. [Mikhailovsky MV, Suzdalov VA, Sadovoy MA. Surgical treatment of patients with scoliosis of the first decade of life: literature review. *Hir. Pozvonoc.* 2016;13(3):32–40]. DOI: 10.14531/ss2016.3.32-40.

49. Campbell RJ, Smith MD, Hell-Vocke AK. Expansion thoracoplasty: the surgical technique of opening-wedge thoracostomy. Surgical technique. J Bone Joint Surg Am. 2004;86-A Suppl 1:51–64. DOI: 10.2106/0004623-200400001-00008.
50. Михайловский М.В., Ульрих Э.В., Суздалов В.А., Долотин Д.Н., Рябых С.О., Лебедева М.Н. Инструментарий VEPTR в хирургии инфантильных и ювенильных сколиозов: первый отечественный опыт // Хирургия позвоночника. 2010. № 3. С. 31–41. [Mikhailovsky MV, Ulrikh EV, Suzdalov VA, Dolotin DN, Ryabikh SO, Lebedeva MN. VEPTR instrumentation in the surgery for infantile and juvenile scoliosis: first experience in Russia. Hir. Pozvonoc. 2010;(3):31–41]. DOI: 10.14531/ss2010.3.31-41.
51. Рябых С.О., Ульрих Э.В. Применение инструментария VEPTR при деформации позвоночника у детей младшего возраста, обусловленной нарушением сегментации // Гений ортопедии. 2012. № 3. С. 34–37. [Ryabikh SO, Ulrich EV. Usage of VEPTR instrumentation in treatment of spine deformities caused by failure of segmentation in young children. Genij Ortopedii. 2012;(3):34–37].
52. Zhang YB, Zhang JG. Treatment of early-onset scoliosis: techniques, indications, and complications. Chin Med J (Engl). 2020;133:351–357. DOI: 10.1097/CM9.0000000000000614.
53. McCarthy RE, Luhmann S, Lenke L, McCullough FL. The Shilla growth guidance technique for early-onset spinal deformities at 2-year follow-up: a preliminary report. J Pediatr Orthop. 2014;34:1–7. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31829f92dc.
54. Ouellet J. Surgical technique: modern Luque trolley, a self-growing rod technique. Clin Orthop Relat Res. 2011;469:1356–1367. DOI: 10.1007/s11999-011-1783-4.
55. Alkhalife YI, Padhye KP, El-Hawary R. New technologies in pediatric spine surgery. Orthop Clin North Am. 2019;50:57–76. DOI: 10.1016/j.jocl.2018.08.014.
56. Crawford CR 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.
57. Hardesty CK, Huang RP, El-Hawary R, Samdani A, Hermida PB, Bas T, Balio-glu 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.
58. Bumpass DB, Fuhrhop SK, Schootman M, Smith JC, Luhmann SJ. Vertebral body stapling for moderate juvenile and early adolescent idiopathic scoliosis: cautions and patient selection criteria. Spine. 2015;40:E1305–E1314. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001135.
59. Meza BC, Samuel AM, Albert TJ. The role of vertebral body tethering in treating skeletally immature scoliosis. HSS J. 2022;18:171–174. DOI: 10.1177/15563316211008866.
60. Takaso M, Moriya H, Kitahara H, Minami S, Takahashi K, Isobe K, Yamagata M, Otsuka Y, Nakata Y, Inoue M. New remote-controlled growing-rod spinal instrumentation possibly applicable for scoliosis in young children. J Orthop Sci. 1998;3:336–340. DOI: 10.1007/s007760050062.
61. 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. Hir. Pozvonoc. 2020;17(1):25–41]. DOI: 10.14531/ss2020.1.25-41.
62. Thakar C, Kieser DC, Mardare M, Haleem S, Fairbank J, Nnadi C. Systematic review of the complications associated with magnetically controlled growing rods for the treatment of early onset scoliosis. Eur Spine J. 2018;27:2062–2071. DOI: 10.1007/s00586-018-5590-4.
63. Bednar ED, Bergin B, Kishta W. Comparison of magnetically controlled growing rods with other distraction-based surgical technologies for early-onset scoliosis: a systematic review and meta-analysis. JBJS Rev. 2021;9:e20.00062. DOI: 10.2106/JBJS.RVW.20.00062.
64. Charroin C, Abelin-Genevois K, Cunin V, Berthiller J, Constant H, Kohler R, Aulagner G, Serrier H, Armoiry X. Direct costs associated with the management of progressive early onset scoliosis: Estimations based on gold standard technique or with magnetically controlled growing rods. Orthop Traumatol Surg Res. 2014;100:469–474. DOI: 10.1016/j.otsr.2014.05.006.
65. Polly DW Jr, Ackerman SJ, Schneider K, Pawelek JB, Akbarnia BA. Cost analysis of magnetically controlled growing rods compared with traditional growing rods for early-onset scoliosis in the US: an integrated health care delivery system perspective. Clinicoecon Outcomes Res. 2016;8:457–465. DOI: 10.2147/CEORS113633.
66. Luhmann SJ, McAughey EM, Ackerman SJ, Bumpass DB, McCarthy RE. Cost analysis of a growth guidance system compared with traditional and magnetically controlled growing rods for early-onset scoliosis: a US-based integrated health care delivery system perspective. Clinicoecon Outcomes Res. 2018;10:179–187. DOI: 10.2147/CEORS152892.
67. Polly DW, Larson AN, Samdani AF, Rawlinson W, Brechka H, Porteous A, Marsh W, Ditto R. Cost-utility analysis of anterior vertebral body tethering versus spinal fusion in idiopathic scoliosis from a US integrated healthcare delivery system perspective. Clinicoecon Outcomes Res. 2021;13:175–190. DOI: 10.2147/CEORS289459.
68. 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.
69. Филатов Е.Ю., Рябых С.О., Савин Д.М. Алгоритм лечения врожденных аномалий позвоночника // Гений ортопедии. 2021. Т. 27. № 6. С. 717–726. [Filatov EYu, Ryabikh SO, Savin DM. Algorithm for the treatment of congenital anomalies of the spine. Genij Ortopedii. 2021;27(6):717–726]. DOI: 10.18019/1028-4427-2021-27-6-717-726.
70. Рябых С.О., Ульрих Э.В. Возможности коррекции односторонней гипоплазии грудной клетки при деформациях позвоночника у детей с большой потенциальной ростом // Гений ортопедии. 2011. № 4. С. 44–48. [Ryabikh 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].
71. Михайловский М.В., Садовой М.А., Новиков В.В., Васюра А.С., Садовая Т.Н., Удалова И.Г. Современная концепция раннего выявления и лечения идиопатического сколиоза // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12. № 3. С. 13–18. [Mikhailovsky MV, Sadovoy MA, Novikov VV, Vasyura AS, Sadovaya TN, Udalova IG. The modern concept of early detection and treatment of idiopathic scoliosis. Hir. Pozvonoc. 2015;12(3):13–18]. DOI: 10.14531/ss2015.3.13-18.

