



# ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ СО СКОЛИОЗАМИ 1-Й ДЕКАДЫ ЖИЗНИ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

**М.В. Михайловский, В.А. Суздалов, М.А. Садовой**

Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна

Представлена вторая часть обзора литературы по основным методам лечения пациентов с инфантильными и ювенильными сколиозами. Особое внимание уделено результатам лечения с использованием различного инструментария, с возможностью проведения этапных коррекций.

**Ключевые слова:** инфантильный сколиоз, ювенильный (ранний) сколиоз, хирургическое лечение.

## SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH SCOLIOSIS OF THE FIRST DECADE OF LIFE: LITERATURE REVIEW

*M.V. Mikhailovsky, V.A. Suzdalov, M.A. Sadovoy*

The paper presents a second part of literature review on basic methods of treatment of patients with infantile and juvenile scoliosis. Particular attention is paid to the results of treatment with the use of various instrumentation and with a possibility of stage correction.

**Key Words:** infantile scoliosis, juvenile scoliosis (Early Onset Scoliosis – EOS), surgical treatment.

Для цитирования: Михайловский М.В., Суздалов 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.3.32-40>.

Please cite this paper as: 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. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.3.32-40>.

### Метод двойных растущих стержней (Dual Growing Rods)

Harrington [13] первым описал возможность коррекции деформации позвоночника без выполнения артродеза. Метод двойных растущих стержней подразумевает размещение захватов инструментария на концевых позвонках сколиотической дуги, стержни при этом проводят субфасциально или подкожно. Концепция методики заключается в обеспечении корригирующего усилия, сохранении достигнутого результата коррекции, возможности продолжения роста позвоночника. Стержни соединяются с помощью коннектора, который регулируется путем ослабления установочного винта. Коррекция осуществляется путем дистракции между полюсами конструкции (рис. 1). Этапные операции с удлинением растущих стержней проводятся через определенный

интервал времени: рекомендованным считается период 6 мес. [28]. Sankar et al. [24] исследовали взаимосвязь частоты и эффективности этапных коррекций. Авторы обследовали 38 пациентов со сроком наблюдения 3,3 (2–7) года. Этапные коррекции проводились в среднем через 6–8 мес. В результате первичного вмешательства сколиотическая дуга уменьшена с 74 до 36°, с каждой последующей дистракцией происходило уменьшение ее величины, при этом длина Th<sub>1</sub>–S<sub>1</sub> сегментов позвоночника увеличивалась. Это могло быть связано с формированием спонтанных костных блоков на сегментах, не включенных в фиксацию, и влияло на результат завершающей коррекции. Позднее был разработан метод удлинения растущих стержней без хирургического доступа с использованием электромагнитных волн [2], сравнительно недавно одо-

бренный для использования в США (рис. 2). Стоимость лечения с использованием магнитоконтролируемых растущих стержней высока, но со временем становится сопоставимой с традиционной методикой. В России данный метод лечения не применяется вследствие дороговизны и отсутствия аналогов. Авторы из США [22] провели анализ совокупных затрат при использовании обоих методов у 1000 пациентов в течение 6 лет. При использовании традиционного метода требуется выполнение повторных оперативных вмешательств под общим наркозом. Дистракция стержней на магнитах осуществляется в кабинете врача неинвазивным способом. Авторы пришли к выводу, что при использовании магнитов достигнуто значительно меньшее количество случаев глубокой хирургической инфекции, повторных ревизионных вмешательств.

