



ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ СКОЛИОЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЙ ФИКСАЦИИ

**А.С. Васюра, В.В. Новиков, М.В. Михайловский, Д.Н. Долотин,
В.А. Суздалов, А.Н. Сорокин, И.Г. Удалова**
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии

Статья является аналитическим обзором литературы по проблеме хирургической коррекции сколиотических деформаций позвоночника с применением метода транспедикулярной фиксации. Материалами для статьи послужили публикации в отечественной и зарубежной медицинской литературе.

Ключевые слова: транспедикулярная фиксация, сколиоз, хирургическое лечение.

SURGICAL TREATMENT OF SCOLIOSIS USING TRANSPEDICULAR FIXATION

*A.S. Vasyura, V.V. Novikov, M.V. Mikhailovsky,
D.N. Dolotin, V.A. Suzdalov, A.N. Sorokin, I.G. Udalova*

The paper presents analytical review of literature on surgical correction of scoliotic deformity of the spine using transpedicular fixation. Analysis included Russian and foreign medical publications.

Key Words: transpedicular fixation, scoliosis, surgical treatment.

Hir. Pozvonoc. 2011;(2):27–34.

История вопроса

Транспедикулярная фиксация (ТПФ) — метод проведения винта через корень дужки в тело позвонка [4, 5]. Начало широкому распространению метода положили работы Roy-Camille, который в 1963 г. начал проводить винты в глубь тела позвонка через корень дужки и описал рекомендуемые анатомические пункты введения винтов в грудном и поясничном отделах позвоночника [4, 5, 38]. По данным С.В. Макаревича с соавт. [4], в 1967 г. одними из первых использовали педикулярные винты Harrington и Tullos для редукции позвонка при спондилолистезе. В дальнейшем появились различные системы ТПФ, которые применяли в основном при травмах и заболеваниях позвоночника. В 90-х гг. XX в. транспедикулярные винты стали применять при коррекции сколиоза [27, 31, 49].

Анатомические особенности

В настоящее время отмечается тенденция к увеличению частоты установки винтов в верхнегрудном и среднегрудном отделах позвоночника; несмотря на то что в этих отделах размеры позвонков и корней дужек меньше, выше риск повреждения спинного мозга и крупных сосудов [22, 37].

У пациентов со сколиотическими деформациями изменяются размеры и форма корней дужек позвонков. Ориентиры для нахождения точек введения винтов и методика их установки при сколиозе отличаются от стандартных (рис. 1). В грудном отделе позвоночника, на вогнутой стороне деформации, корни дужек значительно уже и могут иметь разную ориентацию [14, 34].

Имеются особенности проведения ТПФ у детей. С.В. Виссарионов [2]

провел изучение особенностей костных опорных структур задней колонны позвоночника и базовых ориентиров, необходимых для выполнения ТПФ у детей 1,5–5 лет. Показано, что у детей зона введения транспедикулярного винта находится на 2–3 мм медиальнее середины расстояния между верхним и нижним суставными отростками позвонка. Педикулярный угол наклона основания дуги позвонка в горизонтальной плоскости к сагитальной оси колеблется от 5° на уровне L₁ до 20° на уровне L₅.

Методики установки

Методики установки винтов при хирургическом лечении сколиотических деформаций учитывают вышеперечисленные анатомические особенности [14, 33, 37]. Наиболее рас-

А.С. Васюра, канд. мед. наук, науч. сотрудник отделения детской и подростковой вертебрологии; В.В. Новиков, канд. мед. наук, ст. науч. сотрудник, рук. функциональной группы детской и подростковой вертебрологии; М.В. Михайловский, д-р. мед. наук, проф., зав. отделением детской и подростковой вертебрологии; Д.Н. Долотин, мл. науч. сотрудник того же отделения; В.А. Суздалов, А.Н. Сорокин, аспиранты того же отделения; И.Г. Удалова, врач-невропатолог того же отделения.

**Рис. 1**

Точки введения транспедикулярных винтов в зависимости от анатомических особенностей позвоночника [15]

пространенной является техника *free band* [14, 19], которая включает в себя несколько основных этапов:

- 1) разрез и выделение; тщательное скелетирование задних отделов позвоночника, в грудном отделе резецирование межпозвоночных суставов с удалением суставного хряща;
- 2) создание точки входа винта в кортикальной пластинке позвонка (очень ответственная манипуляция, особенно в грудном отделе позвоночника); использование данных дооперационного рентгенологического обследования; создание фрезевого отверстия в месте точки входа винта;
- 3) непосредственно нахождение корня дужки при помощи искателя (обычно вход в корень дужки находят по наличию участка решетчатой кости, однако при маленьких корнях дужек это не всегда достижимо); введение изогнутого искателя в корень дужки на глубину от 20–25 до 30–40 мм, в зависимости от инструментируемой области изгибом наружу от тела позвонка (давление на искатель должно быть равномерным, резкие провалы свидетельствуют о выходе из корня дужки); разворот иска-

