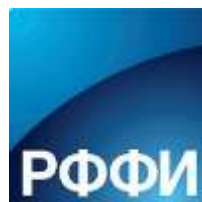


**ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТАКТИКА  
И ОКАЗАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПОМОЩИ  
БОЛЬНЫМ С ТЯЖЁЛЫМИ ФОРМАМИ СКОЛИОЗА**

**Новиков Вячеслав Викторович**

ООО «ФизматЛит»

2021



УДК 616.711-007.55

Автор: Новиков Вячеслав Викторович

**ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТАКТИКА  
И ОКАЗАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ПОМОЩИ  
БОЛЬНЫМ С ТЯЖЁЛЫМИ ФОРМАМИ СКОЛИОЗА**

В книге подробно описана система оказания высокоспециализированной помощи больным с тяжёлыми формами сколиотической деформации позвоночника. Приводится рабочая классификация тяжёлых форм сколиозов с учетом величины деформации, мобильности и риска неврологических осложнений. Показан способ радикального исправления тяжёлых сколиозов. Подробно описана методика транспозиции спинного мозга как вариант хирургического лечения осложнённых кифосколиозов. Предлагается способ интраоперационной диагностики неврологических осложнений при операциях на позвоночнике, а также целостная система прогнозирования и профилактики неврологических осложнений при хирургическом лечении пациентов с тяжёлыми сколиозами.

Книга предназначена для врачей травматологов-ортопедов, нейрохирургов, физиологов, научных сотрудников, неврологов и врачей других специальностей, занимающихся лечением деформаций позвоночника.

Табл. 21. Ил. 74. Библиогр.: 305 назв.

The book describes a system of providing highly specialized care to patients with severe forms of scoliosis. A working classification of severe forms of scoliosis is given, taking into account the magnitude of deformity, mobility, and the risk of neurological complications. The method of radical correction of severe scoliosis is shown. The technique of spinal cord transposition as a variant of surgical treatment of complicated kyphoscoliosis is described in detail. A method of intraoperative diagnosis of neurological complications during spinal surgery is proposed, as well as a comprehensive system for predicting and preventing neurological complications in the surgical treatment of patients with severe scoliosis.

The book is intended for orthopedics, neurosurgeons, physiologists, researchers, neurologists and doctors of other specialties engaged in the treatment of spinal deformities.

Tab. 21. Fig. 74. Bibliogr.: 305.

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что хирургическое лечение сколиотических деформаций позвоночника является одной из важнейших проблем современной вертебрологии. Выбор оперативного вмешательства при небольших формах сколиоза не представляет значительной трудности из-за наличия достаточной мобильности позвоночника, однако при далеко зашедших в своём развитии тяжёлых деформациях позвоночника, превышающих  $80^\circ$ , это часто становится неразрешимой задачей для хирургов-вертебрологов (Arlet V. e.a., 2004; De Giorgi G. e.a., 1999; Lowe T.G. e.a., 2004; Luhmann S.J. e.a., 2009; Suk S.I. e.a., 2005).

Современная хирургическая тактика при тяжёлых деформациях позвоночника определяется, главным образом, степенью мобильности (Васюра А.С. с соавт., 2011; Кулешов А.А., 2007). Мобильность позвоночника у больных сколиозом – это изменение величины сколиотической дуги под воздействием различных факторов (Dubousset J., 1973; Richards B.S. e.a., 2006). Большинство авторов проводят рентгенологическое обследование пациентов на предмет имеющейся мобильности деформированного позвоночника для определения прогноза хирургической коррекции и уровней установки инструментария (Moe J., 1972; Shufflebarger H.L. e.a., 1991; King H.A. e.a., 1983; Lenke L.G. e.a., 2001). Однако в современной литературе отсутствуют чёткие критерии разделения деформаций позвоночника по группам в зависимости от степени их выраженности и мобильности. Одни опираются на процент мобильности (Suk S.I. e.a., 2005), относя к числу ригидных те, мобильность которых меньше 25%, другие на остаточную деформацию в наклоне, называя мобильным позвоночник, уменьшающимся до  $45^\circ$  (Arlet V. e.a., 2004) и даже до  $40^\circ$  (Hamzaoglu A. e.a., 2005). При этом имеются прямо противоположные мнения о тактике хирургического лечения в зависимости от величины деформации и степени её мобильности. Одни авторы считают достаточным применение только задних доступов к позвоночнику и коррекции сколиоза

сколиоза (Graham E.J. e.a., 2000; Sink E.L. e.a., 2001; Newton P.O. e.a., 2007; Demura S. e.a., 2013), другие рекомендуют комбинации мобилизующих воздействий на деформацию позвоночника (Михайловский М.В. с соавт., 1993; Поздникин Ю.И. с соавт., 2007; Васюра А.С., 2007; Graham E.J. e.a., 2000; Anand N. e.a., 2002; Михайловский М.В., 2007; Lenke L.G. e.a., 2004), третьи – различные вертебротомии и реконструкции позвоночника (Kostuik J.P. e.a., 1988; Suk S.I. e.a., 2005; Macagno A.E. e.a., 2006; Teixeira da Silva L.E. e.a., 2015). Отсутствие надёжных критериев в определении показаний к тому или иному методу лечения тяжёлых и ригидных сколиозов нередко приводит к осложнениям и неудачам в хирургическом лечении таких деформаций позвоночника.

В хирургии тяжёлых ригидных сколиозов неврологические осложнения являются наиболее серьёзными. Их частота, в зависимости от применяемого метода, колеблется от 0,68% до 7,7% (Михайловский М.В. с соавт., 1999; Delank K.S. e.a., 2005; Hamilton D.K. e.a., 2011). Пути решения этой проблемы различны. Один из способов профилактики неврологических осложнений заключается в проведении интраоперационного мониторинга функций спинного мозга с помощью нейрофизиологических методов, таких как соматосенсорные и двигательные вызванные потенциалы (Tamaki T. e.a., 1972; Edmonds H.L., 1989; Deletis V., 2007; Bridwell K. H. e.a., 1997; Péréon Y. e.a., 2002), теста с пробуждением Stagnara (Vauzelle C. e.a., 1973). Эффективность самого мониторинга определяется тем, насколько быстро после повреждения спинного мозга и насколько чётко это осложнение фиксируется (Kai Y. e.a., 1993). Однако многие авторы указывают на наличие как ложноположительных, так и ложноотрицательных результатов, а, значит, ошибок при осуществлении контроля за функциями спинного мозга (Owen J.H., 1999; Padberg A.M. e.a., 1997).

Такое количество разнообразных способов выявления неврологических осложнений при выполнении хирургической коррекции

деформаций позвоночника говорит о недостаточной их надёжности и эффективности и требует тщательного изучения самих случаев неврологических осложнений для понимания причин их развития и способов контроля.

При оперативном лечении тяжёлых сколиотических деформаций позвоночника остаётся высокой частота осложнений, связанных с выбором неправильной тактики оперативного лечения или с техническими дефектами её осуществления (переломы металлоконструкций, изломы и пролежни костных точек опоры, низкая величина достигнутой коррекции и значительная величина остаточной деформации, потеря достигнутой коррекции и прогрессирование деформации позвоночника, несостоятельность костных блоков, дисбаланс туловища, боли и нетрудоспособность в отдалённом послеоперационном периоде) (Sanders J.O. e.a., 1995; Luhmann S.J. e.a., 2009; Weistroffer J.K. e.a., 2008; Richards B.S. e.a., 2006; Potter V.K. e.a., 2006; Lenke L.G. e.a., 2013).

Отсутствие единого подхода к хирургическому лечению грубых деформаций позвоночника и надёжного интраоперационного контроля функции спинного мозга является актуальной проблемой вертебрологии и требует решения.

## **ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

### **1.1 Классификации сколиоза**

В настоящее время имеется большое количество различных классификаций сколиоза, созданных на основе измерения величины угла сколиотической дуги по Коббу [107, 47, 34]. В нашей стране мы часто продолжаем использовать классификацию Чаплина В.Д., впервые описанную в книге Шулутко М.И. в 1963 году из-за её простоты, доступности и чёткости определения границ степеней развития сколиотической деформации позвоночника [76]. Тем не менее, наивысшей степенью развития сколиоза в этой классификации определена IV степень,

при которой деформация во фронтальной плоскости превышает  $50^\circ$  по Коббу. Все сколиозы, превышающие  $50^\circ$ , объединены в одну группу и, вероятно, должны получать один и тот же объём хирургического лечения для их исправления. Тем не менее, большинство авторов понимает, что и в группе с IV степенью развития сколиоза находятся деформации позвоночника, которые требуют различных и, порой, противоположных по воздействию на позвоночник, подходов к хирургическому лечению [47].

Отправной точкой, ориентиром в создании классификации грудных дуг на 5 основных типов стала работа King H.A. с соавт. [176]. Она принципиально отличалась от классификации Чаклина и была создана для того, чтобы обосновать включение или исключение поясничного сегмента позвоночника в блок при планировании объёма хирургического вмешательства при сколиотической деформации грудного отдела позвоночника. Эта классификация позволяла обоснованно сохранить интактным поясничный отдел позвоночника при исправлении грудного, рассчитывая на его самокоррекцию в послеоперационном периоде с течением времени. При неблагоприятном состоянии сколиотических дуг грудного и поясничного отделов позвоночника отнесение их к тому или иному типу давало возможность хирургам включать всю поясничную сколиотическую дугу в зону коррекции и заднего спондилодеза, что часто снижало риск развития псевдартрозов в дальнейшем, а, значит, и прогрессирования как поясничной, так и грудной сколиотических дуг в отдалённом периоде после операции, а также развития дисбаланса туловища.

Поскольку классификация King включала в себя только грудные сколиотические дуги, то Lenke L.G. с соавт. разработал новую более полную и всестороннюю систему классификации сколиотических деформаций позвоночника [186]. Она позволила систематизировать 42 различных типа деформаций, включая все типы сколиотических дуг и сагиттального профиля грудного отдела позвоночника. Эта классификация

разрабатывалась как основа алгоритма выбора уровней спондилодеза при планировании хирургической коррекции сколиотической деформации позвоночника. Учитывая то, что в настоящее время большое количество печатных работ публикуется со ссылками на эту классификацию, можно считать её весьма полезной и достаточно эффективной. Более того, замечено, что введение этой классификации привело к снижению количества вариантов подходов к хирургическому лечению сколиотических деформаций. Были представлены данные о том, что из 1310 пациентов с подростковым идиопатическим сколиозом (ПИС) только 191 (15%) были оперированы с нарушением правил, рекомендованных данной классификацией [106].

В хирургии сколиозов взрослых хирургам порой требуются и другие параметры, определяющие успех в определении тактики лечения деформаций позвоночника, сопровождающихся грубыми дегенеративными изменениями, в значительной степени меняющими подвижность и положение впространстве, как самих физиологических изгибов, так и их переходных зон. Опубликованная в 2006 году классификация SRS для деформаций позвоночника у взрослых использует множество таких параметров, как расположение первичной дуги, поясничный дегенеративный модификатор, модификатор глобального баланса, модификатор деформации позвоночника взрослых, SRS определение регионов и критерии типов больших дуг [200]. После добавления тазовых параметров (PT, PI) она получила название SRS-Schwab. Эта классификация была разработана для того, чтобы максимально стандартизировать взрослые деформации позвоночника и дать возможность сравнивать эти случаи между различными центрами хирургии позвоночника, включив их в мультицентровые исследования. Хотя авторы и настаивают, что одной из задач была разработка руководства для оптимального и научно обоснованного руководства к лечению взрослых пациентов, сами подходы к этому лечению в различных клиниках порой радикально отличаются.

Несмотря на то, что, по заявлению авторов, эта классификация определяет типы дуг, их модификаторы и уровни спондилодеза, наличие такого большого количества неоднозначных параметров делает её неоднозначно пригодной для применения в лечении тяжёлых деформаций позвоночника, особенно у молодых.

Когда же достаточно обойтись стандартными хирургическими вмешательствами с коррекцией сколиоза задним позвоночным инструментарием, а в каких случаях необходимо выполнять вертебротомии, вмешательства на различные отделы позвоночного столба, чтобы добиться какой-либо коррекции деформации позвоночника? Какая величина деформации, и какова должна быть степень мобильности деформации позвоночника, чтобы можно было предложить один или другой адекватный метод их лечения? Таких чётких ответов в современной литературе нами обнаружено не было.

## **1.2 Тяжёлые и ригидные формы сколиоза**

Любая сколиотическая деформация позвоночника является трёхмерной и при крайне выраженном раннем прогрессировании приводит к декомпенсации туловища во всех плоскостях, сопровождаясь характерными клиническими жалобами, болью, сердечно-лёгочной недостаточностью, изменением активности пациентов и ухудшению качества их жизни со снижением трудоспособности, в ряде случаев приводя к неврологическому дефициту. Характер и выраженность сколиотических деформаций, превышающих  $80^\circ$  по Коббу, в значительной степени отличается от менее тяжёлых форм сколиоза [70, 74]. Такие пациенты отличаются по состоянию функции внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системы, прогнозу жизни [46]. Эти отличия, порой, не только заставляют хирургов использовать другие оперативные вмешательства для коррекции таких искривлений, но и использовать различные варианты предоперационной подготовки для увеличения мобильности



деформированного позвоночника и снижения риска осложнений [12, 60, 72, 18].

К тяжёлым сколиозам большинство авторов относят деформации позвоночника с величиной сколиотической дуги  $80^\circ$  и более [270, 96]. И если раньше к понятию тяжёлых сколиозов не относили определённые величины деформаций позвоночника [267], то в последнее время эти цифры часто указываются Американским обществом исследования сколиоза (SRS) и используются большинством авторов [289, 79, 204, 130, 114]. Такое определение, по всей видимости, связано с возможностями воздействия на деформированный позвоночник. Значительное большинство сколиозов величиной до  $80^\circ$  при отсутствии признаков врождённых аномалий в подростковом возрасте хорошо поддаются коррекции и могут быть в достаточной степени исправлены любыми позвоночными инструментариями, имеющимися в распоряжении хирургов-вертебрологов. В своём исследовании Андрианов В.Л. с соавт. показывали, что при сколиотические дуги величиной до  $90^\circ$ , особенно учитывая их биомеханику, можно исправлять с помощью одной дистракции [1]. Это относится и к возможности получения неврологических осложнений при исправлении таких сколиотических дуг [194]. Большинство сообщений в литературе, касающихся повреждения спинного мозга, в основном описывают такие случаи при сколиотических деформациях, превышающих  $80^\circ$ , или имеющих врождённое происхождение, а также с наличием аномалий развития в месте проведения операции.

Важна ли величина коррекции сколиоза при хирургическом лечении тяжёлых деформаций позвоночника? Имеются данные, что при сравнении пациентов с высокой степенью коррекции сколиотической дуги ( $>80\%$  от исходного) и низкой степенью коррекции ( $<40\%$  от исходного) не было выявлено какой-либо разницы в нарушении баланса туловища после операции. Кроме того, в группе с высокой степенью коррекции величина остаточного рёберного горба и кифоза после операции были значительно

ниже при сходных данных опроса SRS [167]. Это говорит о том, что не следует избегать возможности осуществления максимальной коррекции сколиотической деформации позвоночника для получения хорошего косметического результата.

В современной литературе к ригидным сколиозам большинство вертебрологов относят деформации, уменьшающиеся в боковых наклонах менее чем на 25% от исходной величины [278]. Многие хирурги считают наличие собственной достаточной мобильности деформации позвоночника (>25% от исходного) достаточным основанием для использования только задней инструментальной коррекции тяжёлого сколиоза [181]. Хотя в литературе встречаются работы, где ригидными сколиотическими дугами авторы считают те, которые уменьшаются в наклоне только до 70° [130]. Тем не менее, позиция общества SRS в этом вопросе позволяет относиться к сколиозам, имеющим мобильность ниже 25% от величины стоя именно как к ригидным деформациям позвоночника и рассматривать все возможные варианты для их исправления и сохранения после операции полученной коррекции.

### **1.3 Хирургическое лечение тяжелых ригидных сколиозов**

#### **1.3.1 Традиционное хирургическое лечение тяжёлых ригидных сколиозов**

Учитывая ограничение подвижности деформации позвоночника при ригидных сколиозах, многие считают выполнение передней мобилизации важнейшим этапом хирургической коррекции [144, 77, 188]. Передний релиз и спондилодез может выполняться для увеличения мобильности и коррекции тяжёлых сколиозов [47, 61, 2, 35]. Их выполняют как при открытом доступе к позвоночнику с торакотомией, так и с применением эндоскопической техники. Обычно тяжёлые сколиотической деформации формируют анатомические изменения грудной клетки и позвоночника на вершине дуги таким образом, что делают эндоскопический доступ малопрактичным. При этом оба таких доступа имеют отрицательное

воздействие на функцию лёгких, что показано в работах некоторых авторов [175, 188]. При выполнении переднего релиза в обязательном порядке удаляются межпозвонковые диски и замыкательные пластинки на вершине сколиотической дуги на нескольких уровнях, что значительно увеличивает межпозвонковую подвижность, которая не только облегчает последующую коррекцию сколиоза, но и в дальнейшем помогает формироваться межтеловому спондилодезу. Это становится основой для формирования кругового межпозвонкового блока ( $360^\circ$ ), избавляет от формирования псевдартрозов и прогрессирования деформации позвоночника в отдалённые сроки после операции.

Учитывая риск осложнений и влияние на функцию внешнего дыхания переднего релиза деформации позвоночника, многие хирурги в последнее время стали склоняться к проведению самой хирургической коррекции тяжёлых идиопатических сколиозов только из заднего доступа к позвоночнику [79, 98, 118, 181]. При этом сообщается о степени коррекции сколиотической дуги в 53,9% при применении инструментария с крюковой системой фиксации [118], 54% – гибридного инструментария [79], 67–68% при применении инструментария только с транспедикулярной фиксацией [181]. Имеются сообщения [130, 204], в которых сравниваются комбинированные переднезадние вмешательства на позвоночнике с задними при подростковом идиопатическом сколиозе. Luhmann и Lenke [204] сделали заключение, что пациенты, перенесшие только заднюю коррекцию инструментарием с транспедикулярной фиксацией к позвоночнику, имели сходные рентгенологические результаты с комбинированным переднезадним вмешательством (60,7% коррекции и 58,5% соответственно) и, таким образом, избежали возможного негативного воздействия переднего доступа на функцию внешнего дыхания. Использование транспедикулярных шурупов на всех уровнях фиксации позвоночника привело к переоценке роли только заднего спондилодеза в лечении тяжёлого сколиоза [186]. Недавние исследования [220] показали,

что степень задней коррекции при тяжёлых сколиозах находится в пределах 50%, что незначительно отличается от хирургического лечения с применением комбинированных переднезадних доступов. Di Silvestre M. с соавт. сравнил 2 похожие серии пациентов с тяжёлыми грудными ИС, основная дуга которых превышала  $80^\circ$  по Коббу [129]. Первые получили коррекцию деформации позвоночника задним гибридным инструментарием, вторые – задним инструментарием с транспедикулярной фиксацией. Сроки наблюдения составили в среднем 6,7 лет. Грудная сколиотическая дуга была исправлена на 44,52% у пациентов с гибридной металлоконструкцией и на 52,4% с транспедикулярной. При этом средняя потеря коррекции при использовании гибридного инструментария составила  $11,3^\circ$  по Коббу и только  $1,9^\circ$  – транспедикулярного. Эти данные соотносятся с полученными другими авторами при обследовании пациентов, оперированных с применением только крюковых инструментальных систем, в которых говорится о средней потере коррекции в  $5,9^\circ$  (10,2% коррекции) в отдалённом послеоперационном периоде, особенно учитывая то, что вершина тяжёлой грудной сколиотической дуги практически не инструментировалась, и там не выполнялись радикальные реконструктивные вмешательства [42]. Принимая во внимание данные, полученные от предыдущих авторов, можно предположить, что применение только заднего инструментария может избавлять от осложнений, связанных с трансторакальным доступом, снижать общее время операции, а также сроки восстановления после операции [124, 144, 175, 227]. Arlet V. с соавт. сообщили о 15 пациентах с идиопатическим сколиозом и величиной сколиотической дуги от  $70^\circ$  до  $90^\circ$ , мобильностью 32% и коррекцией 54% с применением сегментарного инструментария третьего поколения [79]. Kuklo T.R. с соавт. опубликовали данные о 20 пациентах с грудным ИС, величиной дуги более  $90^\circ$  и средней мобильностью 29%. При использовании сегментарного инструментария с транспедикулярной фиксацией была достигнута коррекция сколиоза в 69% [181]. Таким

образом, можно говорить о том, что авторы этих статей в действительности рассматривали коррекцию тяжёлых, но мобильных сколиозов.

Применение сегментарного инструментария с транспедикулярной фиксацией на вогнутой стороне теоретически вполне могло бы увеличивать риск неврологических осложнений, поскольку с вогнутой стороны корни дужек значительно меньше, а спинной мозг смещён в вогнутую сторону с очень ограниченной эпидуральной зоной безопасности. Так, спинной мозг может подвергаться опасности в случаях медиальной перфорации корня дужки [197]. Однако клинические исследования не могут подтвердить увеличения количества неправильного расположения транспедикулярных шурупов при более тяжёлых деформациях позвоночника [181, 280]. В сообщении Kuhlo T.R. с соавт. только у одного пациента имело место неправильное медиальное расположение двух транспедикулярных шурупов, потребовавшее ревизионной операции [181]. Delank K.S. с соавт. обращали внимание на высокий риск слишком агрессивной коррекции при использовании транспедикулярной фиксации, несущей опасность чрезмерной дистракции и ишемии спинного мозга. Значительное давление на спинной мозг может исходить от тракции через точку вращения внутри позвоночного канала на вершине дуги [119]. Тем не менее, необходимо помнить о том, что траектории корней дужек располагаются на вершине деформации под углом, а сам корень дужки вытянуты сужены, особенно с вогнутой стороны деформации [195, 242, 277].

Wilber R.G. с соавт. установили, что одним из факторов, влияющих на увеличение риска травмы спинного мозга, может быть коррекция деформации позвоночника, превышающая дооперационные функциональные возможности пациента [300]. Некоторые авторы считают использование переднего инструментария при тяжёлых сколиозах преимуществом, позволяющим, по их мнению, снизить риск неврологического повреждения из-за осуществления компрессии с выпуклой стороны и, таким образом, укорочения позвоночника, истинной

сегментарной деротации и увеличения стабильности в комбинации с задним инструментарием [287]. Однако остаётся неясным, какой доступ является наилучшим при тяжёлых и ригидных сколиозах. Использование только заднего инструментария или в комбинации с передним релизом может быть связано с повышением неврологического риска, поскольку не может обеспечить истинную сегментарную деротацию, которая достигается при использовании переднего инструментария. Более того, установка инструментария с транспедикулярной фиксацией на вогнутой стороне при тяжёлых и ригидных сколиозах технически является трудной задачей для хирурга, поскольку корни дужек в этом месте дуги очень тонкие, а спинной мозг смещается в вогнутую сторону, уменьшая эпидуральную зону безопасности [197].

### **1.3.2 Гало-тракция в коррекции тяжёлых ригидных сколиозов**

Лечение тяжёлых и ригидных деформаций позвоночника представляет собой трудный выбор среди имеющихся в распоряжении хирурга технологий из-за высокого риска неврологических осложнений при одномоментной коррекции сколиоза. Тракция позвоночника даёт возможность прогрессивного улучшения деформации, снижая стресс на импланты, используемые в дальнейшем для коррекции дуги и давая возможность лёгкого и быстрого неврологического мониторинга посредством клинического обследования пациента, находящегося в условиях вытяжения [275]. Внешняя тракция применяется в виде гало-тракции с основным кольцом опоры за череп и противоположной опорой за бедренные кости, таз или с использованием веса тела (гравитации).

Развитие гало-тракции произвело революцию в вытяжении позвоночника в конце 1950-х годов. Nickel с соавт. модифицировали гало-аппарат и использовали его при нестабильности шейного отдела позвоночника [229]. Они же описали его применение и при шейно-грудном сколиозе [247]. Исследователем, обеспечившим популярность гало-

гравитационной тракции стал Stagnara P. [276]. Гало-тракция стала безопасной альтернативой хирургическому вмешательству, позволяя использовать собственный вес тела пациента для постепенного вытяжения деформации позвоночника. Внешняя тракция может быть использована до операции, во время проведения операции, или между хирургическими этапами. При этом разные авторы применяют различные варианты гало-тракции для лечения тяжёлых сколиозов. Например, некоторые после выполнения остеотомий Ponte на первом хирургическом этапе затем используют гало-гравитационную тракцию в течение 2–4 недель [287]. После этого периода гало-тракции осуществляется окончательная коррекция, а также выполняются при необходимости другие вертебротомии или мобилизации. Другие [12, 26, 254, 255] осуществляют на первом хирургическом этапе передний релиз позвоночника (многоуровневую дискэктомию), а после проведения гало-пельвик или гало-гравитационной тракции на протяжении нескольких недель завершают хирургическое лечение тяжёлых и ригидный сколиозов имплантацией заднего инструментария.

Эффективность применения гало-тракции подробно описана в литературе [255, 268]. Авторы сообщили об улучшении на 35% величины деформации с  $84^\circ$  до начала лечения ( $63^\circ$ – $100^\circ$ ) до  $55^\circ$  после выполнения спондилодеза. При лечении 19 детей с тяжёлыми сколиозами и применением гало-тракции было выявлено улучшение как фронтального, так и сагиттального баланса [268]. Кроме того, было подчёркнуто, что самое большее улучшение фронтального и сагиттального баланса было отмечено при использовании сегментарных транспедикулярных металлоконструкций [255].

Тем не менее, применение гало-тракции несёт с собой ряд особенностей, трудностей и осложнений. В частности, осложнения при применении гало-тракции включают в себя пролежни шпилек, фиксирующих гало-систему к костям, поверхностную и глубокую

инфекцию в местах их стояния [231, 232, 296]. Многие авторы описывают глубокие внутрикраниальные повреждения, связанные со шпильками гало-аппарата, остеомиелиты, экстрадуральные и интрадуральные инфекции [163]. По всей видимости, осложнения гало-тракции также связаны с объёмом применяемой тракции и её продолжительностью. Большинство исследований отражает эффекты тракционного усилия, создаваемого гало-тазовой тракцией [231]. Описывается потеря шейного лордоза с дегенеративными изменениями в суставах шейного отдела позвоночника [291]. O'Brien J.P. с соавт. сообщили, что не менее 50% пациентов имели дегенеративные изменения на шейном уровне в сроки 3,5 года после операции [232]. Авторы утверждали, что дегенеративные изменения связаны с большими тракционными усилиями и длительным временем применяемой гало-тракции.

Среди тяжёлых последствий гало-тракции описываются случаи развития неврологических осложнений. MacEwen G.D. с соавт. сообщили о 6 случаях нижней параплегии, возникшей после применения гало-тазовой или гало-бедренной тракции [210]. Кроме того, ещё 6 случаев неврологических осложнений возникло после хирургической коррекции с применением инструментария Harrington. В каждом из этих случаев имелись неврологические симптомы во время проведения гало-тракции: клонусы стоп или рефлекс Бабинского (у 4-х пациентов), синдром Горнера (1), задержка мочи (1). Ginsburg G.M., с соавт. среди осложнений гало-тракции описывают вовлечение 9-й, 10-й и 12-й пары черепномозговых нервов (языкоглоточного, блуждающего и подъязычного) [141]. Клинически осложнение проявлялось дисфагией, потерей нёбного и фарингеального рефлексов, слабостью языка. Эти осложнения потенциально могут быть летальными, поскольку пациенты с мнимыми респираторными проблемами могут в действительности иметь трудности при глотании. Авторами было описано повреждение подъязычного нерва, вызванное гало-гравитационной тракцией с потерей 40% массы тела.



В современной литературе продолжают дискуссии относительно того, нужно или нет выполнять передний релиз позвоночника и проводить периоперационную тракцию. Некоторые авторы достаточно агрессивно защищают свою точку зрения о том, что при сколиотических дугах величиной до 100° нужно использовать только одноэтапные задние вмешательства [255]. В общем, применение одноэтапных задних хирургических вмешательств на позвоночнике при сколиозе ограничивается относительно мобильными дугами и здоровыми пациентами без внутривertebralной патологии. С другой стороны, при наличии больших ригидных дуг, выраженном кифозе, множестве сопутствующей соматической и внутривertebralной патологии требует рассмотрения возможность безопасного применения хирургических технологий, таких как гало-тракция с последующей инструментальной коррекцией.

### **1.3.3 Вертебротомии в коррекции тяжёлых ригидных сколиозов**

Тяжёлые сколиозы при увеличении торсии со временем формируют такие костные изменения в позвоночнике, которые не могут быть исправлены только при помощи релиза мягких тканей [78, 287]. При тяжёлых ригидных деформациях традиционные методы коррекции, включая использование заднего инструментария и спондилодеза или комбинации переднего релиза с задним инструментированием и спондилодезом обычно становятся не эффективными [278]. При этом хирургам порой приходится применять различного рода остеотомии позвоночника. Выбор вертебротомий, применяемых при хирургическом лечении тяжёлых сколиозов, зависит от величины предполагаемой коррекции, расположения самой деформации позвоночника, наличия сагиттального и фронтального дисбаланса, состояния пациента и возможностей хирурга [193]. Для мобилизации и коррекции сагиттальных и фронтальных деформаций позвоночника могут применяться остеотомии Смита-Петерсена (SPO) [45]. Задняя вертебротомия позволяет осуществлять коррекцию позвоночника

через шарнир. Если точка вращения такого шарнира располагается на задней продольной связке, то это вызывает открытие передней опорной колонны, что и происходит при SPO [274]. SPO удлиняет переднюю опорную колонну позвоночника и закрывает заднюю опорную колонну, в результате чего производится заднее смещение линии гравитации (баланса). Удаляются остистые отростки, жёлтая связка, суставные отростки и частично дужки. Рекомендовано осуществлять резекцию на ширину 7–10 мм. Считается, что 1 мм резекции соседних частей дужек позвонков приводит к  $1^\circ$  коррекции, составляя, таким образом, около  $10^\circ$  коррекции на каждом уровне выполненной SPO [274]. Также считается, что провести SPO невозможно на том уровне, где имеется блок, и нет подвижности между дисками соседних позвонков [140]. Особую осторожность требуется проявлять для того, чтобы избежать в дальнейшем псевдартроза из-за формирования пространственного дефекта в области межпозвонкового диска. Для того, чтобы избежать компрессии нервного корешка при закрытии вертебротомии, приходится выполнять широкие фораминомии. При этом рекомендуется избегать больших клиновидных вертебротомий в грудном отделе позвоночника для профилактики натяжения дурального мешка и, таким образом, возникновения риска неврологических осложнений [287]. Известна также вертебротомия Ponte [249]. Однако она была основана на SPO, является её вариантом и отличается от неё отсутствием удлинения передней опорной колонны позвоночника, являясь, по мнению автора, более безопасной в грудном отделе. При этом подчёркивается, что очень важно широко и агрессивно удалять части дужек соседних позвонков для того, чтобы избежать компрессии спинного мозга [209]. Остеотомия Ponte выполняется достаточно просто, может быть проведена на нескольких уровнях, а сами размеры резекций могут быть значительно меньше. Тем не менее, необходимо помнить, что выполнение этих вертебротомий вместе с увеличением мобильности дуги соответственно повышает, хотя и незначительно, риск неврологического

дефицита [190, 279]. При анализе базы данных по заболеваемости и смертности SRS без выполнения вертебротомий неврологический дефицит выявлен в 0,9% случаев, с SPO – 1,1%, при использовании VCR – 7,3% [252].

Некоторые авторы подчёркивают, что для достижения максимальной коррекции тяжёлых и ригидных сколиозов необходима адекватная мобилизация, которая часто требует обширного хирургического вмешательства, уделяя при этом особое внимание риску клинических и неврологических осложнений [287]. Применение гало-тракции, тракции во время операции, мобилизации, вертебротомии, резекции позвоночника на вершине деформации часто требуются как отдельно, так и в комбинации между собой для достижения оптимального результата. Эти различные техники являются частыми компонентами сложных хирургических вмешательств и требуют тщательного хирургического планирования, которое включает в себя определение протяжённости сколиотической дуги, её величины и ригидности, а также состояние сагиттального и фронтального баланса для правильного размещения точек опоры инструментария [54, 51, 58, 281, 214]. Кроме этого, общее состояние здоровья пациента и способность перенести обширные хирургические вмешательства, опыт и навыки хирурга, имеющиеся в его распоряжении ресурсы, и будут диктовать условия для составления плана лечения больного с тяжёлым и ригидным сколиозом. При этом авторы отмечают, что часто больные впервые обследуются и направляются на хирургическое лечение с уже имеющейся тяжёлой и ригидной сколиотической деформацией, выраженным рёберным горбом, дисбалансом плечевого пояса и туловища, а также имея осложнения сердечно-сосудистой и дыхательной систем, связанных с течением запущенного сколиоза. [287]. Это само по себе уже может заставить хирурга изменить всю тактику хирургического лечения вплоть до отказа от более радикальных вмешательств в пользу менее радикальных, но и менее эффективных.

### **1.3.4 Вертебрэктомия (vertebral column resection – VCR) в коррекции тяжёлых ригидных сколиозов**

При хирургическом лечении тяжёлых и ригидных сколиотических деформаций позвоночника, когда величина сколиотической дуги и кифоза значительно превышает  $100^\circ$ , а какая-либо подвижность между позвонками на вершине дуги почти отсутствует, применение традиционных оперативных вмешательств, таких как задняя коррекция инструментарием, или комбинированное двухэтапное переднезаднее вмешательство со спондилодезом приносят ограниченную коррекцию и не удовлетворяют ни пациентов, ни самих хирургов-вертебрологов из-за их низкой эффективности [278]. Более того, у таких пациентов может иметься как скрытая неврологическая симптоматика, выявляемая при попытке вертикального вытяжения для проверки дооперационной мобильности позвоночника, так и явная с признаками пирамидной недостаточности [4, 3]. Для таких больных могут потребоваться другие реконструктивные оперативные вмешательства. Некоторые исследователи опубликовали свои результаты по применению таких реконструктивных операций, включая вертебрэктомию для передней и задней реконструкции позвоночника при тяжёлых ригидных деформациях.

Впервые удаление позвонка (вертебрэктомия) было выполнено Royle N.D. в 1921 году [256]. Фактически в англоязычной литературе вертебрэктомия в последнее время стала называться резекцией позвоночного столба (vertebral column resection – VCR).

После сообщений Leatherman K.D. и Dickson R.A. в 1979 году [184], а затем Bradford D.S. [89] и Boachie-Adjei O. [85] внимание многих исследователей было обращено на вертебрэктомию, выполняемые из комбинированных передних и задних доступов к позвоночнику. При таких резекциях удаляется полностью позвонок на одном или нескольких уровнях деформации позвоночника. Комбинированная передняя и задняя VCR (так называемая а-рVCR), когда она осуществляется из последовательной

комбинации переднего и заднего доступа к позвоночнику является технически очень сложной операцией, несущей высокий риск серьёзных неврологических осложнений. Bradford D.S. и Tribus C.B. в 1997 году сообщили о 24 пациентах с ригидной деформацией и фронтальной декомпенсацией, которым были выполнены a-pVCR, укорочение позвоночника и установка заднего инструментария [90]. Средняя протяжённость спондилодеза составила 8,3 уровня позвонков. Предоперационный сколиоз составил в среднем 100° с коррекцией в результате операции на 52%. Фронтальный и сагиттальный дисбаланс был исправлен на 82% и 87% соответственно. Время операции составило 730 минут, кровопотеря 5500 мл. При этом у 14 пациентов возникло 31 осложнение.

Однако последнее время эту резекцию стали выполнять только из заднего доступа при осуществлении коррекции тяжёлого и ригидного сколиоза при наличии выраженного кифотического компонента, хотя она также может сопровождаться большим количеством грубых неврологических осложнений. Suk S.I. с соавт. сообщили о 4-х грубых неврологических осложнениях после выполнения VCR из заднего доступа (pVCR) у 16 пациентов (25% осложнений) с величиной сколиоза больше 80° и мобильностью меньше 25% [Suk 278].

Резекция тела позвонка по типу яичной скорлупы по Heinig C.F. и Boyd V.M. включает в себя контролируемый перелом передней опорной колонны с большей резекцией и закрытием дефекта сзади [157].

В противоположность этому, вертебротомия, выполняемая Thomasen E. при анкилозирующем спондилите, сохраняет высоту передней опорной колонны с расположением шарниров на передней продольной связке [290, 84]. И хотя выполнение задней вертебротомии представляет из себя достаточно привлекательную хирургическую операцию для осуществления коррекции ригидных деформаций, обязательно необходим шарнир для закрытия поверхностей вертебротомии. Задние вертебротомии не

позволяют смещать позвоночник, но и не контролируют дефект, образующийся в результате резекции задних отделов позвоночника. Передние и задние VCR предлагают хирургам преимущество в виде контролируемых манипуляций, как на передней, так и на задней опорной колонне с адекватным их перемещением и активной реконструкцией позвоночного дефекта. При этом Suk S.I. с соавт. считают, что при коррекции тяжёлых и ригидных сколиозов pVCR имеет ряд преимуществ перед комбинированной a-pVCR [278]. Во-первых, это одноэтапная операция и, таким образом, снижаются длительность вмешательства и количество осложнений. Во-вторых, через область задней резекции контролируется укорочение позвоночника на вершине. Кроме того, они отличаются по используемому позвоночному инструментарию, способу коррекции деформации позвоночника и методу реконструкции позвоночника. Авторы используют специальные транспедикулярные редуцирующие шурупы для того, чтобы постепенно подводить позвоночную колонну к заранее изогнутым стержням, которые последовательно заменяются с более изогнутых на менее изогнутые, в последствии устанавливая их с окончательной требуемой формой изгиба. Более того, поддерживая переднюю опорную колонну резецированного сегмента при помощи «mesh cage», коррекция деформации всегда сохраняет длину тела, а не делает его более коротким. В случае, когда передний дефект бывает больше 5 мм, титановый «mesh cage» применяется для обеспечения надёжной реконструкции передней опорной колонны без избыточного укорочения [280, 279]. Таким образом, авторы считают pVCR эффективным хирургическим вмешательством для коррекции тяжёлых ригидных сколиозов и восстановления баланса позвоночника, при сравнимой с a-pVCR степенью коррекции (59%) [138, 180].

Bridwell К.Н. также считает VCR достаточно эффективным вмешательством для коррекции тяжёлых и ригидных сколиозов [91]. Однако он приводит аргументы в пользу того, что каждый из видов

вертебротомий (SPO, PSO, VCR) имеет свои показания к применению [297, 94]. Автор указывает, что обязательно необходимо учитывать сагиттальную подвижность позвоночника и сагиттальный баланс для выбора метода хирургического воздействия на деформацию позвоночника [87]. Тем не менее, он считает, что VCR как метод лечения больше всего подходит для исправления тяжёлых ригидных островершинных угловых деформаций в грудном отделе позвоночника при наличии сагиттального и фронтального дисбаланса туловища [91].

Несмотря на высокую эффективность VCR для исправления тяжёлых ригидных деформаций позвоночника нельзя не считаться с крайне высоким риском неврологических осложнений при их выполнении. Кроме того, максимально эффективно их выполнение при угловых островершинных и непротяжённых грудных деформаций с выраженной декомпенсацией туловища, при исправлении которых имеются резервы для осуществления реконструкции позвоночника без риска получения дополнительных осложнений. При протяжённых дугах с наличием нескольких грубо деформированных позвонков, определяющих структуру сколиоза, особенно учитывая необходимость в последствии закрытия обширного многоуровневого дефекта в местах резекции позвонков, применение VCR вряд ли можно назвать методом, показанным к применению.

### **1.3.5 Транспозиция спинного мозга в коррекции тяжёлых ригидных сколиозов**

При тяжёлом ригидном идиопатическом кифосколиозе, неврологически осложнённом хронической компрессией спинного мозга, в 1947 году Hurdman O.R. впервые выполнил транспозицию спинного мозга [164]. После ламинэктомии, удаления корней дужек, поперечных отростков и головок контралатеральных рёбер на вогнутой стороне деформации, спинной мозг занял новое ложе с меньшей степенью изгиба. В течение 3-х месяцев после операции у пациента завершилось полное функциональное восстановление. В 1949 году, а затем и в 1956 году Love J.G. описал

транспозицию спинного мозга с полным отсутствием его функции у 5 и 11 пациентов с туберкулёзным спондилитом, врождённым кифосколиозом и нейрофиброматозом [198, 199]. Сообщалось о хорошем функциональном восстановлении у 9 из всех 16 больных.

Подробное описание транспозиции компримированного спинного мозга у 3 пациентов с врождённым кифосколиозом дал в 1960 году Schneider R.C. [264]. Он сообщил о хорошем функциональном восстановлении у 2 из 3 своих больных. Учитывая, что автор не использовал инструментария для фиксации деформации, можно считать, что технически была выполнена декомпрессия спинного мозга.

В 1989 году Cantore с соавт. описал 13 случаев у пациентов с компрессией спинного мозга вследствие кифоза или кифосколиоза, вызванных различными причинами [100]. В каждом из них выполнялась передняя декомпрессия через трансторакальный или трансабдоминальный доступы. Через 2- 3 недели после первого хирургического этапа был выполнен задний спондилодез. Авторы сообщили о 8 пациентах из 13 с полным функциональным восстановлением.

В нашей литературе известны описания случаев транспозиции спинного мозга. Цивьян Я.Л. в 1972 году сообщал о 2 пациентах, которым была выполнена транспозиция спинного мозга в связи с кифосколиотическими деформациями позвоночника, осложнёнными неврологическим дефицитом с благоприятным исходом в послеоперационном периоде [71]. В 1982 году были опубликованы методические рекомендации Цивьяна Я.Л. по технике и методике проведения транспозиции спинного мозга при деформациях позвоночника [73].

Имеются патенты РФ на изобретение Гаврилова В.А. от 2000 года на способ транспозиции спинного мозга, а также на способ транспозиции спинного мозга при кифосколиозе, в которых подробно описывается техника осуществления транспозиции спинного мозга [16, 17]. Известно,



что хирургическое лечение проводилось у нескольких пациентов с тяжёлыми ригидными кифосколиотическими деформациями позвоночника с неврологической симптоматикой на фоне длительной предоперационной тракционной подготовки с периодическим вертикальным вытяжением за голову по принятой в детской клинике Новосибирского НИИТО методике. Лечение проводилось в несколько хирургических этапов, когда через несколько недель после переднего трансоракального этапа транспозиции спинного мозга следовал задний этап первичной коррекции деформации позвоночника инструментарием В.А.Гаврилова. Ещё через несколько недель выполнялся следующий или окончательный этап хирургической коррекции с финальным монтажом инструментария и формированием заднего спондилодеза. Учитывая хорошее функциональное восстановление у большинства пациентов можно считать применение описанной методики эффективным.

Таким образом, целый ряд авторов признают транспозицию спинного мозга весьма полезной операцией для того, чтобы справиться с компрессией спинного мозга, связанной с комплексом проблем на вершине при врождённых деформациях позвоночника или нейрофиброматозе [266]. При этом исследователи подчёркивают необходимость выполнения позвоночной ангиографии в случае врождённого кифосколиоза из-за наличия на вершине деформации аномалий, включая сосудистые.

