



ТЕХНОЛОГИИ КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА ТРАНСПЕДИКУЛЯРНЫМИ СПИНАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ У ДЕТЕЙ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ

С.В. Виссарионов

*Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера
Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург*

Описаны варианты технологии хирургической коррекции деформации позвоночника с применением транспедикулярных спинальных систем у детей с идиопатическим сколиозом. Выбор варианта оперативного вмешательства зависит от локализации искривления, величины дуги, ее мобильности, а также от анатомо-антропометрических особенностей позвонков, определяемых с использованием оптической 3D-КТ-навигации.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз, дети, транспедикулярные спинальные системы, оперативное лечение, 3D-КТ-навигация.

APPROACHES TO SPINAL DEFORMITY CORRECTION USING TRANSPEDICULAR SYSTEMS IN CHILDREN WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS

S.V. Vissarionov

The paper presents surgical options for spinal deformity correction using transpedicular spinal systems in children with idiopathic scoliosis. The choice of surgical technique depends on the spinal curvature location, magnitude, and mobility, as well as on anatomical anthropometric features of vertebrae determined by optical 3D-CT navigation system.

Key Words: idiopathic scoliosis, children, transpedicular spinal systems, surgical treatment, 3D CT navigation system.

Hir. Pozvonoc. 2013;(1):21–27.

Лечение пациентов с деформациями позвоночника относится к самой актуальной проблеме ортопедии детского возраста [2]. Традиционной методикой исправления деформации позвоночника у пациентов детского возраста с идиопатическим сколиозом является технология Cotrel – Dubousset, которая считается классической. Используются крюковые опорные элементы многоопорной металлоконструкции, устанавливаемые по вогнутой и выпуклой сторонам искривления, они соединяются стержнями, производится ряд последовательных манипуляций, заключающихся в трансляции, дистракции и компрессии.

В последнее время в подходах к коррекции сколиотической деформации отмечается тенденция использования металлоконструкций с транспедикулярными опорными элемен-

тами. Предпочтение данного вида спинальных систем объясняется возможностью воздействия на все три колонны позвоночника, что позволяет добиться большей коррекции искривления, истинного деротационного эффекта позвонков на вершине дуги в ходе операции, стабильной и надежной фиксации в послеоперационном периоде, уменьшения зоны инструментализации. Следует отметить, что применение транспедикулярных металлоконструкций подразумевает использование совершенно иных технологий коррекции деформации, а также иной последовательности выполнения хирургических манипуляций в зависимости от локализации искривления, величины и ригидности основной дуги деформации. Вместе с тем процедура проведения и установки транспедикулярных винтов

в деформированных сегментах позвоночника достаточно сложна и сопряжена с риском развития осложнений (перфорации и перелома корня дуги, стеноза позвоночного канала опорными элементами, неврологических нарушений) [3, 5, 7].

Применение 3D-КТ-навигации позволяет добиться максимально точной установки транспедикулярных винтов при дегенеративных заболеваниях и последствиях травмы позвоночника у пациентов взрослого возраста [4, 6, 8]. В настоящее время разработаны методологические основы использования оптической 3D-КТ-навигации при оперативном лечении детей с идиопатическим сколиозом [1]. Использование навигационной системы при хирургической коррекции идиопатического сколиоза у детей позволяет существенно увеличить

возможность корректной установки транспедикулярных винтов в деформированные позвонки, вовлеченные в дугу искривления, и значительно уменьшить риск осложнений в ходе операции.

Цель исследования – анализ вариантов технологий хирургической коррекции деформации позвоночника с применением транспедикулярных спинальных систем и оптической 3D-КТ-навигации у детей с идиопатическим сколиозом.

У всех пациентов, оперированных с применением многоопорных транспедикулярных металлоконструкций, угол основной сколиотической дуги по Сооб был 50–130°, деформации позвоночника представлены следующими вариантами: правосторонний и левосторонний идиопатический сколиоз грудной локализации (Lenke I), правосторонний и левосторонний С-образный грудопоясничный сколиоз, правосторонний и левосторонний поясничный сколиоз (Lenke V) и S-образный комбинированный грудопоясничный сколиоз (Lenke III). В зависимости от возраста ребенка, величины сколиотической дуги деформации, ее мобильности и локализации, анатомо-антропометрических характеристик позвонков деформированного отдела позвоночника применены различные хирургические варианты коррекции искривления.