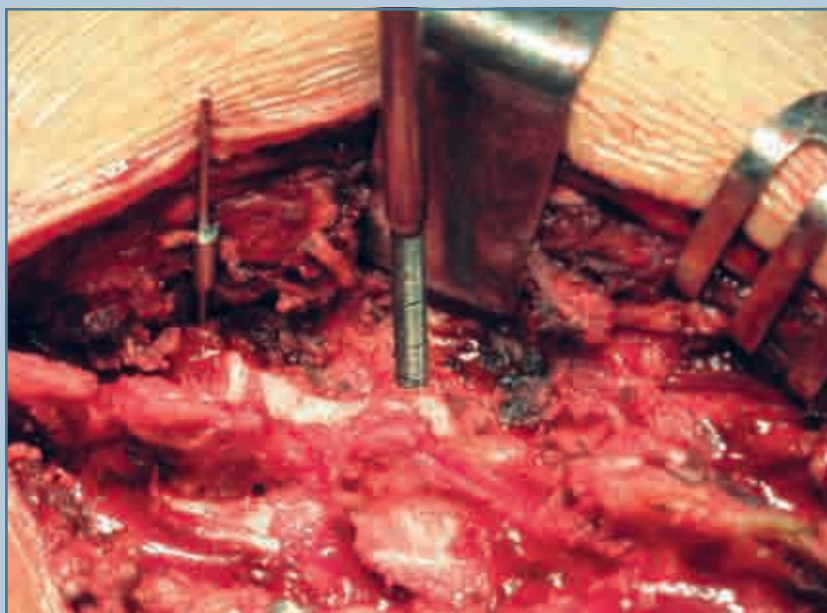
теля на 180°, чтобы создать место для введения винта;

- 4) пальпация и измерение длины корня дужки; удаление искателя, осмотр полученное отверстия на предмет истечения ликвора, что свидетельствует о повреждении дурального мешка; оценка кровотечения из полученного отверстия (оно не должно быть чрезмерным и пульсирующим, что может говорить о повреждении крупных сосудов); тщательное исследование всех костных стенок полученного канала зондом для исключения медиального или латерального смещения; измерение длины канала для выбора длины винта;
- 5) введение винта.

Данная техника успешно применяется многими вертебрологами именно при хирургии сколиотических деформаций [40]. Мы используем эту методику в несколько упрощенном варианте: применяем специальный инструмент, совмещающий в себе шило, фрезу и искатель. Таким образом, создание точки входа, нахождение корня дужки

и формирование канала производим практически в один прием (рис. 2). Для контроля используем стандартную рентгенографию, интраоперационную флюороскопию, КТ и МРТ [21, 25, 41]. Применяем интраоперационную флюороскопию обычно дважды: после установки маркеров на инструментируемых уровнях и после установки всех винтов (рис. 3). Не контролируя процесс установки каждого винта в отдельности, мы снижаем дозу облучения и время оперативного вмешательства без снижения точности введения винтов.

С целью повышения точности введения винтов применяются методы компьютерной навигации и ассистенции, позволяющие значительно снизить интраоперационное рентгеновское облучение хирургов. Наиболее остро потребность в навигации возникает при отсутствии визуальных ориентиров для введения винтов, например при повторных хирургических вмешательствах на данной области позвоночника либо при значительной деформации позвонков. Основ-

**Рис. 2**

Формирование канала для транспедикулярного винта

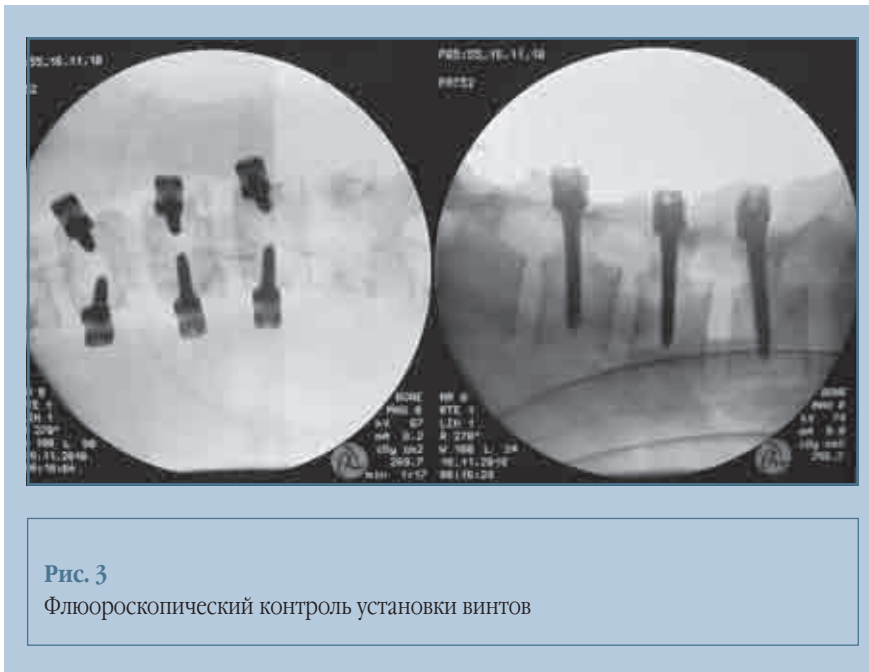


Рис. 3

Флюороскопический контроль установки винтов

ные этапы компьютерной навигации: предоперационное обследование, включающее в себя КТ, в том числе непосредственно в операционной; компьютерное трехплоскостное моделирование деформации позвоночника с предварительным подбором длины и диаметра винтов, направления их введения, длины и изгиба фиксирующих стержней; собственно операция под контролем навигационной станции в режиме реального времени (маркировку позвоночника производят путем фиксации маркеров за остистые отростки позвонков либо за гребни подвздошных костей); флюороскопический контроль [8, 21, 28].

Особенностью навигационных методов в хирургии сколиоза является невозможность навигирования каждого инструментлируемого позвонка из-за резкого увеличения времени оперативного вмешательства. Однако с увеличением расстояния (количества сегментов) от навигированного позвонка точность введения винтов снижается, поэтому при выраженной торсии необходимо регистрировать (навигировать) каждый инструментлируемый позвонк [35, 39].