Когда использовать такие сложные хирургические операции как транспозиция спинного мозга? Можно ли применять их только при наличии выраженного неврологического дефицита на фоне имеющейся тяжёлой ригидной кифосколиотической деформации позвоночника или можно выполнять их и при отсутствии неврологической симптоматики, когда само исправление грубо выраженной кифосколиотической дуги будет основой для благоприятного исхода заболевания? К сожалению, ответов на эти вопросы мы в доступной нам литературе не обнаружили.

#### **1.4. Повторные хирургические вмешательства при хирургическом лечении сколиозов**

Ожидается, что спондилодез при идиопатическом сколиозе должен быть окончательным и безопасным терапевтическим вмешательством в лечении пациента [166]. Основная масса больных при формировании согласия на предстоящее хирургическое лечение деформации позвоночника больше всего надеются на отсутствие неврологических осложнений, инфекции области раны, псевдартроза или несостоятельности металлоконструкции, которые бы могли потребовать в дальнейшем проведения повторных операций [95, 272].

Тем не менее, сообщается о 3,9% реопераций (41 вмешательство) после спондилодеза при идиопатическом сколиозе у 1057 больных по данным детского госпиталя в Сент-Луисе (США) за период 1985–2003 годы [203]. Авторы описывают ревизионные вмешательства как после операций только на передних и задних отделах позвоночника, так и после комбинированных переднезадних спондилодезах. Сроки этих повторных вмешательств составили 26 месяцев (1 неделя–73 месяца) после первичной операции. При этом, 43% всех реопераций (20) было выполнено из-за псевдартрозов, прогрессирования деформации или формирования переходного кифоза, 34% – из-за инфекции (5 острой, 11 хронической), 15% – из-за болей или выстояния инструментария (4 полностью удалены, 3 частично), 2 (4%) – из-за несостоятельности металлоконструкции и 2 (4%) были торакопластики. Тем не менее, факторы, обусловившие развитие этих осложнений, авторами указаны не были.

Weistroffer с соавт. сообщили о 24% случаев псевдартрозов в период 5 лет после операции у 50 взрослых пациентов, средний возраст которых составлял 54 года [298]. Smith J.S. с соавт. в 2011 году даже указали на сильную взаимосвязь между количеством осложнений и возрастом пациентов [273]. В частности, общее количество осложнений в группах 25–44, 45–64 и 65–85 лет составили 17%, 42% и 71% соответственно, включая

большие осложнения – 6%, 15% и 29% соответственно. Несмотря на то, что авторы не пытались исследовать взаимоотношения между сопутствующей патологией и осложнениями, другие исследователи показали значимую связь между осложнениями и имеющимися в анамнезе проблемами со здоровьем [137]. Многие авторы в найденной нами литературе указывают на псевдартроз как на основную причину ревизионных операций в отдалённом послеоперационном периоде, в том числе и у детей [305, 293, 173, 109, 203]. Более того, именно несостоятельность инструментария становится в дальнейшем основной причиной потери коррекции деформации позвоночника и ухудшением результатов их хирургического лечения [253, 250]. Особенно большое количество псевдартрозов исследователи выявляют в группе больных с деформациями позвоночника на почве нейрофиброматоза I типа. Сообщается о выявлении от 15% [112] до 38% [269] псевдартрозов у этих больных, требующих повторных операций с необходимостью выполнять вмешательства на передних и задних отделах позвоночника с выполнением спондилодеза на 360° [113, 112, 111]. Если же до наступления костной зрелости не выполнялся передний спондилодез, то частота псевдартрозов доходила до 47% [243]. При этом такое неврологическое осложнение деформации позвоночника на фоне нейрофиброматоза, как параплегия, случается довольно часто. Crawford A.H. ссылается на данные в литературе о том, что происходит удлинение позвоночного канала при усилении кифоза и спинной мозг деформируется, испытывая избыточное натяжение паренхимы, которое впоследствии вызывает неврологические нарушения [113]. Кроме того, во всех случаях наличия у пациентов с нейрофиброматозом I типа параплегии требовалось проведение МРТ для исключения наличия внутриканальных опухолей и протрузии рёбер в позвоночный канал.

Многие исследователи подчёркивают, что, несмотря на использование современных инструментов с транспедикулярной фиксацией стандартной техникой выполнения хирургической коррекции

деформации позвоночника, прогрессирование деформации вероятно, особенно у молодых пациентов с незаконченным ростом [292]. Такое прогрессирование у некоторых больных может составлять  $10^\circ$  и более по Коббу к двум годам после операции. В 1973 году Dubousset J. подробно описал прогрессирование деформации позвоночника после заднего спондилодеза у парализованных больных [131]. Считалось, что это происходит в результате продолжения роста передних отделов позвоночника в условиях заднего спондилодеза, и было названо феноменом коленчатого вала – «the crankshaft phenomenon» [132]. Многие авторы в своих исследованиях описывали подобное прогрессирование у юных пациентов с высоким потенциалом роста [185, 258, 153, 259, 165]. Такое прогрессирование подталкивает хирургов к выполнению переднего спондилодеза у больных с продолжающимся ростом [165, 47]. Однако не все исследователи находят признаки прогрессирования деформации позвоночника у детей даже при наличии теста Риссера 0 при использовании транспедикулярных и крюковых инструментариев [97].

В литературе достаточно много работ посвящено сравнению различных инструментальных систем именно в отношении надёжности их фиксации и устойчивости к прогрессированию деформации позвоночника после операции [282, 260, 129]. Тем не менее, авторы этих исследований дают различные, порой противоположные рекомендации относительно выполнения переднего спондилодеза и применения того или иного типа этих инструментария [105, 101]. Это во многом зависит от группы пациентов, попавших в исследование и параметров, взятых за основу для изучения.

Lenke L.G. с соавт. подчёркивают, что сильное влияние на надёжность металлоконструкции оказывает сегментарная нестабильность или ригидность деформации позвоночника [189]. Если имеется отчётливая нестабильность позвоночника после выполнения вертебротомий, или сохраняется его значительная ригидность, это может иметь выраженное

отрицательное воздействие на прочность инструментированного позвоночника, приводить к несостоятельности металлоконструкций и, таким образом, снижению эффективности хирургического лечения тяжёлых и ригидных сколиозов.

Таким образом, в литературе нами было найдено большое количество работ, пытающихся объяснить снижение эффективности хирургического лечения тяжёлых и ригидных сколиозов за счёт формирования псевдартрозов в послеоперационном периоде, заставляющих вертебрологов идти на повторные ревизионные вмешательства. Однако мы не нашли конкретных рекомендаций по возможной профилактике таких осложнений и поиску надёжных средств борьбы с ними.

### **1.5 Неврологические осложнения при лечении деформаций позвоночника**

Параплегия как результат хирургической операции на позвоночнике встречается довольно редко. Риск этого осложнения невозможно точно предугадать из-за разнородности причин, вызывающих его возникновение и развитие. Многочисленные механизмы, лежащие в основе травмы спинного мозга часто работают сообща, потенцируя друг друга. Delectrin J. с соавт. описал два основных вида механизма повреждения: первичные (непосредственно травма) и вторичные (вызванные дополнительными разрушительными процессами, инициированными травмой) [120]. Среди первичных повреждений спинного мозга выделяют 3 уровня. Первый уровень – местный, т.е. область оперативного вмешательства. Здесь повреждения происходят за счёт дистракции, компрессии и самой травмы. Второй уровень – региональный, т.е. весь спинной мозг. Здесь повреждения могут наступать за счёт деротации, которая может натянуть афферентные питающие сосуды, и дистракции. Третий уровень – системный. Как показали эксперименты, чувствительность спинного мозга к гипоксии повышают как индуцированная гипотония во время операции, так и гемодилюция. Вторичные повреждения спинного мозга также имеют

3 уровня поражения. Первый уровень – местный, на котором имеют значение нарушения микроциркуляции и биохимические нарушения. Второй уровень – региональный, на котором себя может проявлять синдром межфасциального пространства с гипоперфузией спинного мозга из-за увеличений интерстициального давления. Третий уровень – системный, на котором играют роль потеря ауторегуляции и гипотония, вызванная кровопотерей и положением пациента. Поскольку в основе неврологических осложнений при операциях на позвоночнике лежат несколько факторов, предупреждение их – совместная задача хирургов, анестезиологов, нейрофизиологов и неврологов. При анализе причин возникновения неврологических осложнений во время операций на позвоночнике некоторые авторы приводят данные обследования большого количества прооперированных пациентов для повышения значимости данных. Например, при исследовании 1194 пациентов, оперированных за период 1992–2002 годы в 17 центрах хирургии позвоночника Германии, у 7 пациентов (0,59%) возникла параплегия [119]. Хотя только в 3-х случаях могла быть идентифицирована причина её развития. Обзор 3115 операций при сколиозе показал, что частота ятрогенной параплегии составляет 0,55%. При этом дополнительный риск возникновения этого тяжёлого осложнения авторы связали с короткой протяжённостью спондилодеза (0,14%), выполнением дискэктомий на шейном (0,07%) уровне и поясничном (0,03%). Кроме того, было подчёркнуто, что риск неврологических осложнений в 0,5% характерен для высокой степени коррекции при хирургическом лечении сколиоза [119]. Тем не менее, имеются сообщения, в которых общее количество осложнений доходит до 59%. Эти данные приводит Lenke L.G. с соавт. при хирургическом лечении тяжёлых деформаций позвоночника у 147 пациентов, у которых выполнялись VCR из различных доступов [189].

При анализе мультицентровой базы данных комитета по заболеваемости и смертности SRS из 19360 операций при деформациях

позвоночника у детей исследователи выявили значительные расхождения в общем количестве осложнений в зависимости от этиологии деформации позвоночника [252]. Самая высокая частота была зарегистрирована при нервномышечном сколиозе (17,9%), затем при врождённом (10,6%) и идиопатическом сколиозе (6,3%). При этом подчёркивается, что наибольшее количество осложнений было связано с ревизионными операциями ( $p < 0,001$ ) и использованием корригирующих вертебротомий ( $p < 0,01$ ).

При исследовании данных большего числа операций на позвоночнике в своём докладе комитет по заболеваемости и смертности SRS указал на то, что из 108419 операций, выполненных с 2004 по 2007 год, неврологические осложнения были задокументированы в 1064 случаев (1,0%) [154]. При этом неврологические осложнения встречались на 41% чаще при ревизионных вмешательствах, чем при первичных. Кроме того, частота таких осложнений была более чем в 2 раза чаще при применении имплантатов, чем без них (1,15% и 0,52% соответственно). Авторы также сообщили о 9,6% случаев повреждения спинного мозга во время операции без какого-либо последующего восстановления его функции. В заключение было указано, что осложнения характерны для хирургии позвоночника, несмотря на наличие опыта у оперирующих вертебрологов.

Большинство корригирующих операций на позвоночнике в настоящее время проводятся под контролем нейромониторинга. При возникновении выраженных изменений потенциалов некоторые авторы предлагают ослабление distraction на временном стержне до восстановления исходного уровня [270].

Исследователи неоднократно предпринимали попытки выявить основные факторы, имеющие прямую связь с развитием неврологических осложнений в послеоперационном периоде [102, 108, 110, 115, 118, 127, 128, 143, 151, 158, 215, 219]. Было установлено, что факторами, имеющими наиболее высокий риск для развития неврологических осложнений при

операциях на позвоночнике, являются следующие: сколиотическая дуга больше  $100^\circ$ , выраженный кифоз, имеющаяся неврологическая симптоматика и позвоночная дисплазия [206, 151, 149, 261, 223, 251, 208]. Boachie-Adjei O. с соавт., проводя в 2015 году мультицентровое исследование, смогли обнаружить единственную достоверную причинно-следственную связь между неврологическими осложнениями и фактором риска, их вызывающим [86]. При обследовании 427 пациентов после применения инструментария для лечения деформации позвоночника авторами была выявлена связь между выполненной остеотомией позвоночника (4 операции PSO и 86 – pVCR) и неврологическими нарушениями после операции у 27 пациентов – 6,3% ( $p < 0,05$ ). При этом связанные с инструментарием осложнения, которые потребовали ревизионной операции, имели место у 35 больных (8,2%). В остальном попытка провести связь между комбинированными переднезадними доступами, возрастом, полом или этиологией с одной стороны и риском послеоперационных осложнений, с другой, исследователям не удалась.

Случаи полной потери функции спинного мозга в результате хирургического вмешательства оценивается в литературе менее 0,1% [166]. К сожалению, эти данные не соотносятся с различными хирургическими техниками и сценариями, такими как величина предполагаемой коррекции имеющейся деформации позвоночника, использование более мощных металлоконструкций, операцией переднего релиза, интраоперационной тракцией и вертебротомиями. Эта вероятность должна учитываться тогда, когда хирург выбирает предполагаемый вид хирургического лечения для каждого отдельного пациента [190, 191]. Ibrahim K.N. с соавт. в 2012 году подчёркивал, что поддержка интраоперационной неврологической безопасности начинается с разреза кожи и заканчивается только тогда, когда пациент проснётся после операции [166]. Немедленное послеоперационное обследование является критически важным, поскольку любая задержка может привести к непоправимым последствиям [100, 134, 169].



Поэтому одной из самых важных задач при проведении хирургического лечения тяжёлых и ригидных сколиозов является осуществление надёжного контроля за возможным развитием неврологических осложнений.

## **1.6 Нейромониторинг при корригирующих операциях на позвоночнике**

В 1960-х годах можно было наблюдать за появлением агрессивных хирургических подходов к коррекции тяжёлых деформаций позвоночника. Одним из этих подходов стало появление инструментария Harrington, который использовался для коррекции сколиоза, оказывая на искривлённый позвоночник дистрагирующее усилие [156]. Хотя эта технология и была эффективной, она подвергала спинной мозг риску неврологических осложнений. Американским обществом исследования сколиоза (SRS) в 1974 году был опубликован доклад по заболеваемости и смертности, в котором из 7800 хирургических вмешательств, выполненных с использованием инструментария Harrington, в 87 случаях возникли значительные проблемы со спинным мозгом в послеоперационном периоде. При этом в 74 случаях были выявлены тяжёлые повреждения спинного мозга, из которых не менее 50% оказались полными и необратимыми [283]. Кроме того, дальнейшее развитие агрессивных оперативных вмешательств, при которых выполнялись клиновидные вертебротомии из переднего доступа к позвоночнику, приводило к повышению вероятности интраоперационного повреждения спинного мозга [159]. Учитывая высокий риск развития неврологических осложнений во время проведения операций на позвоночнике, возникла острая необходимость в появлении и развитии технологии интраоперационного мониторинга функции спинного мозга.

### **1.6.1 «Wake-uptest» Stagnara в мониторинге функций спинного мозга**

В 1973 году анестезиолог Vauzelle с соавт. ввел понятие «пациента, шагающего во время операции» для установления функциональной

целостности спинного мозга [295]. Названный в честь одного из своих создателей, тест стал известен как «wake-up test» Stagnara. Он оценивает функциональную целостность всей двигательной системы, включая верхние двигательные нейроны, а также составные части нижних двигательных нейронов и периферической мускулатуры. Тест не измеряет какие-либо компоненты чувствительной системы. Он разделяется на две фазы: дооперационную и интраоперационную. Обе фазы являются важными, и ни одной из них не следует пренебрегать [234]. Дооперационная фаза состоит из обсуждения теста с пациентом до операции и заключается в формировании убеждения в том, что больной понял все, что от него будет требоваться во время операции. Вторая фаза происходит во время операции, когда анестезиолог снижает количество введенных препаратов и миорелаксантов и пробуждает пациента до уровня сознания, при котором он может выполнять команды произвести движения верхними и нижними конечностями [228]. Если тест на наличие параплегии положительный, то инициируется стратегия лечения неврологического осложнения. При правильном проведении результаты «wake-up» теста считаются высоко достоверными. Достоверность также может быть увеличена отдельным и контролируемым движением пациентами рук и ног. Учитывая это «wake-up test» Stagnara уже давно считается золотым стандартом интраоперационного мониторинга. Однако для полной уверенности в результате пациент должен быть достаточно разбужен, чтобы правильно выполнить команды. Нечасто, но бывает, что пациент приходит в сознание при проведении теста лишь периодически. Это в значительной степени снижает достоверность исследования и требует от анестезиологов применения препаратов с коротким типом действия (например, закиси азота, пропофола), или тех препаратов, введение которых может быть снижено (опиоиды, бензодиазепины). Поскольку время проведения теста ограничено и требует возвращения уровня адекватной анестезии из-за риска для пациента, повторное проведение теста становится затруднительным.

Имеются данные, что, несмотря на свою высокую достоверность при правильном проведении он может не выявить случаев повреждения спинного мозга. Так из 3-х случаев нижней параплегии в результате хирургической коррекции сколиоза с использованием инструментария Cotrel-Dubousset (CDI), только в одном было подтверждено неврологическое осложнение во время проведения «wake-up» теста [82]. Применение теста также ограничено в случаях, когда пациент вообще не может двигать конечностями, или не в состоянии выполнять команды. Достоверность также страдает, когда пациент не может проснуться. В большинстве случаев «wake-up» тест проводится к завершению всех корригирующих маневров. В связи с этим снижается чувствительность теста к самому моменту начала неврологических нарушений. Кроме того, это тест общей двигательной функции и не может отвечать за целостность специфических мышечных групп и чувствительной функции, т.е. не может выявить чувствительный дефицит. Более того, при снижении уровня анестезии пациент может начать двигаться неадекватно, экстубироваться и даже упасть со стола [228]. В связи с этим существуют явные сложности при использовании этого теста у детей. Имеются и другие ограничения (ментальные, глухота, языковой барьер).

### **1.6.2 Клонус-тест в мониторинге функций спинного мозга**

Для выявления повреждения спинного мозга можно использовать клонус-тест, который проявляет себя при наличии проблемы верхнего двигательного нейрона и шока спинного мозга [234]. Тест основан на наличии или отсутствии клонуса (например, стопы или надколенной чашечки) для определения состояния спинного мозга. Он является колебательной двигательной активностью, продуцируемой рефлексом растяжения. У пациентов с нормальной нервной системой центральное торможение предохраняет от проявления клонуса. Если центральное торможение не присутствует, можно вызвать клонус. В операционной возможно вызвать клонус у неврологически нормального пациента сразу

при выходе из общей анестезии. В этот момент времени клонус вызывается, поскольку анестезия снижает корковое торможение. При повреждении спинного мозга во время операции пациент проходит через период спинального шока. В это время он демонстрирует вялый паралич, и вызвать клонус становится невозможно, даже во время выхода из наркоза. В конце концов, спинальный шок купируется, у пациента развивается спастическая параплегия, и вызвать клонус становится возможно. Для оценки клонус-теста имеется очень короткий период времени после окончания операции, всего несколько минут, когда анестетики прекращают свое действие, и восстанавливается самостоятельное дыхание пациента. Отсутствие клонуса может указывать на повреждение спинного мозга, но также может говорить о том, что уровень анестезии слишком низок для обеспечения коркового торможения. Поэтому, из-за низкой достоверности клонус-тест никогда не был тестом выбора для определения повреждений спинного мозга [234].

### **1.6.3 Соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП) в мониторинге функций спинного мозга**

В связи с необходимостью развития инструмента для интраоперационного контроля функции спинного мозга хирурги сами стали инициаторами его появления. Первым хирургом, который заявил о необходимости такой технологии, была Jacquelin Perry, работавшая в госпитале Rancho Los Amigos [283]. В ответ на её просьбу Tamaki T. нашёл адекватную нейрофизиологическую методику, осознавая необходимость осуществления записи соматосенсорных вызванных потенциалов со спинного мозга во время проведения операции. В то же время Goldring S. провёл исследования воздействия анестезии на вызванные потенциалы [172]. Сама же методика мониторинга спинного мозга с использованием вызванных потенциалов со спинного мозга была окончательно разработана в Японии авторами Tamaki T. и Kurokawa T. независимо друг от друга [182]. Однако можно сказать, что Tamaki T. разрабатывал её специально для мониторинга спинного мозга. Он считает,

что она имеет определённые преимущества по сравнению с ССВП. Например, большая амплитуда этих потенциалов позволяет сделать запись на достаточно простом оборудовании и легко прочитать их во время операции [283]. Тем не менее, для выполнения этой методики требуется размещение стимулирующего электрода в эпидуральном пространстве, а записывающего электрода – в субарахноидальном, что нельзя признать абсолютно безопасным.

Использование методики соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) для мониторинга функции спинного мозга было впервые описано Nash С.Л. с соавт. в 1977 году. ССВП типично вызываются стимуляцией периферического смешанного нерва, при этом записываются ответы краниально и каудально от места хирургического вмешательства. Эти данные записываются повторно во время проведения операции и их амплитуда (высота) и задержка (время прохождения) сравниваются с базовыми параметрами. Несмотря на то, что двигательный дефицит вызывает куда большую озабоченность хирургов, именно ССВП были первой электрофизиологической процедурой, применяемой для защиты спинного мозга во время операции [225]. Логическим обоснованием использования сенсорного ответа для мониторинга функции двигательного тракта было то, что чувствительные тракты проходят относительно близко к двигательным. Повреждение двигательных трактов косвенно воздействует на сенсорные ответы, которые снижаются или меняются на ССВП [284]. Хотя это и было продемонстрировано при механическом повреждении спинного мозга, также было показано, что сосудистое поражение двигательных трактов может менять функционирование двигательных трактов без сопутствующих изменений чувствительных или параметров ССВП [170]. В целом, ССВП предоставляют информацию относительно функции периферического нерва, который стимулируется, чувствительных трактов спинного мозга, ствола мозга и соматосенсорной части коры. Но они не обеспечивают информацией о болевой, температурной

чувствительности или функционировании двигательных трактов. Таким образом, ССВП не является средством выбора при необходимости получения данных о функционировании двигательных трактов. Кроме того, заднемедиальные тракты кровоснабжаются корешковыми артериями, тогда как переднебоковые тракты – передней позвоночной артерией. Передняя позвоночная артерия обеспечивает кровоснабжение передних двух третей спинного мозга, но не заднемедиальных трактов. Снижение или прекращение кровотока в передней позвоночной артерии может вызвать ослабление функции двигательного тракта, т.е. закончиться параплегией при отсутствии сопутствующих изменений в ССВП или функционировании чувствительного тракта.

Анатомическими субстратами, которые содействуют ССВП, являются: периферический нерв, задние медиальные тракты и кора головного мозга. В большинстве случаев задний большеберцовый нерв у медиальной лодыжки традиционно используется как основное место стимуляции [233]. Для вызова ССВП применяются стимулы в виде прямоугольного импульса в 200–300 микросекунд и частотой 4,1–4,7 в 1 секунду. При проведении ССВП интенсивность стимулов варьирует, но в основном находится в пределах 25 мА. Также было обнаружено, что для записи при типичной операции базовые параметры следует записывать после кожного разреза для того, чтобы позволить уровню анестезии и центральной температуры стабилизироваться и, таким образом, обеспечить наиболее достоверную точку отсчета [171]. В 1993 году Kai Y. с соавт. сообщил об эффективности проведения ССВП относительно времени начала повреждения спинного мозга [170]. Авторами были получены данные, согласно которым при механическом повреждении спинного мозга ССВП были потеряны через 2 минуты после травмы. При сосудистом повреждении спинного мозга ССВП исчезли через 20 минут. Поскольку оба типа повреждения спинного мозга возможны во время операции, существует необходимость в постоянном сборе данных ССВП. Однако

встал вопрос о том, какие величины считать значимыми изменением ССВП для определения факта повреждения спинного мозга, а какие ложноположительными. Большинство исследователей считает значимыми снижение амплитуды ССВП более чем на 50% и увеличение задержки на 10% и более от базовых значений [116]. Это значит, что снижение амплитуды ССВП менее чем на 50% и повышение задержки ответа менее чем на 10% может считаться нормальной вариативностью.

Имеется множество нехирургических факторов, влияющих на ССВП, из которых наиболее важными являются анестетики, миорелаксанты, среднее артериальное давление и температура. Согласно данным Sloan T.B. с соавт. эффекты анестезии зависят от доз вводимых препаратов, а пациенты отвечают в различной степени на введение анестетиков [271]. Анестезиологи вынуждены избегать ингаляционных веществ и использовать внутривенные препараты для продуцирования адекватного уровня седации, например, пропофол. Его настоятельно рекомендуют применять для проведения анестезии при записи ССВП. При этом используются ингаляционные вещества в низких дозах в комбинации с внутривенным введением седативных препаратов, обычно в сочетании с рядом обезболивающих. Такая анестезиологическая схема способствует адекватной записи ССВП, а также обеспечивает быстрое проведение «wake-up» теста и короткий период восстановления после операции. Миорелаксанты не имеют прямого вредного воздействия на ССВП даже при записи на уровне полной или почти полной миорелаксации. Во время проведения корригирующей операции при деформации позвоночника среднее артериальное давление (САД) в основном поддерживается на более низких, чем обычно уровнях для снижения кровопотери. Было замечено, что только при уровне САД выше 60 мм рт.ст. обычно не происходит значимых изменений ССВП. Кроме того, не имеет выраженного влияния на ССВП и температура тела пациента.

При проведении ССВП имеет большое значение надежность выполненного обследования. При опросе общества SRS, основанном на результатах 60366 операций, было выявлено 1002 случая ложноположительных результатов ССВП, т.е. 1,6% недостоверных результатов [116]. При этом из 364 случаев послеоперационного неврологического дефицита, только в 263 этот дефицит был идентифицирован во время операции, т.е. оказался достоверно положительным в 72% случаев. При изучении 429 пациентов с идиопатическим сколиозом, оперированных в связи с деформацией позвоночника, было выявлено до 1,4% ложноположительных случаев, что почти совпадает с данными Dawson E.G. e.a. [239]. Имеется множество сообщений как о единичных случаях ложнотрицательных результатов [83, 142, 245], так и о целых сериях таких случаев [126, 136, 218]. Некоторые исследователи сообщали о надежности ССВП у пациентов с имеющимися исходно неврологическими проявлениями. В 1989 году Lubicky J.P. с соавт. исследовали влияние на ССВП таких факторов как диагноз пациента, нервномышечный статус, возраст и методология [202]. Было выявлено, что при наличии исходно имеющейся неврологической симптоматики ССВП продемонстрировали низкую достоверность при малой амплитуде записанных данных, по сравнению с неврологически интактными пациентами. Авторы также сообщили, что вообще не смогли записать ССВП у 16% своих пациентов. В 1993 году Ashkenaze D. с соавт. при исследовании 101 пациента с нервномышечным сколиозом сообщил об отсутствии возможности достоверно записать ССВП у 28% из них [80]. Более того, при проведении ССВП было пропущено 2 случая неврологического дефицита, которые развились у пациентов в послеоперационном периоде. Исследователи сделали заключение, что при корригирующей операции у больных с нервномышечным сколиозом запись ССВП не является эффективной для профилактики повреждения спинного мозга без использования других методов. В 1995 году Owen J.H. с соавт. проверил эти



данные у пациентов с нервномышечным сколиозом [237]. При этом записывались одновременно как ССВП, так и ДВП. При изолированной одноканальной записи ССВП исследователи также не смогли получить данных для оценки функции спинного мозга у 27% больных. Однако, при использовании многоканальной записи ССВП одновременно с ДВП, данные были получены уже у 96% пациентов. Таким образом, можно заключить, что у неврологически интактных больных с идиопатическим сколиозом данные ССВП являются достоверными и могут быть записаны у более чем 98% пациентов во время операции коррекции деформации позвоночника [230]. И только при наличии нервномышечного сколиоза или центрального паралича достоверность ССВП может быть ниже 75%, особенно при проведении одноканальной записи.

Основной целью интраоперационного мониторинга (ИОМ) является определение момента начала неврологического повреждения, вызванного хирургическими манипуляциями. Хотя следует избегать любого вида послеоперационных неврологических осложнений, больший акцент переносится на то, чтобы избежать скорее двигательного, чем чувствительного дефицита. Это объясняет то, почему основные методики ИОМ («wake-up» тест Стагнара, клонус-тест) оценивали скорее двигательную, чем чувствительную функции. Именно такое отношение к двигательному дефициту повлияло на количество исследований достоверности ССВП при определении неврологического дефицита. Очень часто цитируется работа Lesser R.P. с соавт., в которой сообщается о нескольких случаях, при которых ССВП не менялись, даже несмотря на то, что у пациентов после операции возникли значительные неврологические проблемы [192]. В 1991 году Owen J.H. с соавт. продемонстрировали двух пациентов, оперированных с интрамедуллярными опухолями, у которых ССВП показали значительные изменения без сопутствующих изменений на ДВП [235]. У этих пациентов после операции выявились чувствительные нарушения при нормальной двигательной функции. Эти результаты

указывают на то, что, если проприоцептивные тракты повреждаются вовремя операции, ССВП может своевременно выявить начало этого дефицита.

#### **1.6.4 Двигательные вызванные потенциалы (ДВП) в мониторинге функций спинного мозга**

С конца 1980-х годов согласованные усилия были направлены на развитие методики, которая напрямую контролирует функционирование двигательного тракта спинного мозга. Одни из главных новаторских исследований, связанных с развитием мониторинга спинного мозга было выполнено Merton и Morton в 1980 [217]. Они осуществили запись двигательного потенциала мышцы в ответ на стимуляцию двигательной части коры мозга человека. В начале 1980-х годов стандартной анестезиологической техникой была общая анестезия с использованием закиси азота и газа с галогеном, что, в свою очередь радикально подавляет активность двигательного нейрона. Эта проблема была решена введением внутривенной анестезии с фентанилом и пропофолом [168].

Сама процедура контроля двигательной функции спинного мозга записывает ДВП, которые вызываются как электрической или магнитной стимуляцией двигательной части коры [135, 234], так и электрической стимуляцией спинного мозга [236, 235]. Используя комбинацию тестирования ССВП и ДВП, хирурги могут получать точную информацию как относительно функции чувствительного, так и двигательного трактов спинного мозга. Для того, чтобы вызвать ДВП, стимулируется двигательная кора и спинной мозг.

Для электрической стимуляции моторной коры игольчатые электроды размещаются на скальпе. Интенсивность стимулов повышают от 0 Вольт (В) до достижения максимального ответа или ответа всех мышц на стимуляцию (500–1000 В). Для записи ответа подкожные игольчатые электроды размещаются в мышцах, от которых данные и записываются. Это могут быть мышцы как верхних, так и нижних конечностей. В связи с тем, что

стимулируется двигательная часть коры, а записываются электромиографические данные, требуется изменение традиционных анестезиологических технологий по сравнению с проведением ССВП [150]. Ингаляционные анестетики, например, изофлюран (или севофлюран) и миорелаксанты могут использоваться во время вводного наркоза, но должны быть исключены после укладки пациента на операционном столе.

Для магнитной стимуляции вместо игольчатых электродов над двигательной частью коры размещается магнитная катушка. Как и при электрической стимуляции, для магнитной стимуляции меняется техника традиционной анестезии. При этой процедуре во время записи электромиографического ответа уровень мышечной релаксации также должен быть минимальным.

Для электрической стимуляции спинного мозга используется как эпидуральные [212, 211], так и кожные электроды [236, 235]. Электрические стимулы подаются как по одному, так и парами с частотой, которая варьирует от 4,1 до 4,7 в 1 секунду.

Кроме этих двух видов стимуляции, имеется два типа ответов, которые могут быть записаны: миогенный и нейрогенный. Миогенным ответом является мышечное сокращение, которое создает электромиографические (ЭМГ) данные. Нейрогенным ответом является потенциал действия нерва, который вызывает сокращение мышцы, иннервируемой этим нервом. Преимуществами записи ЭМГ ответа являются его большая амплитуда и достаточно выраженная задержка. Большим недостатком является то, что амплитуда и форма ЭМГ ответа непостоянны из-за воздействия анестезии на способность стимулировать двигательную часть коры головного мозга и эффекты миорелаксантов на возбудимость мышцы. Поэтому интерпретация ЭМГ ответа основывается на его наличии или отсутствии при сравнении с некоторым набором критериев [234]. Кроме того, при стимулировании центральной нервной системы, несмотря на метод или место стимуляции, большинство мышц

пациента сокращается, заставляя его двигаться на операционном столе, доставляя хирургам дополнительные трудности во время операции. Тем не менее, каждое тестирование пациента повышает достоверность информации о состоянии двигательной функции больного.

Преимуществом нейрогенного ответа является его достаточная достоверность в амплитуде, задержке и форме. Это позволяет использовать специфические критерии для интерпретации нейрогенного ответа. Например, критерием для интерпретации нейрогенных двигательных вызванных потенциалов (НДВП) является увеличение задержки проведения на 10% и снижение амплитуды на 80% [235, 239]. При этом, когда записывается нейрогенный ответ, пациент находится в полной релаксации, избегая движения на операционном столе, что позволяет выполнять процедуру записи намного чаще во время операции, повышая, таким образом, чувствительность теста к моменту травмы спинного мозга.

Достоверность данных ДВП всегда была немного слабее ССВП. Анестезия в значительной степени действует на потенциалы, что требует дополнительных исследований и модификации анестезиологических технологий при использовании ДВП. При сравнении методов стимуляции коры головного мозга можно считать, что ответы, вызываемые электрической стимуляцией двигательной части коры, являются более достоверными и надежными, чем магнитной стимуляцией. С другой стороны, все данные, полученные при стимуляции коры головного мозга по сравнению с данными ССВП или даже с данными ДВП, полученными при электрической стимуляции спинного мозга, имеют значительно более слабую достоверность и надежность. Достоверность данных ДВП, полученных при стимуляции спинного мозга, исследовалась Padberg A.M. с соавт. в 1997 году [239]. Было обследовано 466 неврологически интактных пациентов с идиопатическим сколиозом, оперированных с применением НДВП. Базовые данные были записаны у всех 100% больных. Более того, надежная запись НДВП во время всей операции была проведена у 98,7%

пациентов. Таким образом, НДВП можно считать достаточно надёжным методом интраоперационного мониторинга спинного мозга у неврологически интактных пациентов.

Можно ли найти взаимосвязь между результатами таких неравнозначных процедур, как ДВП и ССВП. Обе методики должны измерять один и тот же функциональный аспект, такой как двигательная функция. Однако они не являются равнозначными. Например, результаты измерения ДВП не могут использоваться для подтверждения результатов измерения ССВП, поскольку эти две методики оценивают две разные функции: двигательную и чувствительную [224, 205, 302]. Тем не менее, они могут повысить эффективность проведения интраоперационного мониторинга при совместном применении. Так, достоверный ответ при использовании только ССВП был получен в 90% случаев, тогда как при дополнительном проведении НДВП можно было обследовать еще 6% пациентов этой группы [237]. Результаты ДВП вполне могли бы подтверждаться интраоперационно «wake-up» тестом Стагнара [276], а результаты ССВП – клиническими данными обследования пациентов после операции [234]. Так, наличие двигательного дефицита после операции всегда сопровождалось потерей ДВП, несмотря на чувствительный дефицит, который мог сопровождаться потерей ССВП, а мог и нет [224].

Таким образом, можно говорить о том, что каждая из вышеописанных процедур продемонстрировала определенную силу и слабость, которые необходимо иметь в виду при назначении этих тестов. Например, «wake-up» тест Стагнара хорошо определяет наличие двигательного дефицита. Однако для выявления момента начала этого дефицита он малопригоден. Кроме того, он достаточно сложен в выполнении и не чувствителен к моменту сенсорного дефицита. Если же говорить в целом о проведении ИОМ, то этот термин используется для классификации различных методик, которые могут быть использованы для процесса наблюдения за функциональной целостностью спинного мозга пациента во время операции, включая

поведенческие, физиологические и электрофизиологические процедуры. Целью программы ИОМ является выявление момента хирургически обусловленного повреждения функциональной целостности спинного мозга для своевременного вмешательства, позволяющего сделать это повреждение обратимым. Необходимо применять несколько разных методик для определения возникновения неврологического дефицита, поскольку это не только повышает шансы на осуществление ИОМ, увеличивает его точность, но и дает возможность приблизить момент возникновения неврологического повреждения к моменту принятия решения оперирующим хирургом [170], а, значит, повысить шансы больного на благоприятный исход хирургического лечения. Тем не менее, в связи с вариативностью методик ИОМ, оперирующий хирург должен определить, какие специфические процедуры следует выполнять во время операции. Учитывая отсутствие абсолютно достоверных методик ИОМ, существует необходимость в максимально эффективной их комбинации для снижения риска неврологических осложнений.

### **1.7 Признаки повреждения спинного мозга**

Несмотря на различные причины повреждения спинного мозга при проведении корригирующих операций на позвоночнике необходимо иметь в виду, что сразу после наступления повреждения в клиническом течении будет иметь место острый период травмы спинного мозга [32, 133]. Патогенез травмы спинного мозга характеризуется сочетанием и динамическим развитием патофизиологических факторов и во многом зависит от морфологических нарушений, степень которых может сильно различаться [178, 152, 147]. Нарушение проводимости спинного мозга и его функций обусловлено не только анатомическими повреждениями аксонов, нейронов, но и патологическими факторами, которые начинают воздействовать в острый период травмы. Вследствие наличия этих факторов степень морфологических нарушений в спинном мозге часто не соответствует степени неврологических нарушений. Одним из важнейших

факторов, которые «запускаются» в острый период травмы является отек спинного мозга [145]. Отек спинного мозга бывает настолько обширным, что захватывает несколько сегментов, распространяясь в краниальном и каудальном направлениях. Это сопровождается потерей ауторегуляции кровотока. Огромную роль в патогенезе спинномозговых поражений играют сосудистые посттравматические нарушения ишемического или геморрагического типа. Даже небольшое сдавление спинного мозга вызывает значительное снижение спинномозгового кровотока, который может компенсироваться механизмами вазодилатации или образованием артериальных коллатералей на уровне очага поражения [62]. В прилегающих сегментах, которые не получают в этих условиях достаточного притока крови, продолжается уменьшение спинномозгового кровотока. Если компрессия спинного мозга возрастает, то кровоток значительно уменьшается на уровне сдавления, т. е. в очаге поражения. При ликвидации компрессии наблюдается реактивная гиперемия. В патологических условиях при отеке или сдавлении спинного мозга гемодинамическая ауторегуляция нарушается или исчезает, и кровоток становится зависимым, главным образом, от системного давления. Накопление кислых метаболитов и углекислоты в поврежденном участке вызывает расширение сосудов, не купирующееся терапевтическими средствами. Присоединение сосудистого фактора объясняет часто встречающееся несоответствие между уровнем повреждения позвонков и клиническими симптомами поражения спинного мозга [148, 139]. Известно, что посттравматическая ишемия, отек и электролитные расстройства являются результатом мембранных пероксидазных реакций и липолиза с образованием вазоактивных и гемоактивных простагландинов [123]. В литературе уделяется большое внимание роли метаболитов арахидоновой кислоты (тромбоксану A<sub>2</sub> и простогландину 12) в патогенезе спинальной травмы [160, 161, 162, 177, 221, 265, 288, 303].

Распад миелиновых оболочек, нарушение перекисного окисления липидов приводят к локальному выделению большого количества этих метаболитов. Их важнейшей ролью в патогенезе спинальной травмы является влияние на сосудистую регуляцию. Тромбоксан приводит к вазоконстрикции, в то время как простагландин – вазодилатации. При спинальной травме обнаружено повышенное содержание метаболитов арахидоновой кислоты (эуказаноидов) как в ликворе, так и в зоне травматического повреждения спинного мозга. Отмечается корреляция тяжести травмы и содержания эуказаноидов в ликворе. Таким образом, в зависимости от тяжести травмы спинного мозга могут наблюдаться различные по выраженности сосудистые реакции.

Микроангиографические исследования при экспериментальной травме спинного мозга и его компрессии обнаруживают некроз центрального серого вещества через 4 часа, в это же время определяются пик уровня адреналина и отеки окружающего белого вещества. Аксональная и нейрональная дегенерация проявляется к 8-му часу. Некротические изменения в белом веществе наступают несколько позже, и это открывает перспективы для предупреждения дальнейшего поражения при активной лечебной тактике в первые часы после травмы [286].

В острый период травмы спинного мозга выраженность неврологического дефицита может быть обусловлена не только явлениями спинального шока, но и ушибом спинного мозга [62]. Механизм шока заключается в нарушении регуляторных влияний с верхних автономных центров шейного и верхнегрудного отделов спинного мозга. Брадикардия, гипотензия, гипотермия – основные вегетативные клинические проявления спинального шока. Потеря вазомоторного тонуса проявляется гиперемией кожи, внутренних органов, что усугубляет проявление гипотонии [257]. Некоторые авторы считают, что исчезновение рефлексов при глубоком спинальном шоке и даже грубые двигательные расстройства во многих случаях обусловлены не столько поражением двигательных нейронов,



скольким нарушением функции афферентных отделов рефлекторной дуги [21].

При травме спинного мозга может быть повреждение симпатического ствола, что вызывает значительную артериальную гипотонию, брадикардию, гипотермию при теплых нижних конечностях [62]. Возникает так называемая спинальная посттравматическая десимпатизация – разновидность спинального шока, которую следует отличать от посттравматического гиповолемического шока (артериальная гипотония, гипотермия, тахикардия). Спинальная десимпатизация не только может быть связана с повреждением симпатического ствола на протяжении Th1-L2 [19], но и быть обусловлена ишемией боковых столбов – колонок Кларка. В результате травмы спинного мозга, когда повреждаются или сдавливаются передние структуры, в том числе передняя спинальная артерия, происходит нарушение микроциркуляции спинного мозга. Больше всего страдает пограничная зона васкуляризации между бассейном передней и задних спинальных артерий, то есть зона среднецентральных отделов задних рогов и колонок Кларка. Отсутствие в этой зоне функционально значимых сосудистых анастомозов приводит к ишемии, указанной зоны, что проявляется сопутствующей неврологической симптоматикой, в том числе и спинальной десимпатизацией. О том, что это может быть динамическим процессом, свидетельствует повышение тонуса симпатической нервной системы в ответ на соответствующие медикаментозные средства.

Таким образом, травма спинного мозга на протяжении уровня Th1-L2 часто сопровождается спинальной посттравматической десимпатизацией, что характеризуется значительной артериальной гипотонией, брадикардией и гипотермией при теплых нижних конечностях. Все эти параметры можно было бы использовать как дополнительные критерии для установления факта повреждения спинного мозга во время операции. Резкие изменения центральной гемодинамики (артериальная гипотония, брадикардия) в

момент грубых хирургических манипуляций при осуществлении коррекции тяжёлых деформаций позвоночника хорошо известны как анестезиологам, так и хирургам. Они являются косвенными признаками возникновения спинального шока и наступления, характерных для него, гемодинамических нарушений. Однако описания изменения кожной температуры нижних конечностей при травме спинного мозга во время коррекции любой сколиотической деформации позвоночника в литературе нам не встречалось. Это становится тем более важным, что подавляющее большинство тяжёлых и ригидных деформаций позвоночника наблюдаются в указанной зоне ниже уровня Th1 и выше уровня L2 сегментов спинного мозга. Учитывая необходимость диагностики такого критического состояния как повреждение спинного мозга при хирургической коррекции деформаций позвоночника, проведение исследования кожной температуры ног на этапах оперативного лечения сколиоза было бы в значительной степени актуально.