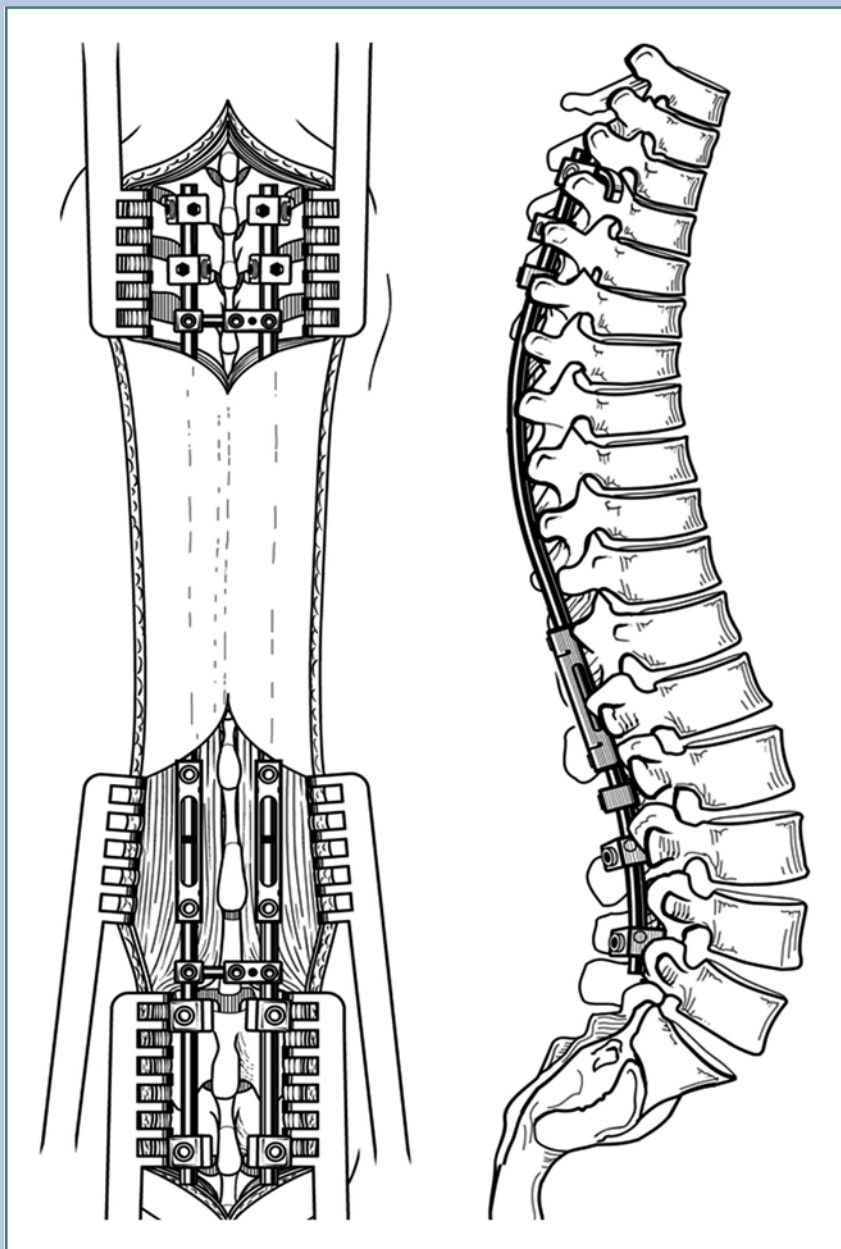


Рис. 1

Техника растущих стержней по Akbarnia et al. [4]



Рис. 2

Техника магнитоконтролируемых растущих стержней по материалам Cheung et al. [11]

В настоящий момент нет четких показаний для использования методики растущих стержней у пациентов с деформациями позвоночника. Однако большинство исследователей согласны с тем, что на момент начала лечения пациенты должны иметь

значительный остаточный потенциал роста скелета, прогрессирующую деформацию позвоночника, причем деформация должна быть мобильной или ее можно сделать такой путем переднего релиза [3, 4, 28, 29].

Akbarnia et al. [4] представили результаты мультицентрового исследования, в которое включили 23 пациента со сроком наблюдения минимум 2 года. По данным авторов, средняя исходная величина основной сколиотической дуги после лече-

ния уменьшилась с 82 до 38°. Кроме того, общее удлинение позвоночника достигло 9,6 см (1,24 см в год), а пространство, доступное для легких, увеличилось с 0,87 до 1,0. Этот показатель отражает потенциал для развития легких и вычисляется путем соотношения высоты обоих гемитораксов, умноженной на 100 и выраженной в процентах [10]. Авторы сообщили о 13 осложнениях, развившихся у 11 пациентов, из которых в 4 случаях требовалось проведение незапланированных вмешательств, и пришли к выводу, что метод двойных растущих стержней является безопасным и эффективным. Частота осложнений сравнима с использованием одно-стержневой техники.

Наконец, Thompson et al. [27] сравнили результаты использования двойных растущих стержней с одностержневой методикой. Этапные коррекции проводили каждые 6 мес., независимо от прогрессирования сколиотической дуги. Исследуемых пациентов (n = 28) разделили на три группы по типу операций: I – с использованием одного стержня и спондилодезом на вершине дуги; II – с использованием одно-стержневой методики; III – с имплантацией двух стержней. В I группе результаты коррекции оказались значительно хуже (23 %), чем в III (71 %). Общее удлинение позвоночника в III группе составило 12,1 см, в I группе – 6,4 см. Авторы пришли к выводу, что при использовании двух растущих стержней при более грубых деформациях удалось достичь лучших результатов без потери коррекции, а проведение дополнительного спондилодеза на вершине деформации неэффективно.

Следует отметить, что в настоящее время интерес к методике достаточно высок. Активно исследуются способы компоновки инструментария, уровни фиксации, оценка полученных результатов. Авторы сообщают, что крюковая ламинарно-педикулярная фиксация в грудном отделе, в сравнении с реберно-педикулярной и реберно-ламнарной, более надежна при выборе проксимальных точек опоры [15].