В ходе хирургического вмешательства при проведении транспедикулярных винтов применяли систему активной оптической 3D-КТ-навигации с использованием предоперационных КТ-изображений и регистрацией по анатомическим ориентирам.

Пациентам осуществляли предоперационное обследование по общепринятой методике. Выполняли рентгенографию позвоночника в двух проекциях (прямой и боковой) в положении пациента стоя и лежа. Оценивали мобильность грудного отдела позвоночника путем проведения функциональных спондилограмм с наклоном вправо и влево. Для исключения интраканальной патологии и опре-

деления состояния спинного мозга и его элементов осуществляли МРТ позвоночника. Оценку анатомических особенностей костных структур деформированных позвонков проводили по КТ. КТ-сканы делали на уровне от Th₁ до S₁ позвонка с толщиной среза 1 мм. Данные КТ импортировали при помощи носителя в планирующую систему навигации, оснащенную программным обеспечением «SpineMap 3D» [1].

На основе трехмерной КТ-реконструкции в планирующей станции измеряли в плоскости относительно каждого позвонка внешний поперечный и продольный диаметры корня дуги, а также ее пространственную ориентацию относительно тела позвонка.

На основании полученных анатомо-антропометрических данных определяли возможность установки транспедикулярных винтов в каждый позвонок на протяжении дуги деформации. Критерием возможности корректной установки винта считали внешний поперечный и продольный диаметры корня дуги больше 4 мм. При поперечном диаметре от 3,5 до 4,0 мм корректная установка винта была возможна при латерализации зоны введения последнего. При поперечном диаметре корня дуги меньше 3,5 мм установку винта не осуществляли. Если анатомо-антропометрические показатели не позволяли использовать транспедикулярную фиксацию, выбирали другие технологии с применением гибридных систем.

В зависимости от диаметров корней дуг и возможности установки транспедикулярных опорных элементов на вершине деформации применяли разные варианты хирургических технологий коррекции идиопатического сколиоза. При идиопатическом сколиозе грудного отдела позвоночника (правостороннем или левостороннем) с мобильной дугой деформации (уменьшение величины сколиотической деформации при функциональных снимках более 20°) с величиной искривления по Сооб, не превышающей 90°, оперативное вмешательство

выполняли только из дорсального доступа.

Вариант 1. В положении пациента на животе выполняли разрез вдоль линии остистых отростков на протяжении деформированного отдела позвоночника. Осуществляли доступ к задним костным опорным структурам тел позвонков на уровне искривленного участка (рис. 1а). Во все тела позвонков на протяжении дуги деформации устанавливали по два транспедикулярных опорных элемента под контролем навигационной установки и осуществляли гало-тибиальное вытяжение. С вогнутой стороны деформации в опорные элементы металлоконструкции укладывали стержень, изогнутый по физиологическому сагиттальному профилю позвоночника (рис. 1б). Для выполнения истинного деротационного маневра позвонков системе VCM устанавливали на выпуклой и вогнутой сторонах вершины деформации, с опорой на транспедикулярные винты (рис. 1в). Протяженность опоры – 3–4 позвонка. После этого одновременно осуществляли поворот стержня на 90° и истинный деротационный маневр в грудном отделе при помощи системы VCM в противоположную сторону. Завершали манипуляции проведением сегментарной коррекции деформации с учетом дистракции по вогнутой стороне искривления (рис. 1г). Затем укладывали стержень, изогнутый по физиологическим изгибам позвоночника, в опорные элементы конструкции с противоположной стороны и осуществляли сегментарную компрессию (рис. 1д). Оперативное вмешательство заканчивали стабилизацией металлоконструкции в сочетании с задним спондилотомом аутокостью из резецированных остистых, поперечных и суставных отростков вдоль спинального имплантата. Невозможность установки одного транспедикулярного винта на вершинный позвонок по вогнутой стороне деформации не исключала применения системы VCM.