Мы считаем, что интраоперационная компьютерная навигация незаменима при оперативном лечении ско-

лиотических деформаций более 100° при необходимости инструментирования вершин сколиотических дуг. В остальных случаях целесообразно использование флюороскопического контроля.

Эффективность применения

Хирургическое лечение сколиоза с помощью ТПФ технически более сложное, чем с применением традиционной крюковой фиксации [13, 32]. Впервые ТПФ при сколиозе начали применять на поясничном отделе позвоночника [9, 43]. Результаты такого применения сопоставляли с результатами при других видах фиксации [1, 9, 36]. ТПФ при поясничных и груднопоясничных дугах является практически методом выбора, так как при часто используемой альтернативе (переднем инструментарии) возникали проблемы с переходными кифозами, псевдоартрозами [18].

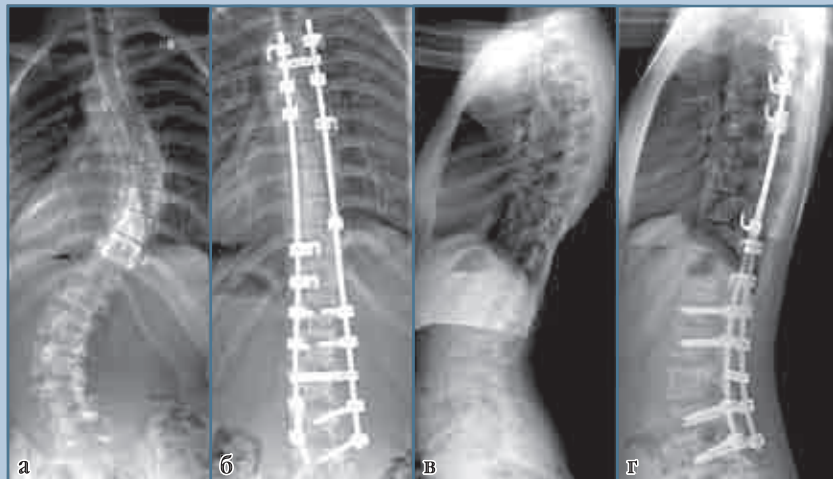
Shufflebarger et al. [42] сообщают о 61 прооперированном пациенте с поясничными и груднопоясничными идиопатическими сколиозами. Установлено 613 педикулярных винтов, положение которых во всех случаях было правильным. Средняя исходная величина дуги — 52°, остаточная

величина — 10°, коррекция — 80%. Не отмечено случаев нагноения и псевдоартрозов. Улучшился баланс туловища (исходно 2,5 см, после операции 0,6 см от линии отвеса), нормализовался поясничный лордоз (до операции 20–70°, после — 34–47°). Авторами отмечено, что при использовании переднего инструментария возникали проблемы с переходными кифозами, псевдоартрозами. В случаях, когда у пациентов имелось грудное противоискривление, поясничная (груднопоясничная) деформация сама являлась противоискривлением. Сначала применяли так называемый гибридный инструментарий, когда в грудном отделе позвоночника использовали крюки, а в поясничном и груднопоясничном — винты (рис. 4). Затем при помощи винтов стал инструментироваться и грудной отдел позвоночника.

Kim et al. [20], сравнивая транспедикулярные и гибридные конструкции, сообщают о коррекции основной дуги в 70% на винтах и 56% — на гибридной конструкции, через два года наблюдения — 65 и 46% соответственно. Авторы даже отметили более выраженное улучшение легочной функции при использовании исключительно винтовой конструкции. Однако субъективная оценка результатов лечения (анкета SRS-24) при обоих методах была практически одинаковой.

Suk et al. [46] исследовали результаты оперативного лечения грудных сколиозов с применением крюковых, гибридных и транспедикулярных конструкций. Коррекция основной сколиотической дуги составила 55% на крюках, 66 — на гибридных конструкциях, 72 — исключительно на винтах. Измеряли и величину уменьшения вертебральной апикальной ротации по Perdriolle — она составила 19, 26, 59% соответственно. Был сделан логичный вывод, что педикулярные винты лучше воздействуют на вершину грудной сколиотической дуги, чем крюки.

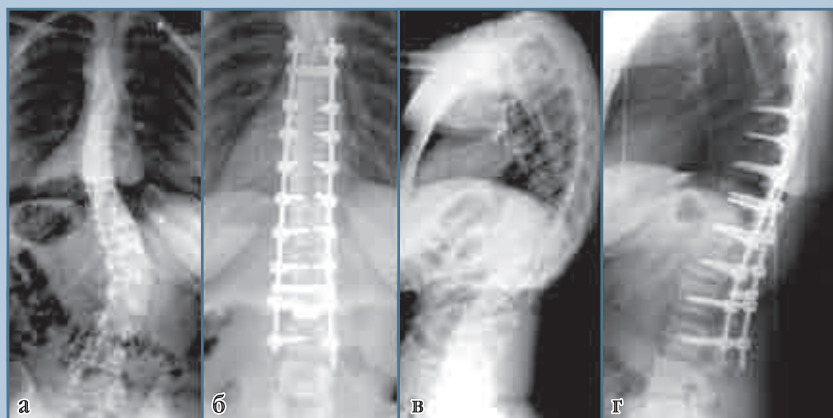
Lehman et al. [26] сообщают о результатах лечения 114 пациентов транспедикулярными конструкциями с коррекцией грудной дуги в среднем с 59,2 до 16,8°.

