

## ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ КИФОЗОВ ПРИ БОЛЕЗНИ ШЕЙЕРМАНА У ДЕТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D-КТ-НАВИГАЦИИ

© Виссарионов С. В., Кокушин Д. Н., Белянчиков С. М., Мурашко В. В.

ФГБУ «НИДОИ им. Г. И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург

■ Цель исследования — описание особенностей хирургической техники коррекции кифотической деформации позвоночника и анализ результатов хирургического лечения ювенильного кифоза у детей с применением 3D-КТ-навигации.

■ Материалы и методы. Под наблюдением находилось 11 пациентов в возрасте 14–17 лет (2 девочки и 9 мальчиков) с кифотической деформацией позвоночника, развившейся на фоне болезни Шейермана. Величина деформации составила в среднем 73,9° (от 60 до 90°). Хирургическое вмешательство проводили из комбинированного доступа, осуществляя дискапофизэктомия и корпородез на вершине кифоза и устанавливая многоопорную корригирующую металлоконструкцию. Для введения транспедикулярных винтов использовали 3D-КТ-навигацию.

■ Результаты. После хирургического лечения величина кифоза уменьшилась до 32,6° (от 20 до 45°), коррекция деформации составила в среднем 41,3° (от 30 до 50°). Гибридные системы установлены 5 пациентам, у 6 детей — тотальная транспедикулярная фиксация. Количество фиксированных позвонков гибридными металлоконструкциями составило в среднем 14 (от 13 до 15), у пациентов с тотальной транспедикулярной фиксацией — 13 (от 12 до 14). Во всех наблюдениях отмечено корректное положение транспедикулярных опорных элементов. Период послеоперационного наблюдения составил от 1 года 5 мес. до 5 лет и 4 мес., в среднем — 3 года 5 мес. Потеря достигнутого результата в отдаленном периоде наблюдения отмечена у больных с гибридными металлоконструкциями и составила в среднем 7,2° (от 4 до 9°).

■ Заключение. Использование транспедикулярных винтов для коррекции ювенильного кифоза у детей позволяет добиться эффективной коррекции деформации, восстановить физиологические профили позвоночника, исключить послеоперационное прогрессирование искривления, уменьшить протяженность металлофиксации и сохранить достигнутый результат в отдаленные периоды наблюдения. Применение системы активной оптической 3D-КТ-навигации позволяет осуществить корректную установку транспедикулярных винтов в тела позвонков у детей с ювенильным кифозом.

■ Ключевые слова: болезнь Шейермана, ювенильный кифоз, транспедикулярная фиксация, навигация, дети, хирургическое лечение.

### Введение

Хирургическая коррекция кифотических деформаций позвоночника у пациентов подросткового возраста, развившихся на фоне болезни Шейермана, является актуальной проблемой вертебрологии. Недостаточная изученность данного вопроса связана прежде всего с исходно небольшим количеством пациентов, страдающих ювенильным кифозом и подвергнутых хирургическому лечению. Это обусловлено малым удельным весом болезни Шейермана по отношению к другим нозологическим формам (идиопатический сколиоз, врожденные деформации позвоночника, травма позвоночника и др.), а также еще мень-

шим количеством больных, имеющих показания для проведения оперативной коррекции кифотической деформации позвоночника. В отечественной литературе имеется сравнительно небольшое количество работ, посвященных проблеме хирургической коррекции ювенильного кифоза [2–4, 9]. Из публикаций, содержащих большое количество наблюдений, необходимо отметить статью М. В. Михайловского [и др.] [6], в которой проводится анализ хирургического лечения 68 пациентов. Имеются также мультицентровые исследования, выполненные зарубежными авторами [13, 15] и посвященные ретроспективному анализу хирургической коррекции деформации

позвоночника у пациентов с болезнью Шейермана из комбинированного и дорсального доступов. В этих исследованиях группы наблюдения составили 78 и 111 пациентов соответственно.

В ряде публикаций продолжает активно обсуждаться вопрос выбора опорных элементов металлоконструкции для коррекции ювенильного кифоза. Одни исследователи используют ламинарные и гибридные спинальные системы [5, 7], другие авторы подчеркивают важность и значимость использования в качестве опорных элементов транспедикулярных винтов [11, 14], позволяющих избежать или снизить количество таких осложнений, как несостоятельность каудального или краниального захвата металлоконструкции, развитие контактного кифоза, нарушение баланса туловища [10–13]. Необходимо отметить, что использование в качестве опорных элементов транспедикулярных винтов, особенно в верхнегрудном и среднегрудном отделе деформированного позвоночника, сопряжено с риском развития различных осложнений, таких как перфорация стенок основания дуги позвонка, пролабирование винта в позвоночный канал со стенозом последнего, развитие неврологических нарушений и возможное повреждение магистральных сосудов. Применение навигационной системы дает возможность осуществить предоперационное планирование, правильную и корректную установку транспедикулярных опорных элементов в тела позвонков и избежать осложнений в ходе хирургического вмешательства [1]. В литературе нами не найдено публикаций, посвященных вопросам хирургического лечения кифотических деформаций позвоночника у детей с болезнью Шейермана с применением системы 3D-КТ-навигации.

Цель исследования — описание особенностей хирургической техники коррекции ювенильного кифоза и анализ результатов хирургического лечения деформации позвоночника у детей с болезнью Шейермана с применением 3D-КТ-навигации.