Вариант 2. При невозможности корректной установки двух и более винтов по вогнутой стороне искривле-

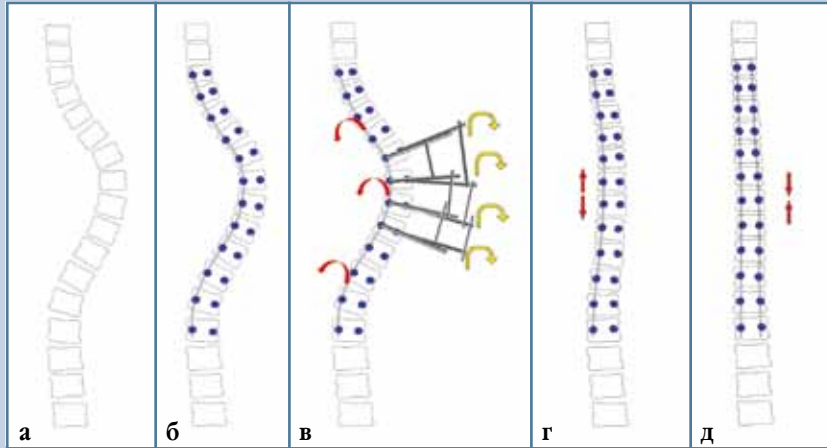
**Рис. 1**

Схема коррекции деформации позвоночника при идиопатическом сколиозе грудной локализации (вариант 1):

- а** – позвоночник при идиопатическом сколиозе грудной локализации;
- б** – расположение транспедикулярных винтов на протяжении дуги искривления и установка стержня по вогнутой стороне деформации;
- в** – одномоментный поворот стержня на 90° и истинная деротация на вершине искривления системой VCM;
- г** – сегментарная дистракция вдоль стержня по вогнутой стороне деформации;
- д** – установка стержня с противоположной стороны деформации и сегментарной контракции вдоль него

ния, обусловленной анатомическими размерами корней дуг (внешний диаметр менее 3,5 мм), применяли другой вариант коррекции деформации. Идеологический подход к коррекции искривления отличался от варианта 1 последовательностью установки стержней относительно сторон основной дуги и корригирующих маневров при исправлении деформации. После установки транспедикулярных опорных элементов металлоконструкции осуществляли гало-тибиальное вытяжение (рис. 2а). Первый стержень, изогнутый по физиологическим изгибам, последовательно фиксировали в опорных элементах металлоконструкции по выпуклой стороне деформации, одновременно осуществляя коррекцию кифотического и сколиотического компонентов деформации путем непосредственного прямого давления на вершину основной дуги, трансляционного маневра и сегментарной компрессии (рис. 2б, в). После это-

го укладывали второй стержень, изогнутый по физиологическим изгибам, в опорные элементы металлоконструкции с противоположной стороны и выполняли окончательную коррекцию за счет сегментарной дистракции (рис. 2г). Завершали операцию формированием заднего спондиледеза аутокостью вдоль спинального имплантата.

У детей с С-образным грудопоясничным сколиозом, мобильной дугой искривления, не превышающей 90°, особенно с выраженным кифотическим компонентом деформации, транспедикулярные опорные элементы устанавливали с обеих сторон относительно линии остистых отростков на всех уровнях (рис. 3а). Осуществляли гало-тибиальное вытяжение и устанавливали первый стержень, изогнутый по физиологическим изгибам, на выпуклой стороне искривления, осуществляя коррекцию сколиотического и кифотического компо-

нентов искривления путем прямого давления на вершину дуги, трансляции и сегментарной контракции (рис. 3б). В результате выполненных манипуляций уменьшалась величина кифотического и сколиотического компонентов деформации (рис. 3в). Затем стержень, изогнутый по физиологическим сагиттальным изгибам позвоночника, устанавливали с противоположной стороны искривления и осуществляли окончательную сегментарную коррекцию деформации путем выполнения дистракции вдоль стержня (рис. 3г). Завершали вмешательство формированием заднего спондиледеза вдоль спинального имплантата.