**Рис. 4**

Результат коррекции деформации позвоночника при идиопатическом сколиозе гибридным инструментарием у пациентки П., 15 лет:

а – до операции величина поясничной сколиотической дуги 57°, грудной – 58°;
б – после операции величина поясничной сколиотической дуги 0°, грудной – 15°;

в – до операции грудной кифоз 30°, поясничный лордоз – 74°;
г – после операции грудной кифоз 16°, поясничный лордоз – 50°

**Рис. 5**

Результат коррекции деформации позвоночника при идиопатическом сколиозе транспедикулярным инструментарием у пациентки Г., 26 лет:

а – до операции величина поясничной сколиотической дуги 53°, грудной – 29°;
б – после операции величина поясничной сколиотической дуги 9°, грудной – 10°;

в – до операции грудной кифоз 51°, поясничный лордоз – 55°;
г – после операции грудной кифоз 36°, поясничный лордоз – 52°

Lowenstein et al. [29] сравнивали две группы пациентов: с гибридными конструкциями основная дуга уменьшена с 54,06 до 20,25°, с винтовыми – с 54,88 до 15,06°. При этом сагиттальный баланс улучшился с -21,2 до 8,2 мм при гибридных и с -28,8 до 1,5 мм при полностью винтовых конструкциях.

Таким образом, приверженцы ТПФ постепенно отходят и от гибридных конструкций, предпочитая исключительно винты [11, 12, 20, 36].

Переход на полностью винтовые конструкции связан с появлением более совершенных методик пред- и интраоперационного обследования и навигации [15, 25, 41]. Хирургов привлекает возможность включения в зону инструментирования меньшего количества позвонков без риска развития декомпенсации и переходных кифозов [37, 38, 44] (рис. 5). Производили сравнение задней коррекции грудных сколиозов при помощи транспедикулярных винтов и при помощи вентрального инструментария. Авторы делают вывод, что дорсальная коррекция выгоднее из-за сокращения времени операции и пребывания пациента в стационаре [18, 34]. Подчеркивается возможность применения селективного спондилодеза при единичных грудных дугах [46, 47]. Винтовая фиксация предпочтительнее для коррекции грудного отдела позвоночника при лордосколиозах [44, 47].

Suk et al. [44] сообщают, что при крюковой фиксации происходило увеличение грудного кифоза с 4,1 до 14,5°, а при ТПФ – с 8,1 до 27,3°.

Некоторые авторы, наоборот, отмечают, что ТПФ вызывает лордозирование [50]. Удастся адекватно воздействовать на деформацию позвоночника, устанавливая винты с таким же интервалом, как крюки [20]. Особенно актуально, а иногда и просто необходимо устанавливать винты с интервалом при хирургическом лечении деформаций, превышающих 80–90°, когда стандартные методы коррекции не дают приемлемого результата. В этих случаях необходимо осуществлять корригирующие маневры

не между инструментированными сегментами, а между блоками из нескольких инструментированных позвонков, что исключает тотальное инструментирование всей деформации позвоночника (рис. 6). Большинство авторов [12, 20, 27, 45, 50] отмечают, что ТПФ является наиболее предпочтительной по таким параметрам, как величина достигнутой коррекции, послеоперационный фронтальный и сагиттальный балансы, протяженность спондилодеза, отсутствие переходных кифозов и минимальная потеря коррекции.

Вмешательства с применением винтов в грудном отделе позвоночника сравнивали и с торакоскопическими вмешательствами. Было отмечено, что при меньшей кровопотере, по сравнению с дорсальным вмешательством, торакоскопическое увеличивает время операции и число легочных и плевральных осложнений. Результаты достигнутой коррекции были лучше при ТПФ: 63,8 против 57,0% [28]. Использование моноаксиальных педикулярных вин-

тов в области вершины деформации обеспечивает большую коррекцию. По данным Kuklo et al. [23], коррекция основной сколиотической дуги составила при применении полиаксиальных винтов 60,0%, а при применении моноаксиальных — 64,9%.

Актуальна ТПФ и при лечении врожденных деформаций позвоночника. Э.В. Ульрих с соавт. [6] сообщают о результатах лечения 11 пациентов с врожденными сколиозами и кифосколиозами. При одиночных полупозвонках достигнута коррекция деформации от 92 до 100%, при множественных пороках развития — от 50 до 74%. Во всех наблюдениях отмечена стабильная фиксация. Авторы утверждают, что транспедикулярное введение винтов в тела поясничных позвонков возможно у детей раннего возраста и имеет определенные преимущества в сравнении с традиционно используемыми конструкциями с крючковыми опорами, использование транспедикулярных опорных элементов у детей младшего возраста является методом выбора при недоразвитии или отсут-

ствии задних структур позвонков. С.В. Виссарионов с соавт. [3] сообщают о результатах лечения 38 пациентов с врожденной деформацией грудного и поясничного отделов позвоночника. При изолированных полупозвонках в грудном и поясничном отделах позвоночника достигнута коррекция в пределах 92—100%; при множественных и комбинированных пороках развития позвоночника степень коррекции сколиотической деформации составила 52—76%, кифотической — 58—80%.

Техника коррекции

Достигнутая возможность лучшего контроля над позвонками позволила разработать новые техники коррекции сколиотической деформации [10, 24]. Steib et al. [43] провели сравнение следующих техник коррекции сколиоза с использованием транспедикулярных винтов:

- 1) ротации стержня по вогнутой стороне деформации;
- 2) изгибания стержня *in situ*;
- 3) изгибания стержня в сочетании с ротацией винтов на выпуклой стороне деформации позвоночника.