## Материалы и методы

Проведен анализ хирургического лечения 11 пациентов с ювенильным кифозом. Возраст детей на момент хирургического лечения составил от 14 до 17 лет, в среднем 15,5 года, распределение по полу — 9 мальчиков и 2 девочки. Величина кифотической деформации составила в среднем 73,9° (от 60 до 90°). Вершина кифоза располагалась на уровне Th7 ( $n = 5$ ), Th8 ( $n = 1$ ), Th9 ( $n = 3$ ), Th10 ( $n = 1$ ), Th11 ( $n = 1$ ). Перед хирургическим лечением всем детям проводили предоперационное обследование, включающее в себя оценку соматического и ортопедического статуса, осмотр невролога и лучевые методы исследования. Выполняли рентгенологическое исследование позвоночника в двух проекциях, функциональную рентгенографию в положении гиперэкстензии. Компьютерную томографию позвоночника проводили для оценки анатомо-антропометрических особенностей позвонков на протяжении искривления и определения возможности установки транспедикулярных винтов в ходе хирургической коррекции деформации, а также для контроля корректности положения транспедикулярных винтов в телах позвонков после операции. Для исключения интраканальной патологии всем пациентам проводили МРТ позвоночника и спинного мозга.

У 8 пациентов (72,7 % наблюдений) инструментальный спондилодез кифотической деформации позвоночника был проведен с применением системы активной оптической 3D-КТ-навигации.

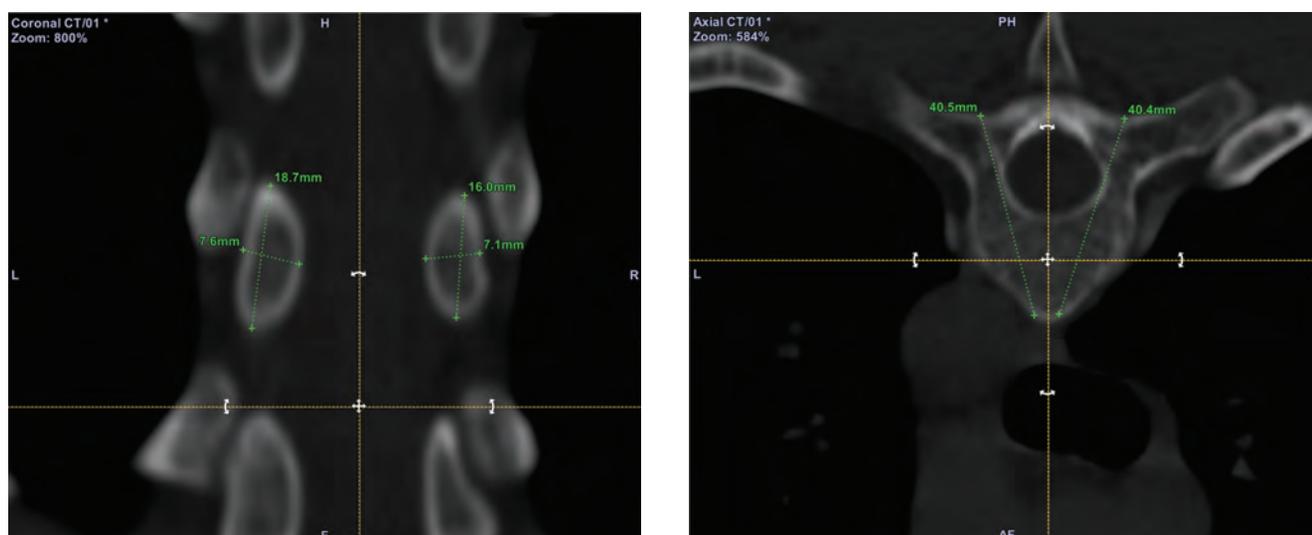


Рис. 1. Оценка анатомических особенностей костных структур позвонков в программной среде SpineMap 3D-системы активной оптической 3D-КТ-навигации

Таблица 1

Размеры корней дуг позвонков у пациента Т., 17 лет, с болезнью Шейермана

Позвонок	Слева		Справа	
	Поперечный диаметр корня дуги, в мм	Продольный диаметр корня дуги, в мм	Поперечный диаметр корня дуги, в мм	Продольный диаметр корня дуги, в мм
Th2	7,9	18,7	8,7	16,0
Th3	7,3	14,7	8,1	14,9
Th4	7,2	14,8	7,1	15,3
Th5	6,3	13,2	6,3	14,5
Th6	6,1	15,0	6,0	15,4
Th7	5,8	17,4	6,1	16,6
Th8	5,9	18,5	6,7	18,1
Th9	7,5	18,6	7,5	16,1
Th10	9,2	21,4	6,6	19,7
Th11	12,0	24,2	7,9	22,3
Th12	13,8	23,3	9,9	24,2
L1	11,7	17,3	7,7	17,3
L2	9,1	17,5	7,7	16,2
L3	11,0	17,4	10,4	17,5
L4	12,0	15,6	12,2	16,7
L5	16,8	14,6	17,0	15,1

Для оценки анатомических особенностей костных структур деформированных позвонков КТ-сканы с толщиной среза 1 мм и размером матрицы 512 × 512 пикселей, полученные при проведении компьютерной томографии позвоночника на протяжении от позвонка Th1 до S1, при помощи носителя импортировали в программную среду SpineMap 3D-системы активной оптической 3D-КТ-навигации. На основе трехмерной КТ-реконструкции в планирующей станции измеряли в плоскости относительно каждого позвонка

внешний поперечный и продольный диаметр корня дуги, длину «винтового пути» (рис. 1).

На основании полученных анатомо-антропометрических данных (табл. 1, 2) определяли возможность проведения транспедикулярных винтов в каждый позвонок на протяжении дуги деформации. Затем проводили установку виртуальных транспедикулярных винтов в трехмерной модели позвоночника на планируемых уровнях инструментальной фиксации (рис. 2).