### **1.8 Использование кожной термометрии в мониторинге функций спинного мозга**

Анализ отечественной и иностранной литературы по использованию тепловидения при патологии спинного мозга показал, что наиболее изучены возможности метода в распознавании опухолей спинного мозга и позвоночника [244, 22, 50, 13]. Авторы доказали, что при обследовании задней поверхности грудной клетки и поясничной области на уровне расположения опухоли спинного мозга выявляется зона повышения интенсивности свечения, с термоасимметрией до 2°C. Как правило, площадь зоны патологического свечения несколько больше, чем размеры опухоли. При этом, в случае расположения ее на уровне шейного отдела позвоночника, зона гипертермии выявляется по средней линии над остистыми отростками, и паравертебрально; при локализации в верхнегрудной отделе – паравертебрально; в нижнегрудном и поясничном – по средней линии. При обследовании конечностей иногда регистрируется

четкая асимметрия стоп, за счет повышения интенсивности свечения на стороне опухоли.

Ряд работ посвящен возможностям метода при сосудистой патологии спинного мозга [10, 13, 304]. Авторы описали особенности тепловизионной картины при острых нарушениях кровообращения спинного мозга, ишемической миелопатии, артериовенозной мальформации.

Высокая информативность метода при гнойно-воспалительной патологии: эпидуритах [14], эпидуральных абсцессах [50].

Единичные публикации посвящены применению тепловидения в диагностике сирингомиелии [14], пороков развития позвоночника и спинного мозга [13, 14].

Некоторые авторы применяют термометрию для интраоперационной диагностики состояния корешков конского хвоста, компримированных грыжей межпозвонкового диска [59]. Эта методика заключается в проведении тепловизионного обследования подошвенных поверхностей стоп в ходе оперативного вмешательства и констатации наличия одного или нескольких уровней дискорадикулярного конфликта в случае выявления термоасимметрии в виде снижения температуры в автономной зоне иннервации конкретного корешка. После удаления грыжи диска на этом уровне проводят тепловизионное обследование и при исчезновении термоасимметрии делают заключение об адекватности оперативного вмешательства и полноте декомпрессии данного корешка. Этот способ интраоперационной диагностики позволяет по реакции корешка определить, в состоянии компрессии или декомпрессии находятся корешки при многоуровневых ламинэктомиях или чрескожных дискэктомиях. В случае исчезновения термоасимметрии констатируют полноту декомпрессии поясничного спинномозгового корешка на данном уровне, а в случае наличия ее и на другом уровне – выполняют оперативное вмешательство на следующем уровне. Метод термографии эффективен для характеристики микроциркуляции тканей и ее нейровегетативной

регуляции, в частности, у больных со сколиотическими деформациями позвоночника [33]. При исследовании больных сколиозом в дооперационном и послеоперационном периодах хирургического лечения, авторы указали на то, что нормализация вегетативной сегментарной регуляции в послеоперационном периоде произошла у 2/3 обследованных больных. Надсегментарные вегетативные проявления при сколиозе (активация симпатического вазомоторного рефлекса) в послеоперационном периоде не претерпевали изменений.

Имеются работы по использованию тепловидения у больных с позвоночно-спинномозговой травмой [75, 64]. Обследование в позднем периоде травмы показало, что над посттравматическими интраспинальными кистами в проекции зон травматических грыж диска регистрируется повышение, а в зонах иннервации компримированных корешков – снижение интенсивности свечения. Неинвазивность тепловизионного метода исследования позволяет широко использовать его в диагностике при позвоночно-спинномозговой травме [24, 25].

Термометрия также используется для определения уровня и глубины поражения спинного мозга у больных со спинномозговой травмой [23]. В 1993 году Колесов С.Н. в своей работе описал изменение тепловизионной картины с уровня, соответствующего уровню повреждения спинного мозга. При этом была констатирована выраженная термоасимметрия (до 6°) на разных ногах, что дало возможность высказаться о половинном повреждении спинного мозга по типу синдрома Броун-Секара. В последующем полученные данные были верифицированы на операции. Действительно имелось повреждение спинного мозга на стороне, где наблюдалась зона снижения свечения. Кроме того, несмотря на частичное восстановление функции конечностей в послеоперационном периоде, термоасимметрия с понижением свечения на стороне поражения сохранялась длительное время в пределах 1,5° С, соответствуя зонам восстановления чувствительности ног и двигательной активности. Автор в

своём исследовании отметил, что для всех уровней травмы спинного мозга имеются общие закономерности. В частности, большим чувствительным нарушениям соответствует большее снижение интенсивности свечения; при двигательных расстройствах наличие термоасимметрии свидетельствует о преобладании пареза на одной из конечностей и одностороннем повреждении спинного мозга. Регистрация подобной тепловизионной картины в остром периоде травмы указывает на частичное анатомическое повреждение спинного мозга, появление ее при исследовании в динамике свидетельствует об уменьшения неврологических нарушений.

Несмотря на обилие в литературе сообщений с использованием термографии при исследовании изменения кожной температуры в зависимости от повреждения спинного мозга, лишь в некоторых отражена полноценная связь со спинальной посттравматической десимпатизацией. Именно повреждение спинного мозга на уровнях Th1-L2 часто сопровождается этим состоянием, характеризующимся артериальной гипотонией, брадикардией и гипотермией при тёплых нижних конечностях [62]. И если исследований, в которых оцениваются артериальное давление, пульс и температура тела в зависимости от места и глубины спинномозговой травмы, в отечественной и иностранной литературе достаточно много, то подъёму температуры на коже ног уделено мало внимания. Laird A.S., ссылаясь на отсутствие таких данных в литературе, в 2006 году исследовал температурные изменения у крыс с полным пересечением спинного мозга на уровне Th4 [183]. Автор описал в своём исследовании снижение базальной температуры тела крыс после повреждения спинного мозга на  $0,9^{\circ}\text{C}$ , подъём кожной температуры задних лап и основания хвоста на  $4^{\circ}\text{C}$  и  $5,6^{\circ}\text{C}$  соответственно, а также снижение артериального давления. Таким образом, автор подчеркнул, что все эти нарушения, характерные для посттравматической спинальной десимпатизации, были похожи на те, что происходят и у пациентов с тяжёлым повреждением спинного мозга. Значительное падение базальной температуры тела вызывается сниженным

уровнем симпатической активности вследствие спинального шока при повреждении спинного мозга. Это снижение симпатической активности приводит к потере тонуса вазоконстрикторов в кровеносных сосудах кожи и, таким образом, увеличению кожного кровотока, вызывая потери тепла через рассеивание холодным окружающим воздухом. Частичное же восстановление базальной температуры тела через несколько дней исследователь объяснил разрешением спинального шока и частичным увеличением теплопродукции [183].

Таким образом, учитывая возможные изменения температуры кожи ног при травме спинного мозга на грудном уровне, можно говорить о том, что использование поверхностной кожной термометрии ног при проведении хирургического лечения деформаций позвоночника может помочь в проведении комплексного интраоперационного мониторинга функций спинного мозга. Можно говорить о том, что подъём кожной температуры даже на  $0,1^{\circ}\text{C}$  может быть замечен при стандартной и доступной термометрии нижних конечностей.

Обобщая данные литературы, можно говорить о том, что нет единого взгляда на использование методов хирургического лечения тяжёлых форм сколиоза. Не менее важным вопросом в успешном проведении оперативной коррекции деформаций позвоночника является адекватное и эффективное применение интраоперационного мониторинга функций спинного мозга для максимально возможного снижения риска неврологических осложнений.

## **ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1 Характеристика групп**

Настоящее исследование основано на анализе результатов лечения 433 пациентов, оперированных в отделении детской ортопедии ФГБУ «ННИИТО им.Я.Л.Цивьяна» Минздрава России по поводу тяжёлых сколиотических деформаций позвоночника за период с января 2000 года по декабрь 2012 года. Критерием включения пациентов в исследование было

наличие тяжёлого сколиоза ( $80^\circ$  и более по Коббу) с наличием основной или единственной сколиотической дуги в грудном отделе позвоночника и возраст старше 12 лет.

Исследование проведено в трёх группах в зависимости от выбранного метода хирургического лечения тяжёлой сколиотической деформации позвоночника.

**I группа** – 317 пациентов в возрасте от 12,3 до 48,5 лет (средний возраст 18,4 года), которым в период 2000–2012 гг. были выполнены традиционные одно- или двухэтапные хирургические вмешательства с коррекцией сколиотической деформации различным задним позвоночным инструментарием 3-го поколения (CD-Horizon, M8, Legacy (Medtronic), НИТЕК). Одноэтапные вмешательства состояли из коррекции сколиоза с или без применения интраоперационного скелетного вытяжения за череп и голени. Двухэтапные вмешательства состояли из комбинации переднего релиза на вершине грудной сколиотической дуги и коррекции деформации позвоночника позвоночным инструментарием, выполняемые под одним наркозом («one day surgery»). Все двухэтапные вмешательства у больных в этой группе выполнялись с применением трансторакального трансплеврального бокового доступа к передним отделам позвоночника, мобилизующей дискэктомии и межтелового спондилодеза аутокрошкой из резецированного по ходу доступа ребра. В этой же группе было 8 пациентов, которым применялся аппарат гало-тазовой коррекции с последующим осуществлением коррекции деформации позвоночным инструментарием. При этом, у 4 пациентов перед наложением галотазового аппарата (под одним наркозом) была проведена операция переднего релиза, а через 2-3 недели – коррекция деформации позвоночным инструментарием. У остальных 4 пациентов коррекция сколиоза осуществлялась через 3-5 недель после наложения гало-талового аппарата без проведения переднего релиза деформации позвоночника. В этой группе пациентов мужского пола было 62 (19,6%), женского пола – 255 (80,4%).

**II группа** – 108 пациентов в возрасте от 12,0 до 47,9 лет (средний возраст 19,1 года), которым в период 2006–2012 гг. были выполнены трёхэтапные хирургические вмешательства по разработанной в клинике методике: 1) передний релиз на вершине грудной сколиотической дуги на нескольких уровнях из доступа к передним отделам позвонков с дополнительным осуществлением клиновидной компрессии тел позвонков на вершине, 2) задние вертебротомии по типу Smith-Petersen (SPO) клиновидной формы в соответствии с уровнями переднего релиза, 3) коррекция сколиотической деформации позвоночника задним инструментарием 3-го поколения (CD-Horizon, Legacy, НИТЕК) с или без компрессии на вершине с выпуклой стороны в соответствии с уровнями вертебротомий на фоне интраоперационного скелетного вытяжения за череп и голени пациента. Все передние релизы у больных в этой группе выполнялись с применением трансторакального трансплеврального бокового доступа к передним отделам позвоночника, мобилизующей дискэтомии, клиновидной компрессии одного или нескольких тел позвонков на вершине для уменьшения торсии и межтелового спондилодеза аутокрошкой из резецированного по ходу доступа ребра. В этой группе пациентов мужского пола было 18 (16,7%), женского пола – 90 (83,3%).

**III группа** – 8 пациентов в возрасте от 9,5 лет до 20,5 лет (средний возраст 16,0 года), которым за период 2002–20013 гг. были выполнены транспозиции спинного мозга. В этой группе пациентов мужского и женского пола было по 4 (по 50%). У 5-ти пациентов хирургические этапы были разбиты, и сначала осуществлялся передний этап транспозиции спинного мозга через трансторакальный трансплевральный доступ к деформации позвоночника, а затем, через 2-4 недели, задний этап транспозиции спинного мозга с коррекцией деформации позвоночника задним инструментарием 3-го поколения (CD-Horizon, НИТЕК). У 2-х пациентов эти хирургические этапы выполнялись под одним наркозом («one day surgery»). У 1 пациента задний этап транспозиции спинного мозга с



коррекцией деформации позвоночника не выполнялся ввиду остеопороза крайней степени выраженности и отсутствия возможности применения заднего позвоночного инструментария.

Пациенты во всех группах отличались по этиологическому фактору (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Распределение пациентов по этиологическому фактору сколиоза

Этиология сколиоза	I группа	II группа	III группа
	n (%)	n (%)	n (%)
Врождённый	1 (0,3%)	12 (11,1%)	6 (75%)
Идиопатический	303 (95,6%)	94 (87,1%)	-
Нейрофиброматоз	7 (2,2%)	1 (0,9%)	-
Генетический (синдром Марфана, Элерса-Данло и др.)	6 (1,9%)	1 (0,9%)	2 (25%)
<b>Итого</b>	<b>317</b>	<b>108</b>	<b>8</b>

## 2.2 Клинический метод исследования

Каждому пациенту проводился ортопедический осмотр по принятой в Новосибирском НИИТО стандартной схеме. Наибольший интерес для нас представляли следующие клинические признаки: жалобы, рост стоя и сидя, перекосы надплечий, нижних углов лопаток, треугольников талии, таза, компенсация туловища (по расстоянию от межъягодичной складки до линии отвеса, от пупка до линии отвеса), выраженность физиологических изгибов, сторона, локализация и протяжённость деформации. Из анамнеза выясняли сроки появления деформации позвоночника, темп и динамику её прогрессирования, проводимое лечение. Кроме того, оценивался неврологический статус пациентов.

## 2.3 Рентгенологический метод исследования

Пациентам проводилась рентгенография позвоночника стоя в прямой и боковой проекциях от С7 до S1 позвонков с захватом гребней

подвздошных костей. Кроме того, выполнялась рентгенография позвоночника лёжа в прямой проекции с максимальными боковыми наклонами в сторону основной сколиотической дуги и дуг противоположного искривления (при их наличии), пояснично-крестцового отдела позвоночника лёжа в прямой проекции с наклоном в сторону уменьшения инклинации нижнепоясничных дисков. При контрольном обследовании после операции проводилась рентгенография позвоночника стоя в прямой и боковой проекциях от С7 до S1 позвонков с захватом гребней подвздошных костей. Величина сколиотических дуг, кифоза, лордоза оценивались по Коббу.

При наличии рентгенологических признаков остеопороза дополнительно выполняли денситометрическое исследование.

Для исключения или изучения аномалий развития в позвоночном канале выполнялось МРТ исследование.

При подозрении или изучения аномалий развития позвоночника проводилось МСКТ исследование.

Для проведения диагностики была использована следующая аппаратура:

- рентгеновский аппарат «Вассара»-90/20 (Apelem);
- цифровой рентгеновский аппарат Definum 8000 (General Electric Medical System);
- МРТ «Образ-2» 0,2Т, МРТ «GE Signal-Profile» 0,12Т, МРТ «Aperto»(Hitachi Medical Corporation);
- МСКТ «GE Lightspeed-4», «Aquilion» (Toshiba Medical System Corporation);
- рентгеновский денситометр «Lunar Expert XL» (США).

#### **2.4 Нейрофизиологические методы исследования**

Пациентам с высоким риском развития неврологических осложнений проводился интраоперационный мониторинг функции спинного мозга с использованием соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП). Это

исследование проводилось и до операции. Для регистрации ССВП использовали электромиограф «Нейропак-2».

Во время выполнения хирургической коррекции тяжёлого сколиоза с помощью аппарата ISIS IOM System (Inomed Medizintechnik GmbH) проводилось исследование ССВП и двигательных вызванных потенциалов (ДВП).

У больных с высоким риском развития возможных неврологических осложнений регистрировали параметры импедансной плетизмографии, в частности периферический базовый импеданс (PZO) нижних конечностей с использованием системы «Nissomo» (Германия).

## **2.5 Метод поверхностной кожной термометрии нижних конечностей**

Пациентам при осуществлении хирургической коррекции применяли постоянный и непрерывный контроль поверхностной кожной температуры на симметричных областях задней поверхности голени до полного окончания операции. Были использованы термографы «IN/OUT THERMO» (Великобритания).

## **2.6 Метод топографического обследования дорсальной поверхности туловища (ТОДП)**

Пациентам проводилось обследование дорсальной поверхности туловища на установке ТОДП методом компьютерной оптической топографии (КОМОТ). Использовалась как стационарная версия ТОДП, так и переносная. Исследовалось более 100 параметров, описывающих форму задней поверхности спины и положение туловища в трёхмерном пространстве. Это исследование выполнялось до операции, в послеоперационном периоде и на этапах амбулаторного обследования пациентов.

## **2.7 Метод анкетирования**

Пациенты при контрольном клинико-рентгенологическом послеоперационном обследовании заполняли русскоязычный вариант

опросника SRS-24, который применяется в нашей стране [11, 38, 39]. Показатели семи областей анкеты сравнивали с клиническими данными контрольных обследований в те же сроки.

## **2.8 Метод статистической обработки**

Статистический анализ полученных результатов данного исследования проводился с использованием стандартного пакета программ Microsoft Excel 2013 и IBM SPSS Statistics 22.

Стандартная обработка данных включала вычисление средних величин ( $M$ ), стандартных отклонений ( $m$ ) и доверительных интервалов ( $\sigma$ ). Достоверность между сравниваемыми величинами исследуемых параметров в группах больных оценивали с помощью  $t$ -критерия Стьюдента, а также непараметрических  $U$ -критерия Манна-Уитни и  $Z$ -критерия Колмогорова-Смирнова. При небольших выборках в клинических группах достоверность различий между сравниваемыми величинами исследуемых параметров оценивали с помощью непараметрического  $W$ -критерия Вилкоксона ( $W$ ). Корреляционные связи между изучаемыми признаками определяли при помощи коэффициента корреляции Пирсона ( $r$ ) и непараметрического коэффициента корреляции Спирмена ( $\rho$ ).

## **ГЛАВА 3 ОТДАЛЁННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТРАДИЦИОННОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ТЯЖЁЛЫХ СКОЛИОТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА**

### **3.1 Характеристика группы**

Оценка отдалённых результатов лечения больных с тяжёлыми сколиозами произведена на основании ретроспективного анализа результатов лечения 317 пациентов в возрасте 12,3–48,5 лет (в среднем ( $M \pm m$ )  $18,4 \pm 5,4$  лет), оперированных с 2000 по 2012 гг. (I группа). Средняя продолжительность сроков наблюдения в этой группе исследования составила 9,1 года (от 2,7 до 15,6 лет). По этиологическому признаку больные были распределены следующим образом (см. рисунок 1).



Рисунок 1. – Распределение пациентов в I группе по этиологии деформации позвоночника

У 303 пациентов сколиотическая деформация позвоночника была идиопатической. У 1 пациента была выявлена врождённая конкреценция задних отделов позвоночника с вогнутой стороны сколиотической дуги, которая была обнаружена во время хирургической коррекции. На осуществление оперативного вмешательства и послеоперационную динамику это влияние не оказало. У 7 пациентов был выявлен нейрофиброматоз I типа. При этом сама деформация позвоночника была похожа по внешнему виду на идиопатическую. Учитывая некоторые особенности течения таких деформаций позвоночника, у 5 пациентов было выполнено 2-этапное вмешательство с дискэктомией и межтеловым спондилодезом. Только у 2-х больных с нейрофиброматозом в силу соматических противопоказаний не удалось выполнить полный объём хирургического лечения, особенно учитывая выраженную тенденцию к прогрессированию деформации при сколиозе на фоне нейрофиброматоза I типа, выраженный остеопороз и, в связи с этим, слабость костных точек опоры заднего корригирующего инструментария [8]. У 4-х пациентов сколиотическая деформация позвоночника развивалась на фоне синдрома Марфана. Хирургическое лечение этих пациентов состояло в задней инструментальной коррекции деформации позвоночника на фоне интраоперационного скелетного вытяжения. Еще у 2-х пациентов

сколиотическая деформация протекала на фоне синдрома Элерса-Данло [42]. Нам было известно, что такое лечение чревато развитием сосудистых и неврологических осложнений, особенно при использовании вентрального доступа [45]. Несмотря на исходную тяжесть сколиозов у этих больных, объём хирургического лечения у них заключался только в выполнении задней инструментальной коррекции на фоне интраоперационного скелетного вытяжения [42].

Одноэтапные хирургические вмешательства с коррекцией тяжёлой сколиотической деформацией задним позвоночным инструментарием были выполнены 58 пациентам (подгруппа А).

Среди пациентов, которым выполнили одноэтапные коррекции задним позвоночным инструментарием, были 8 больных, которым из-за тяжести и ригидности деформации позвоночника, а также ввиду крайне высокого риска неврологических осложнений первым хирургическим этапом накладывался гало-тазовый аппарат (с или без осуществления переднего релиза на вершине сколиоза), а через 2-5 недель проводилась коррекция деформации позвоночника задним позвоночным инструментарием (подгруппа Б). Высокий риск неврологических осложнений в этой группе больных был обусловлен наличием синдрома пирамидной недостаточности с уровня вершины грудной сколиотической дуги, или её появлением при проведении тракционной пробы, или наличием тяжёлой сколиотической деформации позвоночника величиной от  $122^\circ$  до  $180^\circ$  и кифозом от  $66^\circ$  до  $180^\circ$  с мобильностью сколиоза от  $0^\circ$  до  $30^\circ$  (от 0% до 20,7%). Тракционно-провоцируемая пирамидная недостаточность (возникающая при вертикальной тракции с полным весом тела) была выявлена у пациента с исходной величиной сколиоза  $145^\circ$  и кифоза  $152^\circ$ . Функциональная проба выявила наличие мобильности сколиоза в 10,3% и кифоза в 21,1% (уменьшение сколиоза до  $130^\circ$  и кифоза до  $119^\circ$ ). В результате тракционной подготовки в условиях гало-тазового аппарата в течение 4-х недель получена максимально возможная коррекция

деформации позвоночника. Выполнены удаление гало-тазового аппарата и коррекция деформации позвоночника инструментарием М8. В результате коррекции определена окончательная коррекция сколиоза до 120° и кифоза до 108°. Таким образом, у пациента дополнительная коррекция сколиоза в результате гало-тазовой коррекции составила 10°, кифоза – 11°.

Среди пациентов с тракционной подготовкой в условиях гало-тазового аппарата у 3-х было отмечено появление неврологической симптоматики в виде ирритации корешков на шейном уровне (С6 слева, С8 слева и С6-С8 справа). Это повлияло на сроки тракционной подготовки и её результат. Ещё у 1 больной течение раннего послеоперационного периода осложнилось присоединением глубокой инфекции области хирургического вмешательства, потребовавшее активного лечения (дренирование послеоперационной раны, санация антисептиками, антибактериальная и инфузионная терапия). Таким образом, можно говорить о том, что в группе больных с тракционной подготовкой в условиях гало-тазового аппарата из 8 пациентов у 6 лечение проходило с осложнениями, что значительно снизило общую эффективность хирургического лечения деформации позвоночника.

Учитывая тяжесть сколиотической деформации позвоночника, ригидность основной или единственной грудной дуги, а также значительную её величину при проведении функциональных проб, 251 пациентам были выполнены двухэтапные хирургические вмешательства с осуществлением первым этапом переднего релиза с последующей («one day surgery») коррекцией деформации задним позвоночным инструментарием (подгруппа В).

Распределение выполненных хирургических вмешательств в I группе пациентов с традиционными хирургическими вмешательствами по подгруппам описано в таблице 2.

Таблица 2 – Виды хирургических вмешательств, выполненных в I группе

Подгруппы пациентов	Оперативные вмешательства	Число больных, n (%)
Подгруппа А	Одноэтапная коррекция задним позвоночным инструментарием	58 (18,3%)
Подгруппа Б	Гало-тазовая тракция с последующей коррекцией задним позвоночным инструментарием	4 (1,3%)
	Передний релиз и гало-тазовая тракция с последующей коррекцией задним позвоночным инструментарием	4 (1,3%)
Подгруппа В	Двухэтапное вмешательство: передний релиз с коррекцией задним позвоночным инструментарием	251 (79,1%)

Для коррекции деформации позвоночника у пациентов использовался различный задний позвоночный инструментарий 3-го поколения (CD-Horizon, M8, Legacy, НИТЕК). Выбор позвоночного инструментария не зависел от каких-либо предпочтений хирургов или тяжести и ригидности сколиоза [9, 49].

### 3.2 Хирургические вмешательства

Все операции, выполненные в I группе, были направлены на осуществление коррекции тяжёлой сколиотической деформации позвоночника. При достаточной мобильности, или наличии противопоказаний для осуществления переднего релиза (сопутствующая тяжёлая патология) выполнялась только одноэтапная коррекция деформации позвоночника задним позвоночным инструментарием (подгруппа А). Операция проводилась в положении пациента на животе с



разгрузкой передней брюшной стенки из заднего срединного доступа. Осуществлялся доступ к задним отделам позвоночника на протяжении запланированной установки инструментария. При этом, по возможности проводилась максимальная задняя мобилизация деформации позвоночника со вскрытием межпозвонковых суставов, удалялись остистые и поперечные отростки, проводилась декортикация задних отделов позвоночника до кровотокающей спонгиозной ткани с целью формирования в дальнейшем полноценных задних костных блоков на протяжении доступа. При отсутствии противопоказаний накладывалось скелетное вытяжение за череп и голени, осуществлялся монтаж скелетного вытяжения на операционном столе. Коррекция проводилась в зависимости от резервов полученной мобильности позвоночника и его деформации. Коррекция сколиоза заканчивалась выполнением заднего спондилодеза из местных костных тканей (остистые и поперечные отростки, костная ткань, полученная при декортикации задних отделов) [9, 41].

В подгруппе Б срок проведения гало-тазовой тракционной подготовки к задней коррекции сколиоза определялся получаемой мобильностью деформации позвоночника, функциональными резервами пациентов и жалобами, возникающими на этапе лечения. При отсутствии резерва, появлении жалоб, возникновении или обострении неврологической симптоматики гало-тазовую тракцию прекращали и осуществляли коррекцию деформации позвоночника.

В подгруппе В проводили двухэтапное хирургическое вмешательство, которое состояло из последовательно выполняемых под одним наркозом («one day surgery») операций. Первый этап представлял собой передний релиз на вершине грудной сколиотической дуги с трансторакальным трансплевральным доступом к передним отделам позвоночника в положении больного на боку, мобилизующую дискэктомию и межтеловой спондилодез аутокрошкой из резецированного по ходу доступа ребра. После переворота на спину накладывалось скелетное вытяжение за череп и

голении (скобой Базилевский и спицами Киршнера). Больной укладывался в положение на животе с разгрузкой передней рюшной стенки. Формировалось скелетное вытяжение. Задним срединным доступом осуществлялся доступ к задним отделам позвоночника на уровне предполагаемой установки корригирующего инструментария. Задняя мобилизация деформации позвоночника, её коррекция и задний спондилодез осуществлялись также, как и в подгруппе А [9].

### 3.3 Результаты хирургического лечения

Длительность выполнения операции и объём интраоперационной кровопотери у пациентов I группы варьировали в зависимости от общего объёма хирургического вмешательства и его сложности (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Распределение длительности операции и кровопотери в I группе

Пациенты с различными видами хирургического лечения	Время операции, мин $M \pm m$	Кровопотеря, мл $M \pm m$
Подгруппа А	175,6±51,1***	970,3±377,7*
Подгруппа Б	153,1±58,4**	98,1±69,7
Подгруппа В	257,1±79,1	1146,6±554,4
I группа в целом	239,5±82	1082±553

\*\*\* $p < 0,001$  \*\* $p < 0,01$  \* $p < 0,05$

При анализе данных видно, что как длительность операции ( $p < 0,001$ ), так и объём интраоперационной кровопотери в подгруппе А отличались от всей I группы в целом ( $p < 0,05$ ). Тем не менее, в подгруппе В отличия от I группы в целом были отмечены только по длительности операции ( $p < 0,01$ ). Это было связано с тем, что пациентам в подгруппе В выполнялось дополнительно вентральное вмешательство для мобилизации тяжёлой и ригидной сколиотической деформации позвоночника [37].

Исходные значения основной грудной сколиотической дуги у пациентов I группы находились в пределах от 80° до 180° (по Коббу). Распределение пациентов в зависимости от величины исходной

сколиотической дуги представлено на рисунке 2. Для оценки результатов хирургического лечения больных тяжёлыми сколиотическими деформациями позвоночника применением различных видов оперативных вмешательств, а также для оценки их динамики в ближайшем и отдалённом послеоперационном периоде нами проанализирован целый ряд количественных рентгенологических показателей.

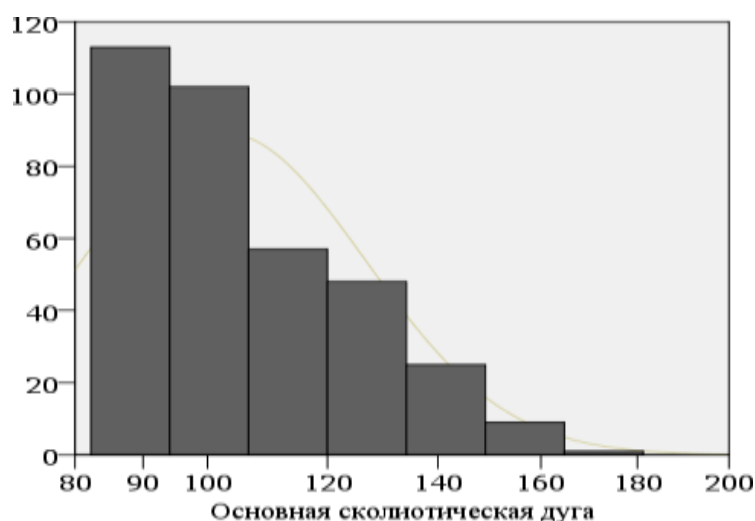


Рисунок 2 – Распределение пациентов I группы до хирургического лечения в зависимости от величины основной сколиотической дуги

Нас интересовала в первую очередь динамика основных рентгенологических показателей в I группе. Как видно из таблицы 4, все рентгенологические параметры как основной грудной сколиотической дуги, так и дуг противоискривления в результате хирургического лечения и на этапах контрольного обследования через 1 и через 2 года после операции претерпевали выраженные изменения [68]. Грудной кифоз после хирургической коррекции уменьшился почти до нормальных показателей, а затем постепенно увеличивался на этапах наблюдения во все сроки после операции ( $p < 0,001$ ).

Таблица 4 – Динамика изменения основных показателей сколиоза, кифоза и лордоза в I группе на этапах хирургического лечения

Показатели	До операции M±m	После операции M±m	Через 1 год после Операции M±m	Через 2 года после операции M±m
Основная дуга, град.	103,7±20,5	55,4±25,5*	57,9±25,9*	59,2±26,0*
Дуга Противоискривления, град.	67,3±16,9	36,0±17,2*	39,4±17,8*	41,2±17,6*
Грудной кифоз, град.	60±37,9	39,7±26,6*	43,3±27,3*	45,3±27,7*
Поясничный лордоз, град.	67,5±16,4	53,3±13,9*	55,4±13,0*	55,7±13,7

\*p<0,001

Эта тенденция прогрессирования кифоза после коррекции сколиоза с течением времени хорошо известна и описана [51]. Поясничный лордоз также уменьшился в результате хирургической коррекции до нормальных границ, а затем увеличивался в сроки до 1 года после операции (p<0,001). Величина основной сколиотической дуги после операции уменьшилась со 103,7° до 55,5°, что составило 48,2±14,0° коррекции, или 48,3±16,2% от начальной величины основной сколиотической дуги (p<0,001). Через 1 год после операции она увеличилась до 57,9° (p<0,001), а к 2-м годам после операции до 59,1° (p<0,01). Похожие изменения происходили и с дугой противоискривления. Если до операции величина дуги противоискривления составляла 67,1°, то после операции она уменьшилась до 36,1°, что составило 31,1±14,1° коррекции, или 47,4±18,7% от исходной величины дуги противоискривления (p<0,001). Через 1 год после операции

сколиотическая дуга противоискривления увеличилась до 39,4° (p<0,001), а к 2-м годам послеоперации до 40,7° (p<0,01). Представленные изменения характеризуют динамику сколиоза в послеоперационном периоде в виде коррекции основной сколиотической дуги и, при её наличии, дуги противоискривления, а затем частичной потери коррекции деформации позвоночника [37, 68]. Эта потеря составила для основной дуги 2,5° за первый год и 1,3° за второй год после операции, что за весь период наблюдения составило 3,9° (p<0,001) (см. таблицу 5).

Потеря коррекции дуги противоискривления составила 3,4° за первый год и 1,8° за второй год после операции, что за весь период наблюдения составило 5,1° (p<0,001).

Количество пациентов с потерей коррекции основной сколиотической дуги и, при её наличии, дуги противоискривления представлено на рисунке 3.

Таблица 5 – Динамика потери коррекции сколиотических дуг в I группе после оперативного лечения

Показатели	Потеря коррекции за 1-й год после операции, М±σ	Потеря коррекции за 2-й год после операции, М±σ	Общая потеря коррекции за 2 года после операции, М±σ
Основная сколиотическая дуга, град.	2,5±0,5*	1,3±0,3*	3,9±0,6*
Дуга противоискривления, град.	3,4±0,7*	1,8±0,5*	5,1±0,9*

\*p<0,001



Рисунок 3 – Количество и соотношение пациентов I группы с потерей коррекции основной сколиотической дуги и дуги противоискривления

У большей части больных происходит потеря коррекции как дуги противоискривления, так и основной сколиотической дуги.

В подгруппе А было отмечено большее прогрессирование основной сколиотической дуги в послеоперационном периоде, чем в целом по группе. Так за 2 года у пациентов подгруппы А прогрессирование основной дуги составило  $4,8 \pm 1,7^\circ$  ( $M \pm \sigma$ ). Кроме того (смотри таблицу 6), отличия были

Таблица 6 – Коррекция основной дуги, полученная в подгруппе А и I группе в целом в зависимости от исходной мобильности

Показатели	в I группе в целом, $M \pm m$	в подгруппе А, $M \pm m$
Мобильность основной сколиотической дуги, град.	$19,4 \pm 11,1$	$20,9 \pm 11,9^*$
Мобильность основной сколиотической дуги, %	$19,6 \pm 11,5$	$21,4 \pm 12,8^*$
Коррекция основной сколиотической дуги, град.	$48,4 \pm 14,0$	$43,2 \pm 16,9^{**}$
Коррекция основной сколиотической дуги, %	$48,5 \pm 16,2$	$43,9 \pm 17,9^{**}$

\* $p < 0,01$     \*\* $p < 0,001$

отмечены и в соотношении исходной мобильности и полученной в результате хирургического лечения коррекции основной сколиотической дуги. Из таблицы 6 видно, что в подгруппе А при исходно большей мобильности получена значительно меньшая коррекция основной сколиотической дуги. Это говорит о том, что выполнение межтелового спондилодеза как дополнительного хирургического этапа, целью которого было не только осуществление переднего релиза для мобилизации вершины основной сколиотической дуги, но и формирование дополнительных искусственных передних костных блоков, было действительно необходимым при ригидных деформациях позвоночника [37].

О необходимости выполнения мобилизующей дискэктомии как дополнительного хирургического этапа для увеличения (см. таблицу 7) подвижности тяжёлой и ригидной деформации позвоночника говорят полученные данные об увеличении роста пациентов в результате коррекции в подгруппах. Так, рост пациентов после коррекции во всех подгруппах увеличился, а к концу наблюдения не изменился.

Таблица 7 – Динамика роста пациентов в подгруппах на этапах лечения

Подгруппы пациентов	Рост стоя до операции, см M±m	Рост стоя после операции, см M±m	Рост стоя в конце наблюдения, см M±m	Разница в росте, см M±m
Подгруппа А	156,1±12,6	161,3±12,2**	161,4±11,9	5,2±2,4
Подгруппа Б	150,3±11,1	156,2±10,5**	153,9±11,8	5,9±1,5
Подгруппа В	155,9±10,2	162,9±9,8**	162,3±9,1	6,2±2,2*

\*\*p<0,001 \*p<0,01

Тем не менее, в подгруппе В рост пациентов увеличился в наибольшей степени по сравнению с другими ( $p < 0,01$ ).

Таким образом, выполнение переднего релиза даёт пациентам дополнительную прибавку в росте.

В подгруппе Б пациенты имели исходно наиболее тяжёлые и ригидные сколиотические деформации позвоночника. Коррекция сколиотической дуги в этой подгруппе оказалась наименее выраженной (см. Рис. 4).



Рисунок 4 – Результат хирургического лечения в подгруппе Б на спондилограммах в прямой и боковой проекциях. а) – сколиоз до операции 132° стоя. б) – сколиоз после гало-тазовой тракции 125° стоя. в) – сколиоз после коррекции инструментарием НИТЕК 123° стоя. д) – кифоз до операции 68° стоя. е) – кифоз после гало-тазовой тракции 68° стоя. ф) – кифоз после коррекции инструментарием НИТЕК 68° стоя

Она была в среднем  $24,1 \pm 12,6^\circ$ , что составило всего  $17 \pm 9,3\%$  от исходной дуги. Такая коррекция сколиотической деформации позвоночника была



наименее выраженной из всех 3-х оперированных подгрупп больных I группы, что обеспечило наилучший косметический исход хирургического лечения. На рисунке 4 представлен результат хирургического лечения больной тяжёлым ригидным кифосколиозом с применением гало-тазовой тракции и последующей коррекцией инструментарием НИТЕК. Отмечается низкий эффект как гало-тазовой тракционной подготовки, так и самой коррекции инструментарием из-за отсутствия резервов мобильности деформации позвоночника.

При исследовании динамики изменений баланса туловища во фронтальной плоскости в процессе лечения было выявлено, что при наличии у пациентов до операции значительной декомпенсации в пределах  $17,7 \pm 1,6$  мм ( $M \pm \sigma$ ), после хирургического лечения происходит её уменьшение до  $13,6 \pm 1,7$  мм ( $p=0,001$ ).

Через 1 год после операции продолжается выраженное восстановление баланса туловища до  $8,7 \pm 1,3$  мм ( $p < 0,001$ ), а через 2 года после операции до  $5,1 \pm 1,0$  мм ( $p < 0,001$ ). Эта динамика демонстрирует положительную тенденцию по активному восстановлению баланса туловища у пациентов I группы после хирургического лечения тяжёлых сколиотических деформаций позвоночника.

При оценке динамики наклона L5 позвонка во фронтальной плоскости на этапах хирургического лечения было выявлено его значительное снижение в результате коррекции сколиотической деформации позвоночника с  $6,4 \pm 0,8^\circ$  ( $M \pm \sigma$ ) до  $3,1 \pm 0,5^\circ$  ( $p < 0,001$ ). В дальнейшем динамика в наклоне L5 позвонка отсутствовала ( $p > 0,05$ ).

При анализе рентгенологических показателей в I группе был выявлен ряд их взаимосвязей между собой. Так, между процентом мобильности основной сколиотической дуги и процентом её коррекции, полученной в результате хирургического лечения, была выявлена сильная положительная корреляционная связь ( $r=0,73$ ). Учитывая степень такой взаимосвязи между мобильностью и получаемой коррекцией сколиоза, можно сказать, что при

осуществлении традиционного хирургического лечения тяжёлого сколиоза результат определяла исходно имеющаяся у больного мобильность деформации позвоночника. Кроме того, отрицательная корреляционная связь была между величиной основной дуги сколиоза, оставшейся после хирургического лечения и исходной мобильностью ( $r=-0,53$ ). Это, с другой стороны, подтверждает значение мобильности деформации позвоночника для получения её коррекции. Имелась отрицательная корреляционная связь между исходной величиной кифоза и процентом полученной коррекции основной грудной сколиотической дуги ( $r=-0,53$ ), а также ещё более тесная отрицательная связь с величиной кифоза после хирургического лечения ( $r=-0,63$ ). Была также выявлена взаимосвязь между дисбалансом туловища во фронтальной плоскости и потерей коррекции основной сколиотической дуги ( $r=0,32$ ). Эти данные подтверждают наше предположение о том, что именно имеющаяся ригидность основной сколиотической дуги, а также наличие выраженного кифотического компонента деформации позвоночника ограничивают коррекцию тяжёлых форм сколиоза, а потеря коррекции деформации позвоночника во многом зависит от сформированного после операции баланса туловища пациента во фронтальной плоскости. Более того, эти предположения также были подтверждены и в других наших исследованиях, хотя и на значительно менее обширном материале [51, 68].

Были проанализированы осложнения, связанные с хирургической коррекцией в группе. Из 72 всех осложнений (22,7%) было 9 неврологических (2,8%), включая 7 случаев корешковой компрессии, прошедших после консервативной терапии. Имела место 1 пирамидная недостаточность с полным восстановлением в ближайшем послеоперационном периоде. Была 1 нижняя параплегия с нарушением функции тазовых органов с отсутствием восстановления функции спинного мозга в отдалённом послеоперационном периоде (0,3%). Осложнение развилось у пациентки с тяжёлой сколиотической деформацией

позвоночника ( $137^\circ$  стоя и  $132^\circ$  с наклоном) и выраженным кифотическим компонентом ( $114^\circ$ ). Неврологическое осложнение возникло после выполнения двухэтапного хирургического лечения с коррекцией деформации позвоночника на фоне скелетного вытяжения за череп и голени. Миелопатия развилась с уровня Th3-4, несмотря на то, что краниальные точки опоры инструментария находились на уровне Th5 позвонка. Учитывая уровень и глубину поражения, было определено развитие тракционно-ишемического поражения на уровне питающих верхнегрудные отделы спинного мозга сосудов. Какой-либо положительной динамики в восстановлении функции спинного мозга в дальнейшем не отмечено.

Имело место 62 осложнения механического характера (19,6%). Они были связаны с несостоятельностью корригирующего инструментария или его костных точек опоры с последующим прогрессированием деформации позвоночника. При несостоятельности инструментария происходили переломы его стержней со смещениями и ослаблением корригирующего воздействия на деформацию позвоночника. При несостоятельности костных точек опоры инструментария также происходило его смещение с уменьшением корригирующего воздействия. Большинство механических осложнений потребовало повторных хирургических вмешательств с выполнением перемонтажа инструментария с заменой его элементов или сменой точек его опоры, а, иногда, и удаления инструментария. При анализе причин развития таких послеоперационных осложнений, как переломы стержней корригирующего инструментария и несостоятельность их костных точек опоры (см. рисунок 5), было выявлено, что основное количество таких осложнений происходило тогда, когда исходная величина основной сколиотической дуги превышала  $100^\circ$ , а величина сколиоза после хирургического лечения оставалась больше  $70^\circ$  по Коббу ( $p=0,34$ ).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что сохранение после традиционной хирургической коррекции тяжёлых и ригидных форм сколиоза остаточной сколиотической дуги и кифоза величиной более  $70^\circ$ ,

даёт возможность отнести этих пациентов в группу риска по развитию механических осложнений.