При идиопатическом сколиозе поясничной локализации с мобильной дугой деформации не более 90° как правосторонней, так и левосторонней направленности хирургическое вмешательство осуществляли в следующем объеме. Устанавливали транспедикулярные опорные элементы по выпуклой и вогнутой сторонам искривления и выполняли гало-тибиальное вытяжение (рис. 4а). Первый стержень, изогнутый по физиологическим изгибам позвоночника, укладывали по выпуклой стороне деформации и фиксировали его гайками в опорных элементах поясничных позвонков (рис. 4б). Поворот стержня, лежащего во фронтальной плоскости искривления, выполняли на 90°, переводя патологический фронтальный изгиб поясничного отдела позвоночника в физиологический сагиттальный профиль, тем самым достигая истинного деротационного эффекта позвонков, входящих в дугу деформации и формируя поясничный лордоз. Краниальную часть стержня фиксировали в верхней опорной площадке, сформированной транспедикулярными винтами, на уровне нижнегрудных позвонков, которые располагались горизонтально во фронтальной проекции. Заканчивали манипуляции с этой стороны сегментарной контракцией вдоль стержня (рис. 4в). После этого устанавливали второй стержень в опорные элементы металлоконструкции с противоположной

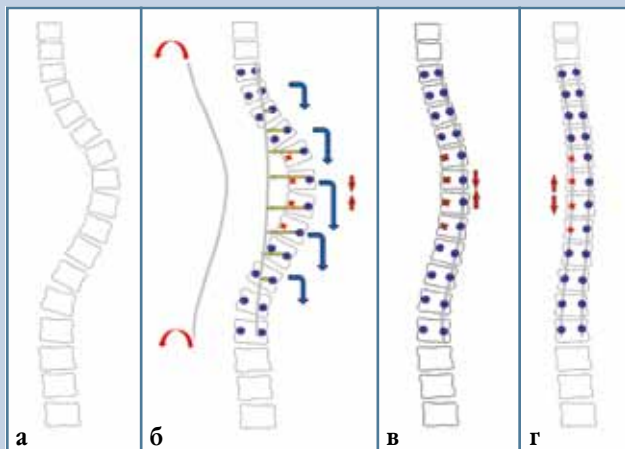
**Рис. 2**

Схема коррекции деформации позвоночника при идиопатическом сколиозе грудной локализации (вариант 2):

- а** – позвоночник при идиопатическом сколиозе грудной локализации;
- б** – расположение транспедикулярных винтов на протяжении дуги искривления, установка стержня по выпуклой стороне деформации и выполнение прямого давления на вершину искривления и сегментарной контракции вдоль стержня;
- в** – состояние позвоночника после выполненных манипуляций;
- г** – установка стержня с противоположной стороны деформации и сегментарной дистракции вдоль него

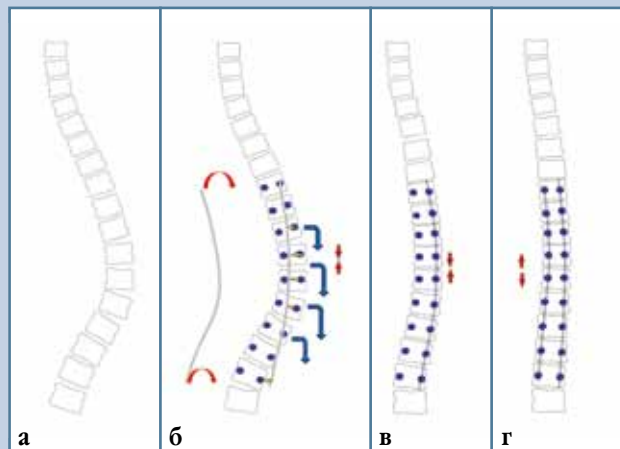
**Рис. 3**

Схема коррекции деформации позвоночника при идиопатическом сколиозе груднопоясничной локализации:

- а** – позвоночник при идиопатическом сколиозе груднопоясничной локализации;
- б** – расположение транспедикулярных винтов на протяжении дуги искривления, установка стержня по выпуклой стороне деформации и выполнение прямого давления на вершину искривления и сегментарной контракции вдоль стержня;
- в** – состояние позвоночника после выполненных манипуляций;
- г** – установка стержня с противоположной стороны деформации и сегментарной дистракции вдоль него

стороны и осуществляли дополнительную коррекцию в объеме сегментарной дистракции (рис. 4г). Завершали вмешательство формированием заднего локального спондилодеза аутокостью вдоль спинального имплантата.

У детей с комбинированным S-образным груднопоясничным сколиозом устанавливали транспедикулярные опорные элементы с выпуклой и вогнутой сторон относительно линии остистых отростков и осуществляли гало-тибиальное вытяжение (рис. 5а). Первый стержень, изогнутый по физиологическим изгибам позвоночника, укладывали в опорные элементы конструкции с вогнутой стороны грудной дуги деформации и выпуклой стороны поясничной дуги искривления. Опорные элементы в поясничном отделе позвоночника фиксировали гайками, на вер-

шине грудной дуги устанавливали систему VCM. Осуществляли истинную деротацию позвонков на вершине сколиотической дуги деформации за счет системы VCM в грудном отделе позвоночника в сочетании с истинной деротацией в поясничном отделе путем поворота отмоделированного стержня на 90° (рис. 5б). После выполненного маневра осуществляли сегментарную дистракцию вдоль стержня в грудном отделе позвоночника и контракцию – в поясничном (рис. 5в). Затем с противоположной стороны в опорные элементы конструкции устанавливали второй стержень и проводили окончательную коррекцию деформации путем сегментарной дистракции в поясничном отделе и контракции в грудном отделе позвоночника (рис. 5г). Завершали вмеша-

тельство формированием спондилодеза вдоль спинального имплантата.

При невозможности корректной установки двух и более винтов по вогнутой стороне грудной дуги искривления, обусловленной анатомическими размерами корней дуг, технология коррекции деформации была существенно иной. После корректной установки транспедикулярных опорных элементов в тела позвонков на протяжении дуг искривления осуществляли гало-тибиальное вытяжение. Первый стержень, изогнутый по физиологическим изгибам позвоночника, укладывали по вогнутой стороне грудной дуги искривления и выпуклой стороне поясничной дуги деформации. В поясничном отделе стержень фиксировали гайками в опорных элементах. Осуществляли поворот стержня, лежащего во фрон-

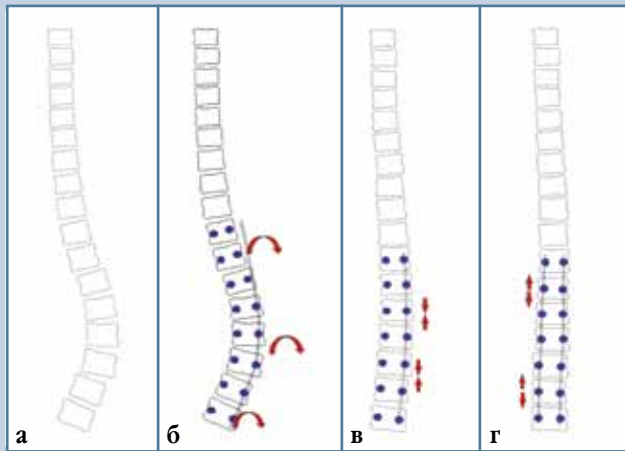
**Рис. 4**

Схема коррекции деформации позвоночника при идиопатическом сколиозе поясничной локализации:

а – позвоночник при идиопатическом сколиозе поясничной локализации;

б – расположение транспедикулярных винтов на протяжении дуги искривления, установки стержня по выпуклой стороне деформации и выполнение поворота стержня на 90° с целью истинного деротационного эффекта и формирования физиологического сагиттального профиля;