Использование дистальной фиксации за гребни подвздошных костей позволяет достичь более выраженной коррекции основной сколиотической дуги и перекоса таза в сравнении с фиксацией за таз [20]. Использование транспедикулярной фиксации у детей в возрасте до 5 лет не оказывает влияния на рост позвоночного канала и не вызывает ятрогенного стеноза [16]. В последнее время появляются сообщения об использовании модифицированной техники растущих стержней – sliding-growing rod technique. Концепция метода заключается в следующем. Краниальный и каудальный захваты инструментария формируются на двух позвоночных сегментах с использованием транспедикулярной фиксации и спондилодеза. На промежуточных сегментах устанавливают винты без фиксации, чтобы обеспечивать рост позвоночника. В проксимальный захват, промежуточные винты и каудальный захват укладываются стержни, которые соединяются преимущественно в дистальной части коннектором типа домино. Дистальные стержни фиксируются

в коннекторе, проксимальные – нет. В отличие от традиционной методики, применение способа обеспечивает динамическую фиксацию с самостоятельным ростом позвоночника, меньшее количество осложнений, улучшение функции дыхательной системы [12]. Оценка полученных результатов лечения (протяженность инструментария) может достоверно проводиться не только рентгеновским способом, но и с использованием ультразвука [14]. При использовании магнитоконтролируемых стержней проводить рентгеновское обследование после каждого удлинения не обязательно. Показания возникают при увеличении интервала удлинения до 6 мес. или при наличии клинических данных и жалоб на нестабильность инструментария [30].

#### *Метод Шилла (Shilla Procedure)*

При использовании метода Шилла, в отличие от двойных растущих стержней, отсутствует необходимость проведения этапных коррекций. При этом вершину сколиотической дуги инструментируют фиксирующими винтами, корригируют и блоки-



**Рис. 3**

Метод Шилла: а – типы транспедикулярных винтов: фиксирующие и полиаксиальные скользящие (материалы фирмы «Medtronic»); б – компоновка инструментария (материалы фирмы «Medtronic»)

Таблица 1

Сводные данные по анализируемым методам лечения

Анализируемый метод	Автор	Год публикации	Число наблюдений	Срок наблюдений, лет	Результаты
Метод Шилла	McCarthy et al. [17]	2009	10	2	Достигнутая коррекция: 36,5°; увеличение пространства, доступного для легких: 13 %; увеличение сегмента Th <sub>1</sub> –S <sub>1</sub> : 12 %; осложнения: нет
	McCarthy и McCullough [18]	2012	40	5	Достигнутая коррекция: 40 %; увеличение пространства, доступного для легких: 30 %; увеличение сегмента Th <sub>1</sub> –S <sub>1</sub> : 10 %; осложнения: у 22 больных (у 7 – более 2)
Метод Шилла	Andras et al. [5]	2015	72	4,6	Достигнутая коррекция: 24°; увеличение сегмента Th <sub>1</sub> –S <sub>1</sub> : 6,4 см; частота осложнений: 1,9
метод растущих стержней					достигнутая коррекция: 37°; увеличение сегмента Th <sub>1</sub> –S <sub>1</sub> : 8,8 см; частота осложнений: 1,3
Метод фиксации скобами	Betz et al. [7]	2003	21	2	Сколиоз не более 50°: у 60 % пациентов стабильное течение; осложнения: 3 незначительных
	Betz et al. [6]	2005	39	1	Сколиоз не более 50°: у 87 % пациентов стабильное течение; осложнения: 1 тяжелое, 5 незначительных
	Betz et al. [8]	2010	28	3,2	Сколиоз не более 35°: у 77,7 % пациентов стабильное течение; сколиоз не более 25°: у 85,7 % пациентов стабильное течение; лечение сколиозов грудной локализации (35° и более) неэффективно; осложнения: 2 незначительных

руют. Нетрадиционные скользящие полиаксиальные транспедикулярные винты имплантируют на концевых позвонках сколиотической дуги. Это позволяет неблокированным отделам позвоночника расти вдоль стержней, скользя по ним (рис. 3). Вследствие новизны процедуры в литературе недостаточно данных о результатах ее использования. McCarthy et al. [19] провели экспериментальное изучение методики на моделях животных. Как ожидалось, через 6 мес. после имплантации инструментария рост позвоночника в краниальном и каудальном направлениях увеличился в среднем на 4,8 см. Выявлено большое количество осложнений в виде

стирания скользящих винтов и переломов стержней.