Последний метод, по мнению авторов, наиболее эффективен. Lee et al. [24] сообщили о применении метода непосредственной вертебральной ротации, заключающейся в проведении ротации периапикальных винтов в сторону, противоположную проведенному предварительно деротационному маневру по вогнутой стороне деформации позвоночника. Моделированный стержень вкладывали в винты, установленные по вогнутой стороне грудной дуги, производили простую деротацию, одновременно периапикальные винты на вогнутой и выпуклой сторонах дуги ротируют в противоположную сторону. Затем производили последовательную компрессию всех винтов. Величину апикальной деротации оценивали при помощи КТ. Деротация в исследуемой группе пациентов составила 42,5%, контрольной — 2,4%; коррекция основной дуги — 79,6 против 68,9% в грудном и 80,5

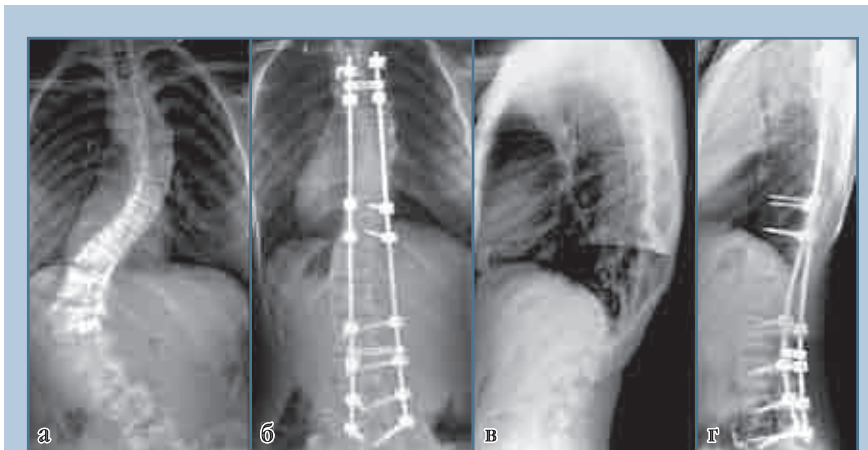


Рис. 6

Результат коррекции грубой деформации позвоночника при идиопатическом сколиозе транспедикулярным инструментарием у пациента Б., 16 лет:

а – до операции величина поясничной сколиотической дуги 90°, грудной – 62°;
б – после операции величина поясничной сколиотической дуги 17°, грудной – 34°;

в – до операции грудной кифоз 35°, поясничный лордоз – 49°;

г – после операции грудной кифоз 20°, поясничный лордоз – 40°

против 62,2% в поясничном отделе позвоночника.

Отдельно следует остановиться на технике двусторонней апикальной вертебральной деротации (Bilateral Apical Vertebral Derotation — BAVD) с использованием периапикальных грудных транспедикулярных винтов и набора инструментов для манипуляции на позвоночнике (Vertebral Column Manipulation — VCM) [15]. Инструменты VCM включают в себя деротирующий держатель имплантата, который присоединяется к транспедикулярному винту CD «Horizon», и соединяющую балку, которая связывается с деротирующими держателями имплантатов. Как только на всех трех периапикальных уровнях смонтированы треугольные системы, производят сборку четырехгранного каркаса путем фиксации к рукояткам специальных связующих звеньев. Получается жесткий четырехгранный каркас, напоминающий аппарат внешней фиксации. Соответственно, манипулируя этим смонтированным блоком VCM, достигают максимальной степени силы деротации, которая будет безопасно приложена к периапикальной области [15].

Мы полагаем, что для оптимальной коррекции может применяться сочетание различных техник, они должны развиваться параллельно с появлением новых видов инструментария. Оптимальной, с нашей точки зрения, могла бы стать техника, позволяющая строго дозированно воздействовать на деформированный позвоночник для придания ему заранее смоделированной формы.

ТПФ при грубых деформациях

Большинство авторов описывают применение ТПФ при грубых формах идиопатического сколиоза как альтернативу вентральной мобилизации [14, 17, 51]. Kuklo et al. [22] сообщают о 20 пациентах с основной сколиотической дугой в среднем 100,2°, прооперированных с использованием транспедикулярных конструкций с коррекцией до 32,3° (68%). Lehman

et al. [26] отмечают, что при использовании транспедикулярных винтов при грубых формах идиопатического сколиоза обязательно применение вентральной мобилизации. Watanabe et al. [51] сравнивают использование субламинарной проволоки, крючков и винтов при сколиозах с дугой искривления более 100° и сообщают, что ТПФ дает лучшую коррекцию вершины деформации, уменьшение апикальной вертебральной трансляции и меньшую потерю коррекции. Namzaoglu et al. [17] сообщают о 15 пациентах с дугами искривления более 100°, прооперированных с применением транспедикулярных винтов и гало-бедренной интраоперационной тракции. Коррекция основной сколиотической дуги составила в среднем 51%, против искривления — 33%. Потеря коррекции при среднем сроке наблюдения 56 мес. составила не более 4°. Вентральную мобилизацию не применяли. При коррекции грубых поясничных и груднопоясничных деформаций, при достаточной мобильности, мы считаем возможным применять ТПФ без вентрального вмешательства, так как костные структуры поясничного отдела позвоночника в большинстве случаев позволяют прикладывать к ним значительные корригирующие усилия и обеспечивать надежную фиксацию достигнутой коррекции.