в – сегментарная контракция вдоль стержня;

г – установка стержня с противоположной стороны деформации и сегментарной дистракции вдоль него

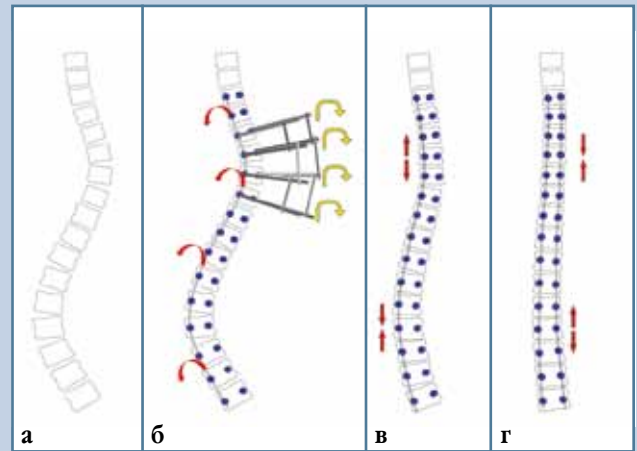
**Рис. 5**

Схема коррекции деформации позвоночника при S-образном комбинированном сколиозе:

а – позвоночник при S-образном комбинированном сколиозе;

б – расположение транспедикулярных винтов на протяжении дуг искривления, установка стержня с одной стороны и выполнение одномоментного поворота стержня на 90° и истинной деротации на вершине грудной дуги искривления системой VCM;

в – сегментарная дистракция в грудном отделе и сегментарная контракция в поясничном отделе вдоль стержня;

г – установка стержня с противоположной стороны деформации, сегментарная контракция в грудном отделе и сегментарная дистракция в поясничном отделе вдоль стержня

тальной плоскости, на 90° , переводя фронтальный изгиб позвоночника в сагиттальную плоскость, тем самым достигая истинного деротационного эффекта позвонков, входящих в дугу искривления, и формируя поясничный лордоз. После этого укладывали стержень, изогнутый по физиологическим изгибам, в опорные элементы конструкции с противоположной стороны искривления, выполняя коррекцию кифотического и сколиотического компонентов деформации путем непосредственного прямого давления на вершину дуги, трансляционного маневра и сегментарной компрессии в грудном отделе позвоночника, а в поясничном сегменте проводили сегментарную дистракцию. После этого в грудном отделе позвоночника с вогнутой стороны искривления

стержень погружали в опорные элементы конструкции и осуществляли сегментарную дистракцию с опорой на транспедикулярные винты вдоль стержня. Завершали вмешательство формированием заднего спондилодеза аутокостью вдоль спинального имплантата.

У пациентов с величиной сколиотической деформации от 90 до 110° и при ригидных дугах с величиной искривления менее 90° объем операции осуществляли одномоментно из двух доступов. Предварительно выполняли дискэктомию на вершине основной дуги деформации в сочетании с корпородезом аутокостью из переднебокового торакотомического, люмботомического или торакофренолюмботомического доступа и коррекцию деформации на фоне

гало-тибиального вытяжения из дорсального доступа. Технология коррекции искривления у этих больных была идентична описанному выше, в зависимости от локализации дуги искривления и анатомо-антропометрических особенностей позвонков, входящих в нее.

У пациентов с величиной дуги искривления более 110° хирургическое вмешательство разбивали на два этапа. Первым этапом осуществляли дискэктомию на уровне вершины деформации в сочетании с корпородезом из переднебокового доступа, завершали операцию наложением гало-тибиального вытяжения или гало-пельвикаппарата. Проводили курс вытяжения в течение 12–14 дней. Вторым этапом осуществляли коррекцию деформации многопор-

ной металлоконструкцией с транспедикулярными опорными элементами из дорсального доступа с учетом анатомо-антропометрических особенностей позвонков, входящих в дугу искривления, и ее локализации. Технологии коррекции деформации позвоночника зависели от локализации дуги искривления и соответствовали ранее описанным вмешательствам. У некоторых пациентов с углом сколиоза более 120° и выраженным кифотическим компонентом деформации коррекцию искривления многоопорной металлоконструкцией из дорсального доступа во время второго этапа хирургического вмешательства сочетали с выполнением корпэктомии вершинного позвонка.