В рамках II Международного конгресса общества по изучению сколиоза и роста позвоночника McCarthy et al. [17] представили результаты лечения 10 пациентов с деформациями позвоночника различной этиологии с использованием методики Шилла и средним сроком наблюдения 2 года (табл. 1). Динамика основной сколиотической дуги представлена следующим образом: до операции – 70,5°, сразу после операции – 27,0°, к концу наблюдения – 34,0°. Пространство, доступное для легких, в среднем увеличилось на 13 %, а рост позвоночника на 12 %. Авторы подчеркивают

тот факт, что при использовании традиционной методики двух растущих стержней этапные коррекции необходимо проводить каждые 6 мес. Использование метода Шилла позволило у 10 пациентов избежать 49 этапных оперативных вмешательств в течение курса лечения. Позже McCarthy и McCullough [18] представили результаты лечения 40 пациентов с использованием метода Шилла с 5-летним сроком наблюдения. Исследование проводилось в рамках деятельности SRS. Недоступны для дальнейшего исследования оказались 3 пациента: 2 летальных исхода, не связанных с хирургией позвоночника, у 1 – смена места жительства. Оценка результатов



Таблица 2

Динамика показателей коррекции в группах с использованием методов Шилла и растущих стержней

Показатели коррекции	Метод Шилла			Метод растущих стержней		
	до операции	после операции	в конце срока наблюдения	до операции	после операции	в конце срока наблюдения
Основная дуга, град.	69	26	45	72	38	35
Длина Th <sub>1</sub> –S <sub>1</sub> сегментов, см	29,0	32,5	35,4	26,7	30,1	35,4

производилась ретроспективно, учитывались показания, этиология, количество вмешательств, клинические данные, осложнения. Начало оперативного лечения в среднем в возрасте 6 лет (от 23 мес. до 11 лет). Средняя исходная величина сколиотической дуги – 67°, после операции достигнута коррекция 64 %. В конце срока наблюдения коррекция сохранялась в размере 40 %. Пространство, доступное для легких, увеличилось в среднем на 30 %, удлинение грудного (Th<sub>1</sub>–Th<sub>12</sub>) отдела позвоночника на 8 %, грудного и поясничного (Th<sub>1</sub>–S<sub>1</sub>) – на 10 %. Всего выполнено 62 процедуры; с использованием традиционной дистракции – 346 вмешательств. Осложнения отмечены у 22 больных, которым было необходимо проведение повторных вмешательств; 7 пациентов имели более двух осложнений. Осложнения разделили на следующие группы: связанные с имплантатами – 51, плохое заживление раны – 4, инфекционные – 7, выравнивание конструкции – 5. Авторы пришли к выводу, что частота осложнений является приемлемой и методика может применяться при большинстве нозологических форм деформаций позвоночника. При этом пациентам разрешена обычная физическая активность. В рамках исследования проведен анализ прочностных характеристик различных конструкций. При ранних формах сколиоза эффективными являются методы растущих стержней с транспедикулярной фиксацией [28], VERTR [9], Шилла [19]. Методики растущих стержней и VERTR нецелесообразны при управляемой коррекции кифоза [23, 25].

Недавно представлено первое сравнительное мультицентровое исследование результатов лечения больных с инфантильными и ювенильными сколиозами (72 пациента) с использованием методов Шилла (I группа) и двойных растущих стержней (II группа) за период с 1995 по 2009 гг. [5]. Группа пациентов тщательно отобрана из единой базы данных 22 центров, включающей результаты лечения 1000 больных со сроками наблюдения 4,6 года. Динамика величины основной сколиотической дуги представлена в табл. 2. В I группе к концу срока наблюдения величина потери коррекции на фоне активного роста достигла 19°, а общая коррекция – 24°.

Во II группе наблюдалось улучшение на 3°, а общая коррекция выше, чем в I группе, и равна 37°. Длина позвоночного столба (Th<sub>1</sub>–S<sub>1</sub>), измеренная на фронтальных рентгенограммах, увеличилась следующим образом: в I группе на 6,4 см, во II – на 8,8 см.

Частота осложнений в обеих группах оказалась практически одинаковой – 1,9 и 1,3 соответственно (табл. 3). Во II группе у двух пациентов интраоперационно регистрировалось отсутствие соматосенсорных вызванных потенциалов. Ревизионное вмешательство не проводилось. В послеоперационном периоде неврологических нарушений не выявлено. У одного больного после замены

Таблица 3

Сравнительная характеристика осложнений в группах с использованием методов Шилла и растущих стержней, %

Типы осложнений	Метод Шилла	Метод растущих стержней
Общее количество	1,9 (0–7)	1,3 (0–9)
Неврологические	0	0,1 (0–1)
Ятрогенные	0,03 (0–1)	0,22 (0–2)
Связанные с имплантатами	1,5 (0–6)	0,7 (0–7)

Таблица 4

Общая характеристика дополнительных вмешательств при осложнениях, связанных с имплантатами, %

Типы дополнительных вмешательств	Метод Шилла	Метод растущих стержней
Общее количество	1,8 (0–7)	6,4 (2–14)
Ревизии имплантатов	1,4 (0–7)	1,5 (0–7)
Незапланированные	1,3 (0–6)	0,5 (0–6)
В процессе планового удлинения	0	0,2 (0–2)
Манипуляции с имплантатами	0,1 (0–1)	0,8 (0–4)