Таблица 2

Длина «винтового пути» у пациента Т., 17 лет, с болезнью Шейермана

Позвонок	Длина «винтового пути» слева, в мм	Длина «винтового пути» справа, в мм
Th2	47,8	46,9
Th3	37,0	37,3
Th4	40,5	40,4
Th5	41,4	42,3
Th6	43,5	42,4
Th7	46,2	44,7
Th8	48,9	48,8
Th9	49,6	49,1
Th10	49,0	49,0
Th11	53,0	52,9
Th12	53,4	51,7
L1	51,9	52,0
L2	50,6	52,2
L3	48,7	46,6
L4	50,2	49,3

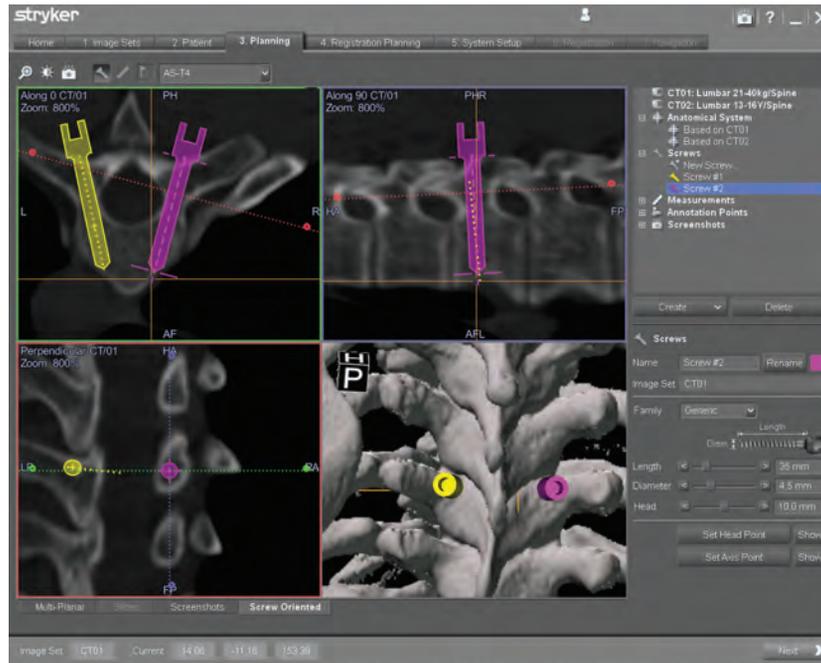


Рис. 2. Установка виртуальных транспедикулярных винтов в трехмерной модели позвоночника в программной среде SpineMap 3D-системы активной оптической 3D-КТ-навигации

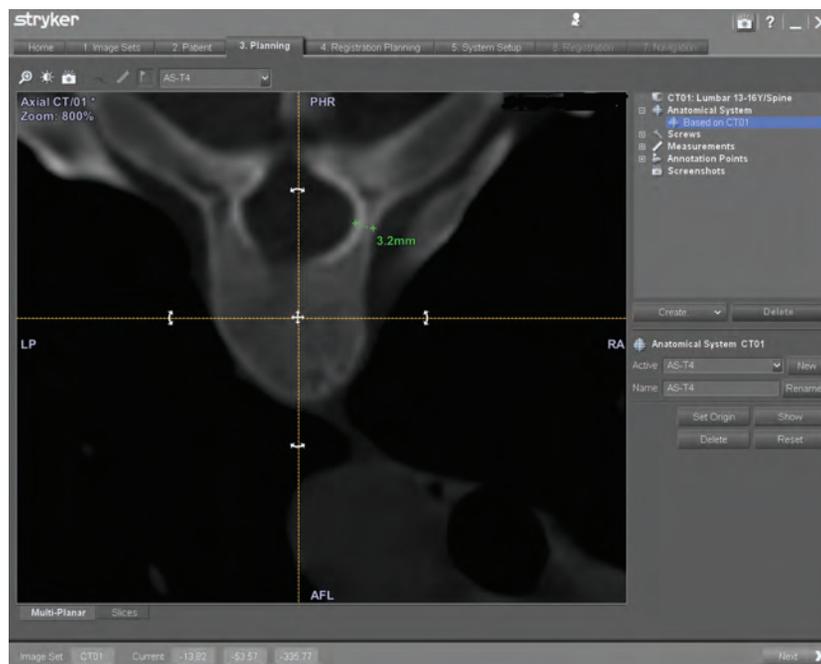


Рис. 3. Размер поперечного диаметра корня дуги позвонка Th4 справа у пациента Н., 15 лет, составляет 3,2 мм, для коррекции кифотической деформации позвоночника использована гибридная металлоконструкция

Критерием возможности корректной установки винта считали внешний поперечный и продольный диаметр корня дуги больше 4 мм (рис. 3) [1].

Далее проводили предоперационное планирование расположения референтных точек для проведения процедуры регистрации на этапе интраоперационного навигирования. В качестве референтных точек в грудном отделе позвоночника использовали середину вершины остистого и поперечных отростков регистрируемого позвон-

ка (рис. 4). В поясничном отделе в качестве точек для регистрации выбирали середину вершины остистого отростка планируемого позвонка, середину дугоотростчатого сустава между регистрируемым и вышележащим позвонками с обеих сторон (рис. 5). Фиксацию положения референтных точек на анатомических костных структурах задней колонны позвонков назвали регистрацией по анатомическим ориентирам (*anatomical landmarks*).