Необходимо отметить, что при использовании полисегментарных металлоконструкций с транспедикулярными опорными элементами при идиопатическом сколиозе у детей коррекция деформации, основанная на классических принципах Cotrel – Dubousset, в ряде случаев не корректна, а иногда и невозможна. Это объясняется различной биомеханикой воздействия крюковых и винтовых опорных элементов на колонны позвоночного столба.

Выполнение КТ у пациентов с идиопатическим сколиозом позволяет уточнить характер костных изменений позвонков, входящих в дугу деформации, и их анатомо-антропометрические особенности. Данные, полученные в результате этого обследования, импортированные в навигационную установку, обеспечивают точную оценку возможности имплантации транспедикулярных опорных элементов в тела позвонков на протяжении искривления и их размеры. Корректное проведение винта через корень дуги в тело позвонка определялось, прежде всего, его вертикальным и горизонтальным размерами, а также его пространственной ориентацией по отношению к телу позвонка. Таким образом, знание особенностей анатомии деформированного отдела позвоночника, пространственных и антропометрических характеристик

его костных структур позволяет определить позвонки, пригодные для установки транспедикулярных опорных элементов металлоконструкции в зоне предполагаемой инструментальной фиксации. Это обеспечивает возможность индивидуального предоперационного планирования у каждого пациента с учетом анатомо-антропометрических особенностей позвонков в дуге деформации, следовательно, и выбора варианта коррекции идиопатического сколиоза в ходе хирургического вмешательства.

Технология исправления деформации позвоночника, включающая характер манипуляций и применение системы VCM, особенно в грудном отделе, последовательность выполнения корригирующих маневров у детей с идиопатическим сколиозом зависят от локализации дуг искривления и количества установленных транспедикулярных опорных элементов в тела позвонков. У всех пациентов в ходе хирургического вмешательства выполняли истинный деротационный маневр на вершине деформации и сегментарную коррекцию в объеме дистракции и контракции. Деротационный эффект на вершине искривления основной дуги в ходе операции, в зависимости от ее локализации, достигался несколькими вариантами. В грудном отделе позвоночника выполняли манипуляции при помощи системы VCM, в поясничном отделе осуществляли непосредственный поворот стержня, фиксированного в опорных элементах металлоконструкции, на 90°, в грудопоясничном сегменте и грудном отделе, при невозможности установки двух и более винтов по вогнутой стороне деформации, проводили прямое давление на вершину деформации в сочетании с сегментарной контракцией.

Использование данных, основанных на анатомо-антропометрических особенностях позвонков у детей при сколиотической деформации, позволяет выбрать оптимальный тактический вариант коррекции искривления позвоночника дорсальной многоопорной транспедикулярной

металлоконструкцией в зависимости от локализации, мобильности и величины дуги.

Заключение

Использование металлоконструкций с транспедикулярными опорными элементами на протяжении дуги или дуг искривления дает возможность применить различные тактические подходы к коррекции деформации с учетом ее характера и величины, мобильности и локализации, анатомо-антропометрических особенностей позвонков, входящих в дугу. Выполнение КТ позвоночника в положении пациента лежа на животе является обязательным моментом в плане предоперационного обследования данной категории больных. Полученные данные, импортированные в навигационную установку, позволяют получить информацию об анатомо-антропометрических особенностях позвонков, входящих в дугу искривления, осуществить предоперационное планирование установки и размеров транспедикулярных опорных элементов спинальной системы, выбрать рациональную технологию планируемой коррекции деформации. Применение 3D-КТ-навигации в ходе хирургического вмешательства при коррекции сколиотической деформации у детей обеспечивает корректность и правильность установки транспедикулярных винтов металлоконструкции. Тотальная транспедикулярная фиксация на протяжении дуг искривления позволяет осуществить эффективную коррекцию, истинную деротацию тел позвонков на вершине деформации и периапикальных зонах. При невозможности установить транспедикулярные винты в тело каждого позвонка на протяжении дуги искривления в результате их анатомо-антропометрических особенностей применяют другие варианты хирургической технологии, основанные на последовательности установки стержней и проведения корригирующих манипуляций по выпуклой и вогнутой сторонам деформации.