сломанных стержней и дистракции до исходной величины диагностирован нижний правосторонний гемипарез с нарушением походки. Выполнено укорочение стержней, неврологические нарушения купированы менее чем за 2 мес. В I группе неврологических осложнений не выявлено. Во II группе частота ревизионных вмешательств при осложнениях составила 7,2, этапных – 6,2 на пациента. Количество осложнений, связанных с имплантатами, было значительным в обеих группах (табл. 1, 4, 5). В большинстве случаев ревизионные и этапные вмешательства проводились в плановом порядке. Авторы отмечают, что в настоящее время небольшое количество пациентов достигли достаточной зрелости скелета и им проведен завершающий этап лечения. Необходимо продолжить наблюдение с целью более достоверной оценки полученных результатов. В целом, оптимальные результаты лечения достигнуты в группе с использованием метода растущих стержней. Однако это стало возможным путем большего количества оперативных вмешательств. В то же время большее количество осложнений, связанных с имплантатами, выявлено в группе с использованием метода Шилла. Частота осложнений в обеих группах представляется одинаковой.

#### Фиксация позвоночника скобами (Vertebral Stapling)

Этот метод разработан по принципу закона Neuter – Volkmann. Первое сообщение об использовании метода датируется 1951 г. [21]. Авторы смогли создать и впервые имплантировать скобы в эксперименте на растущих собаках. Скобы размещались над межпозвонковыми дисками в прилегающих пластинках роста смежных позвонков. После этой работы Smith et al. [26] применили технику у трех пациентов, но попытки оказались безуспешными из-за миграции имплантатов. Методика не использовалась до недавнего времени. Появление новых имплантатов с памятью формы, усовершенствованная хирургическая техника и металлоконструкции спо-

собствовали ее возрождению. Скобы из никелида титана имплантируются в охлажденном состоянии и затем сохраняют перпендикулярное положение по отношению к кости. После того как они нагреваются до темпе-

ратуры тела, происходит коррекция дуги деформации за счет постепенного сжатия, что снижает риск миграции имплантата (рис. 4). Впервые в СССР скобы из никелида титана при сколиотической болезни применил

Таблица 5

Типы осложнений, связанных с имплантатами, n

Типы осложнений	Метод Шилла	Метод растущих стержней
Перелом стержня	24	18
Shilla-смещение (вырывание) винта	13	0
Смещение (вырывание) захвата	1	5
Выстояние имплантата	12	1
Shilla-ослабление винтовой фиксации	3	0
Неправильная установка винта	1	0
Потеря проксимальной фиксации	1	0

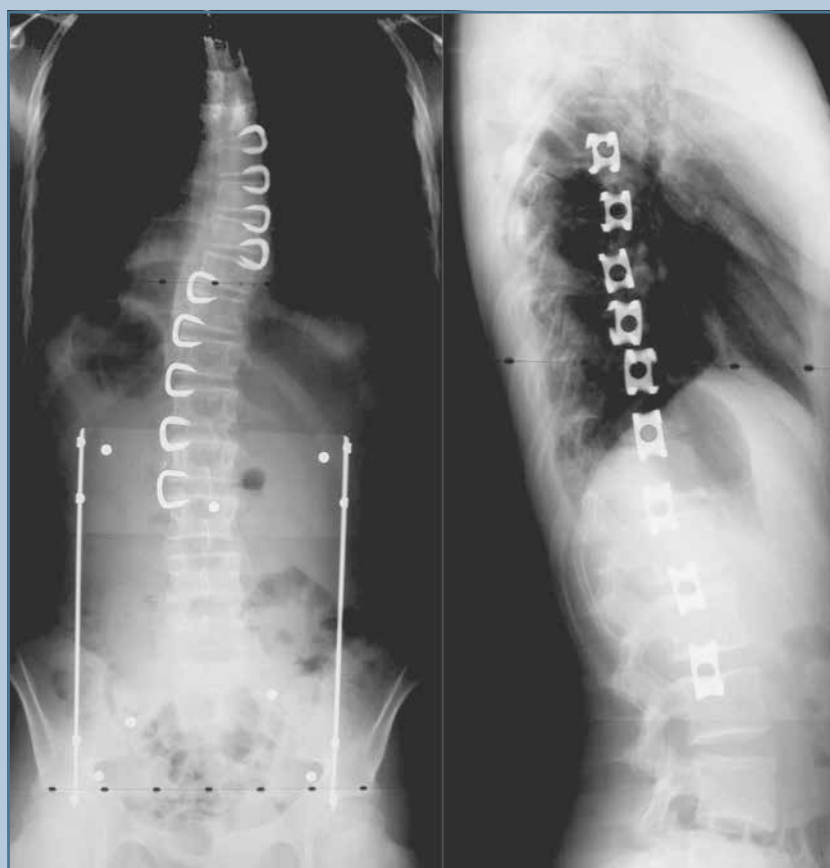
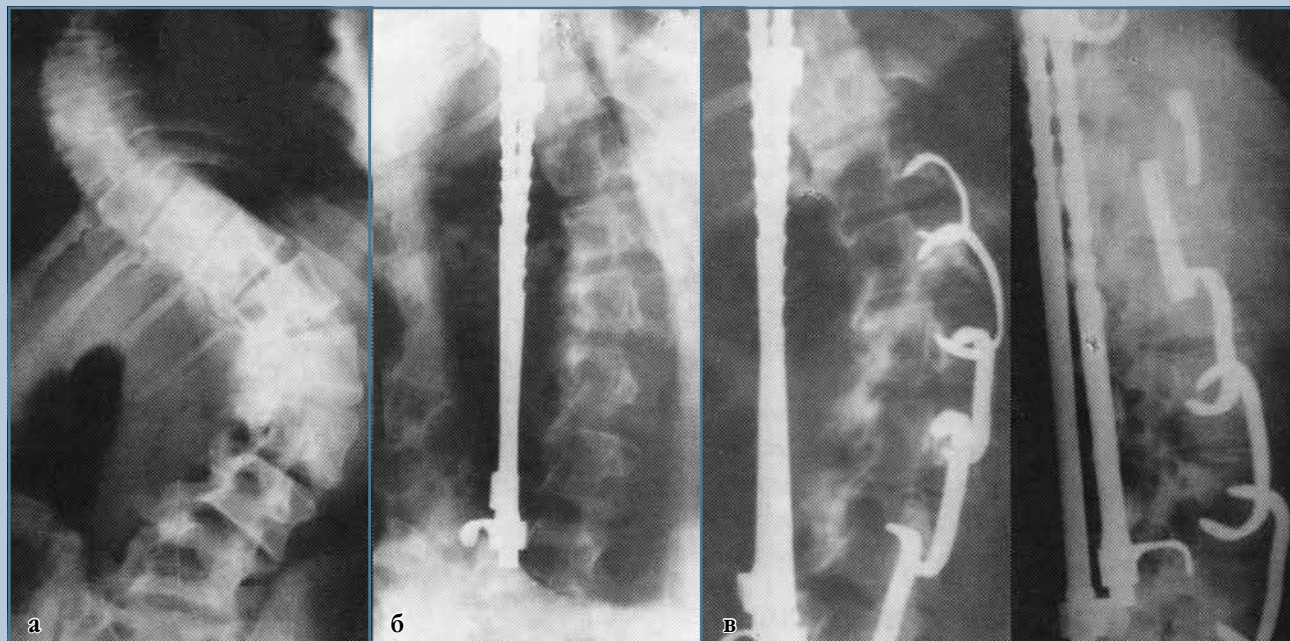