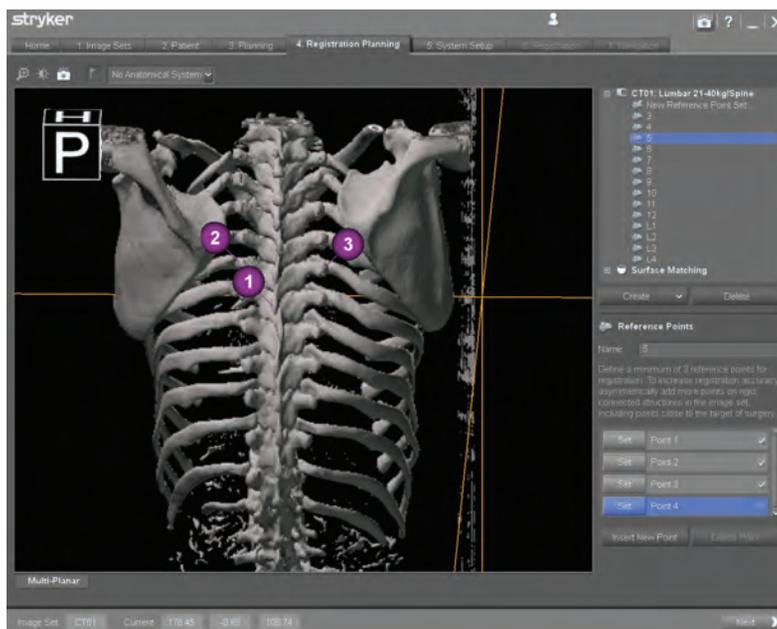


Рис. 4. Референтные точки, используемые для регистрации по анатомическим ориентирам в грудном отделе позвоночника

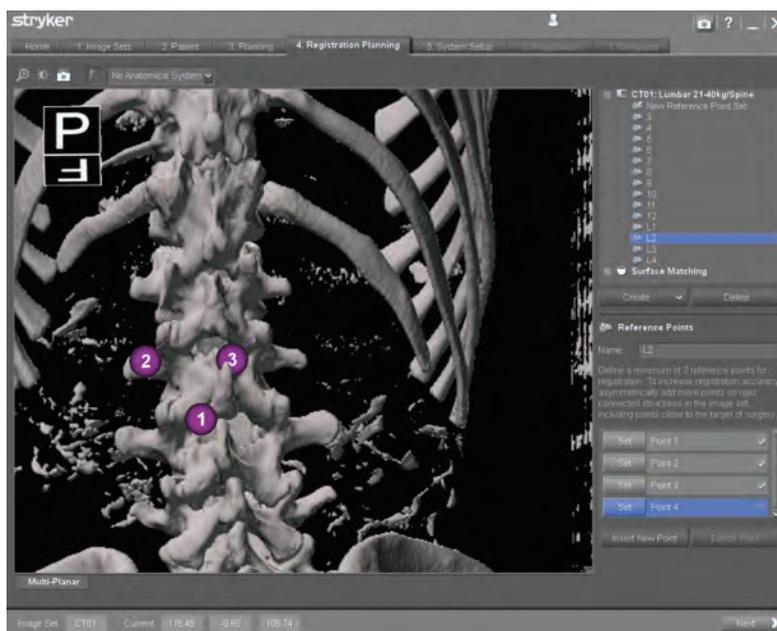


Рис. 5. Референтные точки, используемые для регистрации по анатомическим ориентирам в поясничном отделе позвоночника

Хирургическое вмешательство для коррекции деформации и стабилизации позвоночника в исправленном положении проводили из комбинированного доступа (торакотомического и дорсального), осуществляя дискапозитомию и корпородез на вершине кифоза и устанавливая многоопорную корригирующую металлоконструкцию.

**Техника оперативного вмешательства.** Первым этапом в положении пациента на боку осуществляли трансплевральный доступ к переднебоковой поверхности тел позвонков на протяжении кифотической деформации с поднадкостничной резекцией участка ребра, выполняли многоуров-

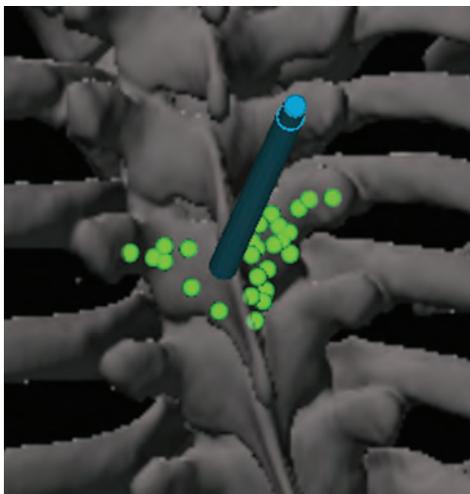
невую дискапозитомию (на 4–6-м уровнях) на вершине искривления и корпородез аутокостью, представленной фрагментами резецированного ребра. Осуществляли гемостаз и устанавливали активный дренаж в плевральную полость. Рану ушивали послойно, наглухо.

После этого пациента поворачивали на живот и вторым этапом из дорсального подхода осуществляли доступ на протяжении зоны предполагаемой инструментализации. Выполняли разрез кожи, рассекали тораколумбальную фасцию, окружающую остистые отростки, проводили «широкое» скелетирование дорсальных отделов

позвоночного столба, включающих в себя: остистые отростки, дуги позвонков, поперечные отростки и дугоотростчатые суставы.

После выполнения хирургического доступа и скелетирования задних структур позвоночника осуществляли установку навигационной системы. Следящую камеру у всех больных во время всего периода оперативного вмешательства помещали со стороны нижних конечностей пациента. Трекер пациента (нулевой трекер) устанавливали на остистый отросток на один или два позвонка ниже уровня планируемого формирования костных каналов для проведения транспедикулярных винтов. После этого с помощью навигационного инструментария (шило с активными инфракрасными датчиками) выполняли интраоперационную регистрацию по анатомическим ориентирам. Перед началом формирования костных каналов в телах позвонков дополнительно для контроля точности регистрации выполняли проверку путем определения положения шила на поверхности костных структур задней колонны позвонков. В тех случаях, когда погрешность регистрации составляла более 1,0 мм или по результатам тестирования анатомических ориентиров позвонка отмечались значимые пространственные отклонения, могущие внести искажения при навигации, проводили дополнительную регистрацию по поверхности (*surface registration*) данного позвонка (рис. 6).