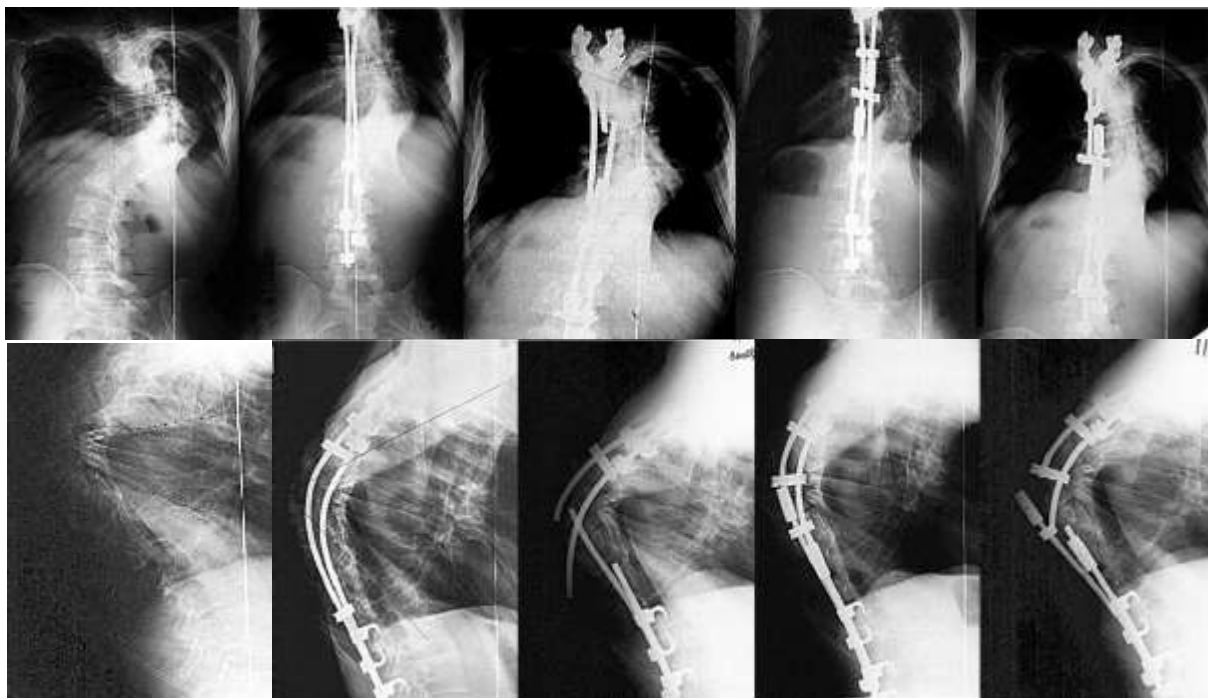


Рисунок 5 – Результат хирургического лечения в подгруппе В на спондилограммах в прямой и боковой проекциях. а) – сколиоз до операции 137° стоя. б) – сколиоз после коррекции инструментарием НИТЕК 90° стоя. в) – сколиоз после перелома инструментария НИТЕК 107° стоя. д) – сколиоз после очередного перемонтажа инструментария НИТЕК 95° стоя. е) – сколиоз после очередного перелома инструментария НИТЕК 110° стоя. ф) – кифоз до операции 147° стоя. г) – кифоз после коррекции инструментарием НИТЕК 113° стоя. д) – кифоз после перелома инструментария НИТЕК 135° стоя. и) – кифоз после перемонтажа инструментария НИТЕК 101° стоя. ж) – кифоз после очередного перелома инструментария НИТЕК 126° стоя

Большинство таких случаев происходило у пациентов со сколиотическими дугами, которые не уменьшались в наклоне или при вертикальном вытяжении менее 120°, а кифотический компонент не становился при этом меньше 100°.

### **Клинический пример №1**

Пациент М., 22 лет, поступил в октябре 2010 года в клинику детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО с диагнозом:

Идиопатический неосложнённый непрогрессирующий декомпенсированный правосторонний грудной ригидный сколиоз IV степени. Из анамнеза известно, что деформация позвоночника с 10 лет. Резкое прогрессирование отмечено в возрасте 11–13 лет. После 17 лет выраженное прогрессирование не отмечает. При обследовании на спондилограммах, выполненных в положении стоя, величина сколиоза на уровне правосторонней грудной дуги Th4-Th12 – 127° по Коббу (с наклоном 113°), кифоза – 140° (см. рисунок 6).



Рисунок 6 – Спондилограммы при обследовании пациента М. до операции. а) – сколиотическая дуга в положении стоя – 127°. в) – сколиотическая дуга в положении максимального наклона – 113°. с) – грудной кифоз в положении стоя – 140°

Отмечается грубая торсионная деформация тел позвонков на вершине деформации позвоночника с резким ограничением подвижности между позвонками. На функциональных спондилограммах, выполненных с наклоном в сторону исправления дуги (см. рисунок 6), основная сколиотическая дуга уменьшается со 127° до 113°, что составляет всего 11% мобильности исходной сколиотической дуги. Таким образом, деформация позвоночника у пациента представляет из себя тяжёлый ригидный сколиоз,

требующий коррекции. При неврологическом обследовании больной перед операцией неврологических отклонений не выявлено. Проведена тракционная проба на дыбе с полным весом тела. Признаков пирамидной недостаточности при тракции не обнаружено. Функция внешнего дыхания пациента позволяет выполнить полный объём хирургического лечения.

Оперирован в НИИТО последовательно в один день в объёме:

1. Мобилизующая дискэктомия на уровнях Th7-Th10 трансторакальным трансплевральным доступом. При осуществлении трансторакального доступа к телам позвонков выявлено наличие спаек в плевральной полости, в значительной степени ухудшающих возможность выполнения дискэктомии. В связи с этим осуществлён частичный пневмолиз правого лёгкого. Спайки тупо разделены. Осуществлена дискэктомия Th7-10, межтеловой спондилодез аутокрошкой из резецированного справа по ходу доступа 6-го ребра.
2. Наложение скелетного вытяжения за череп и голени. Затем больной уложен на живот с разгрузкой передней брюшной стенки. Осуществлён доступ к задним отделам позвоночника на всём протяжении деформации Th1-L4. При этом обнаружено наличие выраженного остеопороза на всём протяжении. Это значительно ухудшает опороспособность задних отделов позвоночника. При установке на позвоночник крючков заднего позвоночного инструментария произошёл излом 4-х точек опоры последовательно. В связи с этим решено выполнить коррекцию деформации позвоночника с минимальным воздействием на позвоночник для сохранения оставшихся точек фиксации. Выполнен 4-й этап хирургического лечения – коррекция деформации позвоночника инструментарием НИТЕК на уровнях Th2-L4, задний спондилодез Th2-L4 местной аутокостью. Во время операции колебания кожной температуры не отмечались, что, по всей видимости, связано с небольшой агрессивностью воздействия на деформацию позвоночника и небольшой величиной рентгенологической коррекции. Хирургическое вмешательство выполнено в условиях ТВА и ИВЛ. Общая продолжительность хирургического

вмешательства составила 250 мин. Объём интраоперационной кровопотери – 850 мл, послеоперационной кровопотери – 250 мл. Интраоперационный и послеоперационный периоды протекали без осложнений, на следующий день после операции на фоне стабильного состояния больной переведён из отделения реанимации в профильное отделение.



Рисунок 7 – Спондилограммы больного М. стоя в прямой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции грудная дуга стоя –  $127^\circ$ . в) – после коррекции грудная дуга стоя –  $100^\circ$ . с) – в конце наблюдения грудная дуга стоя –  $100^\circ$ . Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария, баланс сохранён

Неврологическая симптоматика после операции отсутствует, отмечается заметный клинический и косметический эффект. Больной поднят на ноги через 3 дня после операции и, после адаптации к вертикальному положению, выписан домой для амбулаторного наблюдения без внешней иммобилизации. На рисунке 7 отмечено рентгенологически уменьшение сколиотической дуги со  $127^\circ$  до  $100^\circ$  (21,3% коррекции). Кифоз уменьшился со  $140^\circ$  до  $98^\circ$  (см. рисунок 8), что, учитывая слабость точек опоры инструментария, является достаточным показателем физиологического кифоза в грудном отделе для его сохранения в дальнейшем. Потери коррекции к концу срока наблюдения (2,5 года) нет.

Инструментарий цел, фиксирован за костные структуры. Сформированы искусственные передние и задние



Рисунок 8 – Спондилограммы больного М. в боковой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции кифоз в положении стоя – 140°. в) – после коррекции кифоз в положении стоя – 98°. с) – в конце наблюдения кифоз в положении стоя – 98°. Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария

костные блоки на всём протяжении инструментария. Баланс туловища сохранён.

### **Клинический пример №2**

Пациентка Л., 39 лет, поступила в апреле 2010 года в клинику детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО с диагнозом: Идиопатический неосложнённый непрогрессирующий декомпенсированный правосторонний грудной ригидный сколиоз IV степени. Из анамнеза известно, что деформация позвоночника с 11 лет. Резкое прогрессирование отмечено в возрасте 11–13 лет. После 16 лет выраженное прогрессирование не отмечает. При обследовании на спондилограммах, выполненных в положении стоя, величина сколиоза на



уровне правосторонней грудной дуги Th6-Th12 – 96° по Коббу (с наклоном 88°), кифоза – 58° (см. рисунок 9).

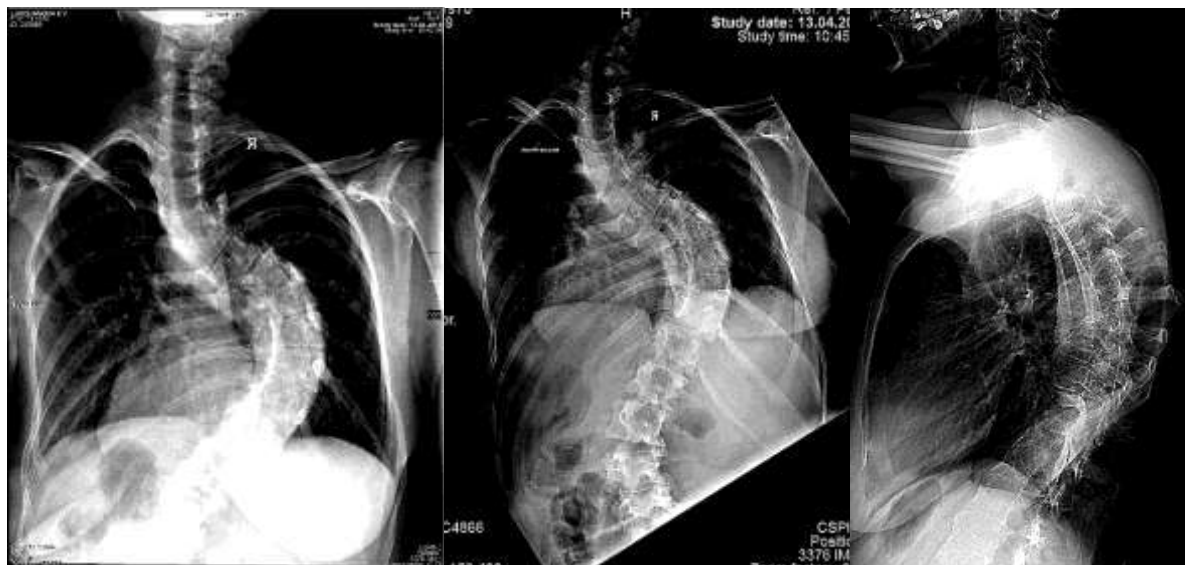


Рисунок 9 – Спондилограммы при обследовании пациентки Л. до операции. а) – сколиотическая дуга в положении стоя – 96°. в) – сколиотическая дуга в положении максимального наклона – 88°. с) – грудной кифоз в положении стоя – 58°

Отмечается грубая торсионная деформация тел позвонков на вершине деформации позвоночника с резким ограничением подвижности между позвонками. На функциональных спондилограммах, выполненных с наклоном в сторону исправления дуги (см. рисунок 9), основная сколиотическая дуга уменьшается с 96° до 88°, что составляет всего 8,3% мобильности исходной сколиотической дуги. Таким образом, деформация позвоночника у пациентки представляет из себя тяжёлый ригидный сколиоз, требующий коррекции. При неврологическом обследовании больной перед операцией неврологических отклонений не выявлено. Проведена тракционная проба на дыбе с полным весом тела. Признаков пирамидной недостаточности при тракции не обнаружено. Функция внешнего дыхания пациента позволяет выполнить полный объём хирургического лечения.

Оперирована в НИИТО последовательно в один день в объёме:  
1.Мобилизующая дискэктомия на уровнях Th7-Th10 трансторакальным

трансплевральным доступом. При выполнении дискэктомии отмечено наличие выраженной ригидности деформации позвоночника из-за малого объёма межпозвонковых дисков. После дискэктомии получена незначительная дополнительная мобильность в зоне вершины сколиотической дуги, что в значительной степени ограничивает возможности коррекции деформации позвоночника. Выполнен межтеловой спондилодез аутокрошкой из резецированного справа по ходу доступа 8-го ребра. 2. Наложение скелетного вытяжения за череп и голени. 3. Коррекция деформации позвоночника инструментарием НИТЕК на уровнях Th4-L4, задний спондилодез Th4-L4 местной аутокостью. Во время операции колебания кожной температуры не отмечались. Хирургическое вмешательство выполнено в условиях ТВА и ИВЛ. Общая продолжительность хирургического вмешательства составила 245 мин. Объём интраоперационной кровопотери – 1050 мл, послеоперационной кровопотери – 450 мл. Интраоперационный и послеоперационный периоды протекали без осложнений, на следующий день после операции на фоне стабильного состояния больная переведена из отделения реанимации в профильное отделение.



Рисунок 10 – Спондилограммы больной Л. стоя в прямой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции грудная дуга стоя – 96°. в) – после коррекции грудная дуга стоя – 58°. с) – в конце наблюдения грудная дуга стоя – 58°. Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария, баланс сохранён

Неврологическая симптоматика после операции отсутствует, отмечается заметный клинический и косметический эффект. Больная поднята на ноги через 3 дня после операции и, после адаптации к вертикальному положению, выписана домой для амбулаторного наблюдения без внешней иммобилизации. На рисунке 10 отмечено рентгенологически уменьшение сколиотической дуги с  $96^\circ$  до  $58^\circ$  (39,6% коррекции). Кифоз уменьшился с  $58^\circ$  до  $40^\circ$  (см. рисунок 11), что является нормальным показателем физиологического кифоза в грудном отделе. Потери коррекции к концу срока наблюдения (3 года) нет. Инструментарий цел, фиксирован за костные структуры. Сформированы искусственные передние и задние костные



Рисунок 11 – Спондилограммы больной Л. в боковой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции кифоз в положении стоя –  $58^\circ$ . в) – после коррекции кифоз в положении стоя –  $40^\circ$ . с) – в конце наблюдения кифоз в положении стоя –  $40^\circ$ . Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария

блоки на всём протяжении инструментария. Баланс туловища сохранён.

### Клинический пример №3

Пациент К., 18 лет, поступил в феврале 2013 года в клинику детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО с диагнозом: Идиопатический неосложнённый прогрессирующий грудной ригидный декомпенсированный правосторонний сколиоз IV степени. Из анамнеза известно, что деформация позвоночника с 14 лет. Прогрессирование отмечено в возрасте 14–15 лет. После 16 лет выраженное прогрессирование не отмечает. При обследовании на спондилограммах, выполненных в положении стоя, величина сколиоза на уровне правосторонней грудной дуги Th6-L1 – 86° по Коббу (с наклоном 64°), кифоза – 31° (см. рисунок 12).

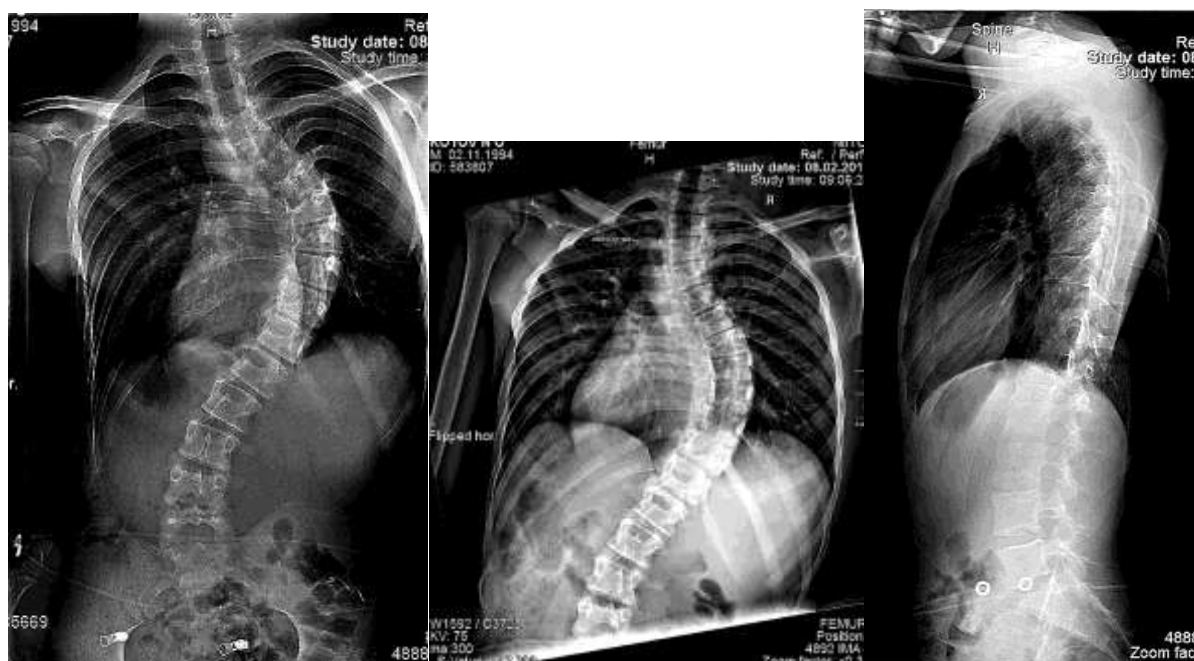


Рисунок 12 – Спондилограммы при обследовании пациента К. до операции. а) – сколиотическая дуга в положении стоя – 86°. в) – сколиотическая дуга в положении максимального наклона – 64°. с) – грудной кифоз в положении стоя – 31°

Отмечается выраженная торсионная деформация тел позвонков на вершине деформации позвоночника с ограничением подвижности между позвонками. На функциональных спондилограммах, выполненных с наклоном в сторону исправления дуги (см. рисунок 12), основная сколиотическая дуга уменьшается с 86° до 64°, что составляет 25,6% мобильности исходной сколиотической дуги. Таким образом, деформация позвоночника у пациента представляет из себя тяжёлый мобильный

сколиоз, требующий коррекции. При неврологическом обследовании больного перед операцией неврологических отклонений не выявлено. Проведена тракционная проба на дыбе с полным весом тела. Признаков пирамидной недостаточности при тракции не обнаружено. Функция внешнего дыхания пациента позволяет выполнить полный объём хирургического лечения.

Оперирован в НИИТО последовательно в один день в объёме:  
1. Наложение скелетного вытяжения за череп и голени. 2. Коррекция деформации позвоночника инструментарием НИТЕК на уровнях Th3-L3, задний спондилодез Th3-L3 местной аутокостью. Во время операции колебания кожной температуры не отмечались. Хирургическое вмешательство выполнено в условиях ТВА и ИВЛ. Общая продолжительность хирургического вмешательства составила 185 мин. Объём интраоперационной кровопотери – 850 мл, послеоперационной кровопотери – 350 мл. Интраоперационный и послеоперационный периоды протекали без осложнений, в этот же день вечером на фоне стабильного состояния больной переведён из отделения реанимации в профильное отделение.



Рисунок 13 – Спондилограммы больного К. стоя в прямой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции грудная дуга стоя –  $86^\circ$ . в) – после коррекции грудная дуга стоя –  $21^\circ$ . с) – в конце наблюдения грудная дуга стоя –  $21^\circ$ . Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария, баланс сохранён

Неврологическая симптоматика после операции отсутствует, отмечается заметный клинический и косметический эффект. Больной поднят на ноги через 3 дня после операции и, после адаптации к вертикальному положению, выписан домой для амбулаторного наблюдения без внешней иммобилизации. На рисунке 13 отмечено рентгенологически уменьшение сколиотической дуги с  $86^\circ$  до  $21^\circ$  (75,6% коррекции). Кифоз уменьшился с  $31^\circ$  до  $21^\circ$  (см. рисунок 14), что является нормальным показателем физиологического кифоза в грудном отделе. Потери коррекции к концу срока наблюдения (4 года) нет. Инструментарий цел, фиксирован за костные структуры. Сформированы искусственные передние и задние костные

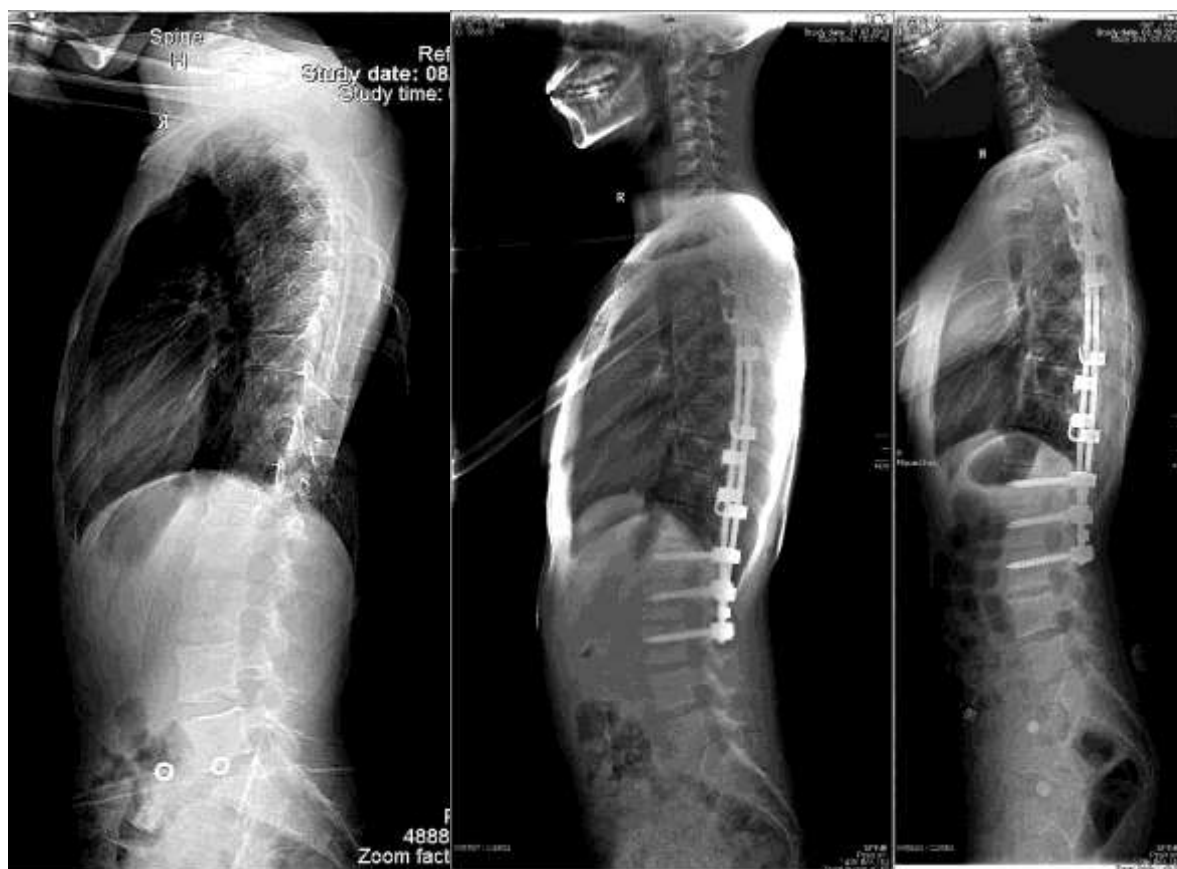


Рисунок 14 – Спондилограммы больного К. в боковой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции кифоз в положении стоя –  $31^\circ$ . в) – после

коррекции кифоз в положении стоя –  $21^\circ$ . с) – в конце наблюдения кифоз в положении стоя –  $21^\circ$ . Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария

блоки на всём протяжении инструментария. Баланс туловища сохранён.

#### **Клинический пример №4**

Пациентка Д., 32 лет, поступила в июле 2010 года в клинику детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО с диагнозом: Идиопатический осложнённый непрогрессирующий субкомпенсированный правосторонний грудной ригидный кифосколиоз IV степени. Из анамнеза известно, что деформация позвоночника с 10 лет. Резкое прогрессирование отмечено в возрасте 13–14 лет. При обследовании на спондилограммах, выполненных в положении стоя, величина сколиоза на уровне правосторонней грудной дуги Th6-L2 –  $104^\circ$  по Коббу (с вытяжением  $99^\circ$ ), кифоза –  $70^\circ$  (см. рисунок 15).



Рисунок 15 – Спондилограммы при обследовании пациентки Д. до операции. а) – сколиотическая дуга в положении стоя –  $104^\circ$ . в) – сколиотическая дуга с вытяжением за голову –  $99^\circ$ . с) – грудной кифоз в положении стоя –  $70^\circ$

Отмечается выраженная торсионная деформация тел позвонков на вершине деформации позвоночника с ограничением подвижности между позвонками. На функциональных спондилограммах, выполненных с

вертикальным вытяжением за голову (см. рисунок 15), основная сколиотическая дуга уменьшается со  $104^\circ$  до  $99^\circ$ , что составляет 4,8% мобильности исходной сколиотической дуги. Таким образом, деформация позвоночника у пациентки представляет из себя тяжёлый ригидный сколиоз, требующий коррекции. При неврологическом обследовании больной перед операцией неврологической симптоматики не выявлено, однако во время проведения тракционной пробы с вытяжением за голову с весом тела отмечено появлением пирамидной недостаточности, что расценено как тракционно-провоцируемая пирамидная недостаточность, т.е. как осложнённое течение сколиотической деформации позвоночника. Функция внешнего дыхания пациентки позволяет выполнить полный объём хирургического лечения.

Оперирована в НИИТО последовательно в один день в объёме:

1. Мобилизующая дискэктомия на уровнях Th10-L1 трансторакальным трансплевральным доступом. При выполнении дискэктомии отмечено наличие выраженной ригидности деформации позвоночника из-за малого объёма межпозвонковых дисков. После дискэктомии получена незначительная дополнительная мобильность в зоне вершины сколиотической дуги, что в значительной степени ограничивает возможности коррекции деформации позвоночника. Выполнен межтеловой спондилодез аутокрошкой из резецированного справа по ходу доступа 9-го ребра.
2. Наложение скелетного вытяжения за череп и голени.
3. Коррекция деформации позвоночника инструментарием НИТЕК на уровнях Th4-L4, задний спондилодез Th4-L5 местной аутокостью. Во время операции колебания кожной температуры не отмечались. Хирургическое вмешательство выполнено в условиях ТВА и ИВЛ. Общая продолжительность хирургического вмешательства составила 215 мин. Объём интраоперационной кровопотери – 900 мл, послеоперационной кровопотери – 500 мл. Интраоперационный и послеоперационный периоды протекали без осложнений, на следующий день на фоне стабильного



состояния больная переведена из отделения реанимации в профильное отделение.

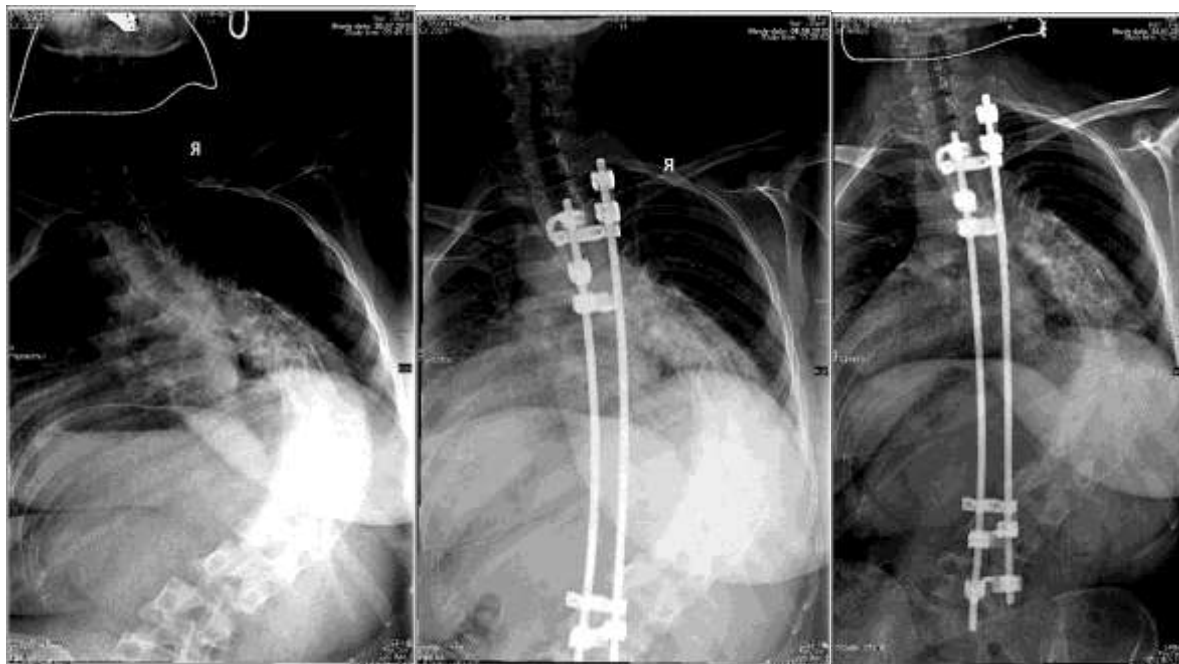


Рисунок 16 – Спондилограммы больной Д. стоя в прямой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции грудная дуга стоя –  $104^\circ$ . в) – после коррекции грудная дуга стоя –  $95^\circ$ . с) – в конце наблюдения грудная дуга стоя –  $103^\circ$ . Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария, баланс сохранён

Неврологическая симптоматика после операции отсутствует, отмечается клинический и косметический эффект. Больная поднята на ноги через 3 дня после операции и, после адаптации к вертикальному положению, выписана домой для амбулаторного наблюдения без внешней иммобилизации. На рисунке 16 отмечено рентгенологически уменьшение сколиотической дуги со  $104^\circ$  до  $95^\circ$  (8,7% коррекции). Кифоз уменьшился с  $70^\circ$  до  $63^\circ$  (см. рисунок 17). Потеря коррекции к концу срока наблюдения (2 года)  $8^\circ$ . Инструментарий цел, фиксирован за костные структуры. Сформированы искусственные передние и задние костные блоки на всём протяжении инструментария. Баланс туловища сохранён.



Рисунок 17 – Спондилограммы больной К. в боковой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции кифоз в положении стоя – 70°. в) – после коррекции кифоз в положении стоя – 63°. с) – в конце наблюдения кифоз в положении стоя – 83°. Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария

### **Резюме**

Разработка и применение методов оперативной коррекции тяжёлых и ригидных сколиозов, превышающих 80°, становится основной задачей хирургического лечения. Если сколиотическая деформация является мобильной, а уменьшение в наклоне или при вертикальном вытяжении значительно превышает 25%, то возможно сокращение количества хирургических этапов вплоть до применения только задней инструментальной коррекции деформации позвоночника.

Именно имеющаяся ригидность основной сколиотической дуги, а также наличие выраженного кифотического компонента деформации позвоночника ограничивают коррекцию тяжёлых форм сколиоза, а потеря коррекции деформации позвоночника во многом зависит от сформированного после операции баланса туловища пациента во фронтальной плоскости. Таким образом, необходимо достигать

максимально возможной коррекции деформации позвоночника при сохранении или восстановлении баланса туловища пациентов.

При величинах сколиотической деформации позвоночника, превышающих  $80^\circ$ , уменьшающихся в наклоне или при вертикальном вытяжении менее чем на 25%, а также при наличии кифотического компонента выше  $80^\circ$ , возникает высокий риск возникновения неврологических осложнений во время осуществления корригирующего вмешательства. Кроме того, при определении плана хирургического лечения деформаций позвоночника, превышающих  $120^\circ$  и не уменьшающихся менее  $120^\circ$ , при кифотическом компоненте более  $100^\circ$ , не менее важным становится крайне высокий риск механических осложнений в послеоперационном периоде. При такой ригидности, особенно при выявлении признаков уже имеющегося неврологического дефицита, коррекцию кифосколиотической деформации позвоночника необходимо проводить, используя уже другие, нетрадиционные методы хирургического воздействия на далеко зашедшие в своём развитии деформации позвоночника.

## **ГЛАВА 4 ВОЗМОЖНОСТИ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ФУНКЦИЙ СПИННОГО МОЗГА**

### **4.1 Метод соматосенсорных и двигательных вызванных потенциалов**

В хирургии тяжёлых деформаций позвоночника неврологические осложнения являются наиболее серьезными [47, 67, 93, 120]. Частота неврологических осложнений, в зависимости от применяемого метода хирургического лечения, колеблется от 0,37 до 10,0% [45, 81, 93, 216]. При этом описаны различные механизмы повреждения спинного мозга в ходе оперативных вмешательств по поводу сколиоза. По мнению Delecrin et al. [120] эти механизмы могут быть разделены на две большие группы – первичные и вторичные. В свою очередь, обе эти группы авторы

подразделяют в зависимости от уровней поражения – локального, регионального и системного. Сложность такого подразделения механизмов повреждения спинного мозга объясняется их возможным разнообразием и отсутствием чётких критериев диагностики самого момента повреждения. Bridwell К.Н. с соавт. [93] предлагают свою классификацию основных причин развития неврологического дефицита. Среди них сдавление спинного мозга имплантатом или эпидуральной гематомой; выступание в просвет позвоночного канала жёлтой связки, задней продольной связки или ткани межпозвонкового диска после коррекции; дистрагирующее воздействие на спинной мозг; сосудистое поражение спинного мозга вследствие нарушения его кровоснабжения без участия каких-либо механических причин. Подобное перечисление причин развития неврологического дефицита позволяет исследователям в большей степени сконцентрировать своё внимание на изучении проблемы возможного развития неврологических осложнений. В случае развития двигательных нарушений пациент становится инвалидом с социально-моральными последствиями, а для оперирующего хирурга эта трагедия, помимо всего прочего, может закончиться судебным иском, поэтому методы исследования, позволяющие зафиксировать повреждение содержимого позвоночного канала и своевременно предпринять усилия, направленные на минимизацию или полное устранение последствий такого повреждения, приобретают особую значимость.

Основные требования, предъявляемые к интраоперационному мониторингу функций спинного мозга, сводятся к следующему: во-первых, необходимо зафиксировать момент повреждения как можно раньше, что определяет требования высокой чувствительности и специфичности применяемых диагностических методов мониторинга; во-вторых, эти методы мониторинга должны использоваться в ходе хирургического вмешательства неоднократно, причем с минимальным дополнительным риском для больного [239]. В связи с развитием диагностических и

визуализационных технологий, методы нейрофизиологического мониторинга, в частности соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП), в развитых странах стали стандартом интраоперационного исследования при выполнении корригирующих операций на позвоночнике, как единственно неинвазивные методы получения сенсорной информации от центральной нервной системы [241]. Существует известная корреляция между волновыми формами ССВП и конкретными анатомическими структурами. Результаты ранее выполненных исследований показали связь идиопатического сколиоза с дисфункцией соматосенсорных проводящих путей у 11,6 % обследованных, в частности статистически значимую пролонгацию латентностей у больных сколиозом в сравнении с контрольной группой [104]. Как сообщали Seyal M. с соавт. в 2002 году [263], амплитуду ССВП и латентность компонентов ССВП во время операции определяет не только развитие ишемии спинного мозга, но и малейшее падение артериального давления, а также гипотермия, которые могут увеличивать частоту фальш-положительных результатов. Однако в ряде случаев использование только ССВП является неэффективным для выявления дефицита функции двигательных путей спинного мозга. В частности, использование корковых ССВП рассматривалось как не дающее достоверной оценки в случаях, когда при регистрации на предоперационном этапе выявляется неврологический статус слабой амплитуды, наблюдаемый у пациентов с тяжёлыми формами деформаций позвоночника, или при патологии спинного мозга (сирингомиелии, опухоли). Кроме того, значительное влияние на мониторинг ССВП оказывает анестезия [241, 301]. При анестезиологическом обеспечении хирургической коррекции сколиоза с применением метода ССВП методом выбора должен быть вариант анестезии, оказывающий наименьший супрессивный эффект на ССВП. Суть методики ССВП заключается в стимулировании периферических смешанных нервов (чаще всего n.tibialis posterior) и измерении реакции на эту стимуляцию каудальнее и краниальнее уровня хирургического

вмешательства на позвоночнике [225, 283]. Запись потенциалов ведется постоянно во время операции, а их амплитуда и латентность (время появления) сравниваются с исходными данными. Именно исследование ССВП было первым типом электрофизиологического мониторинга спинного мозга [234]. Несмотря на то, что развитие двигательного дефицита гораздо тяжелее, чем чувствительного, и в большей степени беспокоит оперирующего хирурга, предполагалось, что факторы, повреждающие двигательный тракт, будут влиять и на состояние ССВП из-за относительной близости чувствительных и двигательных путей спинного мозга. Эффективность мониторинга определяется тем, насколько быстро после повреждения спинного мозга и насколько чётко это осложнение фиксируется. Как сообщают Kai Y.с соавт. [170], если повреждение спинного мозга происходит по механической причине, то вызванные потенциалы исчезают в течение двух минут, а если развиваются сосудистые нарушения – в пределах двадцати минут. Различные авторы указывают на наличие как ложноположительных, так и ложноотрицательных ответов при стимуляции периферических нервов [179, 234, 240]. Анатомическим субстратом ССВП являются периферические нервы, заднебоковые тракты спинного мозга и кора головного мозга. Переднебоковые двигательные тракты отделены от заднебоковых анатомически и имеют иные источники кровообращения, поэтому нарушение кровообращения переднебоковых двигательных трактов приведёт к развитию параплегии, но может не быть зафиксировано с помощью ССВП. В последние годы всё чаще применяют мониторинг двигательных путей спинного мозга [135, 262]. Двигательные вызванные потенциалы (ДВП) дают информацию о состоянии двигательных путей спинного мозга, которая не может быть получена с помощью ССВП. Возникло даже несколько вариантов метода: транскраниальная магнитная стимуляция [121, 125] или электростимуляция коры головного мозга [99], электростимуляция спинного мозга [93]. Стимуляция головного мозга позволяет оценить функцию всех отделов нервной системы, включая

центральный мотонейрон и двигательные элементы. При стимуляции спинного мозга исследуют нервную систему, расположенную дистальнее уровня стимуляции, включая двигательные элементы. Использование анестезиологами миорелаксантов возможно только на вводимом наркозе, что создает определенные проблемы для оперирующего хирурга. Вместе с тем, как отмечают Lieberman с соавт. [196], применение метода ДВП затруднительно у больных детского возраста (младше 10 лет), оперируемых в условиях общей анестезии, в связи с незрелостью нисходящих кортикоспинальных двигательных нервных путей.

Оценка эффективности профилактики неврологических осложнений на основе применения только нейрофизиологических методов интраоперационного мониторинга функции спинного мозга может оказаться не корректной. Необходимо использовать и другие методы интраоперационного контроля функции спинного мозга, которые могут сделать нейромониторинг максимально эффективным.

#### **4.2 Метод поверхностной кожной термометрии нижних конечностей**

При травме грудного отдела спинного мозга, которая может произойти при корригирующей операции на позвоночнике, может быть повреждение симпатического ствола, что вызывает значительную артериальную гипотонию, брадикардию, гипотермию при теплых нижних конечностях [62]. Возникает так называемая спинальная посттравматическая десимпатизация – разновидность спинального шока. Спинальная десимпатизация может быть связана не только с повреждением симпатического ствола на протяжении Th1-L2 [19], но и быть обусловлена ишемией боковых столбов – колонок Кларка. В результате травмы спинного мозга, когда повреждаются или сдавливаются передние структуры, в том числе передняя спинальная артерия, происходит нарушение микроциркуляции спинного мозга. Больше всего страдает пограничная зона васкуляризации между бассейном передней и задних спинальных артерий,

то есть зона среднецентральных отделов задних рогов и колонок Кларка. Отсутствие в этой зоне функционально значимых сосудистых анастомозов приводит к ишемии указанной зоны, что проявляется сопутствующей неврологической симптоматикой, в том числе и спинальной десимпатизацией. Именно на основе эффекта подъёма кожной температуры нижних конечностей, характерном для посттравматической спинальной десимпатизации, возникающей у пациентов с тяжёлым повреждением спинного мозга на грудном уровне, в отделении детской ортопедии Новосибирского НИИТО был разработан способ интраоперационной диагностики неврологических осложнений при операциях на позвоночнике. Методика состоит в том, что перед операцией на задней поверхности голени закрепляют датчики цифрового термографа, производят измерение кожной температуры до начала операции, продолжают проводить измерения каждые 5 минут после начала операции и до полного её завершения. Если происходит нарушение функциональной целостности нервной системы во время хирургического воздействия на позвоночник, то регистрируется повышение кожной температуры на 1° С и более, констатируется развитие неврологических осложнений [55].

#### **4.3 Метод импедансной плетизмографии**

Специфическими особенностями многоэтапных хирургических вмешательств на позвоночнике с последовательным выполнением коррекций тяжёлых деформаций позвоночника являются травматичность, продолжительность, необходимость повторного изменения положения больного в ходе вмешательства, отрицательные эффекты открытого пневмоторакса, значительная кровопотеря, исходные нарушения функции дыхательной и сердечно-сосудистой систем, риск развития неврологических нарушений [47, 36, 234]. Указанные особенности вертеброхирургических операций требуют углублённого подхода к мониторингу гемодинамики при выполнении подобных вмешательств. С учётом того, что мониторинг гемодинамики является важнейшей составной



частью обеспечения безопасности операционного периода, одно из главных требований, предъявляемых к мониторингу гемодинамики на современном этапе – наличие минимального количества осложнений (малая инвазивность). В связи с этим у большинства вертебрологических больных применяется расширенный неинвазивный мониторинг показателей гемодинамики с использованием системы «NICCOMO» (Германия), использующей метод импедансной плетизмографии (ИПГ). У больных сколиозом с высоким риском развития возможных неврологических осложнений регистрируют параметры ИПГ, в частности, периферический базовый импеданс (PZ0) измеряемого сегмента нижних конечностей, изменения которого при развитии спинального шока могут быть обусловлены потерей вазомоторного тонуса с избыточным кровенаполнением сосудов нижних конечностей и соответствующими сдвигами венозного объема крови в измеряемом сегменте. Так как не существует точного стандарта для расположения электродов, нас интересуют не абсолютные значения PZ0, а их изменения в динамике. Указанный вариант мониторинга можно применять у больных сколиозом с высоким риском развития неврологических осложнений, требующего проведения интраоперационного мониторинга функции спинного мозга.

#### **4.4 Метод микродиализа**

В последнее время применение микродиализа как метода контроля ишемических нарушений в месте хирургического вмешательства становится актуальным, особенно имея ввиду возможности не только зафиксировать время появления тяжёлого нарушения кровообращения и, соответственно, нарастания ишемических проявлений, но и саму степень и глубину этих изменений. Это позволяет в ближайшем послеоперационном периоде констатировать наличие или отсутствие отрицательной динамики в ране, а также вовремя проводить активные действия по их устранению. При осуществлении коррекции грубой деформации позвоночника после проведения корригирующих вертебротомий на её вершине располагается

микродиализный катетер для мозговой ткани (P000049 Микродиализный Катетер для мозговой ткани СМА 70, 60/10) на поверхности спинного мозга мембраной на уровне вершины деформации позвоночника таким образом, чтобы собирать интерстициальную жидкость и проводить мониторинг маркёров ишемии и гипоксии спинного мозга для раннего выявления неврологических осложнений. При развитии ишемии и гипоксии спинного мозга на вершине деформации позвоночника ожидается изменение соотношения лактат/пируват и уровня глюкозы при их мониторинге, что позволит не только безопасно управлять процессом коррекции деформации позвоночника, но и адекватно реагировать до начала клинических проявлений неврологической симптоматики.

В отделении детской ортопедии Новосибирского НИИТО метод микродиализа применён у 2-х пациентов с тяжёлыми кифосколиотическими деформациями позвоночника с риском развития неврологических осложнений. После выполнения задних клиновидных вертебротомий на вершине сколиотической дуги эпидурально был размещён катетер для микродиализа. Осуществлялся контроль маркёров ишемии.