Осложнения

Коррекция грубых деформаций позвоночника неизбежно связана с риском возникновения осложнений, характерных именно для ТПФ [15]. Прежде всего, это нарушение расположения введенных винтов в виде медиальной или латеральной пенетрации кортикальной пластинки корня дужки или передней стенки тела позвонка, что может быть опасно в связи с возможным повреждением содержимого позвоночного канала, крупных сосудов и плевры [13, 49]. Наиболее объективно можно оценить положение винтов при помощи КТ, где выясняется, что у многих пациентов вин-

ты стоят неидеально, с латеральным или медиальным смещением, что почти никогда не вызывает клинических осложнений [25]. Создана классификация из нескольких рентгенологических признаков, характеризующих правильность введения винтов: гармоничность установленных винтов относительно друг друга, соотношение медиального края корня дужки позвонка и конца винта, ненарушение винтом средней линии, проведенной через центр тела позвонка [48]. Kim et al. [19] сообщают об анализе 3204 введенных транспедикулярных винтов у 273 пациентов со сколиозом; 6,2% винтов пенетрировали корень дужки. Неврологических, висцеральных, сосудистых осложнений за 10-летний период наблюдения отмечено не было. Несмотря на редкую встречаемость, возникают и такие серьезные осложнения, как повреждение спинного мозга, спинно-мозговых корешков [52]. Значимые осложнения ТПФ могут проявляться как интраоперационно, так и в послеоперационном периоде [12, 16]. Minor et al. [30] сообщают об интраоперационном повреждении грудной аорты транспедикулярным винтом на уровне Th₅ у 77-летней женщины, потребовавшем эндоваскулярного вмешательства. Albaugh et al. [7] сообщили о случае внутричерепной гипотензии (!), проявившейся через 3 мес. после операции по поводу сколиоза и вызванной, по данным авторов, повреждением дурального мешка винтом на уровне Th₃—Th₄ позвонков. Таким образом, можно отметить, что даже при соблюдении техники установки транспедикулярных винтов как в грудном, так и в поясничном отделах позвоночника могут возникать случаи неидеального стояния винтов без повреждения спинного мозга, сосудов и плевры, что не влияет на безопасность метода.

Нами с применением метода ТПФ прооперировано более 150 пациентов. Мы не наблюдали ни одного осложнения, связанного с повреждением сосудов или дурального мешка и спинного мозга. В нескольких слу-

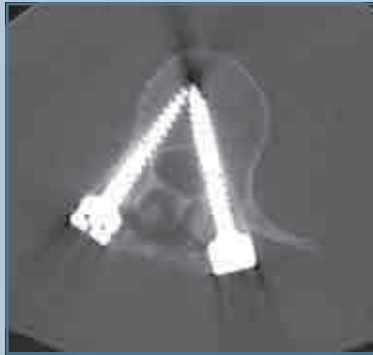


Рис. 7
На КТ винт в боковом кармане позвоночного канала

чаях при проведении послеоперационной КТ наблюдали прохождение винтов через латеральные карманы позвоночного канала в поясничном

отделе позвоночника, что не вызывало никаких клинических неврологических нарушений и не потребовало их удаления (рис. 7).

Заключение

Несмотря на наличие специфических осложнений, некоторую трудность установки, особенно в грудном отделе позвоночника, ТПФ остается актуальным и эффективным способом хирургического лечения деформаций позвоночника при поясничных и груднопоясничных сколиотических деформациях [11, 31].