Далее формировали «площадки» в зонах введения транспедикулярных винтов, осуществляли создание костных каналов через основания дуг в тела позвонков, после чего выполняли маркировку сформированных каналов путем установки в них рентгеновских меток. Проводили контрольный рентгеновский снимок в двух проекциях для оценки расположения и направления Rg-меток.



**Рис. 6.** Создание массива точек для регистрации по поверхности в грудном отделе позвоночника

После удаления меток осуществляли установку транспедикулярных винтов в тела позвонков на протяжении дуги деформации. В качестве опорных элементов, устанавливаемых в позвонки груднопоясничного перехода и поясничного отдела позвоночника, использовали редуцированные транспедикулярные винты. При невозможности корректного проведения винтов в позвонки проксимального «колена» кифоза в качестве опорных элементов использовали ламинарные и педикулярные крючки, формируя поперечно-педикулярный захват. На вершине кифоза на нескольких уровнях проводили остеотомию по Smith — Peterson.

Далее в опорные элементы устанавливали с обеих сторон стержни, смоделированные по физиологическим сагиттальным изгибам позвоночного столба. При этом стержни сначала фиксировали гайками к опорным элементам проксимального «колена» кифоза. Коррекцию деформации позвоночника осуществляли путем постепенного перемещения дистального «колена» кифоза в вентродорзальном направлении к стержням металлоконструкции за счет последовательного смещения фиксирующих гаек по сепарируемой резьбовой части редуцированных винтов. Завершали вмешательство проведением сегментарной контракции вдоль стержней [8]. Выполняли задний локальный спондилодез вдоль спинальной системы и устанавливали дренаж к ложу металлоконструкции. Рану ушивали послойно, наглухо. В послеоперационном периоде на 2-е сутки удаляли систему дренажей, на 3–4-е сутки пациентов вертикализировали.

## Результаты

Величина кифотической деформации до операции составила в среднем  $73,9^\circ$  (от  $60$  до  $90^\circ$ ). В результате хирургического лечения величина кифоза уменьшилась до  $32,6^\circ$  (от  $20$  до  $45^\circ$ ), таким образом, коррекция деформации составила в среднем  $41,3^\circ$  (от  $30$  до  $50^\circ$ ) (табл. 3).

Гибридные системы установлены в 5 случаях: 3 пациента были оперированы без применения 3D-КТ-навигации, 2 — с использованием навигационной станции (рис. 7, а, б). У остальных 6 детей применена тотальная транспедикулярная фиксация под контролем 3D-КТ-навигации (рис. 8, а, б).

У всех пациентов, у которых в качестве краниального захвата использовали крюковые опорные элементы, уровень верхнего инструментированного позвонка располагался на позвонке Th2. У детей, которым устанавливали транспедикулярные винты на проксимальное «колена» ки-

фоза, верхним инструментированным позвонком в 4 случаях являлся Th3 и в двух случаях — Th4. Уровень нижнего инструментированного позвонка был следующим: L2 — у 1 пациента, L3 — у 6 детей и L4 — у 4. Количество фиксированных позвонков при коррекции кифотической деформации гибридными металлоконструкциями составило в среднем 14 (от 13 до 15), у пациентов с то-

тальной транспедикулярной фиксацией — 13 (от 12 до 14).

При проведении контрольного КТ-исследования позвоночника во всех наблюдениях отмечено корректное положение транспедикулярных опорных элементов в костных структурах позвонков, входящих в зону инструментального спондилодеза (рис. 9).

Таблица 3

Результаты хирургической коррекции деформации у пациентов с болезнью Шейермана

Номер	Угол кифотической деформации (по Cobb) до операции	Угол кифотической деформации (по Cobb) после операции	Величина коррекции кифотической деформации
1	700	200	500
2	670	340	330
3	850	450	400
4	770	380	390
5	680	260	420
6	600	300	300
7	720	280	440
8	800	360	440
9	900	400	500
10	620	240	380
11	820	380	440

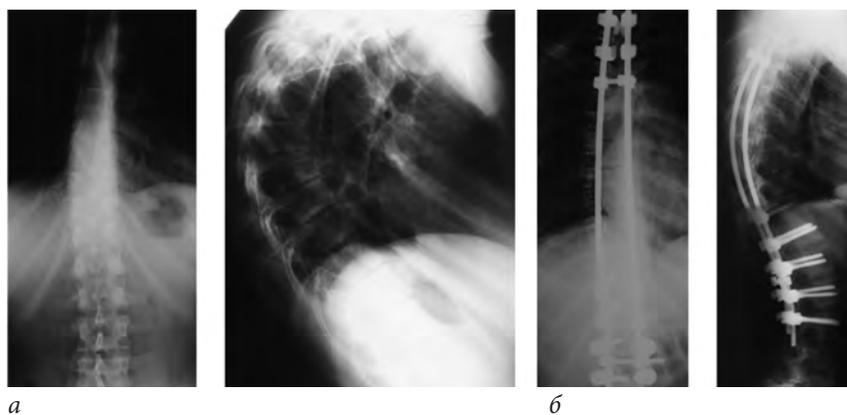


Рис. 7. Результат хирургического лечения пациента Н., 15 лет, с ювенильным кифозом гибридной системой (до (а) и после (б) хирургического лечения)