#### **4.4.1 Общая характеристика исследований**

В отделении детской ортопедии ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России по поводу тяжёлых сколиотических деформаций позвоночника за период с января 2000 года по декабрь 2012 года проведено лечение 433 пациентам. Из них с января 2005 года по февраль 2011 года у всех оперированных больных проведён интраоперационный мониторинг функции спинного мозга с использованием различных диагностических методик. Регистрацию ССВП выполняли у 45 больных с грубыми деформациями позвоночника, которым предполагалось проведение корригирующего хирургического вмешательства. Для регистрации ССВП использовали электромиограф «Нейропак-2». Кроме того, в 2013–2014 гг. во время выполнения хирургической коррекции тяжёлого сколиоза у 73 пациентов проводилось исследование ССВП и двигательных вызванных

потенциалов (ДВП) с помощью аппарата ISIS IOM System (Inomed Medizintechnik GmbH). Затем в 2019 году проводилось дополнительное исследование с применением аппарата ISIS IOM System у 138 пациентов, которым были проведены хирургические корригирующие вмешательства в связи со сколиотическими деформациями позвоночника на базе того же отделения. Этим больным была проведена транспедикулярная коррекция груднопоясничного отдела позвоночника задним позвоночным инструментарием.

После выполнения анестезиологического пособия и этапа укладки пациента проводилась установка электродов в периферические мышцы для проведения интраоперационного нейрофизиологического мониторинга. Проводилась регистрация соматосенсорных (SEP) и моторных (MEP) вызванных потенциалов, запись спонтанной (free run) электромиографии (ЭМГ), TOF-стимуляция, а также запись D-волны и температурный контроль.

*Анестезиологическое пособие.* Наши операции мы проводили под внутривенной анестезией гипнотиком пропофолом и анальгетиком фентанилом, ИВЛ кислородно-воздушной смеси (в сочетании с ингаляционными анестетиками – их доза контролируется МАК – максимальной альвеолярной концентрацией), деполяризующие миорелаксанты анестезиолог использовал только на этапе интубации. Параллельно анестезиолог вёл оценку общей анестезии и седации головного мозга с помощью данных, полученных с аппарата BIS измеряющего биспектральный индекс, уменьшая риск преждевременного выхода из наркоза. Данный метод ведения анестезии является оптимальным для получения достоверных данных и исключения ложноотрицательных результатов при проведении ИОНМ. Использование других анестетиков приводит к депрессорному эффекту в виде снижения корковой возбудимости, задержки аксонального проведения по

кортикоспинальному тракту, снижения синаптической передачи на уровне спинальных альфа-мотонейронов.

*TOF -стимуляция.* С помощью данного метода достигается объективная оценка выраженности миорелаксации на любом этапе операции. После однократного введения миорелаксанта короткого действия (Листенон) во время интубации пациента и введение водного наркоза примерно через 10 минут мы проводили TOF-стимуляцию (train-of-four) для мониторинга уровня миорелаксации, чтобы исключить остаточные эффекты его воздействия. Данный тест мы использовали для исключения ложноотрицательных результатов, связанных с миорелаксирующим действием препаратов. Осуществляется стимуляция малоберцового или срединного нерва четырьмя стимулами частотой 2 Гц, длительностью от 200 до 500 микросекунд и интенсивностью от 10 до 50 мА (определяется индивидуально). Далее происходила регистрация четырех последовательных моторных ответа с мышцы-мишени T1, T2, T3, T4. При регистрации электромиограммы с верхней конечности мышцей-мишенью выбиралась *m. abductor pollicis brevis*, при регистрации ЭМГ с нижней конечности - *m. tibialis anterior*. Аппарат производил оценку амплитуды моторного ответа T4 по отношению к T1. При TOF = 100% амплитуда всех четырёх ответов одинаковая, при TOF = 25% моторный ответ T4 не регистрируется, при TOF = 20% T3 не регистрируется, при TOF = 10% не регистрируется M-ответ T2, а при TOF = 0% происходит полный блок нервно-мышечной передачи и не один ответ не регистрируется.

*Спонтанная ЭМГ (free run EMG).* Регистрация free run EMG мы производили для оценки функционального состояния спинномозговых корешков и предотвращение их травмирование во время проведения винтов и основного этапа коррекции деформации позвоночника. При механическом раздражении спинномозгового корешка регистрируется биоэлектрическая активность в мышцах мишенях. При незначительном механическом воздействии на область вблизи спинномозгового корешка или при его

смещении, но без риска травмирования корешка, регистрируются короткие (около 30 секунд), низкоамплитудные и низкочастотные вспышки биоэлектрической активности в мышцах-мишенях. Компрессия корешка, либо его перерастяжение и как следствие развитие в нём ишемии на спонтанной ЭМГ регистрировалась длительным биоэлектрическим разрядом в мышцах-мишенях, длящегося обычно более 5 секунд (типа «trein») на что оповещался хирург, останавливалась хирургическая активность и производилась коррекция угла хирургической атаки. Однако мы заметили, что более информативной себя зарекомендовала триггерная EMG, на которой визуально лучше и без артефактов стимула регистрировалось ирритативное воздействие на уровне спинномозговых корешков во время оперативных манипуляций хирургом, о чём он незамедлительно ставился в известность.

*Соматосенсорные вызванные потенциалы (SEP).* Нами проводилась регистрация корковых ответов SEP штипорными электродами, расположенными подкожно на скальпе в точках Cz-Fz по международной системе 10-20. Стимуляция осуществлялась игольчатыми электродами малоберцовых нервов с обеих сторон. Длительность стимула составила 200 микросекунд, частота стимуляции от 3,7 до 5,1 Гц. Интенсивность надпорогового стимула выбиралась индивидуально от 15 до 25 мА в каждом конкретном случае. Границы фильтра высоких частот 30 Гц, низких частот 600 Гц, эпоха анализа 100 мс и количество усреднений 200. Регистрация ССВП с верхних конечностей не проводилась. Стимулировали дистальные отделы большеберцовых нервов прямоугольными импульсами длительностью 0,2 мс, в большинстве случаев в рандомизированном, квазислучайном ритме со средней частотой следования 3 в 1 секунду. Интенсивность стимулирующего тока при предоперационных обследованиях выбирали такой, которая достаточна для вызова заметных двигательных реакций коротких сгибателей на стопах (10–16 мА) в операционной, при нахождении пациента под наркозом в состоянии

миорелаксации, а силу тока увеличивали в 1,5–2,0 раза. Для регистрации при предоперационных обследованиях использовали стандартные чашечные электроды, входящие в комплект миографа. В операционной для обеспечения надёжного контакта в течение длительного времени и для уменьшения уровня техногенных помех использовали игольчатые электроды, переделанные из электродов для игольчатой ЭМГ. В модифицированных коаксиальных электродах для отведения потенциалов использовали центральный электрод, наружный соединяли с заземляющим входом. Таким образом, обеспечивали подключение и активного и референтного электродов к одному симметричному входу миографа, причём каждый электрод имел заземлённый экран. Расположение электродов следующее: активный в зоне представительства чувствительности нижних конечностей (1,5–2,0 см кзади от вертекса по сагиттальной линии), референтный – по сагиттальной линии во лбу. Усиление канала регистрации обеспечивает представление ССВП в масштабе 2,5 мкВ на деление. Полоса пропускания стандартная для прибора 1–500 Гц. При наличии значительных медленно волновых или высокочастотных помех возможно изменение нижней границы полосы до 5 Гц или верхней до 200 Гц, без внесения значимых искажений в представление основных позитивных компонентов ССВП.

*Транскраниальная электрическая стимуляция моторных вызванных потенциалов (tc МЕР).* Транскраниальную электростимуляцию прецентральных извилин осуществляли также с помощью штопорных электродов, установленных подкожно в точки С3-С4 по международной системе 10-20. Запись велась с мышц-мишеней нижних конечностей с *m. vastus lateralis*, *m. tibialis anterior*, *m. abductor hallucis* с обеих сторон. Для возможности исключения затухания моторных ответов при транскраниальной стимуляции с последующим их отсутствием из-за действия миорелаксантов мы также брали мышцы-мишени с верхних конечностей: *m. abductor pollicis brevis* с 2-х сторон. Сила стимула

выбиралась индивидуально от 70 до 220 мА, серией из 5 импульсов, после получения моторных ответов со всех периферических мышц-мишеней. Длительность импульса 200 микросекунд. Межстимульный интервал 4 мс. Границы фильтра высоких частот 30 Гц, низких частот 2000 Гц.

*D-волна.* По мнению многих авторов, D-волна является надёжным критерием при оценки функционального состояния кортикоспинального тракта.

D-волну регистрировали также при транскраниальной стимуляции прецентральных извилин, но одиночным прямоугольным стимулом, длительностью 0,3-0,5 мс. Записывалась с эпидурального пространства с задних столбов спинного мозга электродом, который обычно устанавливается дистально, но не ниже конуса и эпиконуса, так как там уже отсутствуют моторные кортикоспинальные тракты.

Преимущество использования D-волны состоит в том, что она не зависит от миорелаксантов и более устойчива к общей анестезии по сравнению с tc МЕР. Однако нужно учитывать, что сколиотическая дуга деформирует и спинной мозг, что затрудняет плотное соприкосновение электродов с ним, и точное расположение их по средней линии, что в свою очередь приводит к ложному отсутствию ответа. D-волна при регистрации выглядит в виде двухфазного позитивно-негативного комплекса.

Исчезновению МВП с мышц-мишеней обычно предшествует изменение амплитуды D-волны, но D-волна может оставаться стабильной или амплитуда незначительно уменьшится, несмотря на полное исчезновение МВП с мышц-мишеней. «Точкой невозврата» считается полное отсутствие МВП, при уменьшении амплитуды D-волны более чем на 50%. Если это произошло, хирургические манипуляции должны быть приостановлены и предприняты корректирующие меры для восстановления МВП. Если восстановление МВП не происходит, операция должна завершиться, так как очень высок риск того, что у пациента разовьется тяжелый двигательный дефицит. Исчезновение D-волны является

предиктором развития стойкого моторного дефицита после пробуждения пациента. Мы также наблюдали снижение амплитуды моторного ответа с некоторых ключевых мышц-мишеней нижних конечностей с последующим полным отсутствием М-ответа с них, но без снижения амплитуды D-волны либо снижение было, но не больше 50%, что в раннем послеоперационном периоде проявлялось преходящим моторным дефицитом.

У 47 (10,3 %) пациентов с тяжёлыми сколиотическими деформациями позвоночника, у которых во время предоперационного обследования при проведении тракционной пробы были выявлены признаки пирамидной недостаточности, или уже имелась миелопатия, во время корригирующей операции проводили «wake-up test».

Учитывая требования, предъявляемые к интраоперационному мониторингу функций спинного мозга (необходимость высокой чувствительности и специфичности используемых диагностических методов), на основании собственного опыта в клинике детской ортопедии Новосибирского НИИТО использован метод интраоперационной поверхностной кожной термометрии нижних конечностей с возможностью быстрой и точной регистрации подъёма кожной температуры при возникновении нарушения функциональной целостности спинного мозга. Разработанный метод интраоперационного мониторинга функции спинного мозга применили у всех оперированных путем постоянного и непрерывного контроля кожной температуры датчиками цифрового термографа на симметричных областях задней поверхности голеней до полного окончания операции.

У 40 % больных с высоким риском развития возможных неврологических осложнений регистрировали параметры импедансной плетизмографии, в частности периферический базовый импеданс (PZ0) нижних конечностей, с использованием системы «Nissono» (Германия), изменения которого при развитии спинального шока могут быть обусловлены сдвигами венозного объёма крови в измеряемом сегменте



нижних конечностей. В основе метода импедансной кардиографии лежит определение синхронных пульсовых изменений потока и объёма крови в грудной аорте, которые создают изменение электрического сопротивления (импеданса) грудной клетки переменному току. Изменения импеданса за определённый интервал времени используются для измерения или расчёта основных гемодинамических параметров и их нормализованных значений. Одним из наиболее важных определяемых неинвазивно показателей является ударный объём сердца. Как и большинство современных импедансных кардиографов, монитор «NOCOMO» использует для вычисления ударного объёма формулу Bernstein-Sramek. С учётом физиологических отклонений величины ударного объёма из-за респираторного эффекта монитор определяет его по среднему значению за 16-30 сокращений сердца. Для осуществления метода требуется наложение четырёх двойных токоподающих и токопринимающих электродов. Две пары электродов накладываются на обе стороны шеи в проекции магистральных сосудов, две другие пары располагаются на грудной клетке с обеих сторон. Исследования проводятся поэтапно: после премидикации, начало искусственно вентилиляции лёгких (ИВЛ), поворот больного на бок, пневмоторакс, поворот больного на живот, коррекция деформации позвоночника, конец хирургической операции. Для мониторинга функций спинного мозга система неинвазивного мониторинга гемодинамических параметров позволяла в режиме реального времени оценить параметры импедансной плетизмографии (ИПГ), в частности PZO, изменения которого при развитии спинального шока могут быть обусловлены потерей вазомоторного тонуса с избыточным кровенаполнением сосудов нижних конечностей и соответствующими сдвигами венозного объёма крови в измеряемом сегменте.

#### **4.4.2 Результаты исследований и их обсуждение**

Большинство пациентов прооперированы с хорошими результатами коррекции деформации и с отсутствием неврологических осложнений.

Осложнения возникли у 4 (0,88 %) пациентов и заключались в развитии нижней вялой параплегии, которая выражалась в полном отсутствии движений в ногах и нарушении всех видов проводниковой чувствительности с уровня поражения спинного мозга. У всех этих больных зарегистрировали быстрый подъём кожной температуры нижних конечностей более  $1^{\circ}\text{C}$  сразу во время осуществления коррекции деформации позвоночника, после патологического воздействия повреждающего фактора. Причины развития неврологических осложнений в указанных наблюдениях были различными. У одной пациентки отметили развитие нижней параплегии в результате компрессии спинного мозга фрагментом гемостатической губки, с помощью которой осуществляли гемостаз в месте обильного эпидурального кровотечения. После удаления гемостатической губки и устранения ее давления на спинной мозг зарегистрировали снижение кожной температуры нижних конечностей с постепенным её восстановлением до исходной. Сразу после пробуждения у больной появились движения в ногах, восстановилась проводниковая чувствительность.

В двух случаях неврологические осложнения возникли в результате коррекции грубого кифосколиоза с величиной сколиотической дуги  $102^{\circ}$  и  $133^{\circ}$ , кифоза –  $121^{\circ}$  и  $128^{\circ}$ . После выполнения мобилизующей дискэктомии осуществили коррекцию деформации на фоне скелетного вытяжения за черепи голени. У одной из этих пациенток осуществляли запись ССВП. Было отмечено резкое снижение потенциалов до полного их исчезновения сразу после проведения коррекции деформации позвоночника. После диагностики осложнения инструментарий в центральной части у обеих пациенток удалили с сохранением краниальных и каудальных фиксирующих элементов для дальнейшего лечения. Сразу после снятия корригирующего усилия инструментария отметили начало снижения кожной температуры ног с быстрым её восстановлением. После пробуждения у больных появились движения в ногах, восстановилась

чувствительность конечностей. Это позволило в дальнейшем поднять больных на ноги на 7–10-е сутки после операции, а после непродолжительной адаптации к вертикальному положению, в связи с почти полным восстановлением силы в ногах, выписать домой без внешней иммобилизации для амбулаторного наблюдения в динамике.

Ещё один случай развития неврологического осложнения произошёл у пациентки с крайней степенью выраженности деформации позвоночника (величина сколиотической дуги –  $145^\circ$ , кифоза –  $152^\circ$ ). При проведении тракционной пробы больная продемонстрировала достаточно выраженную подвижность позвоночника и отсутствие какой-либо неврологической симптоматики как до тракции, так и во время ее проведения. Поэтому проведения «wake-up» теста во время операции не планировали, однако осуществляли запись ССВП и проводили кожный термомониторинг нижних конечностей. После выполнения мобилизующей дискэктомии, скелетного вытяжения, множественных клиновидных вертебротомий на вершине деформации позвоночника на этапе установки второго стержня сегментарного инструментария с выпуклой стороны деформации позвоночника отметили резкий подъем кожной температуры на ногах: в течение 2–5 мин на  $1,2^\circ$  на правой ноге, соответствующей вогнутой стороне деформации, и на  $0,7^\circ$  – на левой, соответствующей выпуклой стороне. Одновременно с этим произошло резкое снижение волн ССВП, вплоть до полного их исчезновения. Кроме того, отмечено появление брадикардии. Была немедленно выполнена люмбальная пункция, при этом выявили блок ликворных путей при проведении проб Стуккея и Квеккенштедта. При миелографии с контрастом (омнипак) выявили блок контрастирования на вершине деформации позвоночника. Во время осуществления указанных диагностических манипуляций удалось выполнить «wake-up test», который показал отсутствие движений в ногах. Таким образом, в этой ситуации был использован целый комплекс методов интраоперационного мониторинга функций спинного мозга. С учетом признаков неврологического

осложнения принято решение об удалении установленного инструментария полностью. После пробуждения больной в палате реанимации зарегистрировали полное отсутствие движений и чувствительности в правой ноге и снижение силы в левой ноге до 1–2 баллов с частичным сохранением температурной и мышечно-суставной чувствительностей с уровня вершины деформации позвоночника. При этом имелась разница в кожной температуре ног – до  $0,5^{\circ}$  с сохранением повышенной до  $1,2^{\circ}$ , по сравнению с исходным уровнем, в правой ноге, соответствующей вогнутой стороне сколиотической дуги. Это было связано, по всей видимости, с наибольшим поражением спинного мозга в месте его травматизации, т.е. с вогнутой стороны. Именно с вогнутой стороны сколиотической деформации спинной мозг располагался в позвоночном канале, контактируя с его стенками в наибольшей степени. В послеоперационном периоде происходило постепенное восстановление силы и чувствительности в ногах. После достижения уровня силы в 4 балла в левой и в 2 балла в правой ноге и почти полного восстановления проводниковой чувствительности и функции тазовых органов было принято решение о повторной установке инструментария для стабилизации позвоночника и осуществления возможности дальнейшей полноценной реабилитации. Во время проведения повторной операции, после установки первого стержня справа (вогнутая сторона деформации позвоночника), отмечен очередной подъем кожной температуры нижних конечностей на  $0,6^{\circ}$ . После удаления стержня инструментария кожная температура сразу вернулась к исходному уровню. Был выполнен дополнительный изгиб стержня для уменьшения его корригирующего воздействия на деформацию, произвели его повторную установку. После окончательной компоновки корригирующего инструментария отмечена симметризация кожной температуры нижних конечностей справа и слева. При пробуждении пациентки в палате реанимации отрицательной динамики в неврологическом статусе не выявили. Через 10 дней после операции

больная смогла самостоятельно подняться на колени, а еще через 2 недели была выписана для продолжения реабилитации.

Интраоперационный «wake-up test» Stagnara проведён 41 больному с тракционно провоцируемой пирамидной недостаточностью или с уже имеющейся миелопатией. Все пациенты, у которых были отмечены движения в ногах при проведении теста, не продемонстрировали неврологических осложнений и после операции. Однако 4 пациентов не удалось пробудить на этапе коррекции во время операции. Восстановление признаков сознания и регресс нервно-мышечного блока произошли у этих пациентов с задержкой, оценка неврологического статуса стала возможной только на этапе наложения кожных швов. Тем не менее, у этих пациентов не выявили неврологической симптоматики. У всех пациентов, у которых развития неврологических осложнений не произошло, кожный термомониторинг нижних конечностей не выявил значимых изменений.

Из особенностей параметров кожного термомониторинга можно отметить несколько моментов. Кожная температура на нижних конечностях у пациентов перед началом хирургического вмешательства значительно отличалась. Эти различия были в пределах  $27,2-33,8^{\circ}$ . В связи с этим, имели значение не сами показатели температуры кожи ног, сколько динамика, происходившая с ними в процессе оперативного вмешательства. В связи с выраженными теплопотерями, происходящими с пациентами во время длительного пребывания в операционной с комнатной температурой, происходит постепенное медленное снижение параметров измеряемой кожной температуры (охлаждение кожи ног). Во время проведения основных корригирующих манипуляций на позвоночнике, выполняемых при установке заднего инструментария и осуществлении коррекции деформации позвоночника, особенно у пациентов с сужением позвоночного канала, отсутствием резервного эпидурального пространства, имеющих признаки тракционно провоцируемой пирамидной недостаточности, периодически регистрировались подъёмы кожной температуры от базовой

в данный момент времени с разницей до  $0,7^{\circ}$  С. Тем не менее, в послеоперационном периоде признаков неврологического поражения выявлено не было. По всей видимости, в этот момент времени происходили изменения кровообращения в спинном мозге в зоне передней и задних спинальных артерий функционального характера, не приводящие к ишемическому поражению спинного мозга. Более того, наблюдение за динамикой кожной температуры показало, что, несмотря на такой подъём температуры, в дальнейшем всё равно происходит её падение и постепенное возвращение к исходным параметрам. Становится очевидным, что только травматическое или ишемическое повреждение спинного мозга на грудном уровне приводит к спинальной посттравматической десимпатизации и, соответственно, подъёму поверхностной кожной температуры больше, чем на  $1^{\circ}$  С. Именно эти изменения параметров температуры и были зарегистрированы у пациентов с нарушениями функций спинного мозга, у которых при отсутствии изменений в тактике хирургического вмешательства на позвоночнике в послеоперационном периоде развилась миелопатия в виде нижней вялой параплегии. Кроме того, при повреждении спинного мозга подъём температуры продолжается и даже превышает  $1,2^{\circ}$  С, как и было описано выше, а последующего снижения температуры, характерного для продолжающихся теплопотерь, не происходит. Этот критерий оказался очень надёжным в диагностике повреждений спинного мозга. В случаях, когда не было возможности оценить показатели ССВП и ДВП во время проведения хирургического вмешательства, кожный термомониторинг позволял контролировать состояние функций спинного мозга [57].

Система неинвазивного мониторинга гемодинамических параметров «Nissono» позволяет в режиме реального времени оценить параметры импедансной плетизмографии, в частности PZ0, изменения которого при развитии спинального шока могут быть обусловлены потерей вазомоторного тонуса с избыточным кровенаполнением сосудов нижних

конечностей и соответствующими сдвигами венозного объема крови в измеряемом сегменте [31]. Так как не существует точного стандарта для расположения электродов, нас интересовали не абсолютные значения PZ0, а их изменения в динамике. Указанный вариант мониторинга был применен у 40 % оперируемых с высоким риском развития неврологических осложнений. Ни в одном случае не отметили сколько-нибудь значимых изменений исходных значений базового импеданса как на этапах операции, предшествующих коррекции деформации позвоночника, так и после завершения основных корригирующих мероприятий. Неврологических осложнений у этих пациентов в послеоперационном периоде зарегистрировано не было. Профилактика послеоперационного парализа или паралича очень важна при выполнении хирургической коррекции деформации позвоночника. В интраоперационном мониторинге функции спинного мозга первостепенной является достоверность исследования, позволяющая хирургу и персоналу, осуществляющему мониторинг, быть уверенными в получаемых данных. Тест Stagnara остаётся золотым стандартом для подтверждения неврологического статуса во время операции, хотя имеет свои недостатки и может давать ложноположительные результаты [238]. При регистрации ССВП на стимуляцию нервов нижних конечностей анализу подвергали амплитуду, задержку и форму основных позитивных компонентов P39. Учитывали также наличие или отсутствие более поздних позитивных отклонений потенциала, поскольку снижение, уширение и задержка компонента P39 и непосредственный переход этого компонента в более задержанные позитивные отклонения свидетельствуют о десинхронизации ССВП, задержке части сенсорной импульсации, и являются признаком нарушения проведения по спинному мозгу.

Исходные, регистрируемые до операции, показатели проведения по задним отделам спинного мозга у пациентов обследуемой группы были различными. Регистрировали как ССВП нормальной амплитуды и

формы, без значимых латеральных различий и существенных задержек, так и значительно изменённые ССВП. Снижение, задержка, изменение формы ССВП также в большинстве случаев были более выраженными для проведения по вогнутой стороне деформации. Поскольку при нормализации формы позвоночного канала для проведения по вогнутой стороне могут быть значимыми как позитивный фактор декомпрессии проводящих путей спинного мозга, так и негативный фактор их тракции, а реакции сосудов, обеспечивающих кровоснабжение спинного мозга, в основном существенны для проведения с обеих сторон, при наличии существенных латеральных различий для мониторинга выбирали сторону с лучшими параметрами ССВП. На рисунке 18 приведён пример дооперационной регистрации ССВП на стимуляцию большеберцовых нервов, иллюстрирующей умеренно выраженные различия задержек и формы ССВП.

Наркоз снижал амплитуду и увеличивал задержки ССВП. При варианте ОА с использованием ингаляционного анестетика севорана с МАК 1,2–0,6 амплитуда вызванных потенциалов в 62,5 % случаев снижалась значительно, вплоть до полного подавления, хотя в 25,0 % случаев при тех же концентрациях севорана регистрировали пригодные для мониторинга ССВП. При варианте ТВА с использованием гипнотика пропофола амплитуда ССВП, регистрируемых в начале операции, была ниже зафиксированной при предоперационном обследовании на 35–50%, увеличение же задержки не превышало 1,8 мс, то есть было менее 5% (в среднем 1,9).



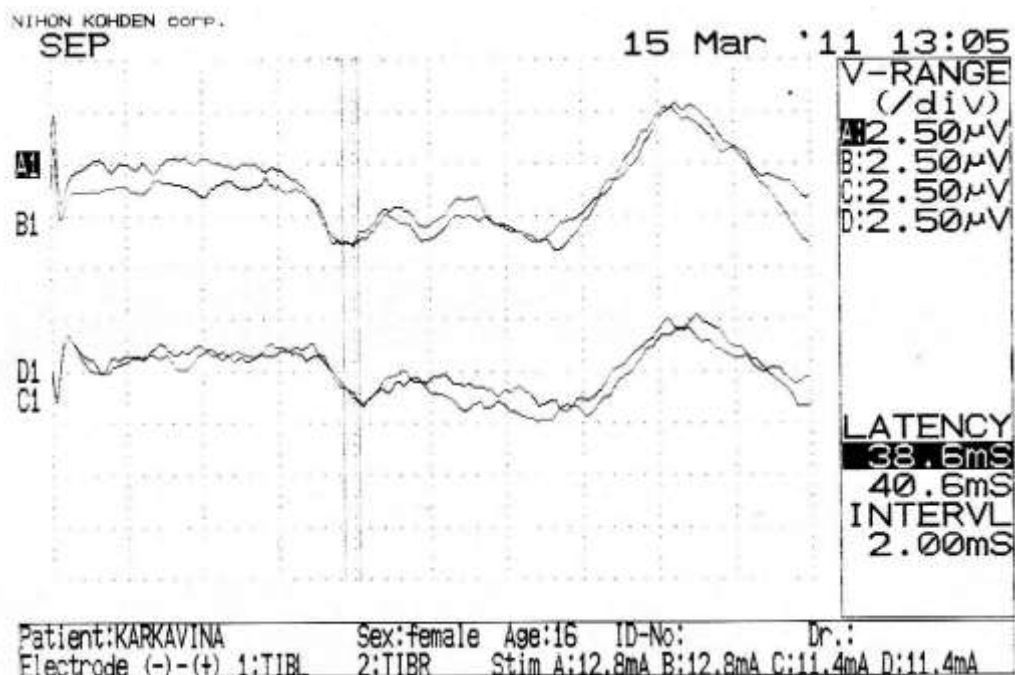


Рисунок 18 – Результаты регистрации соматосенсорных вызванных потенциалов на стимуляцию большеберцовых нервов у пациентки со сколиозом при предоперационном обследовании (пример). Верхние кривые – ССВП на стимуляцию n.tibialis на левой нижней конечности, нижние – на правой

В ходе операций имели место как кратковременные изменения (ухудшения) параметров ССВП, связанные с хирургической агрессией, так и медленно развивающиеся умеренные изменения, определяемые качеством нейродинамики, зависящей, в свою очередь, от глубины анестезии и состояния гемодинамики. Постепенное увеличение задержки ССВП при длительном пребывании под наркозом наблюдали у всех пациентов, в том числе и тогда, когда амплитуда снижалась незначительно, а форма оставалась стабильной.

В качестве критерия возникновения опасности нежелательных последствий в литературе часто рассматривают увеличение латентности потенциалов, в том числе и компонента Р39, более чем на 10 % по отношению к измеренным в условиях анестезии в начале операции [238]. Нужно отметить, что при этом не учитывают то обстоятельство, что в условиях длительного наркоза латентное время компонентов ССВП увеличивается независимо от тяжести хирургической агрессии. Как было

показано нами ранее [69], такое увеличение задержек имеет место и для наиболее устойчивых к действию факторов наркоза стволовых слуховых ССВП, причем степень этого увеличения связана с типом используемого для основного наркоза анестетика. Обусловленное длительным пребыванием пациента в условиях наркоза увеличение задержек стволовых ССВП может достигать значения более 11%, при этом и витальные функции в ходе операции, и исходы не отличаются значимо от ситуаций с меньшим увеличением задержек. При применяемом нами анестезиологическом обеспечении с использованием не общепринятых, а субнаркологических доз клофелина и кетамина столь большого увеличения задержек, обусловленного длительным пребыванием под наркозом, мы не наблюдали. Кратковременные изменения ССВП отмечали при интенсивных хирургических манипуляциях, которые приводили к появлению признаков десинхронизации, частичной задержки проведения. Выражалось это в увеличении задержки максимума основного позитивного компонента, появлении на его заднем фронте дополнительных, ещё более задержанных позитивных отклонений, в ряде случаев, превосходящих по амплитуде первичный максимум.

Увеличение задержки основного позитивного отклонения не превышало 4 мс, то есть 10 % от значения, регистрируемого в начале операции; задержка же дополнительных отклонений могла быть существенно большей. При этом не менее чем в трети случаев не отмечали никакого снижения амплитуды ССВП, наоборот, вероятно, вследствие явлений ирритации, она увеличивалась. С уменьшением хирургической агрессии параметры ССВП восстанавливались в течение 1–2 мин. Пример таких изменений приведен на рисунке 19. Зафиксированы изменения ССВП на этапе скелетирования задних отделов позвоночника, когда имели место значительные механические воздействия.

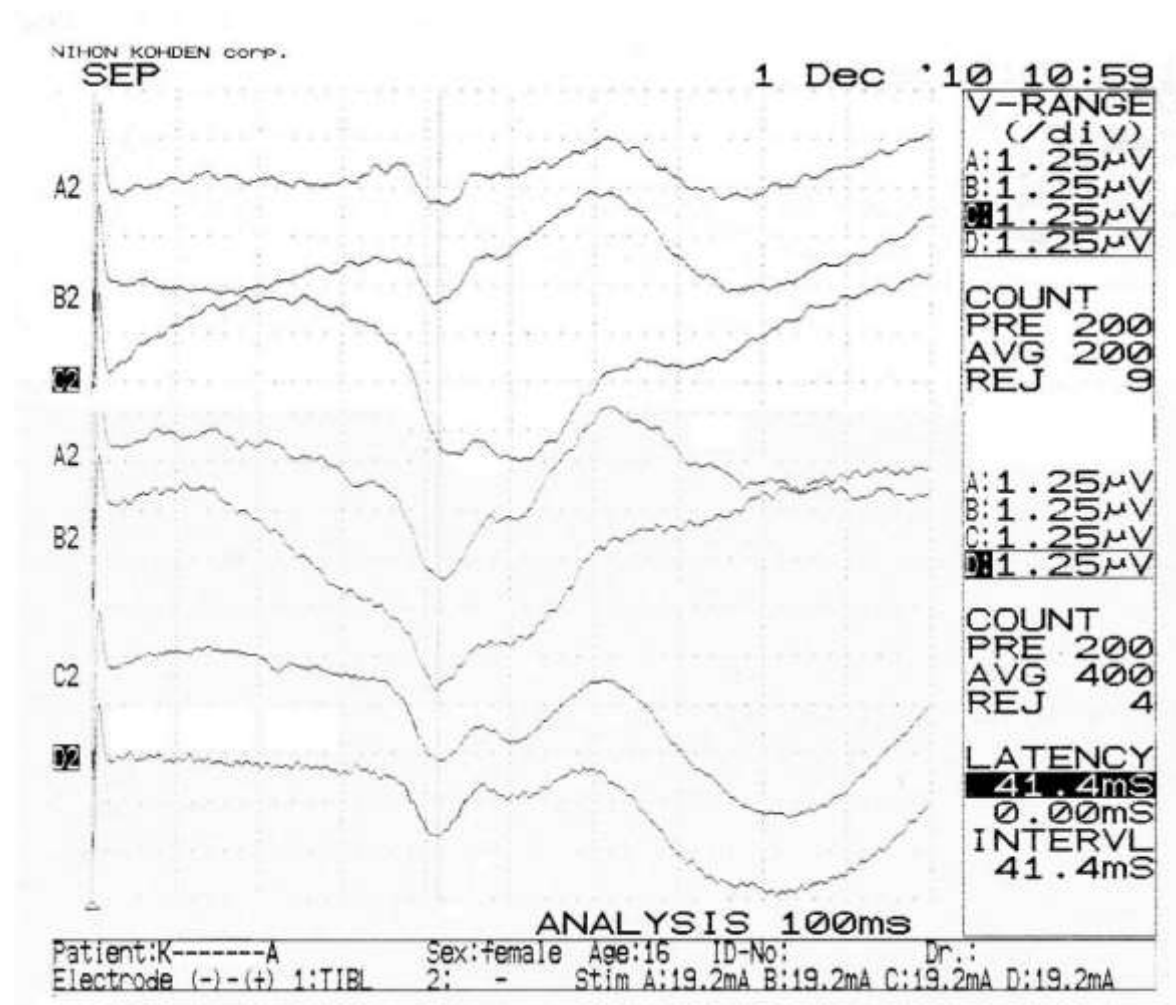


Рисунок 19. – Мониторинг ССВП в ходе операции с целью коррекции сколиотической деформации позвоночника. Изменения ССВП при интенсивных хирургических манипуляциях на этапах скелетирования задних отделов позвоночника и удаления межпозвонковых суставов

Более продолжительные, но также проходящие изменения ССВП подобного характера, отмечались на этапах поиска точек опоры и заведения крючков в позвоночный канал. Хотя данные изменения являлись обратимыми, их появление принималось во внимание хирургом, хирургическая тактика корректировалась, принимались возможные меры по уменьшению её агрессивности. При этом применявшиеся тракционные воздействия на этапе коррекции сколиоза вызывали меньшие изменения ССВП, чем описанные выше.

Снижение перфузионного давления спинного мозга во время оперативной коррекции деформаций позвоночника приводит к нарушениям

кровообращения передних отделов спинного мозга и проявляется на мониторинге двухсторонней потерей моторных вызванных потенциалов (МЕР) с сохранёнными соматосенсорными потенциалами (SEP). В некоторых случаях во время оперативной сессии мы наблюдали временные ложноположительные события, проявляющиеся изолированной потерей МЕР с нормальными или сниженными SEP, это составило примерно 10% от всех операций. По нашим наблюдениям данные изменения более вероятно были связаны с низким средним артериальным давлением (<60 мм.рт.ст.) и при его повышении с хирургической паузой примерно в 10-15 минут отмечалась появление МЕР и их дальнейшее увеличение до базовой линии, что позволяло нам продолжить операцию и исправить деформации позвоночника, как первоначально планировалось.

Реакции с изменением параметров ССВП возникали лишь в начале приложения нагрузки, затем быстро наступала адаптация проводниковой функции спинного мозга к изменившейся ситуации.

Лишь в одном случае сохранявшееся более 2 мин снижение амплитуды ССВП послужило поводом к снижению нагрузки.

Во время проведения винтов или при использовании хирургического инструментария можно повредить задние структуры спинного мозга, что приводит к значимому снижению или потере SEP без снижения МЕР, при повреждении боковых отделов спинного мозга кусачками Керрисона развивается синдром Броун-Секара, что проявляется обычно односторонней потерей МЕР и/или SEP. В процессе хирургической коррекции деформаций позвоночника, с выполнением укорачивающих вертебротомий высока вероятность повреждения спинного мозга и как следствие развитие синдрома центрального повреждения спинного мозга, проявляющегося на ИОНМ двусторонним снижением SEP и МЕР с последующим их отсутствием, что и встретилось в нашей практике в одном случае.

В спорных случаях, а также при грубых сколиотических деформациях мы также использовали транскраниальную стимуляцию одиночными

электрическими стимулами моторной коры головного мозга с регистрацией D-волны эпидурально расположенным электродом на уровне тел Th10 - Th11 позвонков. При отсутствии отрицательной динамики в амплитуде D-волны при снижении SEP с отсутствием МЕР с двух сторон, мы дифференцировали так называемые ложноположительные события, что добавляло нам уверенности в отсутствии развития неврологического дефицита с дальнейшим регрессом изменений регистрируемой картины и нарастанием как МЕР, так и SEP при увеличении показателей среднего артериального давления. В одном случае оперативной коррекции сколиоза, при выполнении укорачивающей вертебротомии и более вероятно в результате спазма артерии Адамкевича мы регистрировали снижение амплитуд D-волны, SEP, МЕР с дальнейшим их отсутствием и развитием при пробуждении нижней параплегии.

Необратимые изменения, исчезновение ССВП, предшествующие появлению неврологического дефицита (см. рисунок 20), возникли в нашем наблюдении очень быстро, опережая реакцию кожной температуры конечностей.

Вместе с тем включение кожной термометрии нижних конечностей в интраоперационный мониторинг функций спинного мозга, на наш взгляд, в значительной степени повышает не только достоверность, но и скорость выявления неврологических нарушений во время хирургических вмешательств на позвоночнике [57]. В целом каждый из методов интраоперационного мониторинга функции спинного мозга имеет свои преимущества и недостатки, которые необходимо учитывать при планировании хирургических вмешательств.

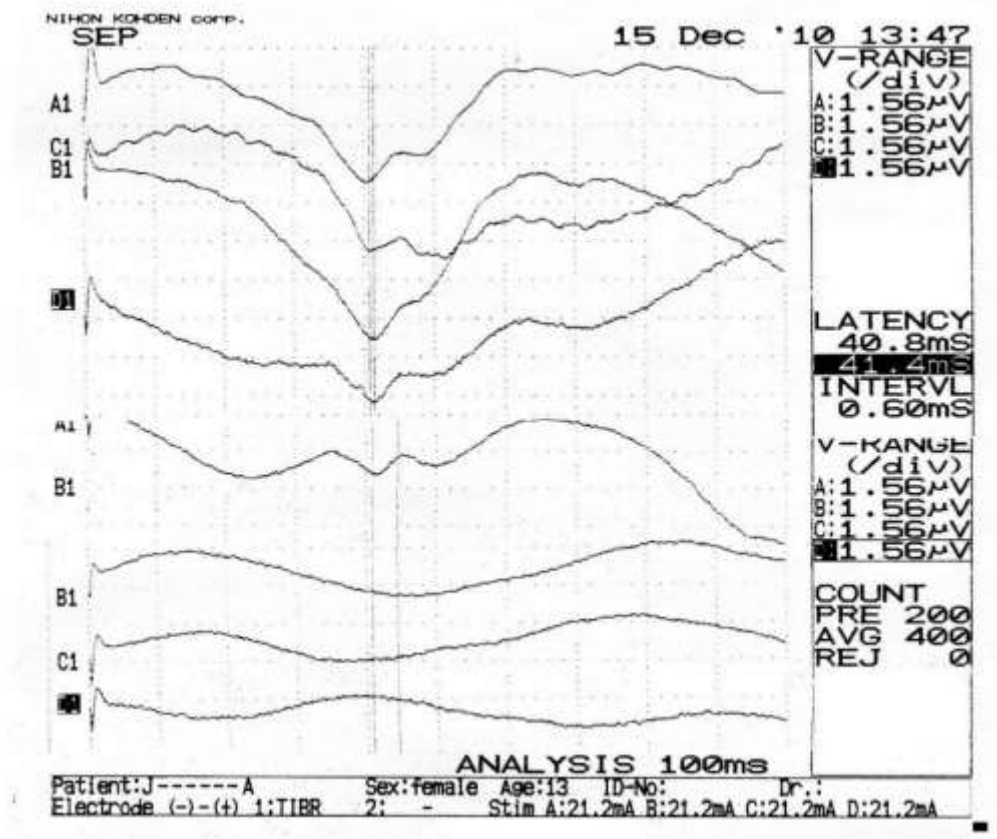


Рисунок 20. – Необратимое исчезновение ССВП в ходе интраоперационного мониторинга функции проведения спинного мозга, сопровождавшееся развитием неврологического дефицита

Обычно при регистрации развития моторных и сенсорных нарушений проводимости спинного мозга мы прибегали к хирургической паузе примерно на 10-15 минут с параллельным применением глюкокортикоидов, диуретиков, повышение среднего артериального давления, а также с ослаблением корригирующего воздействия транспедикулярной системы. В одном случае оперативного лечения грубой сколиотической деформации при её коррекции мы наблюдали снижение амплитуды D-волны относительно базовой линии, но не более 50%, при отсутствии SEP и статистически значимом снижении МЕР практически на 80%, с повышением температуры на одной нижней конечности на 0,5 градуса, а на другой на 0,4 градуса от исходной температуры до оперативного лечения. В данном случае нами были рассмотрены все возможные причины развития данных изменений и предприняты адекватные методы их устранения.

Коррекция сколиотической дуги в данном случае была выполнена, однако, не в запланированном объёме. При пробуждении пациента наблюдался нижний парапарез с дальнейшим полным регрессом в раннем послеоперационном периоде.

Метод микродиализа мы применили у 2-х пациентов с тяжёлыми кифосколиотическими деформациями позвоночника. Осуществлялся контроль маркёров ишемии на вершине сколиотической дуги с помощью катетера с мембраной, размещённого в области задних клиновидных вертебротомий. Анализ маркёров проводился на протяжении нескольких часов после проведения хирургической коррекции тяжёлого сколиоза. Показатели глюкозы у первого пациента представлены на рисунке 21.

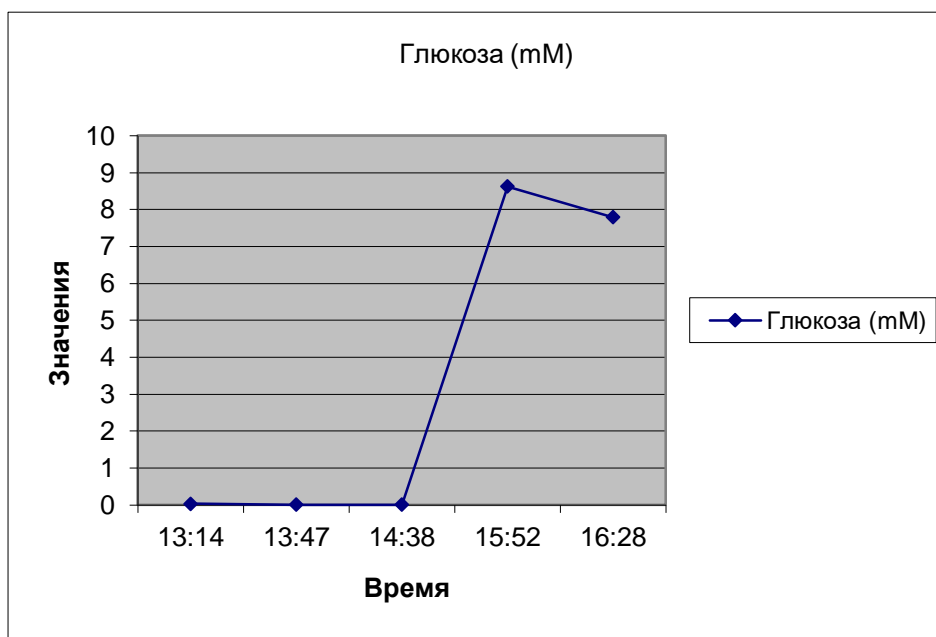


Рисунок 21 – Динамика глюкозы в послеоперационной ране в месте радикального вмешательства в ближайший послеоперационный период у 1-го пациента

Значения глюкозы не выходили за пределы нормальных после операции, что свидетельствовало об отсутствии значимых отрицательных изменений в зоне максимальной ишемии.