Рис. 4

Техника фиксации скобами позвоночника у пациентки с грудной и поясничной сколиотическими дугами по материалам Betz et al. [6]

**Рис. 5**

Рентгенограммы пациентки с груднопоясничным сколиозом IV ст.: **а** – до операции; **б** – после 1-го этапа операции; **в** – после 2-го этапа операции

проф. Я.Л. Цивьян в 1984 г. в Новосибирском НИИТО (рис. 5). Всего им выполнено три таких операции. Скобы имплантировались из торакоабдоминального доступа. В результате оперативного вмешательства получена выраженная коррекция деформации позвоночника (до 48 %), устранена клиновидность межпозвонковых дисков на уровне фиксации, сформирован передний костный блок через 5 мес. [1].

В 2003 г. Betz et al. [7] представили результаты 21 растущего пациента (Risser  $\leq 2$ ) с идиопатическим сколиозом (табл. 1). Использовался торакоскопический доступ к телам позвонков. Сообщалось о трех незначительных осложнениях. Затем авторы рассмотрели подгруппу из 10 пациентов со сроком наблюдения 22,6 мес. на предмет стабильности основной дуги. Критериями отбора явились прогрессирование основной дуги на  $6^\circ$  и более или до  $50^\circ$ . С учетом этих критериев 6 из 10 пациентов имели стабильное течение,

у четырех деформация прогрессировала. Только одному пациенту проведен дорсальный спондилодез с коррекцией металлоконструкцией.

Спустя 2 года Betz et al. [6] сообщили о результатах лечения 39 пациентов. Критериями прогрессирования считалось увеличение дуги на  $10^\circ$  и более. Успешно пролечены 87 % пациентов старше 8 лет с деформациями не более  $50^\circ$ . Период наблюдения составил минимум 1 год. Ни у одного пациента с деформацией  $30^\circ$  или менее прогрессирования не диагностировано. В группе выявлено одно тяжелое и пять незначительных осложнений. Хотя результаты становились многообещающими, авторы отмечают необходимость более длительного наблюдения.