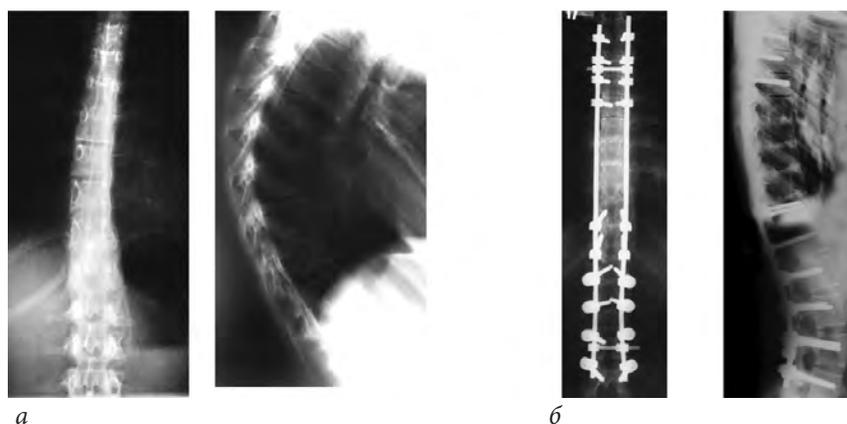


Рис. 8. Результат хирургического лечения пациента К., 16 лет, с ювенильным кифозом транспедикулярной системой (до (а) и после (б) хирургического лечения)

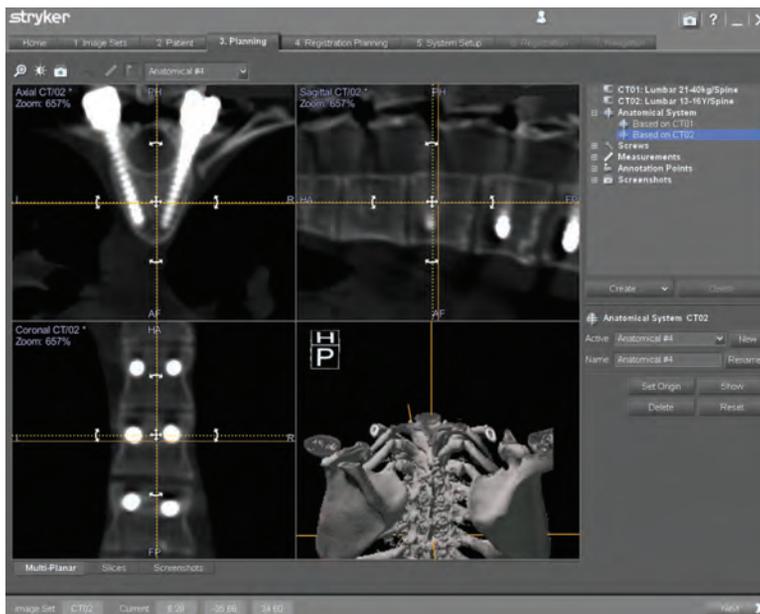


Рис. 9. Оценка корректности положения транспедикулярных винтов в программной среде SpineMap 3D-системы активной оптической 3D-КТ-навигации у пациента Т., 17 лет, после хирургического лечения

Период послеоперационного наблюдения составил от 1 года 5 мес. до 5 лет и 4 мес., в среднем — 3 года 5 мес. Потеря достигнутого результата в отдаленные периоды наблюдения отмечена у больных, которым коррекцию деформации осуществляли гибридными многоопорными металлоконструкциями, и составила в среднем  $7,2^\circ$  (от  $4$  до  $9^\circ$ ). У одного пациента отмечалась дестабилизация верхнего крюкового опорного комплекса металлоконструкции, потребовавшая повторного хирургического вмешательства с заменой опорных элементов краниального «захвата» на транспедикулярные винты с применением системы 3D-КТ-навигации. У пациентов, оперированных с применением тотальной транспедикулярной фиксации, потери коррекции в ближайшем и отдаленном периодах послеоперационного наблюдения не отмечалось. Гнойно-септических и неврологических осложнений в исследуемой группе пациентов не наблюдалось.

## Обсуждение

Выполнение переднего этапа вмешательства у пациентов детского возраста с ювенильным кифозом является неотъемлемой составляющей в хирургическом лечении данной категории больных. Использование вентрального доступа в ходе хирургической коррекции, помимо увеличения мобильности сегментов, вовлеченных в патологическую дугу кифотической деформации, обеспечивает коррекцию искривления с биомеханической точки зрения и в дальнейшем создает условия для стабильности достигнутого результа-

та и предотвращает послеоперационное прогрессирование деформации за счет развития полноценного костного блока ( $360^\circ$  fusion). Применение транспедикулярной фиксации с использованием редуцированных винтов на дистальном «колоне» кифоза позволяет получить эффективное воздействие на кифотическую деформацию позвоночника у детей с болезнью Шейермана. Это объясняется тем, что прикладываемое корригирующее усилие осуществляется не только в результате прямого воздействия на вершину кифоза путем погружения стержней в опорные элементы металлоконструкции, а также за счет подтягивания дистального «колена» кифоза к заранее отмоделированным по физиологическим изгибам позвоночника стержням спинальной системы. Потеря коррекции при использовании ламинарных опорных элементов в качестве краниального захвата является незначительной, но в ряде случаев может приводить к его дестабилизации за счет прорезывания и смещения крюков. Использование гибридных систем в исследуемой группе было обусловлено анатомо-антропометрическими особенностями позвонков (малые размеры корней дуг), а также техническими сложностями при проведении транспедикулярных винтов без применения 3D-КТ-навигации, не позволяющими провести корректную установку транспедикулярных опорных элементов на проксимальное «колоне» кифоза.