Адрес для переписки:

Молотков Юрий Витальевич
640014, Россия, Курган, ул. М. Ульяновой, 6,
НМИЦ 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 02.11.2022

Рецензирование пройдено 27.02.2023

Подписано в печать 03.03.2023

Received 02.11.2022

Review completed 27.02.2023

Passed for printing 03.03.2023

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, 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 клиники высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, 190103, Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, 154, ORCID: 0000-0002-8293-0521, rso_@mail.ru;
Егор Юрьевич Филатов, канд. мед. наук, травматолог-ортопед, 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;
Ольга Михайловна Сергеенко, канд. мед. наук, нейрохирург, травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0000-0003-2905-0215, pavlova.neuro@mail.ru;
Илхом Эшкуллович Хужаназаров, д-р мед. наук, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии, военно-полевой хирургии и нейрохирургии, Ташкентская медицинская академия, Узбекистан, 100109, Ташкент, ул. Фараби, 2; заведующий отделением ортопедии и реабилитации, Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр травматологии и ортопедии, Узбекистан, 100047, Ташкент, ул. Махтумкули, 78, ORCID: 0000-0002-8362-6716, ilkbom707@mail.ru;
Достон Илхомович Эшкулов, нейрохирург, Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр травматологии и ортопедии, Узбекистан, 100047, Ташкент, ул. Махтумкули, 78, ORCID: 0000-0001-7334-1410, dostonjon.esbkulov@mail.ru.

Yury Vitalyevich Molotkov, orthopedic surgeon, graduate, 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, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Veltishev Research and Clinical Institute of 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;
Egor Yuryevich Filatov, MD, PhD, orthopedic surgeon, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0002-3390-807X, filatov@ro.ru;
Olga Mikhailovna Sergeenko, MD, PhD, neurosurgeon, orthopedic surgeon, Russian Ilizarov Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0000-0003-2905-0215, pavlova.neuro@mail.ru;
Ilkhom Esbkulovich Khuzhanazarov, DMSc, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics, Military Field Surgery and Neurosurgery, Tashkent Medical Academy, 2 Farabi str., Tashkent, 100109, Uzbekistan; Head of the Department of Orthopedics and Rehabilitation, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Traumatology and Orthopedics, 78 Makhtumkuli str., Tashkent, 100047, Uzbekistan, ORCID: 0000-0002-8362-6716, ilkbom707@mail.ru;
Doston Ilkhomovich Esbkulov, neurosurgeon, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Traumatology and Orthopedics, 78 Makhtumkuli str., Tashkent, 100047, Uzbekistan, ORCID: 0000-0001-7334-1410, dostonjon.esbkulov@mail.ru.