Через некоторое время Betz et al. [8] сообщили о результатах лечения 28 пациентов из группы со сроком наблюдения 3,2 года. Критериями прогрессирования также считалось увеличение дуги на  $10^\circ$  и более. У всех пациентов тест Risser равен

0–1, величина сколиотической дуги – от  $20^\circ$  до  $45^\circ$ . Лечение грудных деформаций величиной  $35^\circ$  и менее оказалось успешным в 77,7 % случаев, деформаций  $20^\circ$  и менее – в 85,7 % случаев. Мобильные дуги, исправленные на 50 % и более, успешно пролечены в 71,4 % случаев. Неврологические и механические осложнения отсутствовали. Наблюдалось два осложнения, связанных с формированием диафрагмальной грыжи и противодуги искривления. В двух случаях развился ателектаз легких. Авторы заключают, что при лечении деформаций величиной  $35^\circ$  и менее имеется высокий риск послеоперационного прогрессирования: при поясничной локализации в 87 % случаев, при грудной – в 79 %. Лечение деформаций грудной локализации с величиной дуги  $35^\circ$  и более неэффективно.

Лечение сколиозов у детей раннего возраста является одной из основных задач современной вертебрологии. В настоящий момент нет золо-



того стандарта консервативного или хирургического лечения. Консервативное лечение, как правило, оказывается неэффективным, однако вме-

шательства на передних или задних отделах могут вызывать ограничение роста позвоночника, приводить к неуправляемому прогрессированию

деформации, снижению пространств, доступных для легких. Эффективность представленных методик еще предстоит проверить в будущем.

## Литература/References

1. Гюнтер В.Э., Дамбаев Г.Ц., Сысолятин П.Г. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. Томск, 1998. [Gunter VE, Dambaev Gts, Ssysolyatin PG. Medical Materials and Shape Memory Implants. Tomsk, 1998. In Russian].
2. Abstracts from the 3rd International Congress on Early Onset Scoliosis and Growing Spine, 20–21 November 2009, Istanbul, Turkey. *J Child Orthop.* 2009;3:503–533. DOI: 10.1007/s11832-009-0215-4.
3. Akbarnia BA, Blakemore LC, Campbell RM Jr, Dormans JP. Approaches for the very young child with spinal deformity: what's new and what works. *Instr Course Lect.* 2010;59:407–424.
4. 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.
5. Andras LM, Joiner ER, McCarthy RE, McCullough L, Luhmann SJ, Sponseller PD, Emans JB, Barrett KK, Skaggs DL. Growing rods versus Shilla growth guidance: better Cobb angle correction and T1–S1 length increase but more surgeries. *Spine Deformity.* 2015;3:246–252. DOI: 10.1016/j.jspd.2014.11.005.
6. Betz RR, D'Andrea LP, Mulcahey MJ, Chafetz RS. Vertebral body stapling procedure for the treatment of scoliosis in the growing child. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;(434):55–60. DOI: 10.1097/01.blo.0000163472.46511.a8.
7. Betz RR, Kim J, D'Andrea LP, Mulcahey MJ, Balsara RK, Clements DH. An innovative technique of vertebral body stapling for the treatment of patients with adolescent idiopathic scoliosis: a feasibility, safety, and utility study. *Spine.* 2003;28:255–265. DOI: 10.1097/01.BRS.0000092484.31316.32.
8. Betz RR, Ranade A, Samdani AF, Chafetz R, D'Andrea LP, Gaughan JP, Asghar J, Grewal H, Mulcahey MJ. Vertebral body stapling: a fusionless treatment option for a growing child with moderate idiopathic scoliosis. *Spine.* 2010;35:169–176. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181c6dfff5.
9. Campbell RM Jr, Hell-Vocke AK. Growth of the thoracic spine in congenital scoliosis after expansion thoracoplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:409–420.
10. Campbell RM, 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 congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:399–408.
11. Cheung KM, Cheung JP, Samartzis D, Mak KC, Wong YW, Cheung WY, Akbarnia BA, Luk KD. Magnetically controlled growing rods for severe spinal curvature in young children: a prospective case series. *Lancet.* 2012;379:1967–1974. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60112-3.
12. Enercan M, Kahraman S, Gokcen B, Cobanoglu M, Yilar S, Sanli T, Erturer E, Ozturk C, Hamzaoglu A. Sliding-growing rod technique (SGRT) in the treatment of early onset scoliosis – more than 2 years of follow-up. Abstracts of the 22nd International Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST), Kuala Lumpur, Malaysia, 2015:87–88.
13. Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am.* 1962;44:591–610.
14. Hingyee Bow C, Cheung JP, Samartzis D, Kwan K, Cheung KM. Use of ultrasound to monitor distractions by magnetically controlled growing rods: a longitudinal correlation study. Abstracts of the 22nd International Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST), Kuala Lumpur, Malaysia, 2015:85.
15. Juntin Y, Zifang H. Distractive failure forces comparison of different anchor sites for the pediatric growing rod technique. Abstracts of the 22nd International Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST), Kuala Lumpur, Malaysia, 2015:76–77.
16. Kahraman S, Enercan M, Cobanoglu M, Yilar S, Ulusoy L, Mutlu A, Sanli T, Gokcen B, Erturer E, Ozturk C, Alanay A, Hamzaoglu A. Does pedicle screw fixation under age five cause spinal canal narrowing? A CT study with minimum 5 years follow-up. Abstracts of the 22nd International Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST), Kuala Lumpur, Malaysia, 2015:77.
17. McCarthy R, Luhmann S, Lenke L. Greater than two year follow-up Shilla growth enhancing system for the treatment of scoliosis in children. Proceedings of 2nd International Congress on Early Onset Scoliosis and Growing Spine. Montreal, Quebec, 2008.
18. McCarthy RE, McCullough FL. Five year follow-up of 40 patients with original Shilla procedure. Proceedings of the Scoliosis Research Society 47th Annual Meeting and Course. September 5–8, 2012. Chicago, Illinois. Paper No. 28.
19. McCarthy RE, Sucato D, Tumer JL, Zhang H, Henson MA, McCarthy K. Shilla growing rods in a caprine animal model: a pilot study. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:705–710. DOI: 10.1007/s11999-009-1028-y.
20. Mijyang Z. Biomechanical analysis of a growing rod with sliding pedicle screw system for early-onset scoliosis. Abstracts of the 22nd International Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST), Kuala Lumpur, Malaysia, 2015:89–91.
21. Nachlas IW, Borden JN. The cure of experimental scoliosis by directed growth control. *J Bone Joint Surg Am.* 1951;33:24–34.
22. Polly DW, Ackerman SJ, Schneider KB, Akbarnia BA. Cost analysis of magnetically-controlled growing rods compared with traditional growing rods for early-onset scoliosis in the United States. Abstracts of the 22nd International Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST), Kuala Lumpur, Malaysia, 2015:85–86.
23. Reinker K, Simmons JW, Patil V, Stinson Z. Can VEPTR(®) control progression of early-onset kyphoscoliosis? A cohort study of VEPTR(®) patients with severe kyphoscoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469:1342–1348. DOI: 10.1007/s11999-010-1697-6.
24. Sankar WN, Skaggs DL, Yazici M, Johnston CE 2nd, Shah SA, Javidan P, Kadakia RV, Day TF, Akbarnia BA. Lengthening of dual growing rods and the law of diminishing returns. *Spine.* 2011;36:806–809. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31821d7d78f.
25. Schroerlucke SR, Akbarnia BA, Pawelek JB, Salari P, Mundis GM, Yazici M, Emans JB, Sponseller PD. How does thoracic kyphosis affect patient outcomes in growing rod surgery? *Spine.* 2012;37:1303–1309. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318246d8a0.
26. Smith AD, Von Lackum WH, Wylie R. An operation for stapling vertebral bodies in congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1954;36:342–348.
27. Thompson GH, Akbarnia BA, Kostial P, Poe-Kochert C, Armstrong DG, Roh J, Lowe R, Asher MA, Marks DS. Comparison of single and dual growing rod techniques followed through definitive surgery: a preliminary study. *Spine.* 2005;30:2039–2044. DOI: 10.1097/01.brs.0000179082.92712.89.
28. Yang JS, McElroy MJ, Akbarnia BA, Salari P, Oliveira D, Thompson GH, Emans JB, Yazici M, Skaggs DL, Shah SA, Kostial PN, Sponseller PD. Growing