Применение транспедикулярных металлоконструкций в хирургическом лечении детей с болезнью Шейермана под контролем 3D-КТ-навигации, благодаря воздействию на все три опорные колонны позвоночника, позволяет уменьшить

количество фиксированных позвонков по сравнению с гибридными спинальными системами. В наших наблюдениях протяженность инструментализации у детей с тотальной транспедикулярной фиксацией в среднем сократилась на один сегмент, что является важным моментом для детского организма с точки зрения возможностей роста и объема движений позвоночника в целом.

## Заключение

Использование в качестве опорных элементов транспедикулярных винтов для коррекции ювенильного кифоза у детей с болезнью Шейермана позволяет добиться эффективной коррекции деформации, восстановить физиологический сагиттальный профиль позвоночника, сократить протяженность зоны стабилизации на один сегмент, исключить послеоперационное прогрессирование искривления и сохранить достигнутый результат в отдаленные периоды наблюдения. Применение системы активной оптической 3D-КТ-навигации позволяет провести рациональное предоперационное планирование положения опорных элементов, осуществить корректную установку транспедикулярных винтов в тела позвонков у детей с ювенильным кифозом.

## Литература

1. Виссарионов С.В., Дроздецкий А.П., Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М. Коррекция идиопатического сколиоза у детей под контролем 3D-КТ-навигации // Хирургия позвоночника. 2012;(2):30-36. [Vissarionov SV, Drozdetskiy AP, Kokushin DN, Belyanchikov SM. Korrektsiya idiopaticeskogo skolioza u detey pod kontrolem 3D-KT-navigatsii. Khirurgiya pozvonochnika. 2012;(2):30-36.]
2. Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М., Мурашко В.В. Хирургическая коррекция кифозов при болезни Шейермана у детей // Хирургия позвоночника. 2013;(2):23-28. [Vissarionov SV, Kokushin DN, Belyanchikov SM, Murashko VV. Khirurgicheskaya korrektsiya kifozov pri bolezni Sheyermanna u detey. Khirurgiya pozvonochnika. 2013;(2):23-28.]
3. Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А., Швец В.В. и др. Оперативное лечение тяжелых деформаций позвоночника // Вестник Российской академии медицинских наук. 2008;(8):34-40. [Vetrile ST, Kuleshov AA, Shvets VV et al. Operativnoe lechenie tyazhelykh deformatsiy pozvonochnika. Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk. 2008;(8):34-40.]
4. Михайловский М.В., Новиков В.В., Васюра А.С., Лебедева М.Н. Коррекция кифозов на почве болезни Шейермана // Хирургия позвоночника. 2005;(2):50-55. [Mikhaylovskiy MV, Novikov VV, Vasyura AS, Lebedeva MN. Korrektsiya kifozov na pochve bolezni Sheyermanna. Khirurgiya pozvonochnika. 2005;(2):50-55.]
5. Михайловский М.В., Фомичев Н.Г. Хирургия деформаций позвоночника // Новосибирск, 2002;405-426. [Mikhaylovskiy MV, Fomichev NG. Khirurgiya deformatsiy pozvonochnika. Novosibirsk, 2002;405-426.]
6. Михайловский М.В., Сорокин А.Н., Новиков В.В., Васюра А.С., Лебедева М.Н., Губина Е.В. Результаты хирургического лечения кифозов с применением сегментарного инструментария при болезни Шейермана // Хирургия позвоночника. 2011;27-34. [Mikhaylovskiy MV, Sorokin AN, Novikov VV, Vasyura AS, Lebedeva MN, Gubina EV. Rezul'taty khirurgicheskogo lecheniya kifozov s primeneniem segmentarnogo instrumentariya pri bolezni Sheyermanna. Khirurgiya pozvonochnika. 2011;27-34.]
7. Михайловский М.В., Сорокин А.Н., Новиков В.В., Васюра А.С. Выбор оптимального уровня дистальной фиксации для коррекции гиперкифоза при болезни Шейермана // Хирургия позвоночника. 2012;(2):24-29. [Mikhaylovskiy MV, Sorokin AN, Novikov VV, Vasyura AS. Vybór optimal'nogo urovnya distal'noy fiksatsii dlya korrektsii giperkifoza pri bolezni Sheyermanna. Khirurgiya pozvonochnika. 2012;(2):24-29.]
8. Пат. № 2423943 Российская Федерация. Способ коррекции ювенильного кифоза позвоночника у детей / Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н.; заявл. 16.12.2009; опубл. 20.07.2011, Бюл. №. 33. [Pat. № 2423943 Rossiyskaya Federatsiya. Sposob korrektsii yuvenil'nogo kifozá pozvonochnika u detey. Vissarionov SV, Kokushin DN; zayavl. 16.12.2009; opubl. 20.07.2011. Byul. №. 33.]
9. Райе Р.Э. Коррекция деформаций позвоночника с помощью инструментария Cotrel-Dubousset // Проблемы хирургии позвоночника и спинного мозга. Новосибирск, 1996;89-90. [Raje R. Je. Korrektsiya deformatsiy pozvonochnika s pomoshh'yu instrumentariya Cotrel-Dubousset // Problemy hirurgii pozvonochnika i spinnogo mozga. Novosibirsk, 1996;89-90.]
10. Arlet V, Schlenzka D. Scheuermann's kyphosis: surgical management. Eur Spine J. 2005;14:817-827.
11. Geck MJ, Macagno A, Ponte A, Shufflebarger HL. The Ponte procedure: posterior only treatment of Scheuermann's kyphosis using segmental posterior shortening and pedicle screw instrumentation. J Spinal Disord Tech. 2007;20:586-593.
12. Grevitt M, Kamath V, Avadhani A, et al. Correction of thoracic kyphosis with Ponte osteotomy. Eur Spine J. 2010;19:351-352.
13. Koller H, Juliane Z, Umstaetter M, Meier O, Schmidt R, Hitzl W. Surgical treatment of Scheuermann's kyphosis using a combined antero-posterior strategy and pedicle screw constructs: efficacy, radiographic and clinical outcomes in 111 cases. Eur Spine J. 2014;23:180-191.
14. Koptan WM, Elmiligui YH, Elsebaie HB. All pedicle screw instrumentation for Scheuermann's kyphosis correction: is it worth it? Spine J. 2009;9:296-302.
15. Lonner BS, Newton P, Betz R, Scharf C, O'Brien M, Sponseller P, Lenke L, Crawford A, Lowe T, Letko L, Harms J, Shufflebarger H. Operative management of Scheuermann's kyphosis in 78 patients: radiographic outcomes, complications, and technique. Spine (Phila Pa 1976). 2007 Nov;15;32(24):2644-52.