Кроме того, анализировался уровень лактата (рисунок 22).

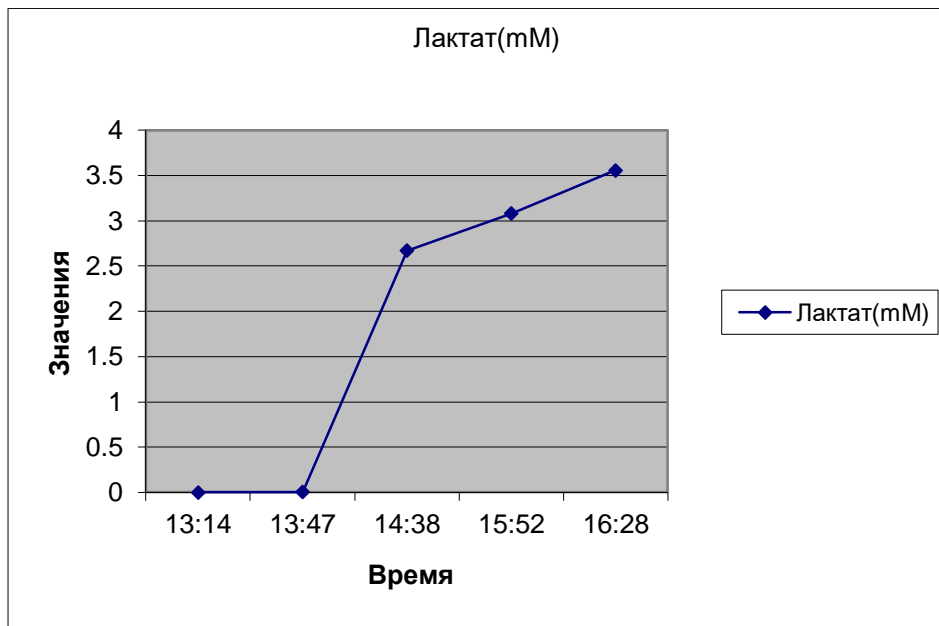


Рисунок 22 – Динамика лактата в послеоперационной ране в месте радикального вмешательства в ближайший послеоперационный период у 1-го пациента

Значения лактата не выходили за пределы нормальных после операции, что также свидетельствовало об отсутствии значимых отрицательных изменений в зоне максимальной ишемии.

Для контроля ишемии анализировали уровень пирувата (рисунок 23).

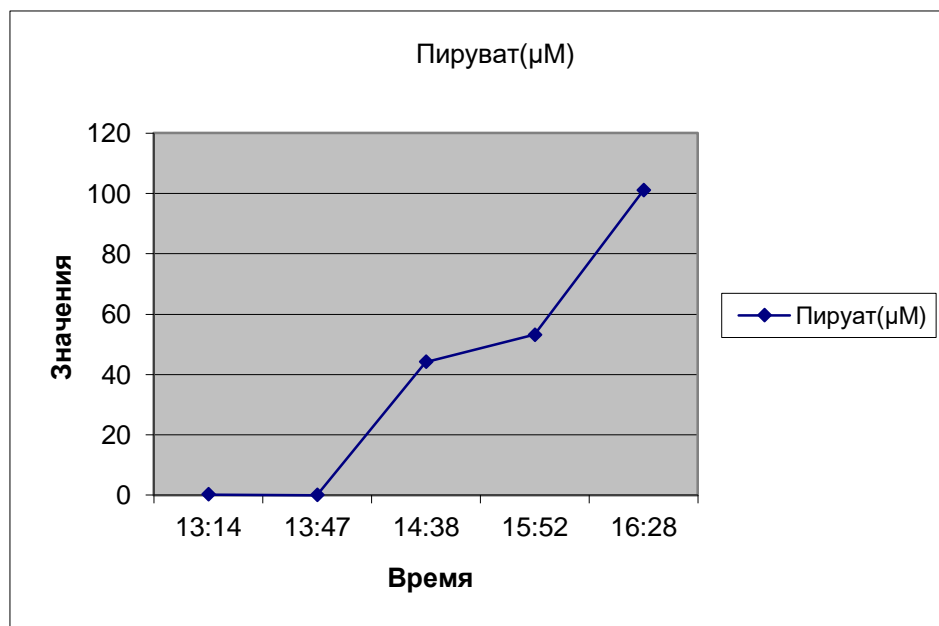


Рисунок 23 – Динамика пирувата в послеоперационной ране в месте радикального вмешательства в ближайший послеоперационный период у 1-го пациента



Значения пирувата не выходили за пределы нормальных после операции, что также свидетельствовало об отсутствии значимых отрицательных изменений в зоне максимальной ишемии.

Для контроля ишемии анализировали также соотношение уровней лактата и пирувата (рисунок 24).

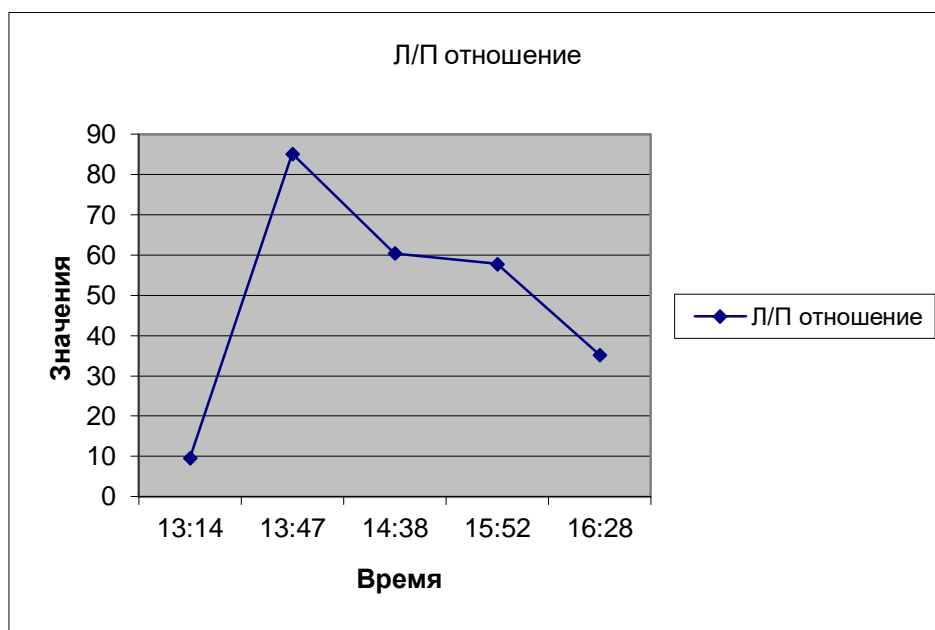


Рисунок 24 – Динамика соотношения лактата и пирувата в послеоперационной ране в месте радикального вмешательства в ближайший послеоперационный период у 1-го пациента

Значения соотношений лактата и пирувата было одним из наиболее значимых в оценке возможной ишемии в зоне вершины сколиотической дуги. Они не выходили за пределы нормальных значений после операции, что свидетельствовало об отсутствии значимых отрицательных изменений в зоне максимальной ишемии.

Кроме того, для контроля ишемии анализировали уровень глутамата (рисунок 25). Все эти показатели входили в комплекс контроля развития ишемии в зоне вершины деформации позвоночника, что позволило бы не только отметить наличие этих изменений, но и время их возникновения, что в значительной степени улучшило бы качество контроля функций спинного мозга и кровообращения в зоне их максимально возможных нарушений.

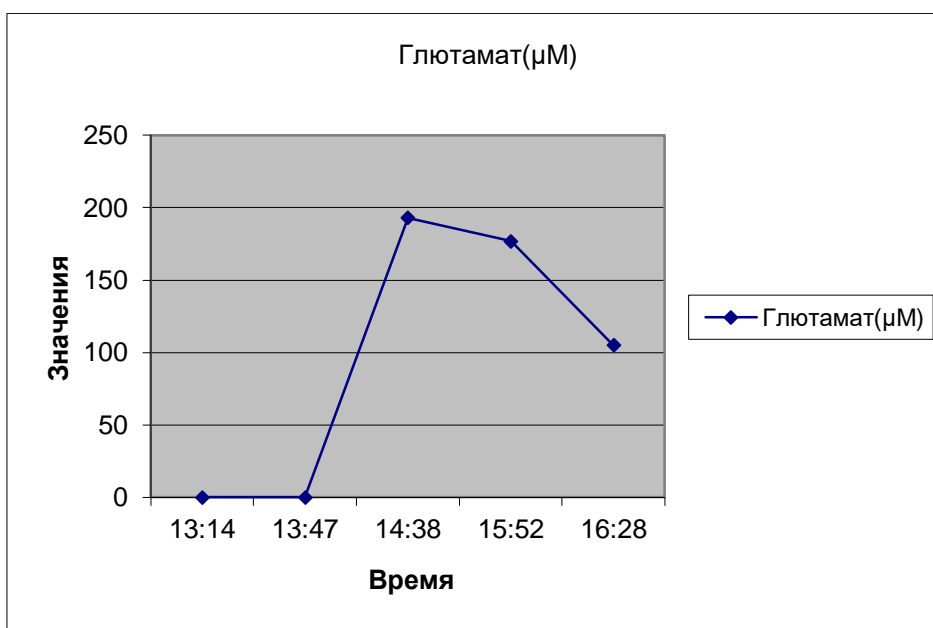


Рисунок 25 – Динамика уровня глутамата в послеоперационной ране в месте радикального вмешательства в ближайший послеоперационный период у 1-го пациента

Тем не менее, уровень глутамата не выходил за пределы нормальных значений после операции, что также свидетельствовало об отсутствии значимых отрицательных изменений в зоне максимальной ишемии.

Для проверки качества методики микродиализа и исключения случайных данных, которые бы могли привести к ложным результатам, мы провели исследование этих параметров у второго пациента с тяжёлой кифосколиотической деформацией позвоночника, также имеющего высокие риск развития неврологических осложнений в результате хирургической коррекции.

Показатели глюкозы у второго пациента представлены на рисунке 26. Значения глюкозы также не выходили за пределы нормальных после операции, что свидетельствовало об отсутствии значимых отрицательных изменений в зоне максимальной ишемии.

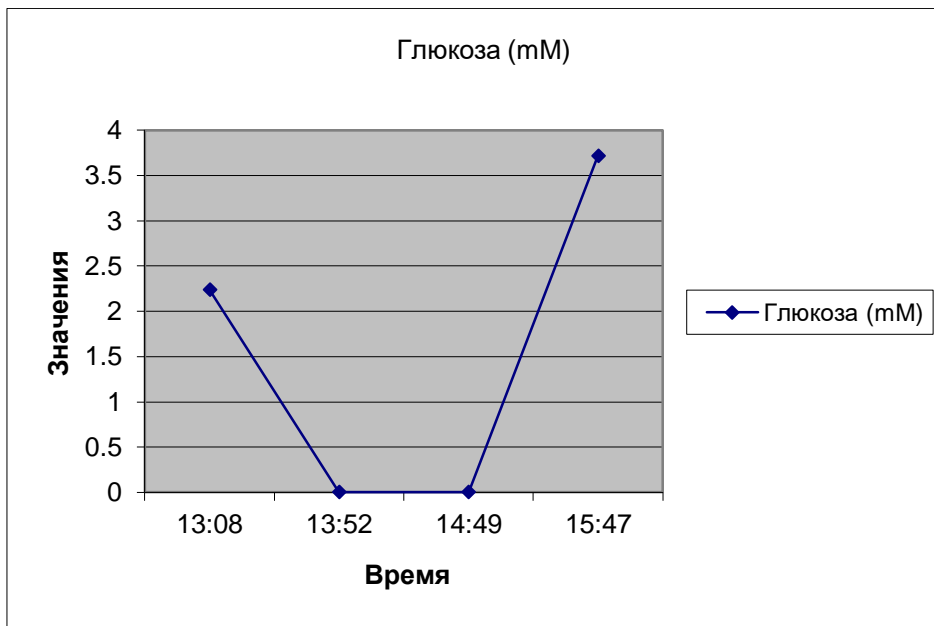


Рисунок 26 – Динамика глюкозы у 2-го пациента в послеоперационной ране в месте радикального вмешательства в ближайший послеоперационный период

На рисунке 27 представлен уровень лактата возле спинного мозга на вершине деформации позвоночника в динамике после операции у второго пациента с высоким риском неврологических осложнений.

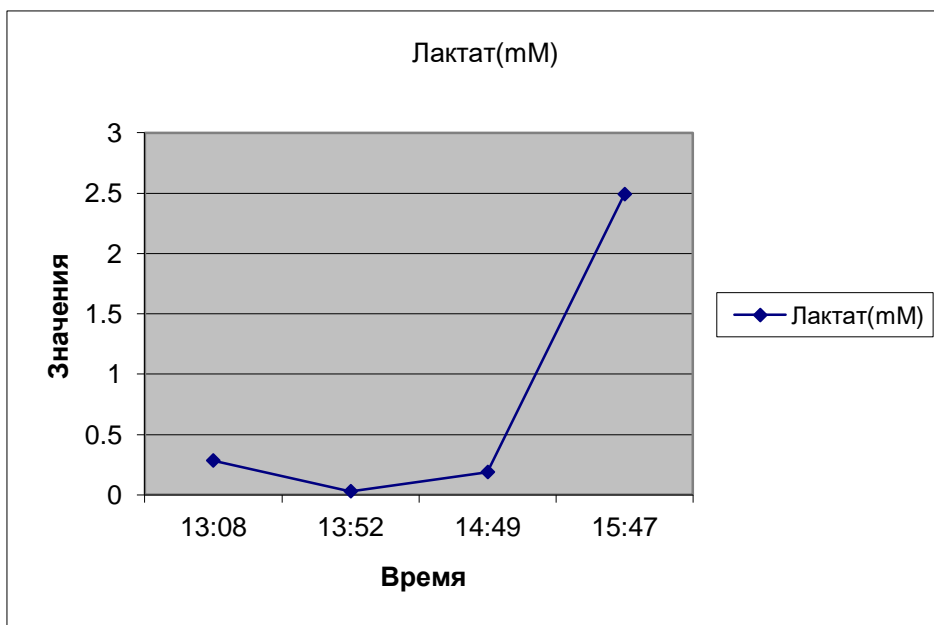


Рисунок 27 – Динамика лактата 2-го пациента в послеоперационной ране в месте радикального вмешательства в ближайший послеоперационный период

Значения лактата не выходили за пределы нормальных после операции, что также свидетельствовало об отсутствии значимых отрицательных изменений в зоне максимальной ишемии.

Для контроля ишемии у второго пациента анализировали уровень пирувата (рисунок 28).

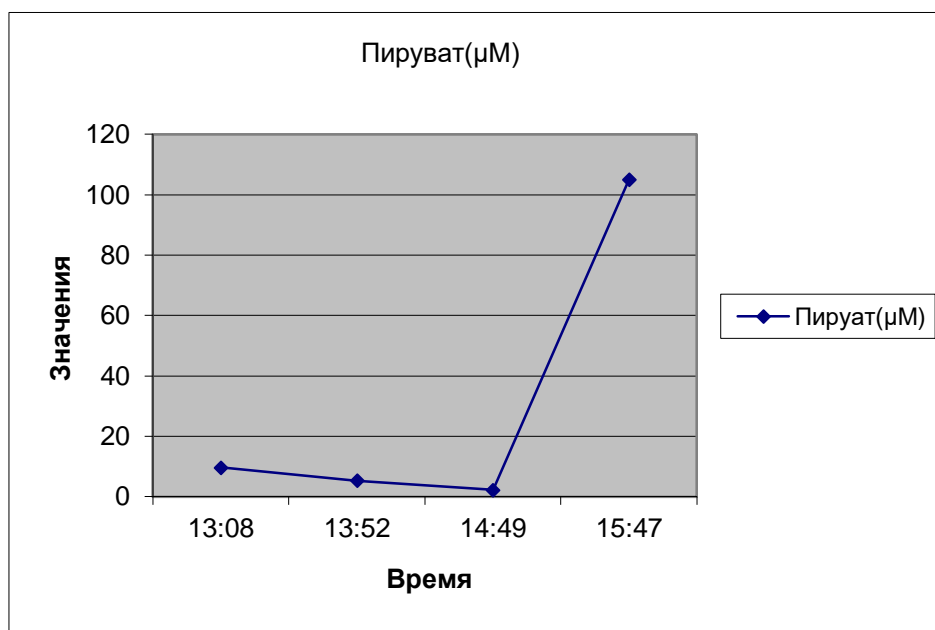


Рисунок 28 – Динамика пирувата у 2-го пациента в послеоперационной ране в месте радикального вмешательства в ближайший послеоперационный период

Значения пирувата не выходили за пределы нормальных после операции, что также свидетельствовало об отсутствии значимых отрицательных изменений в зоне максимальной ишемии.

Анализ соотношения уровней лактата и пирувата у 2-го пациента представлен на рисунке 29. Значения соотношений лактата и пирувата было одним из наиболее значимых в оценке возможной ишемии в зоне вершины сколиотической дуги. У 2-го пациента они также не выходили за пределы нормальных значений после операции, что свидетельствовало об отсутствии значимых отрицательных изменений в зоне максимальной ишемии.

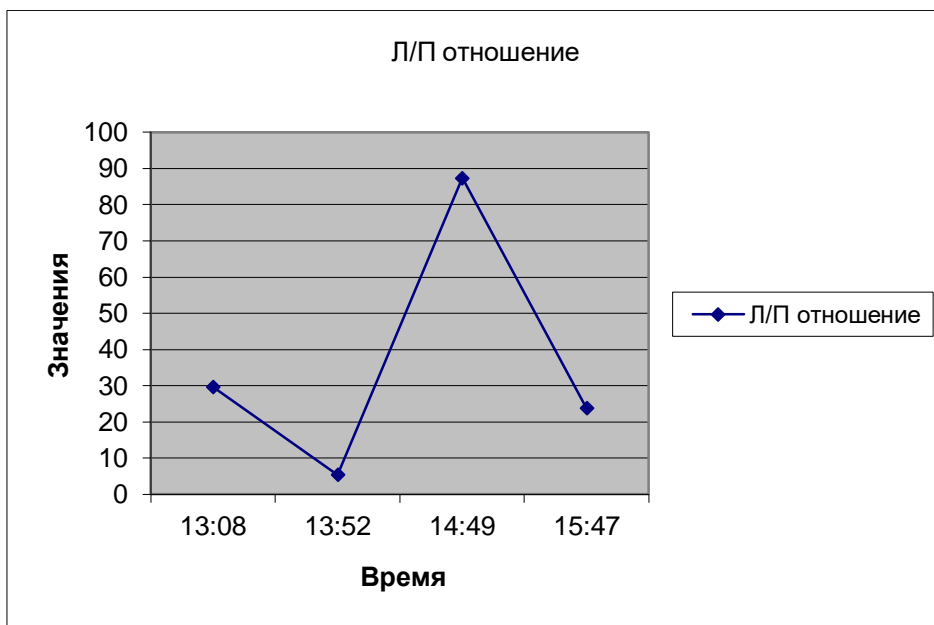


Рисунок 29 – Динамика соотношения лактата и пирувата в послеоперационной ране в месте радикального вмешательства в ближайший послеоперационный период у 2-го пациента

Контроль ишемии у второго пациента анализировали при исследовании уровня глутамата (рисунок 30).

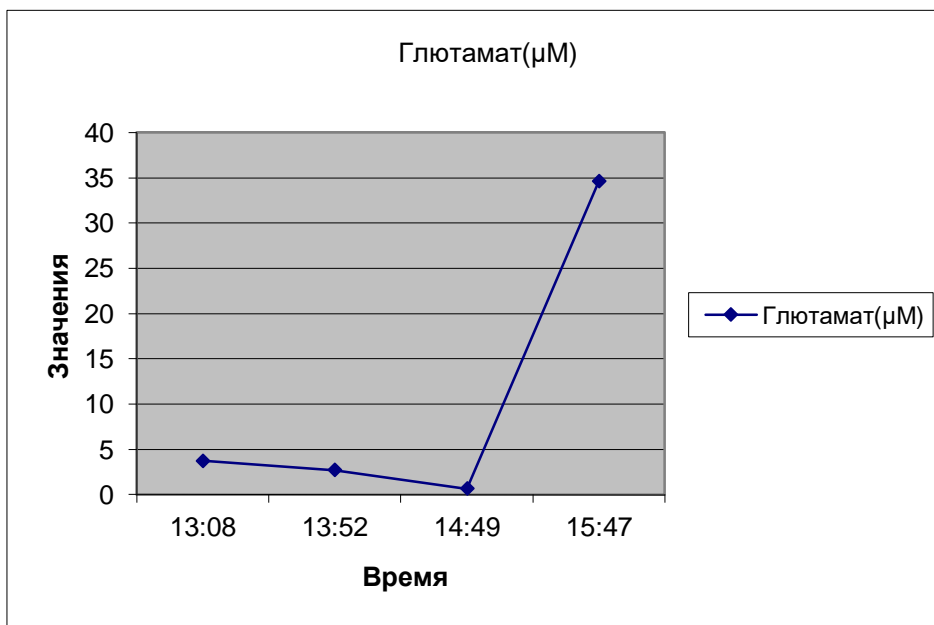


Рисунок 30 – Динамика уровня глутамата в послеоперационной ране в месте радикального вмешательства в ближайший послеоперационный период у 2-го пациента

Все эти показатели входили в комплекс контроля развития ишемии в зоне вершины деформации позвоночника в течение всего ближайшего

послеоперационного периода, что в значительной степени улучшило бы качество контроля функций спинного мозга и кровообращения в зоне их максимально возможных нарушений.

Тем не менее, уровень глутамата у второго пациента также не выходил за пределы нормальных значений после операции, что свидетельствовало об отсутствии значимых отрицательных изменений в зоне максимальной ишемии.

Таким образом, интраоперационный нейромониторинг может в значительной степени быть усилен контролем микродиализа в раннем послеоперационном периоде, чтобы иметь возможность контролировать не только непосредственно интраоперационные нарушения функций спинного мозга, но и нарушения кровообращения, а, значит, и ишемические изменения в критической зоне вершины сколиотической дуги на протяжении нескольких ближайших часов после хирургической коррекции деформации позвоночника.

Использование комбинации ССВП и ДВП вовсе не исключает проведения «wake-up» теста и кожной термометрии нижних конечностей. В конечном итоге применение того или иного метода интраоперационного мониторинга определяется наличием соответствующего инструментария, обученного персонала, а также доступностью метода, его стоимостью и эффективностью.

Учитывая высокий риск осложнений во время хирургического лечения тяжёлых форм сколиотических деформаций позвоночника, а также необходимость определения чёткой последовательности действий по их выявлению, отслеживанию и устранению в процессе лечения больного, мы стали использовать разработанный совместно с анестезиологами алгоритм профилактики неврологических осложнений [27]. Этот алгоритм представляет собой блок-схему, сформированную из нескольких участков, описывающих последовательность и варианты действий на различных этапах хирургического лечения больного.

I этап – предоперационное обследование. II этап – клинический разбор и постановка диагноза (см. рисунок 31). III этап – интраоперационный мониторинг функций спинного мозга (см. рисунок 32). IV этап – завершение хирургического вмешательства в зависимости от результатов мониторинга (см. рисунок 33).

Использование алгоритма профилактики неврологических осложнений позволяет выполнять соответствующий объём обследования пациентов перед операцией, выбирать адекватную хирургическую тактику, проводить обоснованный комплексный многокомпонентный мониторинг функций спинного мозга, осуществлять профилактику и контроль неврологических осложнений.

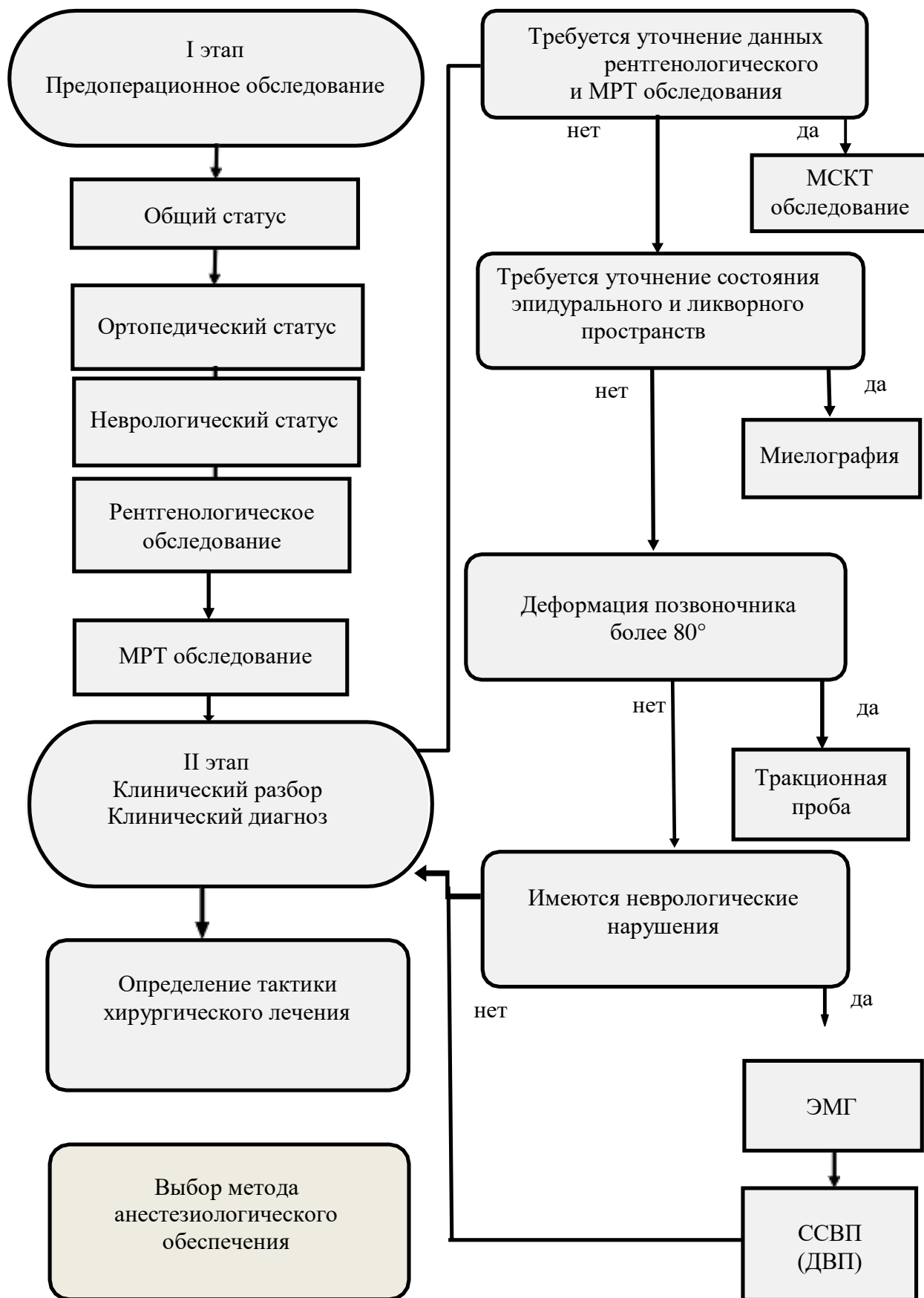


Рисунок 31 – Блок-схема I и II этапов алгоритма профилактики неврологических осложнений



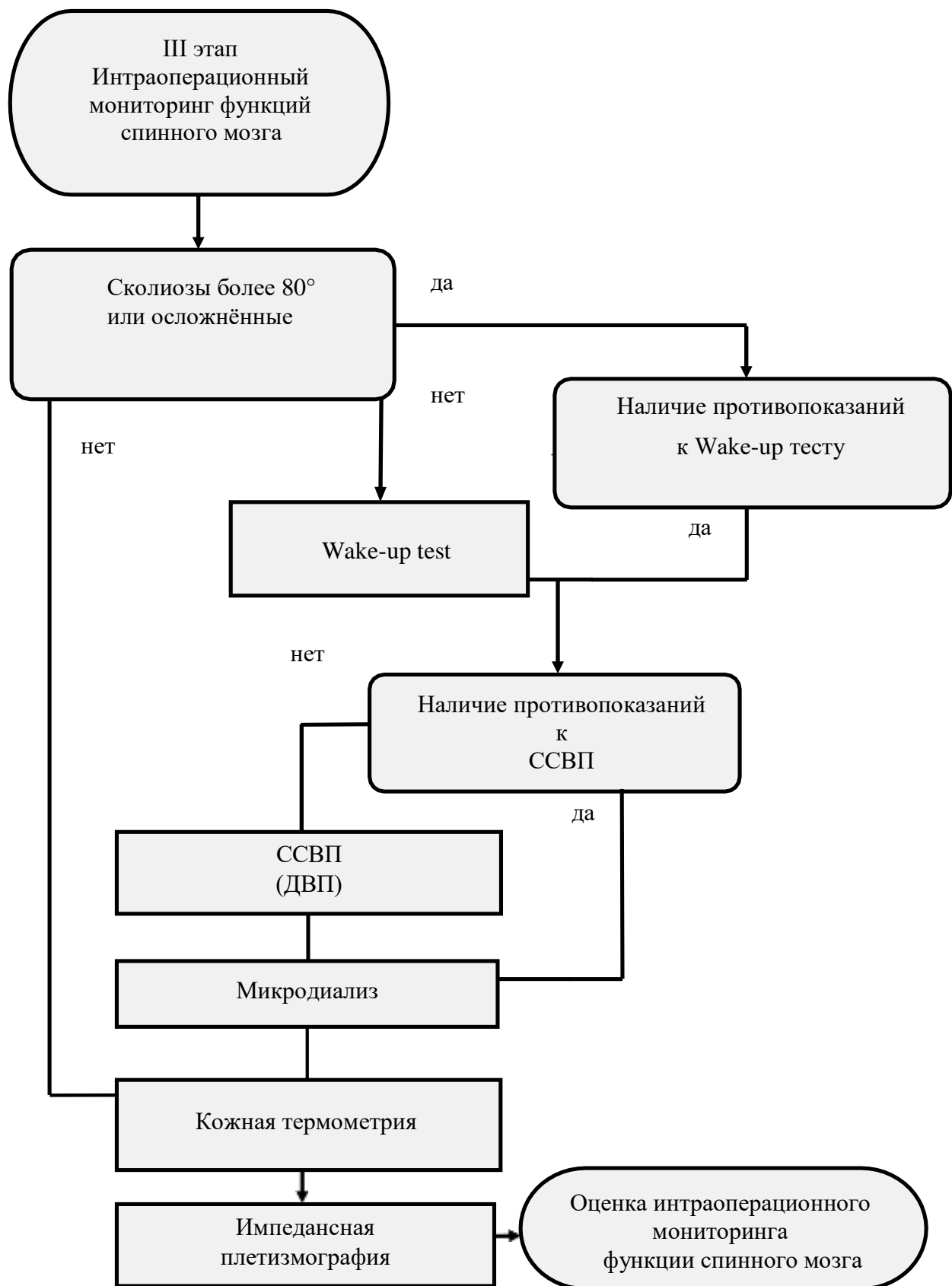


Рисунок 32 – Блок-схема III этапа алгоритма профилактики неврологических осложнений

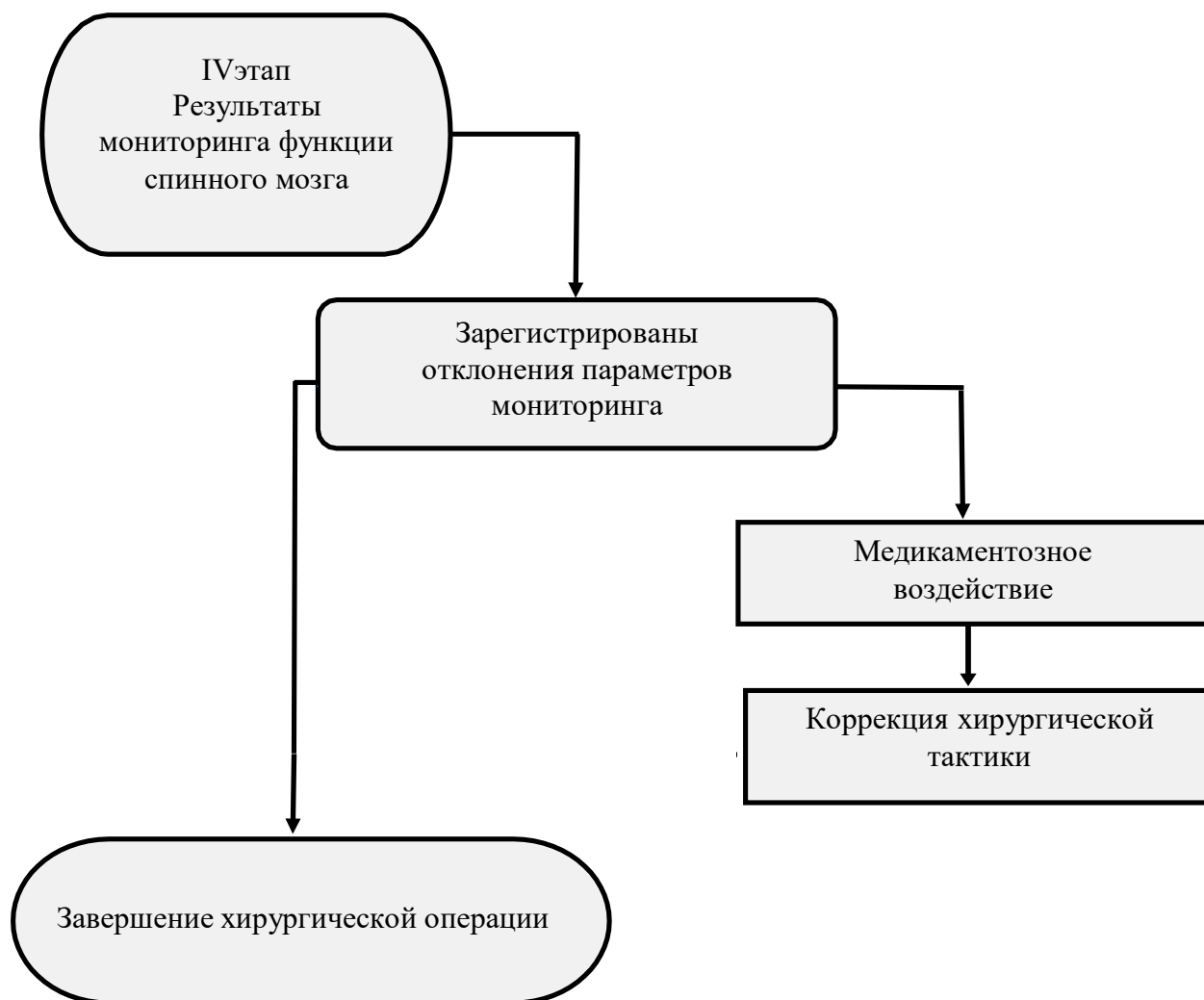


Рисунок 33 – Блок-схема IV этапа алгоритма профилактики неврологических осложнений

### Резюме

При определении высокого риска развития неврологических осложнений на этапе формирования плана хирургической коррекции деформации позвоночника, вне зависимости от предполагаемого объема оперативного вмешательства, необходимо проведение комплексного интраоперационного мониторинга функции спинного мозга на основе записи ССВП (ДВП), кожной термометрии нижних конечностей, контроля периферического сосудистого сопротивления, и, при необходимости, проведения «wake-up» теста. Это даст возможность не только констатировать возникновение неврологического дефицита и, в соответствии с этим, проводить действия по его устранению, но также

контролировать его возможное приближение, что позволяет снизить общее количество тяжёлых неврологических осложнений.

## **ГЛАВА 5 ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ РИГИДНЫХ СКОЛИОЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИКАЛЬНЫХ МЕТОДОВ КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА**

### **5.1 Хирургическое лечение тяжёлых сколиозов**

Хирургическое лечение тяжёлых ригидных деформаций позвоночника сопровождается значительными трудностями. Это связано с тем, что в большинстве случаев грубые торсионные изменения позвоночника (клиновидность и патологическая ротация) на вершине деформации достигают такой выраженности, что выполнение классического «деротирующего манёвра» при коррекции таких деформаций либо становится неэффективным, либо практически невыполнимым. В связи с этим, хирургическое лечение таких деформаций в обязательном порядке требует применения дополнительной мобилизации позвоночника. Она заключается как в вентральной (иссечение межпозвонковых дисков на протяжении основной дуги искривления), так и дорсальной мобилизации (рассечение связочного аппарата, резекция суставных и поперечных отростков). Оба вмешательства целесообразно выполнять под одним наркозом («one day surgery»). Кроме того, при деформациях выше  $80^\circ$  применялась хирургическая техника, названная трёхстержневой, так как коррекция и стабилизация достигаются двумя стержнями, установленными на вогнутой стороне, и одним – на выпуклой. Тем не менее, при особо запущенных деформациях выполнение как передней, так и задней мобилизации деформации позвоночника с коррекцией сегментарным инструментарием на фоне проведения скелетного вытяжения за череп и голени может не только обеспечить адекватного исправления основной дуги, восстанавливающего нормальную или близкую к нормальной биомеханику позвоночника, но и представлять

собой дополнительный риск с точки зрения развития неврологических осложнений. Более того, при выраженной ригидности основной дуги искривления, несмотря на проведение всех мобилизующих этапов, подвижности между позвонками становится недостаточно для монтажа сегментарного инструментария в биомеханически выгодном положении из-за сохранения большей части как кифотического, так и сколиотического компонентов деформации позвоночника. Хирургам приходится формировать дополнительные изгибы стержней инструментария и, таким образом, идти на риск псевдоартрозов и потери коррекции, дисбаланса туловища, дальнейшего прогрессирования деформации и даже удаления инструментария вследствие его переломов и несостоятельности костных точек опоры в отдалённом послеоперационном периоде. Как оказалось, основное количество таких осложнений происходило в группе пациентов, у которых исходная величина деформации превышала  $100^\circ$ , а после коррекции остаточные дуги превышали  $70^\circ$ .

Для эффективности лечения таких деформаций в отделении детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО стало возможным применение радикальных методов коррекции, уменьшающих истинную торсионную деформацию позвонков, т.е. их клиновидность и патологическую ротацию, а также улучшающих форму позвоночного канала. Эти вмешательства включают в себя использование множественных клиновидных корригирующих вертебротомий на вершине деформации позвоночника с последующей коррекцией сегментарным инструментарием при управляемом его воздействии на вершину деформации позвоночника. В основе первого вентрального этапа воздействия на деформированный позвоночник – компрессия клиновидно деформированных тел позвонков на вершине сколиотической дуги с изменением их формы (уменьшением их клиновидности) после осуществления мобилизующей дискэктомии [15]. В основе второго дорсального этапа воздействия – компрессия фиксирующими элементами сегментарного инструментария с выпуклой

стороны вершины дуги до полного смыкания выпуклой части дужек между собой после выполнения множественных клиновидных вертебротомий [53]. Эти воздействия уменьшают торсионную деформацию вершинных позвонков сколиотической дуги, формируют выраженную подвижность между ними, а применение корригирующего сегментарного инструментария с компрессией его фиксирующими элементами выпуклой стороны сколиоза помогает достичь оптимального исправления и надёжной фиксации деформации позвоночника с ускорением формирования передних и задних искусственных костных блоков.

## 5.2 Характеристика группы

Для оценки возможностей метода радикальной коррекции тяжёлых ригидных сколиотических деформаций позвоночника мы провели исследование, в которое включили 108 пациентов в возрасте 12,0–47,9 лет (в среднем ( $M \pm m$ )  $19,1 \pm 6,4$  года), оперированных с 2006 по 2012 гг. (II группа). Средняя продолжительность наблюдения в этой группе исследования составила  $5,6 \pm 1,6$  лет (от 2,9 до 8,5 лет). Распределение пациентов по этиологии деформации позвоночника представлено на рисунке 34.

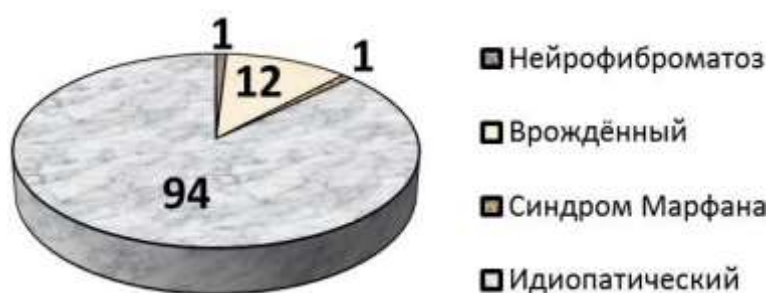


Рисунок 34 – Распределение пациентов во II группе по этиологии деформации позвоночника

В группе было представлено по 1 пациенту сосколиотическими деформациями позвоночника на почве нейрофиброматоза и болезни Марфана. У 12 больных деформация позвоночника имела врождённую этиологию. Врождённых характер деформации позвоночника и аномалии

развития были выявлены во время выполнения вентрального или дорсального этапов хирургического лечения тяжёлой сколиотической деформации позвоночника, не диагностированные при дооперационном обследовании пациентов [43, 44]. Тем не менее, план хирургического лечения таких деформаций позвоночника не менялся, он осуществлялся в полном заранее запланированном объёме. Остальные 94 пациента во II группе прошли хирургическое лечение с идиопатическим сколиозом.

У 10 больных основная грудная сколиотическая дуга была левосторонняя, у остальных 98 – правосторонняя. Соотношение по полу в группе: 90 пациентов женского пола, 18 – мужского (5:1).

Величина основной сколиотической дуги у пациентов этой группы составляла в среднем ( $M \pm m$ )  $104,5^\circ \pm 14,9^\circ$  (от  $81^\circ$  до  $145^\circ$ ), кифоза –  $61,0^\circ \pm 24,8^\circ$  (от  $8^\circ$  до  $152^\circ$ ). Мобильность основной дуги была  $16 \pm 8,9^\circ$  (от  $0^\circ$  до  $44^\circ$ ), что составляло  $15,6 \pm 8,6\%$  мобильности (от  $0\%$  до  $41\%$ ). При этом только у 15 пациентов мобильность превышала  $25\%$  от исходной величины сколиоза. У остальных 93 деформация оказалась ригидной.

К моменту хирургического лечения деформации позвоночника неврологическая симптоматика была у 6 из 108 пациентов этой группы. У всех 6 больных это были симптомы пирамидной недостаточности. У 4-х пациентов они были выявлены в ходе обычного неврологического осмотра, ещё у 2-х – в ходе проведения тракционной пробы. Тракционно-провоцируемые симптомы пирамидной недостаточности исчезали через несколько минут после прекращения вертикальной тракции.