rods for spinal deformity: characterizing consensus and variation in current use. J Pediatr Orthop. 2010;30:264–270. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181d40f94.

29. **Yazici M, Emans J.** Fusionless instrumentation systems for congenital scoliosis: expandable spinal rods and vertical expandable prosthetic titanium rib in the management of congenital spine deformities in the growing child. Spine. 2009;34:1800–1807. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181978ec9.
30. **Yilgor C, Alanay A.** Is radiographic control necessary after every lengthening of magnetically-controlled growing rod? Abstracts of the 22nd International Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST), Kuala Lumpur, Malaysia, 2015:86.

**Адрес для переписки:**

Михайловский Михаил Витальевич  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, Новосибирский НИИТО,  
MMihailovsky@niito.ru

**Address correspondence to:**

Mikhailovsky Mikhail Vitalyevich  
NIITO, Frunze str, 17, Novosibirsk, 630091, Russia,  
MMihailovsky@niito.ru

Статья поступила в редакцию 29.02.2016

*Михаил Витальевич Михайловский, д-р мед. наук, проф., главный научный сотрудник отдела детской и подростковой вертебрологии; Василий Александрович Суздалов, канд. мед. наук, травматолог-ортопед отделения детской ортопедии № 1; Михаил Анатольевич Садовой, д-р мед. наук, проф., директор, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия.*

*Mikhail Vitalyevich Mikhailovsky, MD, DMSc, Prof., chief researcher in the department of children and adolescent spine surgery; Vasily Aleksandrovich Suzdalov, PhD, traumatologist-orthopaedist in the Department of Pediatric Orthopaedics No. 1; Mikhail Anatolyevich Sadovoy, MD, DMSc, Prof., director, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Russia.*