Литература

1. **Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Дроздец-кий А.П. и др.** Технология использования 3D-КТ-навигации в хирургическом лечении детей с идиопатическим сколиозом // Хирургия позвоночника. 2012. № 1. С. 41–47.
2. **Михайловский М.В., Фомичев Н.Г.** Хирургия деформаций позвоночника. Новосибирск. 2002.
3. **Boos N, Webb JK.** Pedicle screw fixation in spinal disorders: A European view. *Eur Spine J.* 1997;6:2–18.
4. **Costa F, Cardia A, Ortolina A, et al.** Spinal navigation: standard preoperative versus intraoperative computed tomography data set acquisition for computer-guidance system: radiological and clinical study in 100 consecutive patients. *Spine.* 2011;36:2094–2098.
5. **Gaines RW Jr.** The use of pedicle-screw internal fixation for the operative treatment of spinal disorders. *Bone Joint Surg Am.* 2000;82:1458–1476.
6. **Iampreechakul P, Chongchokdee C, Tirakotai W.** The accuracy of computer-assisted pedicle screw placement in degenerative lumbrosacral spine using single-time, paired point registration alone technique combined with the surgeon's experience. *J Med Assoc Thai.* 2011;94:337–345.
7. **Modi HN, Suh SW, Hong JY, et al.** Accuracy of thoracic pedicle screw using ideal pedicle entry point in severe scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:1830–1837.
8. **Zhou D, Xu NW, Nong LM, et al.** [Pedicle screw fixation of thoracic spinal fracture assisted by CT-based navigation system]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2010;90:1612–1614. In Chinese.

References

1. Vissarionov SV, Kokushin DN, Drozdetsky AP, et al. [The 3D-CT navigation technology for surgical treatment of children with idiopathic scoliosis]. *Hir Pozvono- noc.* 2012;(1):41–47. In Russian.
2. Mikhailovsky MV, Fomichev NG. [Surgery of Spinal Deformities]. Novosibirsk. 2002. In Russian.
3. Boos N, Webb JK. Pedicle screw fixation in spinal disorders: A European view. *Eur Spine J.* 1997;6:2–18.
4. Costa F, Cardia A, Ortolina A, et al. Spinal navigation: standard preoperative versus intraoperative computed tomography data set acquisition for computer-guidance system: radiological and clinical study in 100 consecutive patients. *Spine.* 2011;36:2094–2098.
5. Gaines RW Jr. The use of pedicle-screw internal fixation for the operative treatment of spinal disorders. *Bone Joint Surg Am.* 2000;82:1458–1476.
6. Iampreechakul P, Chongchokdee C, Tirakotai W. The accuracy of computer-assisted pedicle screw placement in degenerative lumbrosacral spine using single-time, paired point registration alone technique combined with the surgeon's experience. *J Med Assoc Thai.* 2011;94:337–345.
7. Modi HN, Suh SW, Hong JY, et al. Accuracy of thoracic pedicle screw using ideal pedicle entry point in severe scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:1830–1837.
8. Zhou D, Xu NW, Nong LM, et al. [Pedicle screw fixation of thoracic spinal fracture assisted by CT-based navigation system]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2010;90:1612–1614. In Chinese.

Адрес для переписки:

Виссарионов Сергей Валентинович
196603, Санкт-Петербург, Пушкин,
ул. Парковая, 64–68,
НИДОИ им. Г.И. Турнера,
turner01@mail.ru

Статья поступила в редакцию 06.07.2012

С.В. Виссарионов, д-р мед. наук, Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург.

S.V. Vissarionov, MD, DMedSci, The Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopaedics, North-Western State Medical University n.a. I.I. Mechnikov, St. Petersburg.