Всем пациентам этой группы было осуществлено хирургическое лечение тяжёлой сколиотической деформации позвоночника в объёме 4-х операций, выполненных последовательно под одним наркозом («one day surgery»). Это были следующие оперативные вмешательства: 1. Мобилизующая дискэктомия на вершине сколиотической дуги трансторакальным трансплевральным доступом с компрессией вершинных позвонков и межтеловым спондилодезом аутокрошкой из резецированного

по ходу доступа ребра; 2. Наложение скелетного вытяжения за череп и голени; 3. Задние клиновидные вертебротомии на уровнях, соответствующих уровням дискэктомии; 4. Коррекция деформации позвоночника задним позвоночным сегментарным инструментарием 3-го поколения (с или без применения транспедикулярной фиксации) с задним спондилодезом местной аутокостью на уровне стояния инструментария.

11 из 108 пациентов этой группы компрессия задними элементами инструментария с выпуклой стороны не проводилась в силу анатомических особенностей, особо выраженной тяжести деформации позвоночника и её ригидности, не позволяющим в последующем осуществить монтаж всего инструментария без его дополнительных изгибов со значительным снижением опороспособности [43, 44].

### **5.3 Техника хирургического вмешательства**

Радикальная коррекция тяжёлой сколиотической деформации позвоночника осуществлялась по разработанной в клинике методике. Первым хирургическим этапом в положении больного на боку трансторакально и трансплеврально по выпуклой стороне основной сколиотической дуги осуществляется доступ в плевральную полость на 2 ребра выше вершины деформации позвоночника. Париеальная плевра рассекается продольно по боковой поверхности тел позвонков на протяжении предполагаемой дискэктомии. Края плевры тупо мобилизуются в стороны, сегментарные сосуды по возможности сохраняются. Переднюю продольную связку над проекцией каждого межпозвонкового диска рассекают и отслаивают в стороны до краёв тел позвонков. При помощи инструментов тотально удаляют межпозвонковые диски на всех предполагаемых уровнях вершины деформации позвоночника. Используя сформированные межтеловые дефекты при помощи инструментов производят компрессию тел клиновидно деформированных вершинных позвонков в кранио-каудальном направлении [15]. Компрессию осуществляют таким образом и такими усилиями, чтобы максимально

уменьшить клиновидную форму тел вершинных позвонков, приближая её к обычной, т.е. уменьшая клиновидный компонент торсии. В образованные межтеловые дефекты укладывается костная аутокрошка из резецированного по ходу доступа ребра с большим трамбуемым усилием на вогнутой стороне исходной сколиотической дуги. Сверху дефекты тампонируются гемостатической губкой типа «спонгостан». Накладываются узловые швы на переднюю продольную связку над каждым дефектом. Швы на париетальную плевру. Плевральная полость ушивается обычно с дренированием активным дренажем.

После ушивания раны больной переворачивается на спину. Ему накладывается скелетное вытяжение за череп и голени. Больной укладывается на операционном столе в положение на животе с разгрузкой передней брюшной стенки и монтажом тракционной системы на операционном столе. Осуществляется срединный доступ к позвоночнику с полным скелетированием задних отделов позвоночника на протяжении предполагаемой установки заднего корригирующего сегментарного инструментария. Проводится мобилизация задних отделов позвоночника с иссечением межпозвонковых суставов и связок. Выполняются задние клиновидные вертебротомии на нескольких обязательно тех же уровнях, соответствующих зонам вмешательств на передних отделах позвоночника. Проводят вертебротомии (типа Смита-Петерсена) с основанием клина, направленным в выпуклую сторону, а вершиной в вогнутую сторону основной сколиотической дуги. Клиновидно резецируются все задние отделы позвонков. При резекции ревизуется позвоночный канал с его содержимым на предмет наличия или отсутствия врождённых аномалий развития, состояния эпидурального пространства и наличия или отсутствия компрессии дурального мешка, положения сосудов, состояния эпидуральной клетчатки. При этом верхние суставные отростки нижележащих позвонков в зоне вертебротомии с вогнутой стороны резецируются не полностью. Это делается с целью сохранения



стабильности между позвонками при осуществлении корригирующего манёвра, поскольку в значительной степени снижается возможный гильотинный эффект максимально мобилизованного позвоночника на вершине дуги. Края этих суставных отростков при последующей коррекции деформации позвоночника сохраняют контакт между собой, не препятствуя ей, но и не позволяя позвонкам скользить между собой, создавая предпосылки для смещения позвонков и компрессии спинного мозга. В соответствии со схемой предоперационного планирования после ревизии возможных точек опоры устанавливаются крючки или транспедикулярные шурупы сегментарного инструментария по возможности с обеих сторон позвонков в области задних отделов позвоночника. В области вершины сколиоза на уровнях вертебротомии выбираются наиболее деформированные позвонки. Это могут быть позвонки, расположенные соответственно выше и ниже вершинного (апикального). Если же вершиной деформации является межпозвонковый промежуток, то краниальным позвонком будет второй выше вершины, каудальным будет второй позвонок ниже вершины. Пара крючков заводится в направлении друг к другу за дужки или за корни дужек этих позвонков с выпуклой стороны. По возможности используются поперечно-педикулярные захваты крючков. Если же такой возможности не предоставляется в силу формы деформации позвоночника, то возможна установка как ламинарно-педикулярного, так и ламинарно-ламинарного захватов. Если имеется такая возможность, то можно применять и транспедикулярные шурупы, вплоть до использования их на всех уровнях фиксации инструментария к позвоночнику. В крючки (шурупы) с вогнутой стороны сколиоза устанавливается первый стержень, предварительно изогнутый в соответствии с деформацией позвоночника и физиологическими изгибами. Производится усиленная коррекция деформации позвоночника как за счёт установки самого стержня в крючки (шурупы), так и за счёт напряжения крючков (шуропов) на стержне между собой. Полученная коррекция надёжно фиксируется пробками на крючках

или шурупах. Второй стержень устанавливается в крючки (шурупы) с выпуклой стороны сколиотической дуги. Затем производится дополнительная посильная коррекция сколиоза на втором стержне, при этом основная коррекция остаточной дуги осуществляется за счёт компрессии захвата, состоящего из двух крючков (шурупов) на вершине деформации с выпуклой стороны. Сжатие крючков (шурупов) производится постепенно и плавно для того, чтобы не повредить ими сохранившиеся задние отделы позвоночника с выпуклой стороны. Компрессия производится до смыкания выпуклой части дужек между собой. Затем полученная дополнительная коррекция с выпуклой стороны надёжно фиксируется пробками на крючках (шурупах), а также, при необходимости, формированием поперечных соединений между стержнями (cross-links). После этого осуществляют заднюю костную пластику с применением аутокрошки из резецированных и декортицированных задних отделов позвонков.

#### 5.4 Результаты хирургического лечения

Показатели длительности операции и объёма интраоперационной кровопотери, полученные при исследовании у пациентов II группы мы сравнили с данными I группы (см. таблицу 8).

Таблица 8 – Параметры длительности хирургического вмешательства и объёма кровопотери в различных группах

Пациенты с различными видами хирургического лечения	Время операции, мин M±m	Кровопотеря, мл M±m
I группа	239,5±82*	1082±553*
Подгруппа В I группы	257,1±79,1	1146,6±554,4*
II группа	269±48,4	1323,1±441,5

\*p<0,001

Были выявлены различия между длительностью хирургического вмешательства и объёмом интраоперационной кровопотери в I и во II группах ( $p < 0,001$ ). Однако с подгруппой В I группы, где также выполнялись вентральные вмешательства наряду с коррекцией деформации позвоночника, разницы в длительности операции выявлено не было ( $p > 0,05$ ). Таким образом, несмотря на большую агрессивность хирургического вмешательства во II группе при осуществлении радикальной коррекции тяжёлого сколиоза, что подтверждалось большей кровопотерей во время операции, его длительность не отличалась от традиционного [30]. Учитывая наши предварительные исследования, можно говорить о том, что дополнительный вентральный этап даёт уровень дополнительной кровопотери в пределах от 30 до 100 мл (в среднем  $52,9 \pm 10,7$  мл), а основной задний корригирующий этап характеризуется её средними величинами: на этапе скелетирования задних отделов позвоночника –  $206 \pm 12,7$  мл, мобилизации –  $207 \pm 16,4$  мл, вертебротомий –  $379,7 \pm 30,7$  мл, коррекции инструментарием и заднего спондилодеза –  $466,6 \pm 37,5$  мл [28]. Имеет значение также разгрузка передней брюшной стенки [30].

Наиболее выраженная положительная корреляционная связь была выявлена нами между длительностью хирургического вмешательства и общей величиной кровопотери у больного во время операции ( $r = 0,56$ ). Таким образом, чтобы снизить риск возможных осложнений, связанных с интраоперационной кровопотерей, необходимо стремиться уменьшать общую продолжительность хирургического вмешательства.

Распределение пациентов II группы в зависимости от величины исходной сколиотической дуги представлено на рисунке 35.



Рисунок 35 – Распределение пациентов II группы до хирургического лечения в зависимости от величины основной сколиотической дуги

Для оценки результатов хирургического лечения больных тяжёлыми сколиотическими деформациями позвоночника с применением радикальных корригирующих вмешательств, оценки их динамики в ближайшем и отдалённом послеоперационном периодах, а также для сравнения их с традиционными методами хирургического лечения нами проанализирован целый ряд количественных рентгенологических показателей. Все рентгенологические параметры основной грудной сколиотической дуги и, при её наличии, дуги противоискривления в результате хирургического лечения, а также на этапах контрольного обследования после операции значительно менялись (см. Рисунок 36).

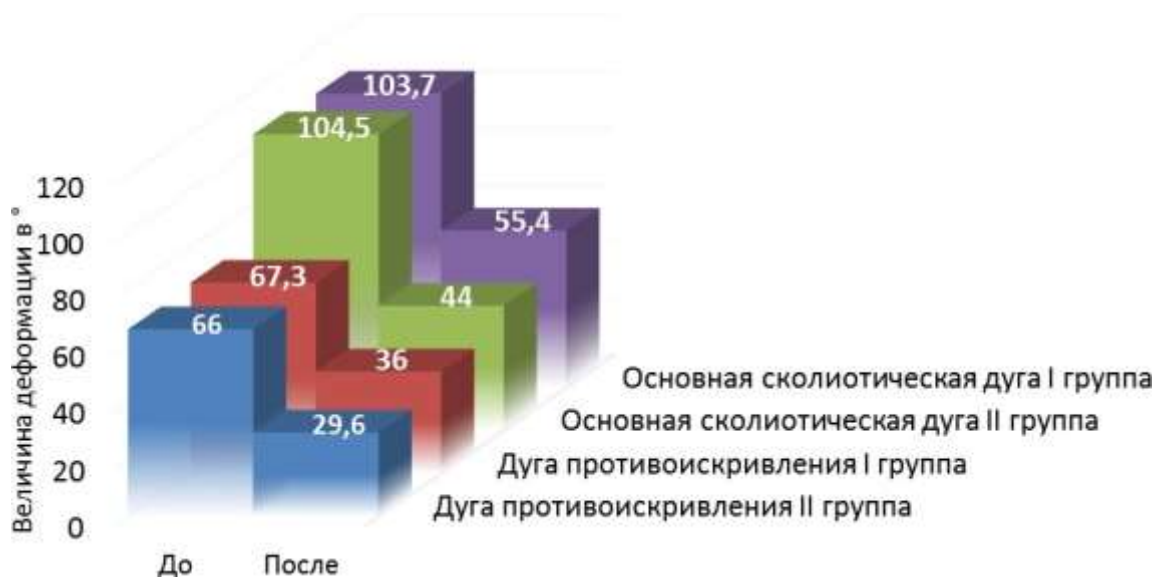


Рисунок 36 – Величина и динамика параметров основной сколиотической дуги и дуги противоискривления после коррекции в I и II группе пациентов

Величина основной сколиотической дуги (см. таблицу 9) после операции уменьшилась со  $104,5^\circ$  до  $44,0^\circ$ , что составило  $60,5 \pm 11,0^\circ$  коррекции, или  $58,5 \pm 10,7\%$  от начальной величины основной сколиотической дуги ( $p < 0,001$ ).

Грудной кифоз после хирургической коррекции во II группе пациентов уменьшился почти до нормальных показателей, а затем увеличивался на сроке до 1 года после операции ( $p < 0,001$ ).

Таблица 9 – Динамика изменения основных показателей сколиоза, кифоза и лордоза во II группе на этапах хирургического лечения

Показатели	До операции M±m	После операции M±m	Через 1 год после операции M±m	Через 2 года после операции M±m
Основная дуга, град.	104,5±14,9	44,0±15,2 ***	44,2±15,5	44,1±15,5
Дуга противоискривления, град.	66,0±13,8	29,6±17,8 ***	32,3±19,7 *	32,1±19,0
Грудной кифоз, град.	61,0±24,8	34,9±13,2 ***	37,1±13,0 ***	37,2±13,0
Поясничный лордоз, град.	70,2±14,7	55,8±10,8 ***	58,4±10,2 ***	58,4±10,2

\*\* $p < 0,001$  \* $p < 0,05$

Эту тенденцию нарастания кифоза в послеоперационном периоде мы уже отмечали. Однако, в отличие от I группы, где такое прогрессирование происходило и в отдалённые сроки после коррекции деформации позвоночника, во II группе кифоз на сроках более 1 года не менялся, что

говорит о выраженной стабильности корригированного позвоночника и надёжности сформированных искусственных костных блоков в месте операции [52].

Для поясничного лордоза наблюдалась та же характерная для кифоза тенденция небольшого увеличения на сроке до 1 года после операции с отсутствием последующего изменения ( $p < 0,001$ ).

Отличием в динамике от основной грудной сколиотической дуги стали изменения параметров сколиотической дуги противоискривления. В результате операции она была исправлена на  $36,4 \pm 12,9^\circ$ , что составило  $57,1 \pm 22,2\%$  коррекции от исходной величины сколиотической дуги противоискривления ( $p < 0,001$ ) [52]. Сколиотическая дуга противоискривления (см. рисунок 30) в послеоперационном периоде прогрессировала в срок до 1 года после коррекции на  $2,5^\circ$  ( $p < 0,05$ ).

Однако основная дуга в дальнейшем на всех сроках контрольного наблюдения после операции не менялась ( $p < 0,001$ ). При сравнении этих параметров между группами отчётливо прослеживалась тенденция к более выраженной коррекции во II группе как основной сколиотической дуги, так и дуг противоискривления, а также кифоза при сходных величинах этих показателей перед началом лечения.

Такая надёжность в сохранении полученного эффекта исправления дуг была очень характерной для всей II группы пациентов, оперированных с применением радикальной коррекции сколиотической деформации позвоночника [52].

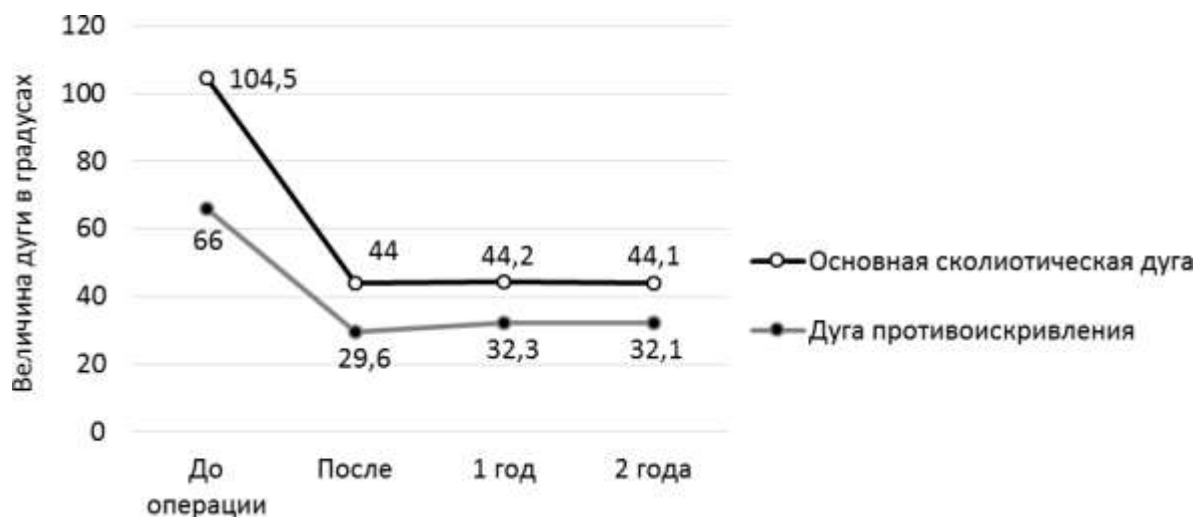


Рисунок 37 – Рентгенологическая динамика основной сколиотической дуги и дуги противоискривления во II группе на этапах хирургического лечения с применением радикальных методов коррекции деформации позвоночника

Прогрессирование сколиотической дуги противоискривления у пациентов с радикальной коррекцией деформации позвоночника в 1-й год после операции (см. рисунок 37), по всей видимости, был связан с тем, что фиксация инструментария в поясничном отделе к позвоночнику у них осуществлялась с помощью крючков [5, 6]. При использовании транспедикулярной фиксации к позвоночнику в поясничном отделе случаев потери

коррекции в отдалённые сроки после операции выявлено не было [5, 7]. Значительно большая мобильность поясничного отдела позвоночника не позволяет с биомеханической точки зрения удерживать его только с помощью крючков инструментария, которые воздействуют только на задние отделы позвоночника [294].

Тем не менее, если не применять радикальных методов коррекции, тяжёлые ригидные сколиотические деформации и в грудном отделе позвоночника могут прогрессировать в отдалённом периоде после операции [3]. Использовать фиксацию крючками поясничного отдела позвоночника мы начали значительно реже после начала применения заднего позвоночного корригирующего инструментария с транспедикулярной

фиксацией к позвоночнику [5, 6, 294]. После начала применения транспедикулярной фиксации случаи прогрессирования сколиотических дуг противоискривления в поясничном отделе позвоночника стали редким явлением у всех пациентов, оперированных не только с небольшими, но и с тяжёлыми формами сколиоза [7]. При сохранении целостности инструментария транспедикулярная фиксация позволяет избегать таких случаев прогрессирования [294].

При сравнении увеличения роста в результате хирургической коррекции между I и II группами пациентов была выявлено, что в I группе она составила в среднем  $6,0 \pm 2,3$  см. При этом, в подгруппе В, т.е. у пациентов, которым выполняли вентральную мобилизацию позвоночника и получили максимальную коррекцию в группе, увеличение роста составило  $6,2 \pm 2,3$  см. Тем не менее, во II группе у пациентов увеличение роста составило  $7,2 \pm 2,1$  см, что было ещё на 1 см больше ( $p < 0,001$ ).

При анализе динамики баланса туловища в процессе лечения было выявлено, что в результате радикальной коррекции деформации позвоночника не происходит ухудшения баланса туловища во фронтальной плоскости (см. рисунок 38). Исходный дисбаланс  $16,3 \pm 2,4$  мм ( $M \pm \sigma$ ) после операции не меняется –  $19,5 \pm 2,5$  мм ( $p > 0,05$ ). Однако в дальнейшем происходит его уменьшение при обследовании пациентов на этапах послеоперационного наблюдения.

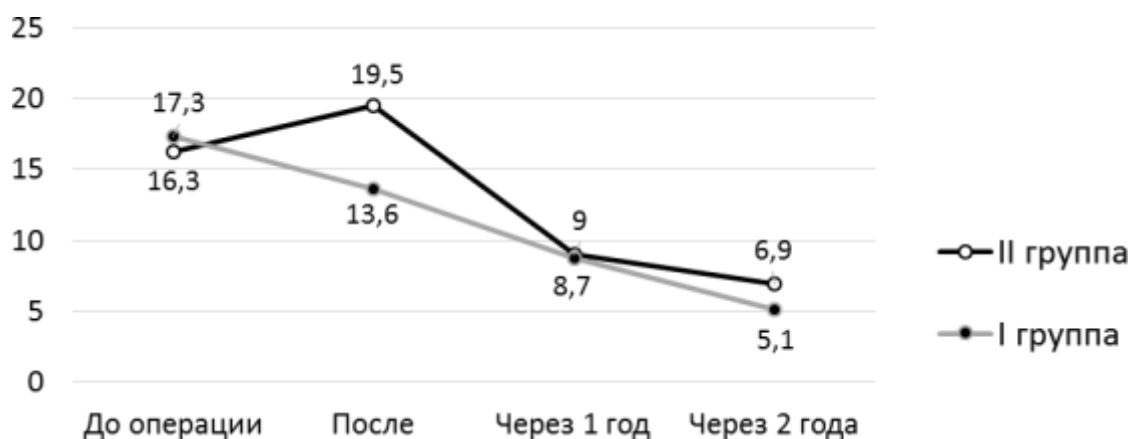


Рисунок 38 – Динамика баланса туловища у пациентов I и II групп на этапах хирургического лечения



Через 1 год после операции дисбаланс туловища составил  $9,0 \pm 1,9$  мм ( $p < 0,001$ ), а через 2 года после операции – уже  $6,9 \pm 1,5$  мм ( $p < 0,001$ ). Таким образом, при сравнении с больными I группы можно говорить о том, что для всех пациентов с тяжёлыми сколиотическими деформациями позвоночника характерна сходная динамика улучшения баланса туловища в послеоперационном периоде на всех сроках послеоперационного наблюдения, не зависящая от метода их хирургического лечения.

При анализе взаимосвязи рентгенологических параметров во II группе между собой были выявлены некоторые закономерности. Также, как и в I группе, у пациентов II группы была взаимосвязь между процентом мобильности основной сколиотической дуги и процентом её коррекции послеоперации. Однако степень такой связи была намного меньше, чем в группе традиционного лечения сколиоза ( $r = 0,45$  – во II группе и  $r = 0,73$  – в I). Это косвенно подтверждает наше предположение о том, что не только имеющаяся у пациента мобильность играет основную роль в полученной при лечении коррекции. Большое значение в исходе лечения имеет применение радикальных методов коррекции тяжёлых ригидных сколиозов, предназначенных для повышения исходной мобильности [52]. Дисбаланс туловища не влиял на потерю коррекции ( $r = 0,03$ ), поскольку не только не наблюдалось достоверной потери коррекции основной сколиотической дуги в послеоперационном периоде, но и дисбаланс туловища стремился к норме уже на сроке 1 год после хирургического лечения тяжёлого сколиоза.

Были проанализированы осложнения в группе, связанные с хирургической коррекцией. Из всех 11 осложнений (10,2%) было 3 торакальных осложнения (2,8%) – 1 спонтанный пневмоторакс, 1 ятрогенный пневмоторакс и 1 малый гемопневмоторакс, связанные с трансторакальным доступом. Имели место 2 инфекции области хирургического вмешательства (1,8%) – 1 ранняя и 1 поздняя, связанная с нестабильностью заднего позвоночного инструментария в отдалённый послеоперационный период. Эти осложнения не оказали влияния на

состояние инструментария, качество искусственных костных блоков и, в конечном счёте, на результат хирургического лечения. Были 3 механических осложнения (2,8%), связанных с состоянием каудальных крюковых точек опоры заднего инструментария, вызвавшие небольшое смещение каудальных точек опоры в отдалённом послеоперационном периоде. После ремонта инструментария и восстановления или замены точек опоры на транспедикулярные течение отдалённого послеоперационного периода проходило без отрицательных изменений, а состояние коррекции деформации позвоночника и качество сформированных искусственных костных блоков осталось без ухудшений, баланс туловища остался сохранён в полном объёме.

Было 3 тяжёлых неврологических осложнения (2,8%). У 1 пациентки развилась миелопатия в виде нижней моноплегии справа и монопареза слева, вызванные компрессией спинного мозга фрагментом дужки Th12 позвонка 1,5x1 см под установленным педикулярным крючком, возникшим по окончании хирургической коррекции сколиоза. В течение 6 часов после операции пациентка была прооперирована, фрагмент кости удалён с последующим быстрым восстановлением движений и чувствительности в ногах (см. рисунок 39).



Рисунок 39 – Фрагмент дужки Th12 позвонка в позвоночном канале на МСКТ после операции

Через 10 дней больная была поднята на ноги, а через 3 недели после операции выписана домой с силой в ноге 4 балла (см. рисунок 40). Через 2 года полное восстановление нижнего монопареза справа.

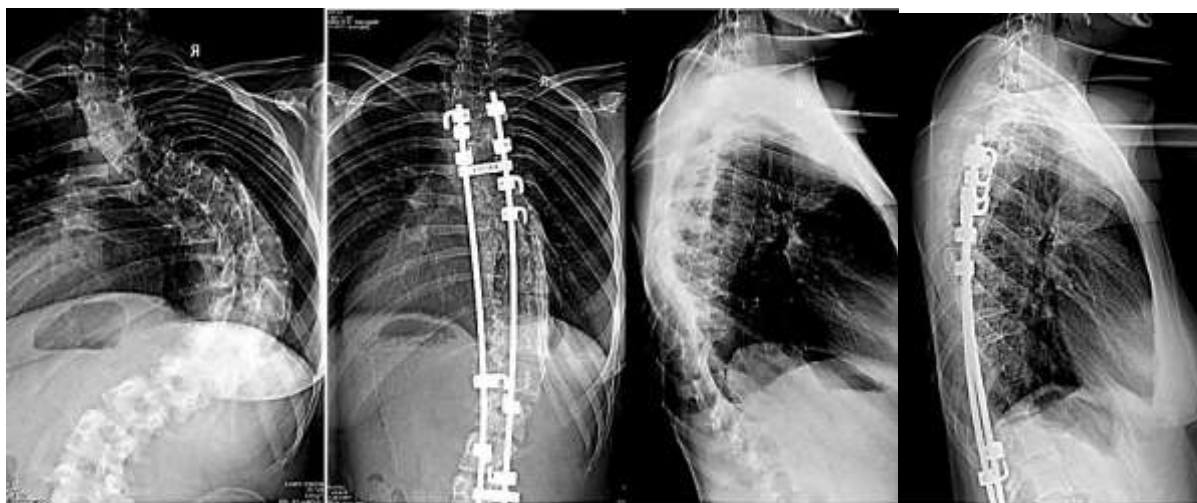


Рисунок 40 – Рентгенологическая динамика у больной после удаления фрагмента кости из позвоночного канала. Сохранены коррекция деформации позвоночника и баланс туловища

Еще 1 случай миелопатии в виде нижнего монопареза лёгкой степени (с силой в левой ноге 3 балла) произошёл у больной с выявленным во время операции врождённым сколиозом  $123^\circ$  и кифозом  $85^\circ$ . При проведении хирургической коррекции запланированный нейромониторинг не был осуществлён в полном объёме из-за исходно низких по амплитуде соматосенсорных вызванных потенциалов, которые во время коррекции не анализировались. Тем не менее, данные термографии свидетельствовали о безопасности коррекции деформации. При исправлении кифосколиоза были выявлены анатомические особенности состояния дурального мешка, внешне напоминающего сухожилие без присутствия эпидуральной клетчатки. После операции у пациентки в отделении реанимации констатирован парез в левой ноге без нарушения чувствительности. В последующем послеоперационном периоде у больной происходило быстрое восстановление силы в ноге, она поднята на ноги через 10 дней и в обычные сроки с силой в ноге 4,5 балла выписана домой. В послеоперационном

периоде на контрольном обследовании констатировано полное неврологическое восстановление. Учитывая особенности интраоперационного состояния пациентки и динамики неврологических проявлений после операции, было предположено развитие нарушений спинального кровообращения и отёка спинного мозга на вершине деформации позвоночника.

Был 1 случай тяжёлого неврологического осложнения в виде миелопатии, произошедшей у пациентки со сколиозом 145° и кифозом 152°. При монтаже второго стержня заднего корригирующего инструментария иго давления на деформацию была отмечена тенденция к гильотинному смещению позвоночника вперёд на вершине кифоза. При этом произошло резкое исчезновение соматосенсорных вызванных потенциалов, брадикардия до 51 в минуту, подъём кожной температуры на правой голени на 1,2°, левой на 0,7°. Люмбальная пункция выявила блок ликворных путей. На миелографии выявлен блок контрастного вещества на вершине деформации. Был проведён «wake-up test», при котором больная не смогла осуществить движения ногами. Инструментарий был полностью удалён. На следующий день после операции у больной констатирован нижний центральный левосторонний монопарез и правосторонняя вялая нижняя моноплегия (силы левой ноге 2 балла, в правой ноге 1 балл). Через 2 месяца после операции у пациентки осталась лёгкая гиперестезия справа с уровня L5 по проводниковому типу с нормальным тонусом в левой ноге, движения в ноге слева силой 4 балла, справа 2 балла. Учитывая такую положительную неврологическую динамику, через 2 месяца после первичного вмешательства больная оперирована повторно. Выполнена коррекция деформации позвоночника инструментарием НИТЕК на уровне Th3–L4 на фоне скелетного вытяжения за череп и голени. При установке и монтаже первого стержня справа с вогнутой стороны деформации позвоночника отмечено повышение кожной температуры на левой ноге на 0,5° С. После очередного демонтажа стержня резкое падение температуры с

восстановлением исходных значений. Выполнен дополнительный изгиб стержня на кифоз, после чего снова осуществлён монтаж стержня с минимальной коррекцией. При этом кожная температура ног больше значимо не поднималась. После окончательного монтажа всего инструментария отмечено полное выравнивание кожной температуры на ногах справа и слева. Послеоперационный период в дальнейшем с восстановлением в реабилитационном центре. В отдалённые сроки после операции больная ходит самостоятельно без поддержки с хорошей опороспособностью и возможностями полного самообслуживания. Коррекция деформации сохраняется, сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении установленного инструментария. Таким образом, адекватный и разносторонний мониторинг функций спинного мозга позволил вовремя зафиксировать факт неврологического поражения, начать активные действия по лечению неврологического осложнения. В последующем интраоперационный контроль функций спинного мозга позволил во время повторной хирургической коррекции максимально эффективно использовать инструментарий для правильной с точки зрения остаточной деформации коррекции и максимального восстановления баланса туловища.

Таким образом, можно говорить о том, что почти все неврологические осложнения были у пациентов с деформациями позвоночника, где исходная сколиотическая дуга превышала  $120^\circ$ , в наклоне была больше  $120^\circ$ , а кифотический компонент приближался к  $100^\circ$ , или превышал его ( $p=0,51$ ).

### **Клинический пример №1**

Пациентка Л., 19 лет, поступила в декабре 2011 года в клинику детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО с диагнозом: Идиопатический неосложнённый непрогрессирующий декомпенсированный правосторонний грудной ригидный сколиоз IV степени с противоискривлением в поясничном отделе позвоночника. Из

анамнеза известно, что деформация позвоночника с 11 лет. Резкое прогрессирование отмечено в возрасте 12–13 лет. После 16 лет выраженное прогрессирование не отмечает. При обследовании на спондилограммах, выполненных в положении стоя, величина сколиоза на уровне правосторонней грудной дуги Th4-Th11 – 117° по Коббу (с наклоном 94°), поясничной дуги противоискривления – 66° (с наклоном 23°), кифоза – 53°.

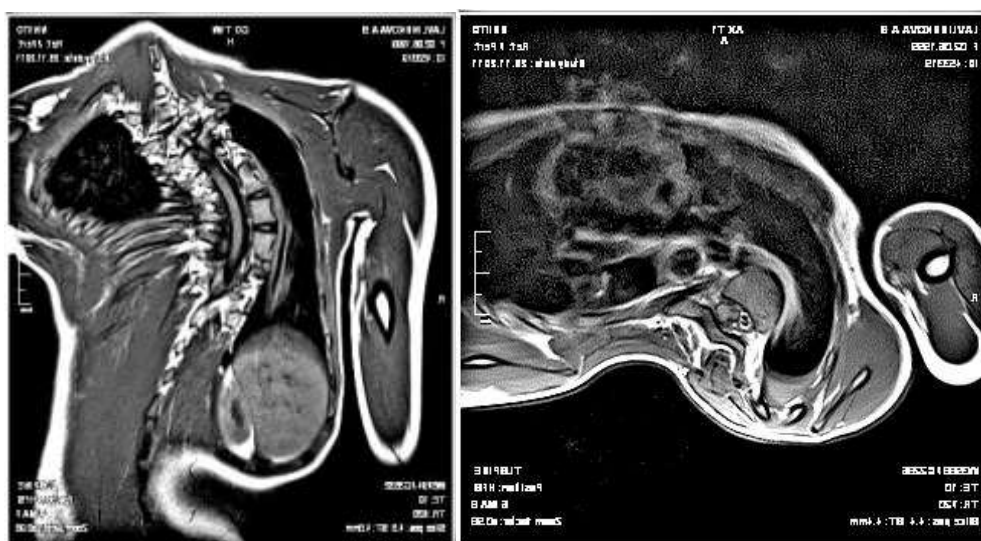


Рисунок 41 – Состояние позвоночника и позвоночного канала у больной Л. на МСКТ в прямой и аксиальной проекциях перед операцией. Спинальный мозг прилежит к медиальной стенке позвоночного канала с ограничением эпидурального пространства

Отмечается грубая торсионная деформация (см. рисунок 41) тел позвонков на вершине деформации позвоночника с резким ограничением подвижности между позвонками. На функциональных спондилограммах, выполненных с наклоном в сторону исправления дуги (см. рисунок 42), основная сколиотическая дуга уменьшается со 117° до 94°, что составляет всего 19,6% мобильности исходной сколиотической дуги. Таким образом, деформация позвоночника у пациентки представляет из себя тяжёлый ригидный сколиоз, требующий радикальных методов коррекции. При неврологическом обследовании больной перед операцией неврологических отклонений не выявлено. Проведена тракционная проба на дыбе с полным весом тела. Признаков пирамидной недостаточности при тракции не

обнаружено. Функция внешнего дыхания пациентки позволяет выполнить полный объём радикального хирургического лечения.

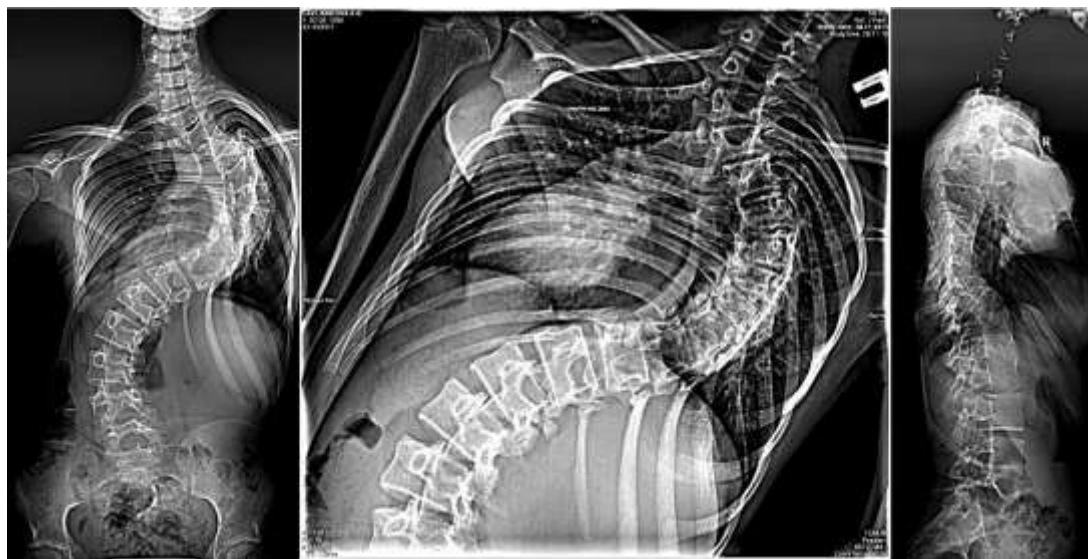


Рисунок 42 – Спондилограммы при обследовании пациентки Л. до операции. а) – сколиотическая дуга в положении стоя –  $117^\circ$ . в) – сколиотическая дуга в положении максимального наклона –  $94^\circ$ . с) – грудной кифоз в положении стоя –  $53^\circ$ , поясничный лордоз в положении стоя –  $47^\circ$

Оперирована в НИИТО (оперирующий хирург Новиков В.В.) последовательно в один день в объёме: 1.Мобилизующая дискэктомия на уровнях Th6-Th9 трансторакальным трансплевральным доступом, клиновидная компрессия тел Th7 и Th8 позвонков, межтеловой спондилодез аутокрошкой из резецированного справа по ходу доступа 6-го ребра. 2.Наложение скелетного вытяжения за череп и голени. 3.Задние клиновидныевертебротомии на уровнях Th6-Th9. 4.Коррекция деформации позвоночника инструментарием НИТЕК с транспедикулярной фиксацией на уровнях L2-L4, задний спондилодез Th2-L4 местной аутокостью. Во время операции минимальные допустимые колебания кожной температуры в пределах  $0,4^\circ$  С, в остальном без особенностей. Хирургическое вмешательство выполнено в условиях ТВА и ИВЛ. Общая продолжительность хирургического вмешательства составила 270 мин. Объём интраоперационной кровопотери – 1250 мл, послеоперационной кровопотери – 450 мл. Интраоперационный и послеоперационный периоды

протекали без осложнений, на следующий день после операции на фоне стабильного состояния больная переведена из отделения реанимации в профильное отделение.

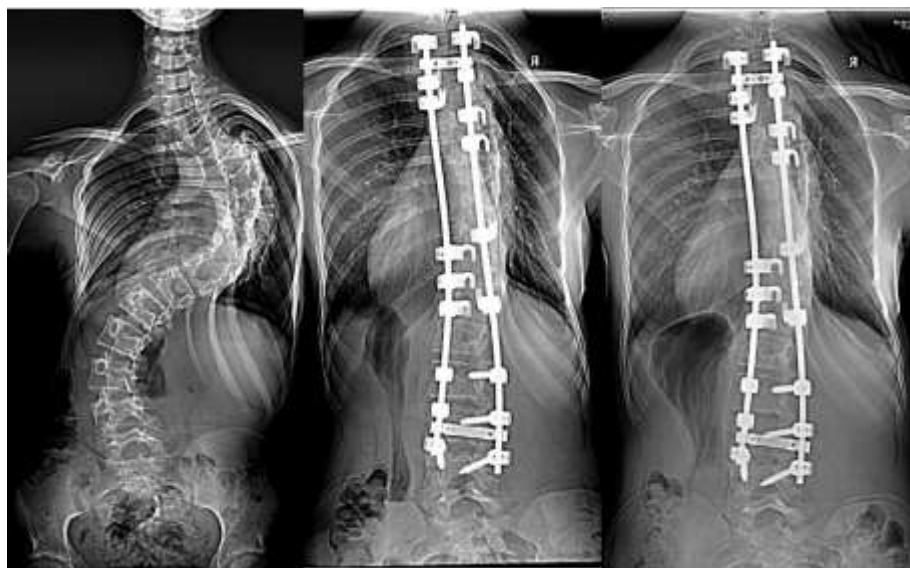


Рисунок 43 – Спондилограммы больной Л. стоя в прямой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции грудная дуга стоя –  $117^\circ$ , поясничная –  $66^\circ$ . в) – после радикальной коррекции грудная дуга стоя –  $40^\circ$ , поясничная –  $15^\circ$ . с) – в конце наблюдения грудная дуга стоя –  $40^\circ$ , поясничная –  $15^\circ$ . Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария, баланс сохранён

Неврологическая симптоматика после операции отсутствует, отмечается выраженный клинический и косметический эффект. Больная поднята на ноги через 3 дня после операции и, после адаптации к вертикальному положению, выписана домой для амбулаторного наблюдения без внешней иммобилизации. На рисунке 43 отмечено рентгенологически уменьшение сколиотической дуги со  $117^\circ$  до  $40^\circ$  (65,8% коррекции) при заметном уменьшении клиновидности тел позвонков на вершине деформации позвоночника, поясничной дуги с  $66^\circ$  до  $15^\circ$  (77,2% коррекции). Кифоз уменьшился с  $53^\circ$  до  $26^\circ$  (см. рисунок 44), что является нормальным показателем физиологического кифоза в грудном отделе. Лордоз вырос после операции с  $47^\circ$  до  $62^\circ$ , что тоже находится в пределах нормальных значений. Потери коррекции к концу срока наблюдения (3,5 года) нет. Инструментарий цел, фиксирован за костные структуры.



Сформированы искусственные передние и задние костные блоки на всём протяжении инструментария. Баланс туловища сохранён.

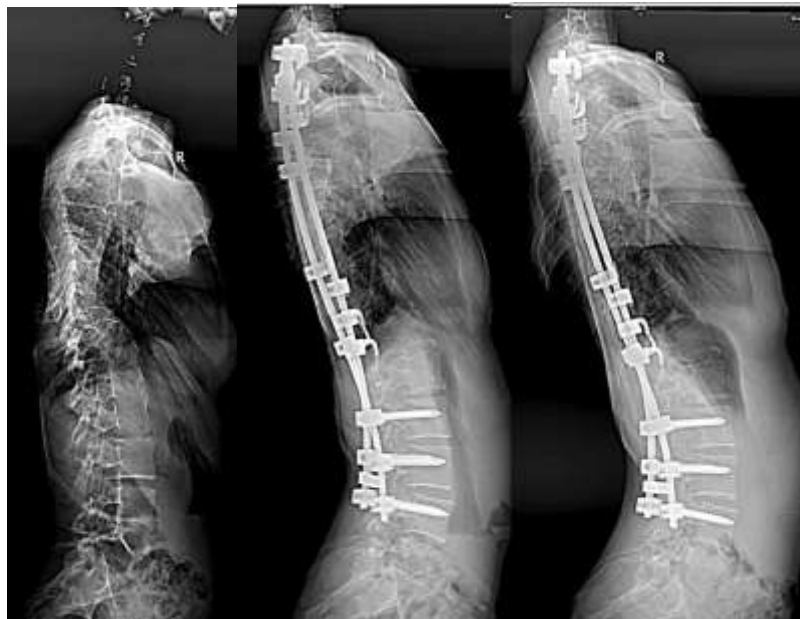


Рисунок 44 – Спондилограммы больной Л. в боковой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции кифоз в положении стоя –  $53^\circ$ , лордоз в положении стоя –  $47^\circ$ . в) – после радикальной коррекции кифоз в положении стоя –  $26^\circ$ , лордоз в положении стоя –  $62^\circ$ . с) – в конце наблюдения кифоз в положении стоя –  $26^\circ$ , лордоз в положении стоя –  $62^\circ$ . Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария

### **Клинический пример №2**

Пациентка М., 14 лет, поступила в марте 2012 года в клинику детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО с диагнозом: Идиопатический неосложнённый непрогрессирующий декомпенсированный правосторонний грудной ригидный сколиоз IV степени. Из анамнеза известно, что деформация позвоночника с 10 лет. Резкое прогрессирование отмечено в возрасте 12–13 лет. При обследовании на спондилограммах, выполненных в положении стоя, величина сколиоза на уровне правосторонней грудной дуги Th4-Th12 –  $130^\circ$  по Коббу (с наклоном  $111^\circ$ ), кифоза –  $90^\circ$ .

Отмечается грубая торсионная деформация (см. рисунок 45) тел позвонков на вершине деформации позвоночника с резким ограничением подвижности между позвонками.



Рисунок 45 – Спондилограммы при обследовании пациентки М. до операции. а) – сколиотическая дуга в положении стоя –  $130^{\circ}$ . в) – сколиотическая дуга в положении максимального наклона –  $111^{\circ}$ . с) – грудной кифоз в положении стоя –  $90^{\circ}$ , поясничный лордоз в положении стоя –  $58^{\circ}$

На функциональных спондилограммах, выполненных с наклоном в сторону исправления дуги, основная сколиотическая дуга уменьшается со  $130^{\circ}$  до  $111^{\circ}$ , что составляет всего 14,6% мобильности исходной сколиотической дуги. Таким образом, деформация позвоночника у пациентки представляет из себя тяжёлый ригидный сколиоз, требующий радикальных методов коррекции. При неврологическом обследовании больной перед операцией неврологических отклонений не выявлено. Проведена тракционная проба на дыбе с полным весом тела. Признаков пирамидной недостаточности при тракции не обнаружено. Функция внешнего дыхания пациентки позволяет выполнить полный объём радикального хирургического лечения.