Литература

- Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А., Ветрилэ М.С. и др.** Хирургическое лечение груднопоясничного и поясничного сколиоза // Хирургия позвоночника. 2004. № 2. С. 12–18.
Vetrite S.T., Kuleshov A.A., Vetrite M.S. i dr. Hirurgicheskoe lechenie grudopoyasnichnogo i poynasichnogo skolioza // Hirurgiya pozvonochnika. 2004. № 2. S. 12–18.
- Виссарионов С.В.** Анатомо-антропометрическое обоснование транспедикулярной фиксации у детей 1,5–5 лет // Хирургия позвоночника. 2006. № 3. С. 19–23.
Vissarionov S.V. Anatomo-antropometricheskoe obosnovanie transpedikulyarnoy fiksatsii u detey 1,5–5 let // Hirurgiya pozvonochnika. 2006. № 3. S. 19–23.
- Виссарионов С.В., Мушкин А.Ю., Ульрих Э.В.** Коррекция и стабилизация врожденных нарушений формирования позвонков имплантатами нового поколения у детей от года до пяти лет // Хирургия позвоночника. 2006. № 4. С. 13–17.
Vissarionov S.V., Mushkin A.Yu., Ul'rih E.V. Korrektsiya i stabilizatsiya vrozhdennykh narusheniy formirovaniya pozvonkov implantatami novogo pokoleniya u detey ot goda do pyati let // Hirurgiya pozvonochnika. 2006. № 4. S. 13–17.
- Макаревич С.В., Мазуренко А.Н., Тесаков Д.К. и др.** Транспедикулярная фиксация позвоночника. Исторические аспекты // Науч.-практ. конф. травматологов-ортопедов Республики Беларусь: Тез. докл. Минск, 2000. С. 75–80.
Makarevich S.V., Mazurenko A.N., Tesakov D.K. i dr. Transpedikulyarnaya fiksatsiya pozvonochnika. Istoricheskie aspekty // Nauch.-prakt. konf. travmatologov-ortopedov Respubliki Belarus': Tez. dokl. Minsk, 2000. S. 75–80.
- Макаревич С.В.** Спондилодез универсальным фиксатором грудного и поясничного отделов позвоночника. Минск, 2001.
Makarevich S.V. Spondilodez universal'nym fiksatorom grudnogo i poynasichnogo otdelov pozvonochnika. Minsk, 2001.
- Ульрих Э.В., Виссарионов С.В., Мушкин А.Ю.** Хирургическое лечение врожденных сколиозогенных нарушений формирования позвонков у детей раннего возраста с использованием имплантатов транспедикулярной фиксации // Хирургия позвоночника. 2005. № 3. С. 56–60.
Ul'rih E.V., Vissarionov S.V., Mushkin A.Yu. Hirurgicheskoe lechenie vrozhdennykh skoliozogennykh narusheniy formirovaniya pozvonkov u detey rannego vozrasta s ispol'zovaniem implantatov transpedikulyarnoy fiksatsii // Hirurgiya pozvonochnika. 2005. № 3. S. 56–60.
- Albayram S., Ulu M.O., Hanimoglu H., et al.** Intracranial hypotension following scoliosis surgery: dural penetration of a thoracic pedicle screw // Eur. Spine J. 2008. Vol. 17. P. 347–350.
- Amiot L.P., Labelle H., De Guise J.A., et al.** [Computer assisted pedicle screw installation. Our first 3 cases] // Ann. Chir. 1996. Vol. 50. P. 626–630. French.
- Barr S.J., Schuette A.M., Emans J.B.** Lumbar pedicle screws versus hooks. Results in double major curves in adolescent idiopathic scoliosis // Spine. 1997. Vol. 22. P. 1369–1379.
- Cheng J.S., Lebow R.L., Schmidt M.H., et al.** Derotation techniques for thoracolumbar spinal deformity // Neurosurgery. 2008. Vol. 63. P. 149–156.
- Cuartas E., Rasouli A., O'Brien M., et al.** Use of all-pedicle-screw constructs in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis // J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2009. Vol. 17. P. 550–561.
- Di Silvestre M., Bakaloudis G., Lolli F., et al.** Posterior fusion only for thoracic adolescent idiopathic scoliosis of more than 80 degrees: pedicle screws versus hybrid instrumentation // Eur. Spine J. 2008. Vol. 17. P. 1336–1349.
- Di Silvestre M., Parisini P., Lolli F., et al.** Complications of thoracic pedicle screws in scoliosis treatment // Spine. 2007. Vol. 32. P. 1655–1661.
- Dobbs M.B., Lenke L.G., Kim Y.J., et al.** Anterior/posterior spinal instrumentation versus posterior instrumentation alone for the treatment of adolescent idiopathic scoliotic curves more than 90 degrees // Spine. 2006. Vol. 31. P. 2386–2391.
- Dobbs M., Lenke L., Kim Y.** Posterior spinal fusion with pedicle screws // Master Techniques in Orthopaedic Surgery: Pediatrics. Lippincott Williams & Wilkins. 2008. P. 29.
- Faraj A.A., Webb J.K.** Early complications of spinal pedicle screw // Eur. Spine J. 1997. Vol. 6. P. 324–326.
- Hamzaoglu A., Ozturk C., Aydogan M., et al.** Posterior only pedicle screw instrumentation with intraoperative halo-femoral traction in the surgical treatment of severe scoliosis (>100 degrees) // Spine. 2008. Vol. 33. P. 979–983.
- Hee H.T., Yu Z.R., Wong H.K.** Comparison of segmental pedicle screw instrumentation versus anterior instrumentation in adolescent idiopathic thoracolumbar and lumbar scoliosis // Spine. 2007. Vol. 32. P. 1533–1542.