## SURGICAL TREATMENT OF KYPHOSIS IN CHILDREN WITH SCHEUERMANN'S DISEASE USING 3D-CT NAVIGATION

*Vissarionov S.V., Kokushin D.N., Belyanchikov S.M., Murashko V.V.*

The Turner Institute for Children's Orthopedics, Saint-Petersburg, Russian Federation

✧ The purpose of the study is to describe features of the surgical technique for correction of kyphotic deformity of the spine and to analyze the results of surgical treatment of juvenile kyphosis in children with the use of 3D-CT navigation.

✧ **Materials and methods.** We observed 11 patients aged 14–17 years old (2 girls and 9 boys) with kyphotic deformity of the spine, developed on the background of Scheuermann's disease. The deformity amount averaged 73,9° (60 to 90°). Surgery was performed from the combined access, carrying out discapophysectomy and corporodesis on top of kyphosis and fixing multibasic corrective metal construction. For the insertion of pedicle screws we used 3D-CT navigation.

✧ **The results.** After surgery kyphosis value decreased to 32,6° (20 to 45°), the deformity correction averaged 41,3° (30 to 50°). Hybrid systems were placed in 5 patients, total transpedicular fixation — in 6 children. Number of fixed vertebrae with hybrid metal constructions averaged 14 (13 to 15), in patients with total pedicle

fixation — 13 (12 to 14). In all cases we observed the correct position of pedicle support elements. Postoperative follow-up period was from 1 year and 5 months to 5 years and 4 months, on average — 3 years 5 months. The loss of the result achieved in the long-term follow-up period was observed in patients with hybrid metal constructions and averaged 7,2° (4 to 9°).

✧ **Conclusion.** The use of pedicle screws for the correction of juvenile kyphosis in children allows for the effective correction of the deformity, restoring the physiological profiles of the spine, eliminating postoperative progression of curvature, and reducing the length of metal fixation and save the result achieved in the long-term follow-up. The use of active optical 3D-CT navigation allows carrying out a correct insertion of pedicle screws in the vertebral bodies in children with juvenile kyphosis.

✧ **Keywords:** Scheuermann's disease, juvenile kyphosis, transpedicular fixation, navigation, children, surgical treatment.

*Сведения об авторах:*

**Виссарионов Сергей Валентинович** — д. м. н., заместитель директора по научной и учебной работе, руководитель отделения патологии позвоночника и нейрохирургии ФГБУ «НИДОИ им. Г. И. Турнера» Минздрава России; профессор кафедры детской травматологии, ортопедии и хирургии ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Минздрава России. 196603, СПб, г. Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68. E-mail: turner01@mail.ru.

**Кокушин Дмитрий Николаевич** — научный сотрудник отделения патологии позвоночника и нейрохирургии ФГБУ «НИДОИ им. Г. И. Турнера» Минздрава России. 196603, СПб, г. Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68.

**Белянчиков Сергей Михайлович** — к. м. н., заведующий отделением патологии позвоночника и нейрохирургии ФГБУ «НИДОИ им. Г. И. Турнера» Минздрава России. 196603, СПб, Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68. E-mail: belijanchikov@list.ru.

**Мурашко Владислав Валерьевич** — врач травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника и нейрохирургии ФГБУ «НИДОИ им. Г. И. Турнера» Минздрава России. 196603, СПб, г. Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68.

**Vissarionov Sergei Valentinovich** — MD, PhD, professor, Deputy Director for Research and Academic Affairs, head of the department of spinal pathology and neurosurgery. FSBI "Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics n. a. G. I. Turner" under the Ministry of Health of the Russian Federation. Professor of the chair pediatric traumatology, orthopedics and surgeon. State budget institution of higher education "North-Western State Medical University n. a. I. I. Mechnikov" under the Ministry of Health of the Russian Federation. 196603, Saint-Petersburg, Pushkin, Parkovaya str., 64-68. E-mail: turner01@mail.ru.

**Kokushin Dmitriy Nikolaevich** — MD, research associate of the department of spinal pathology and neurosurgery. FSBI "Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics n. a. G. I. Turner" under the Ministry of Health of the Russian Federation. 196603, Saint-Petersburg, Pushkin, Parkovaya str., 64-68. Phone: 8(812)465-28-57. E-mail: turner01@mail.ru.

**Belyanchikov Sergei Mikhailovich** — MD, PhD, chief of the department of spine pathology and neurosurgery. FSBI "Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics n. a. G. I. Turner" under the Ministry of Health of the Russian Federation. 196603, Saint-Petersburg, Pushkin, Parkovaya str., 64-68. Phone: 8(812)465-28-57. E-mail: belijanchikov@list.ru.

**Murashko Vladislav Valerievich** — MD, orthopedic and trauma surgeon of the department of spine pathology and neurosurgery. FSBI "Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics n. a. G. I. Turner" under the Ministry of Health of the Russian Federation. 196603, Saint-Petersburg, Pushkin, Parkovaya str., 64-68.