19. **Kim Y.J., Lenke L.G., Bridwell K.H., et al.** Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe? // *Spine*. 2004. Vol. 29. P. 333–342.
20. **Kim Y.J., Lenke L.G., Kim J., et al.** Comparative analysis of pedicle screw versus hybrid instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis // *Spine*. 2006. Vol. 31. P. 291–298.
21. **Kotani Y., Abumi K., Ito M., et al.** Accuracy analysis of pedicle screw placement in posterior scoliosis surgery: comparison between conventional fluoroscopic and computer-assisted technique // *Spine*. 2007. Vol. 32. P. 1543–1550.
22. **Kuklo T.R., Lenke L.G., O'Brien M.F., et al.** Accuracy and efficacy of thoracic pedicle screws in curves more than 90 degrees // *Spine*. 2005. Vol. 30. P. 222–226.
23. **Kuklo T.R., Potter B.K., Polly D.W., et al.** Monaxial versus multiaxial thoracic pedicle screws in the correction of adolescent idiopathic scoliosis // *Spine*. 2005. Vol. 30. P. 2113–2120.
24. **Lee S.M., Suk S.I., Chung E.R.** Direct vertebral rotation: a new technique of three-dimensional deformity correction with segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine*. 2004. Vol. 29. P. 343–349.
25. **Lehman R.A.Jr., Lenke L.G., Keeler K.A., et al.** Computed tomography evaluation of pedicle screws placed in the pediatric deformed spine over an 8-year period // *Spine*. 2007. Vol. 32. P. 2679–2684.
26. **Lehman R.A.Jr., Lenke L.G., Keeler K.A., et al.** Operative treatment of adolescent idiopathic scoliosis with posterior pedicle screw-only constructs: minimum three-year follow-up of one hundred fourteen cases // *Spine*. 2008. Vol. 33. P. 598–604.
27. **Liljenqvist U., Lepsien U., Hackenberg L., et al.** Comparative analysis of pedicle screw and hook instrumentation in posterior correction and fusion of idiopathic thoracic scoliosis // *Eur. Spine J.* 2002. Vol. 11. P. 336–343.
28. **Lonner B.S., Auerbach J.D., Estreicher M., et al.** Video-assisted thoracoscopic spinal fusion compared with posterior spinal fusion with thoracic pedicle screws for thoracic adolescent idiopathic scoliosis // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2009. Vol. 91. P. 398–408.
29. **Lowenstein J.E., Matsumoto H., Vitale M.G., et al.** Coronal and sagittal plane correction in adolescent idiopathic scoliosis: a comparison between all pedicle screw versus hybrid thoracic hook lumbar screw constructs // *Spine*. 2007. Vol. 32. P. 448–452.
30. **Minor M.E., Morrissey N.J., Peress R., et al.** Endovascular treatment of an iatrogenic thoracic aortic injury after spinal instrumentation: case report // *J. Vasc. Surg.* 2004. Vol. 39. P. 893–896.
31. **Mulpuri K., Perdios A., Reilly C.W.** Evidence-based medicine analysis of all pedicle screw constructs in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine*. 2007. Vol. 32. Suppl. 19. P. S109–S114.
32. **Papin P., Arlet V., Marchesi D., et al.** Unusual presentation of spinal cord compression related to misplaced pedicle screws in thoracic scoliosis // *Eur. Spine J.* 1999. Vol. 8. P. 156–159.
33. **Parent S., Labelle H., Skalli W., et al.** Thoracic pedicle morphometry in vertebrae from scoliotic spines // *Spine*. 2004. Vol. 29. P. 239–248.
34. **Potter B.K., Kuklo T.R., Lenke L.G.** Radiographic outcomes of anterior spinal fusion versus posterior spinal fusion with thoracic pedicle screws for treatment of Lenke Type I adolescent idiopathic scoliosis curves // *Spine*. 2005. Vol. 30. P. 1859–1866.
35. **Rajasekaran S., Vidyadhara S., Ramesh P., et al.** Randomized clinical study to compare the accuracy of navigated and non-navigated thoracic pedicle screws in deformity correction surgeries // *Spine*. 2007. Vol. 32. P. 56–64.
36. **Rose P.S., Lenke L.G., Bridwell K.H., et al.** Pedicle screw instrumentation for adult idiopathic scoliosis: an improvement over hook/hybrid fixation // *Spine*. 2009. Vol. 34. P. 852–857.
37. **Rosner M.K., Polly D.W.Jr., Kuklo T.R., et al.** Thoracic pedicle screw fixation for spinal deformity // *Neurosurg. Focus*. 2003. Vol. 14. P. E7.
38. **Roy-Camille R., Saillant G., Mazel C.** Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating // *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1986. N 2. P. 7–17.
39. **Sakai Y., Matsuyama Y., Nakamura H., et al.** Segmental pedicle screwing for idiopathic scoliosis using computer-assisted surgery // *J. Spinal Disord. Tech.* 2008. Vol. 21. P. 181–186.
40. **Samdani A.F., Ranade A., Sciubba D.M., et al.** Accuracy of free-hand placement of thoracic pedicle screws in adolescent idiopathic scoliosis: how much of a difference does surgeon experience make? // *Eur. Spine J.* 2009. Vol. 19. P. 91–95.
41. **Sarlak A.Y., Buluç L., Sarisoç H.T., et al.** Placement of pedicle screws in thoracic idiopathic scoliosis: a magnetic resonance imaging analysis of screw placement relative to structures at risk // *Eur. Spine J.* 2008. Vol. 17. P. 657–662.
42. **Shufflebarger H.L., Geck M.J., Clark C.E.** The posterior approach for lumbar and thoracolumbar adolescent idiopathic scoliosis: posterior shortening and pedicle screws // *Spine*. 2004. Vol. 29. P. 269–276.
43. **Steib J.-P., Ducrocq X., Averous C., et al.** Surgical correction of lumbar scoliosis: a comparison of different techniques. Results // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 1999. Vol. 9. P. 151–156.
44. **Suk S.I., Kim W.J., Kim J.H., et al.** Restoration of thoracic kyphosis in the hypokyphotic spine: a comparison between multiple-hook and segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis // *J. Spinal Disord.* 1999. Vol. 12. P. 489–495.
45. **Suk S.I., Kim W.J., Lee C.S., et al.** Indications of proximal thoracic curve fusion in thoracic adolescent idiopathic scoliosis: recognition and treatment of double thoracic curve pattern in adolescent idiopathic scoliosis treated with segmental instrumentation // *Spine*. 2000. Vol. 25. P. 2342–2349.
46. **Suk S.I., Lee S.M., Chung E.R., et al.** Determination of distal fusion level with segmental pedicle screw fixation in single thoracic idiopathic scoliosis // *Spine*. 2003. Vol. 28. P. 484–491.
47. **Suk S.I., Lee S.M., Chung E.R., et al.** Selective thoracic fusion with segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis: more than 5-year follow-up // *Spine*. 2005. Vol. 30. P. 1602–1609.
48. **Uppendra B.N., Meena D., Chowdhury B., et al.** Outcome-based classification for assessment of thoracic pedicular screw placement // *Spine*. 2008. Vol. 33. P. 384–390.
49. **Viswanathan A., Relyea K., Whitehead W.E., et al.** Pneumothorax complicating «in-out-in» thoracic pedicle screw placement for kyphotic deformity correction in a child // *J. Neurosurg. Pediatr.* 2008. Vol. 2. P. 379–384.
50. **Vora V., Crawford A., Babekhir N., et al.** A pedicle screw construct gives an enhanced posterior correction of adolescent idiopathic scoliosis when compared with other constructs: myth or reality // *Spine*. 2007. Vol. 32. P. 1869–1874.
51. **Watanabe K., Lenke L.G., Bridwell K.H., et al.** Comparison of radiographic outcomes for the treatment of scoliotic curves greater than 100 degrees: wires versus hooks versus screws // *Spine*. 2008. Vol. 33. P. 1084–1092.
52. **Xu R.M., Sun S.H., Ma W.H., et al.** [Analysis of complications in scoliosis surgery] // *Zhongguo Gu Shang*. 2008. Vol. 21. P. 245–248. Chinese.

Адрес для переписки:

Васюра Александр Сергеевич
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
НИИТО,
AVasura@niito.ru

Статья поступила в редакцию 16.12.2010