Оперирована в НИИТО (оперирующий хирург Новиков В.В.) последовательно в один день в объёме: 1.Мобилизующая дискэктомия на уровнях Th6-Th10 трансторакальным трансплевральным доступом,

клиновидная компрессия тел Th8 и Th9 позвонков, межтеловой спондилодез аутокрошкой из резецированного справа по ходу доступа 6-го ребра. 2. Наложение скелетного вытяжения за череп и голени. 3. Задние клиновидные вертебротомии на уровнях Th7-Th10. 4. Коррекция деформации позвоночника инструментарием НИТЕК с фиксацией на уровнях Th3-L4, задний спондилодез Th3-L4 местной аутокостью. Во время операции минимальные допустимые колебания кожной температуры в пределах  $0,2^{\circ}$  С, в остальном без особенностей. Хирургическое вмешательство выполнено в условиях ТВА и ИВЛ. Общая продолжительность хирургического вмешательства составила 260 мин. Объем интраоперационной кровопотери – 1150 мл, послеоперационной кровопотери – 350 мл. Интраоперационный и послеоперационный периоды протекали без осложнений, на следующий день после операции на фоне стабильного состояния больная переведена из отделения реанимации в профильное отделение. Неврологическая симптоматика после операции отсутствует, отмечается выраженный клинический и косметический эффект. Больная поднята на ноги через 3 дня после операции и, после адаптации к вертикальному положению, выписана домой для амбулаторного наблюдения без внешней иммобилизации.



Рисунок 46 – Спондилограммы больной М. стоя в прямой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции грудная дуга стоя –  $130^{\circ}$ . в) – после

радикальной коррекции грудная дуга стоя –  $52^\circ$ . с) – в конце наблюдения грудная дуга стоя –  $52^\circ$ . Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария, баланс сохранён

На рисунке 46 отмечено рентгенологически уменьшение сколиотической дуги со  $130^\circ$  до  $52^\circ$  (60% коррекции) при заметном уменьшении клиновидности тел позвонков на вершине деформации позвоночника.

Кифоз уменьшился с  $90^\circ$  до  $33^\circ$  (см. рисунок 47), что является нормальным показателем физиологического кифоза в грудном отделе. Лордоз вырос после операции с  $58^\circ$  до  $61^\circ$ , что тоже находится в пределах нормальных значений. Потери коррекции к концу срока наблюдения (2 года) нет. Инструментарий цел, фиксирован за костные структуры. Сформированы искусственные передние и задние костные блоки на всём протяжении инструментария. Баланс туловища сохранён.

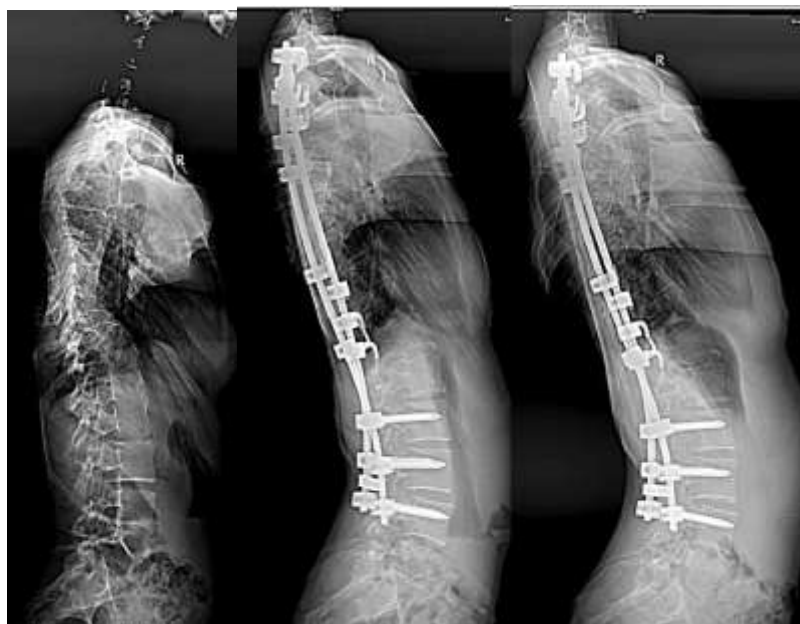


Рисунок 47 – Спондилограммы больной М. в боковой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции кифоз в положении стоя –  $90^\circ$ , лордоз в положении стоя –  $58^\circ$ . в) – после радикальной коррекции кифоз в положении стоя –  $33^\circ$ , лордоз в положении стоя –  $61^\circ$ . с) – в конце наблюдения кифоз в положении стоя –  $33^\circ$ , лордоз в положении стоя –  $61^\circ$ . Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария

### Клинический пример №3

Пациентка А., 30 лет, поступила в июне 2009 года в клинику детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО с диагнозом: Идиопатический неосложнённый непрогрессирующий декомпенсированный правосторонний грудной ригидный сколиоз IV степени с противоискривлением в поясничном отделе позвоночника. Из анамнеза известно, что деформация позвоночника с 11 лет. Прогрессировала постепенно. При обследовании на спондилограммах, выполненных в положении стоя, величина сколиоза на уровне правосторонней грудной дуги Th5-Th12 –  $106^\circ$  по Коббу (с наклоном  $100^\circ$ ), поясничной дуги противоискривления –  $85^\circ$  (с наклоном  $49^\circ$ ), кифоза –  $34^\circ$ .

Отмечается грубая торсионная деформация тел позвонков на вершине деформации позвоночника с резким ограничением подвижности между позвонками. На функциональных спондилограммах, выполненных с наклоном в сторону исправления дуги (см. рисунок 48), основная сколиотическая дуга уменьшается со  $106^\circ$  до  $100^\circ$ , что составляет всего 5,7% мобильности исходной сколиотической дуги. Таким образом, деформация позвоночника у пациентки представляет из себя тяжёлый ригидный сколиоз, требующий радикальных методов коррекции. При неврологическом обследовании больной перед операцией неврологических отклонений не выявлено. Проведена тракционная проба на дыбе с полным весом тела. Признаков пирамидной недостаточности при тракции не обнаружено. Функция внешнего дыхания пациентки позволяет выполнить полный объём радикального хирургического лечения.

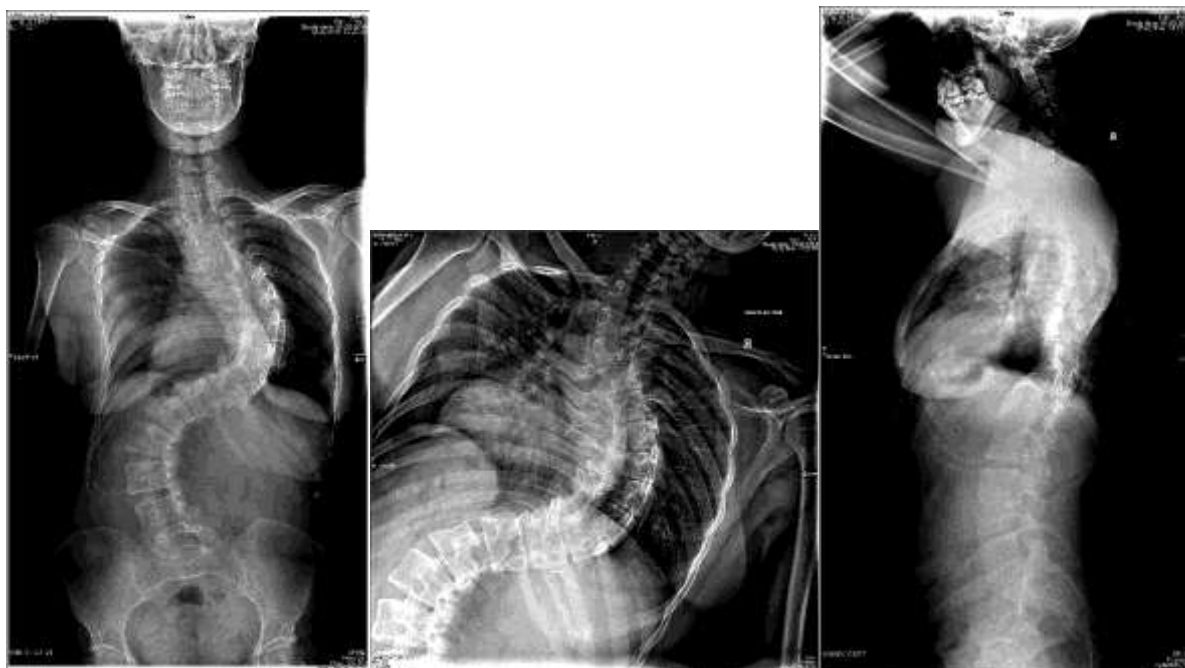


Рисунок 48 – Спондилограммы при обследовании пациентки А. до операции. а) – сколиотическая дуга в положении стоя –  $106^{\circ}$ . в) – сколиотическая дуга в положении максимального наклона –  $100^{\circ}$ . с) – грудной кифоз в положении стоя –  $31^{\circ}$ , поясничный лордоз в положении стоя –  $69^{\circ}$

Оперирована в НИИТО (оперирующий хирург Новиков В.В.) последовательно в один день в объёме: 1.Мобилизующая дискэктомия на уровнях Th6-Th9 трансторакальным трансплевральным доступом, клиновидная компрессия тел Th7 и Th8 позвонков, межтеловой спондилодез аутокрошкой из резецированного справа по ходу доступа 6-го ребра. 2.Наложение скелетного вытяжения за череп и голени. 3.Задние клиновидные вертебротомии на уровнях Th6-Th9. 4.Коррекция деформации позвоночника инструментарием НИТЕК с транспедикулярной фиксацией на уровнях L1-L4, задний спондилодез Th2-L4 местной аутокостью. Во время операции минимальные допустимые колебания кожной температуры в пределах  $0,2^{\circ}$  С, в остальном без особенностей. Хирургическое вмешательство выполнено в условиях ТВА и ИВЛ. Общая продолжительность хирургического вмешательства составила 350 мин. Объём интраоперационной кровопотери – 1350 мл, послеоперационной кровопотери – 450 мл. Интраоперационный и послеоперационный периоды

протекали без осложнений, на следующий день после операции на фоне стабильного состояния больная переведена из отделения реанимации в профильное отделение.



Рисунок 49 – Спондилограммы больной А. стоя в прямой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции грудная дуга стоя –  $106^\circ$ , поясничная –  $85^\circ$ . в) – после радикальной коррекции грудная дуга стоя –  $79^\circ$ , поясничная –  $51^\circ$ . с) – в конце наблюдения грудная дуга стоя –  $79^\circ$ , поясничная –  $51^\circ$ . Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария, баланс сохранён

Неврологическая симптоматика после операции отсутствует, отмечается выраженный клинический и косметический эффект. Больная поднята на ноги через 3 дня после операции и, после адаптации к вертикальному положению, выписана домой для амбулаторного наблюдения без внешней иммобилизации. На рисунке 49 отмечено рентгенологически уменьшение сколиотической дуги со  $106^\circ$  до  $71^\circ$  (33% коррекции) при заметном уменьшении клиновидности тел позвонков на вершине деформации позвоночника, поясничной дуги с  $85^\circ$  до  $51^\circ$  (40% коррекции). Кифоз уменьшился с  $53^\circ$  до  $20^\circ$  (см. рисунок 50), что является нормальным показателем физиологического кифоза в грудном отделе.

Лордоз вырос после операции с  $47^\circ$  до  $62^\circ$ , что тоже находится в пределах нормальных значений. Потери коррекции к концу срока наблюдения (5 лет) нет.

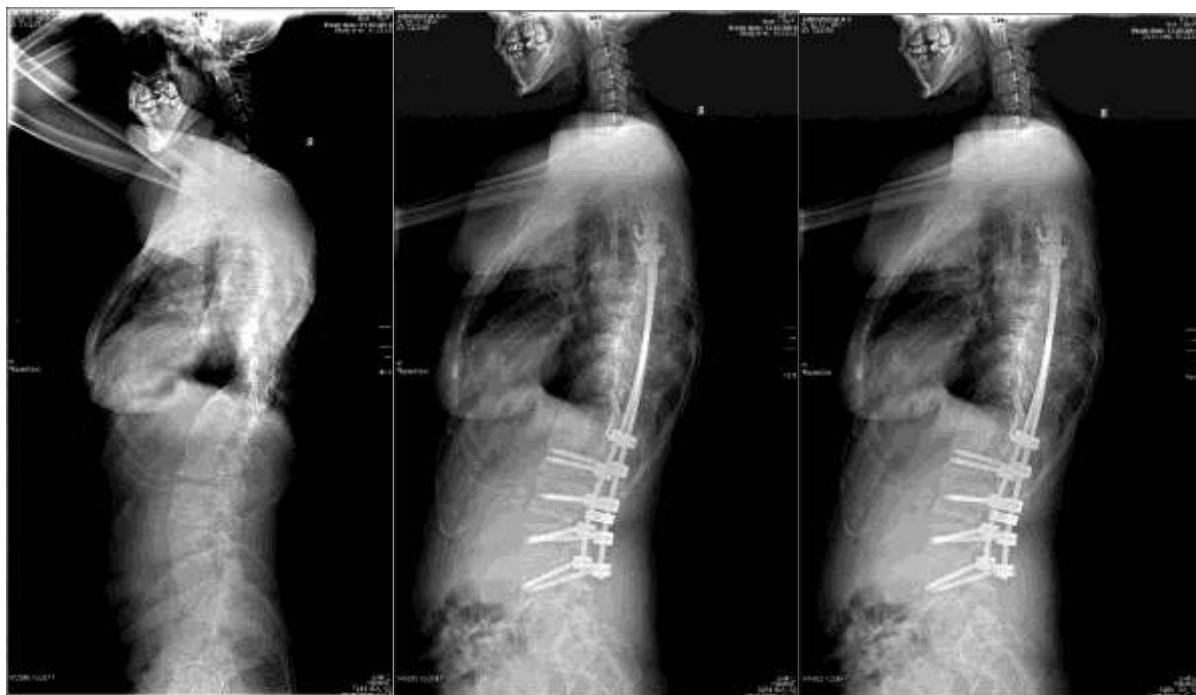


Рисунок 50 – Спондилограммы больной А. в боковой проекции на этапах хирургического лечения. а) – до операции кифоз в положении стоя –  $53^\circ$ , лордоз в положении стоя –  $47^\circ$ . в) – после радикальной коррекции кифоз в положении стоя –  $20^\circ$ , лордоз в положении стоя –  $62^\circ$ . с) – в конце наблюдения кифоз в положении стоя –  $20^\circ$ , лордоз в положении стоя –  $51^\circ$ . Сформированы искусственные костные блоки на всём протяжении инструментария

Инструментарий цел, фиксирован за костные структуры. Сформированы искусственные передние и задние костные блоки на всём протяжении инструментария. Баланс туловища сохранён.

#### **Клинический пример №4**

Пациентка Т., 25 лет, поступила в мае 2009 года в клинику детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО с диагнозом: Идиопатический неосложнённый непрогрессирующий субкомпенсированный правосторонний грудной ригидный сколиоз IV степени с противоискривлением в поясничном отделе позвоночника. Из



анамнеза известно, что деформация позвоночника с 7 лет. Резкое прогрессирование отмечено в возрасте 12–13 лет. После 18 лет выраженное прогрессирование не отмечает. При обследовании на спондилограммах, выполненных в положении стоя, величина сколиоза на уровне правосторонней грудной дуги Th4-Th11 – 123° по Коббу (с наклоном 108°), поясничного противоискривления – 100° (с наклоном 78°), кифоза – 53°. На функциональных спондилограммах, выполненных с наклоном в сторону дуги, основная сколиотическая дуга уменьшается со 123° до 108°, что составляет всего 12,2% мобильности исходной сколиотической дуги (см. рисунок 51). Таким образом, деформация позвоночника у пациентки представляет из себя тяжёлый ригидный сколиоз, требующий радикальных методов коррекции. При обследовании больной перед операцией неврологических отклонений не было выявлено. Проведена тракционная проба на дыбе с полным весом тела. Признаков пирамидной недостаточности при тракции не обнаружено. Функция внешнего дыхания пациентки позволяет выполнить полный объём радикального хирургического лечения.

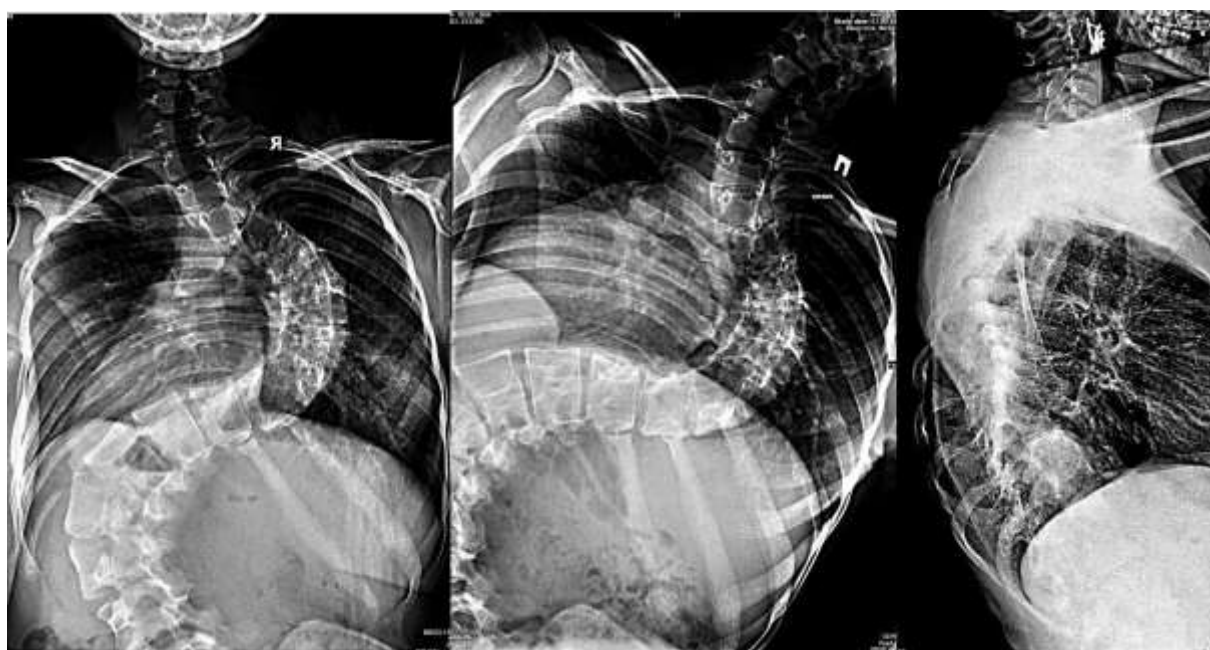


Рисунок 51 – Спондилограммы при обследовании пациентки Т. до операции. а) – грудная сколиотическая дуга в положении стоя – 117°. в) – грудная сколиотическая дуга в

положении максимального наклона в сторону дуги – 94°. с) – грудной кифоз в положении стоя – 53°, поясничный лордоз в положении стоя – 47°

Оперирована в НИИТО (оперирующий хирург Новиков В.В.) последовательно в один день в объёме: 1.Мобилизующая дискэктомия на уровнях Th6-Th10 трансторакальным трансплевральным доступом, клиновидная компрессия тел Th7, Th8 и Th9 позвонков, межтеловой спондилодез аутокрошкой из резецированного справа по ходу доступа 6-го ребра. 2.Наложение скелетного вытяжения за череп и голени. 3.Задние клиновидные вертебротомии на уровнях Th6-Th10. 4.Коррекция деформации позвоночника инструментарием НИТЕК, задний спондилодез Th2-L5 местной аутокостью. Во время операции отсутствовали минимальные колебания кожной температуры. При выполнении мобилизующей дискэктомииотмечено небольшое увеличение мобильности между позвонками на вершине дуги. При осуществлении ревизии задних отделов позвоночника на вершине деформации позвоночника на уровнях суставных отростков и полудужек Th8-9, Th9-10 и Th10-11 выявлен задний мощный костный блок. В связи с этим, диагноз пациентки был изменён в связи с выявлением врождённой природы сколиотической деформации позвоночника. После выполнения задних клиновидных вертебротомий на этих уровнях появилась дополнительная мобильность задних отделов позвоночника, но значительно менее выраженная, чем при обычном идиопатическом сколиозе. Осуществлена коррекция задним позвоночным инструментарием НИТЕК с использованием крюковой системы фиксации к позвоночнику. Хирургическое вмешательство выполнено в условиях ТВА и ИВЛ. Общая продолжительность хирургического вмешательства составила 315 мин. Объём интраоперационной кровопотери – 1250 мл, послеоперационной кровопотери – 450 мл. Интраоперационный и послеоперационный периоды протекали без осложнений, на следующий день после операции на фоне стабильного состояния больная переведена из отделения реанимации в профильное отделение. Неврологическая

симптоматика после операции отсутствует, отмечается выраженный клинический и косметический эффект. Больная поднята на ноги через 3 дня после операции и, после адаптации к вертикальному положению, выписана домой для амбулаторного наблюдения без внешней иммобилизации. Рентгенологически отмечено уменьшение сколиотической дуги со  $123^\circ$  до  $79^\circ$  (35,8% коррекции), поясничного противоискривления со  $100^\circ$  до  $75^\circ$  (25% коррекции), что можно считать достаточно низкими показателями коррекции по сравнению со II группой пациентов (см. рисунок 52). Однако, учитывая врождённый характер деформации позвоночника, а также использование крюковой системы фиксации в поясничном отделе позвоночника можно считать такую степень коррекции достаточной при таком тяжёлом и ригидном сколиозе. Кифоз уменьшился с  $53^\circ$  до  $26^\circ$ , что является нормальным показателем физиологического кифоза в грудном отделе. Лордоз уменьшился после операции с  $83^\circ$  до  $61^\circ$ , что тоже находится в пределах нормальных значений.

Однако при контрольном обследовании на сроке 6 месяцев после операции было выявлено, что нижний захват из 4-х крючков, фиксированных на уровне дужек L4-L5 позвонков, сместился и находится вне точек опоры.

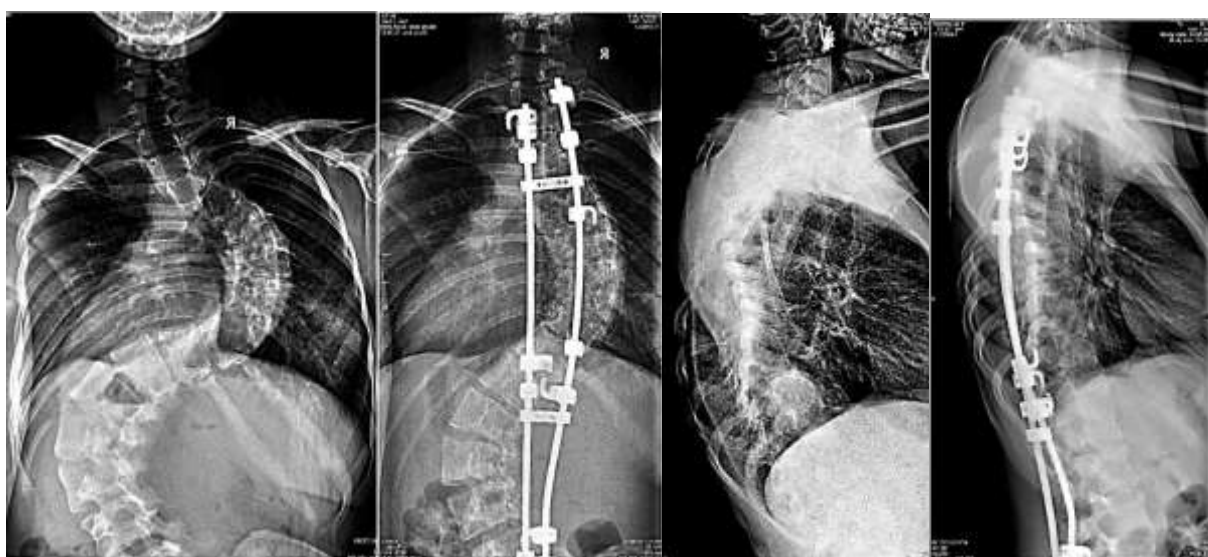


Рисунок 52 – Спондилограммы больной Т. стоя в прямой и боковой проекциях на этапах хирургического лечения. а) – грудная дуга до операции стоя –  $123^\circ$ , поясничная

– 100°. в) – после радикальной коррекции грудная дуга стоя – 79°, поясничная – 75°. с)  
– дооперации кифоз стоя – 53°. d) – после операции кифоз стоя – 26°

Это привело к потере коррекции поясничной дуги с 75° после операции до 86°, особенно учитывая тот факт, что остальная часть поясничной дуги была не фиксирована инструментарием из-за тяжести и ригидности деформации позвоночника. Тем не менее, в месте грудной сколиотической дуги не было выявлено признаков прогрессирования или потери коррекции деформации позвоночника. Более того, несмотря на нестабильность инструментария в поясничном отделе, в грудном отделе успели сформироваться искусственные передние и задние костные блоки в месте хирургического вмешательства (уровень дискэктомии и вертебротомий - Th6-Th10). Декомпенсация туловища в прямой проекции также значительно ухудшилась с 20 мм до 42 мм.

Учитывая полученные данные, было принято решение выполнить перемонтаж каудального конца инструментария с применением транспедикулярных шурупов для фиксации к задним отделам позвоночника в поясничном отделе. Был осуществлён перемонтаж каудального захвата с заменой крючков на транспедикулярные шурупы. Поясничная сколиотическая дуга уменьшилась до 83° (см. рисунок 53).



Рисунок 53 – Спондилограммы больной Т. стоя в прямой и боковой проекциях на этапе хирургического перемонтажа каудального захвата. а) – поясничная дуга через 0,5 года после операции стоя – 86°, несостоятельность точек опоры инструментария. в) –

после перемонтажа и замены крючков на транспедикулярные шурупы, поясничная дуга стоя – 83°. с) – поясничный лордоз через 0,5 года после операции стоя – 61°, несостоятельность точек опоры инструментария. d) – после перемонтажа и замены крючков на транспедикулярные шурупы, поясничный лордоз стоя – 61°

При контрольном обследовании через 2 года коррекция основной грудной сколиотической дуги и поясничной дуги противоискривления, кифоза и лордоза сохраняется на прежних значениях.

### **Резюме**

Применение радикальной коррекции тяжёлых деформаций позвоночника делает возможным уменьшение торсионной деформации позвонков на вершине, улучшение формы позвоночного канала, способствует более центральному расположению в нём спинного мозга и, таким образом, служит профилактикой неврологических осложнений, мобилизует вершину ригидной дуги, создаёт условия для формирования костных блоков, улучшает биомеханику. Однако, применение таких методов оперативной коррекции тяжёлых ригидных деформаций позвоночника в значительной степени увеличивает степень хирургической агрессии, объём кровопотери, длительность операции и, таким образом, требует коррекции анестезиологической защиты для адекватного анестезиологического обеспечения на всех этапах операции [29]. Кроме того, в связи с более высоким риском неврологических осложнений при проведении таких агрессивных хирургических вмешательств, на первое место встаёт применение адекватного и всестороннего интраоперационного мониторинга функций спинного мозга для использования возможности своевременного изменения тактики хирургического вмешательства и прекращения агрессии со стороны операционного поля, и наоборот, при необходимости, увеличения объёма воздействия на деформацию позвоночника с целью повышения эффективности её коррекции.

При абсолютной ригидности тяжёлых кифосколиотических деформаций позвоночника, когда сколиотический компонент исходно

превышает  $120^\circ$ , при наклонах не становится меньше  $120^\circ$ , а кифотический превышает  $100^\circ$ , резко снижается вероятность исправления таких деформаций, даже несмотря на проведение всех мобилизующих этапов. Такие тяжёлые формы сколиоза можно считать фиксированными. Кроме того, становится крайне высоким риск неврологических осложнений при попытке исправления таких дуг с использованием радикальных методов коррекции деформаций позвоночника.

Таким образом, можно выделить несколько групп тяжёлых сколиотических деформаций с учётом их степени мобильности: 1) тяжёлые и мобильные сколиозы, когда при величине сколиотической дуги более  $80^\circ$  в наклоне она уменьшается больше 25% от исходного; 2) тяжёлые и ригидные сколиозы, когда сколиотическая дуга более  $80^\circ$  в наклоне или вертикальном вытяжении уменьшается менее чем на 25% от исходной величины; 3) тяжёлые фиксированные кифосколиозы, когда сколиотическая дуга более  $120^\circ$  не уменьшается в наклоне ниже  $120^\circ$ , а имеется кифоз более  $100^\circ$ , не уменьшающийся ниже  $100^\circ$ .

Учитывая неудачи в лечении тяжёлых сколиозов при сохранении после коррекции сколиотических дуг больше  $70^\circ$ , а также при наличии исходной неврологической симптоматики, для хирургического лечения тяжёлых фиксированных кифосколиозов требуется применение других методов хирургического лечения, осуществляющих декомпрессию спинного мозга, меняющих его расположение и делающих исправление фиксированных осложнённых деформаций позвоночника возможным и максимально безопасным.

## **ГЛАВА 6 ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ ФИКСИРОВАННЫХ КИФОСКОЛИОЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАНСПОЗИЦИИ СПИННОГО МОЗГА**

### **6.1 Хирургическое лечение фиксированных и осложнённых форм тяжёлого кифосколиоза**

Для коррекции тяжёлых и ригидных деформаций позвоночника с грубой декомпенсацией туловища одним из немногих решений является осуществление резекции позвоночного столба – от английского «vertebral column resection» (VCR) [174, 45]. Резекция позвоночного столба впервые была выполнена MacLennan A. ещё в 1922 году для лечения тяжёлого сколиоза из заднего доступа к позвоночнику [213]. С тех пор она применялась для лечения врождённых кифозов и сколиозов, включая удаление полупозвонков [89, 85]. В 1983 году Luque E.R. представил несколько случаев вертебрэктомий у пациентов с деформациями позвоночника больше 90° в комбинации переднего и заднего доступов к позвоночнику [207]. Модификация операции Luque E.R. для лечения фиксированных многоплоскостных деформаций позвоночника была описана Bradford D.S. в 1987 году [88]. Он также выполнял её в комбинации переднего и заднего доступов к позвоночнику. В 2002 году Suk S.I. с соавт. разработали задний доступ для выполнения VCR (pVCR) с целью снижения времени операции и количества осложнений, характерных для продолжительного комбинированного переднезаднего хирургического вмешательства на позвоночнике [279]. Были определены показания для выполнения таких вмешательств: фиксированные декомпенсации туловища, тяжёлые врождённые или нервномышечные сколиозы, спондилоптозы, ригидные деформации позвоночника больше 80° при наличии асимметрии вогнутой и выпуклой частей деформированного позвоночника, препятствующей достижению баланса туловища [90]. Тем не менее, основными показаниями для выполнения VCR являются непротяжённые локальные и угловые тяжёлые и ригидные деформации позвоночника, когда возможно удаление позвоночного сегмента на одном или двух уровнях без значительного увеличения риска натяжения или перегиба спинного мозга в месте резекции [45]. Однако если деформация позвоночника имеют значительную протяжённость, затрагивающую несколько позвоночных сегментов, имеется компрессия спинного мозга на

нескольких уровнях, костная пластика после выполнения таких резекций может оказаться неадекватной, а устранение компрессии спинного мозга потребовать дальнейшего увеличения объёма резекции и количества уровней VCR. В таких случаях наиболее эффективным хирургическим вмешательством может оказаться транспозиция спинного мозга [266].

Со времени первого применения транспозиция спинного мозга использовалась для устранения неврологического дефицита, вызванного хронической компрессией спинного мозга вследствие грубых многоплоскостных деформаций позвоночника различной этиологии [164, 198, 199, 264]. Устранение стеноза позвоночного канала путём резекции костных структур, компримирующих спинной мозг, является достаточным только для разрешения уже имеющегося неврологического дефицита [266]. Однако такая декомпрессия спинного мозга не позволяет в дальнейшем проводить какую-либо коррекцию деформированного позвоночника. В большинстве работ авторы сообщают лишь о задней инструментальной фиксации деформации позвоночника у больных после осуществления транспозиции спинного мозга [100]. Традиционные методы одномоментной радикальной коррекции грубых форм кифосколиотических деформаций с применением позвоночных инструментов зачастую приводят к возникновению неврологических осложнений, вплоть до развития в раннем послеоперационном периоде тракционно-ишемических миелопатий [93, 120, 216]. Попытки же проведения нерадикальной посильной коррекции таких деформаций из-за сохранения большей части как кифотического, так и сколиотического компонентов и, вследствие этого, нарушения биомеханики тоже часто заканчиваются неудачами, приводя как к псевдартрозам и потере коррекции, дисбалансу туловища, так и к дальнейшему прогрессированию деформации позвоночника и даже удалению инструментария вследствие его переломов и несостоятельности костных точек опоры [250, 253].



На основе собственного опыта в клинике детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО был разработан собственный способ транспозиции спинного мозга при кифосколиозе [56, 17]. В основе техники транспозиции спинного мозга лежит разделение этапов перемещения спинного мозга на передний с доступом к передним отделам позвоночника, изадний, когда осуществляют непосредственно коррекцию деформации позвоночника и, при этом, происходит второй этап транспозиции спинного мозга. При выполнении переднего этапа транспозиция спинного мозга осуществляется за счёт тотального удаления передних и боковых отделов позвоночника на вершине деформации в виде клина с основанием, обращённым в выпуклую сторону. Затем резецируют в каудальном и краниальном направлении медиальную часть тел и дисков со вскрытием вертебрального канала в зоне контакта передней стенки позвоночного канала и дурального мешка до места появления эпидурального пространства таким образом, чтобы имелся резерв для дальнейшего смещения спинного мозга при коррекции деформации без давления на сохранившуюся тонкую переднемедиальную часть тел резецированных позвонков. Потом осуществляют задний доступ к деформации позвоночника и, после формирования поперечных дефектов заднего опорного комплекса, продолжают транспозицию спинного мозга в новое ложе за счёт коррекции деформации задним позвоночным инструментарием.

## **6.2 Характеристика группы**

Чтобы оценить возможности транспозиции спинного мозга у больных с фиксированными и осложнёнными формами тяжёлого кифосколиоза различного происхождения, мы провели исследование, в которое включили 8 пациентов. Все больные были оперированы по поводу тяжёлых абсолютно ригидных (фиксированных) форм кифосколиоза врождённого происхождения или развившихся на фоне генетических синдромов. Распределение пациентов по этиологии деформации позвоночника

представлено на рисунке 54. У 5 пациентов была деформация позвоночника врождённого происхождения на почве множественных аномалий развития позвоночника. 1 больная – с идиопатическим кифосколиозом. У 2-х пациентов кифосколиотическая деформация позвоночника была связана с наличием генетических синдромов (спондилоэпифизарная дисплазия и синдром дистрофической карликовости).



Рисунок 54 – Распределение пациентов в III группе по этиологии деформации позвоночника

У 5 пациентов основная грудная сколиотическая дуга была левосторонней, у 3-х остальных – правосторонней. Возраст пациентов к моменту хирургического лечения варьировал от 9,5 до 20,5 лет и, в среднем, составил 16,0 лет. По полу больные были представлены в соотношении мужского к женскому как 1:1 (по 50%). Общий срок наблюдения пациентов составил в среднем 8,4 года (от 2,3 до 14,0 лет).

Величина основной сколиотической дуги у пациентов этой группы составляла в среднем  $123,5^\circ$  (от  $90^\circ$  до  $160^\circ$ ), кифоза –  $128^\circ$  (от  $103^\circ$  до  $175^\circ$ ), лордоза –  $79,3^\circ$  (от  $48^\circ$  до  $90^\circ$ ). При этом мобильность основной дуги была только  $2,9^\circ$  (от  $0^\circ$  до  $11^\circ$ ), что составляло 2,1% мобильности. Таким образом, вся группа в целом и отдельные её пациенты имели кифосколиотические деформации позвоночника крайней степени выраженности и, при этом, практически фиксированные, не имеющие каких-либо резервов мобильности.

К моменту хирургического лечения из 8 пациентов только у 2-х не было неврологической симптоматики, обусловленной деформацией

позвоночника. У 1 пациента до операции был выявлен нижний глубокий вялый парапарез без нарушения функции тазовых органов с полным отсутствием движений в ногах (ASIA B). У 3-х больных был зарегистрирован нижний центральный парапарез с частичным нарушением функции тазовых органов (ASIA C). У 2 пациенток имел место нижний центральный парапарез без нарушения функции тазовых органов (ASIA D).

Из сопутствующей патологии можно отметить: у 1 из пациентов – килевидная деформация грудной клетки, у 2-х больных – кифосколиотическое сердце с дыхательной недостаточностью II степени, у 1 пациентки – болезнь Виллебранда, осложняющей ведение процесса лечения на всех хирургических этапах.

Всем 8 пациентам этой группы был выполнен первый хирургический этап лечения в виде переднебоковой транспозиции спинного мозга (ТСМ) из трансторакального трансплеврального заднебокового доступа к позвоночнику. 4-м больным проведение второго хирургического этапа ТСМ с установкой заднего позвоночного инструментария и коррекцией деформации позвоночника было отложено на несколько дней по разным причинам. В основном это было сделано из-за наличия выраженной сопутствующей патологии, большого объёма хирургической агрессии на первом этапе со значительной кровопотерей, или в связи с необходимостью дополнительного обследования состояния и функций спинного мозга между хирургическими этапами для снижения риска неврологических осложнений. 1-му пациенту с наличием синдрома дистрофической карликовости из-за наличия остеопороза крайней степени выраженности и, в связи с этим, множественных переломов точек опоры инструментария при их формировании, было принято решение задний корригирующий инструментарий не устанавливать. Ещё 3-м больным оба хирургических этапа ТСМ были выполнены последовательно под одним наркозом («one day surgery»).

### **6.3 Техника хирургического вмешательства**

Транспозиция спинного мозга (ТСМ) осуществлялась по принятой в клинике методике. Первым хирургическим этапом трансторакально и трансплеврально по выпуклой стороне тяжёлой кифосколиотической дуги осуществляется доступ в плевральную полость на 2 ребра выше вершины деформации. Парие탈ная плевра рассекается продольно по боковой поверхности тел позвонков на протяжении предполагаемой транспозиции спинного мозга. Края плевры тупо мобилизуют в стороны, сегментарные сосуды перевязывают и пересекают между лигатурами. «П»-образно рассекают и субпериостально отделяют переднюю продольную связку вместе с надкостницей на протяжении предполагаемой зоны вмешательства и откидывают медиально в виде лоскута. При помощи инструментов тотально удаляют диски на протяжении обнаженной вершины деформации, затем удаляют тотально или субтотально вершинные позвонки и формируют тотальный или субтотальный дефект передней опорной колонны в виде клина, обращенного своей вершиной в вогнутую сторону сколиотического компонента деформации. Вскрывают позвоночный канал в зоне резецированных тел за счет удаления задней продольной связки. Резецируют корни дужек до середины межпозвонковых отверстий билатерально. Продолжают вскрывать позвоночный канал в краниальном и каудальном направлении путем удаления медиальных частей тел в зоне контакта передней стенки позвоночного канала и дурального мешка до места появления эпидурального пространства, мобилизуют спинномозговые корешки с обеих сторон, формируют резерв эпидурального пространства с передней и вогнутой сторон. Из широчайшей мышцы спины формируется несвободный мышечный лоскут, который проводится через проксимальный угол раневой апертуры субплеврально в сформированный дефект и укладывается жировым слоем в сторону спинного мозга, фиксируется по периферии при помощи швов и медицинского клея к краям костного дефекта (остатки задней продольной связки). «П»-образным лоскутом из надкостницы и передней продольной

связки накрывается сформированный дефект передней опорной колонны. Проводят герметизацию и дренирование плевральной полости. Затем осуществляют второй (задний) этап ТСМ. После укладки большого осуществляют задний центральный доступ к деформированному позвоночнику. На вершине деформации формируют поперечные клиновидные дефекты заднего опорного комплекса из заднего доступа за счет выполнения нескольких клиновидных вертебротомий в соответствии с передним уровнем транспозиции спинного мозга. При помощи набора кусачек поперечный дефект заднего опорного комплекса соединяют с передним дефектом путем частичного удаления дужек и удаления дугоотростчатых суставов с выпуклой стороны. Продолжают ТСМ после имплантации заднего корригирующего инструментария 3-го поколения с множеством точек опоры и последующей коррекцией деформации до желаемого положения смыкания краев заднего дефекта [56].

#### **6.4 Результаты**

Время выполнения первого переднего этапа ТСМ у пациентов III группы варьировало в зависимости от общего объема хирургического вмешательства. При этом у 3-х пациентов длительность операций составила 580 минут (280 минут – 1-й этап и 300 минут – 2-й), 460 минут (240 минут – 1-й этап и 220 минут – 2-й) и 400 минут (220 минут – 1-й этап и 180 минут – 2-й) в связи с тем, что за этот период времени были выполнены оба этапа ТСМ последовательно под одним наркозом, что, таким образом, удлинит общее время хирургического вмешательства. Тем не менее, по отдельности длительность первого этапа у всех пациентов этой группы значительно не отличалась ( $p > 0,05$ ). У пациентов III группы время 1-го этапа ТСМ составило в среднем 224 минуты (от 125 до 285 минут). Продолжительность 2-го этапа ТСМ составило в среднем 198 минут (от 150 до 235 минут).

Кровопотеря во время проведения 1-го этапа ТСМ составила в среднем 1141 мл (от 280 до 2550 мл). Учитывая то, что 1 пациентка страдала

болезнью Виллебранда, и мы ожидали значительную кровопотерю, использовалась соответствующая фармакологическая подготовка и профилактика кровотечения. В результате проведения этой подготовки за время 1-го этапа ТСМ кровопотеря у этой больной составила 450 мл, за время 2-го этапа ТСМ – 650 мл, что оказалось даже ниже среднего по группе. Кровопотеря во время проведения 2-го этапа ТСМ в целом по III группе пациентов составила 1093 мл (от 300 до 3000 мл).

Для оценки результатов и их динамики в ближайшем и отдалённом послеоперационном периоде нами были проанализированы типичные для такой оценки количественные рентгенологические параметры. Все рентгенологические параметры в результате хирургического лечения претерпели выраженные изменения (см. таблицу 10).

Таблица 10 – Динамика изменения основных показателей сколиоза, кифоза и лордоза в III группе на этапах хирургического лечения

Показатели	До операции M±m	После операции M±m	Через 1 год после операции M±m	Через 2 года после операции M±m
Основная дуга, град.	123,5±24,7	69,1±26,5*	69,1±26,5	69,1±26,5
Грудной кифоз, град.	128,0±25,6	71,0±27,2*	71,0±27,2	71,0±27,2
Поясничный лордоз, град.	79,3±16,2	58,0±20,1*	59,9±19,5	58,5±20,7

\*p<0,05

Основная грудная сколиотическая дуга, кифоз и лордоз значительно уменьшились после осуществления ТСМ (p<0,05). При этом исходно отсутствовала мобильность сколиоза, и не было возможности с помощью классических мобилизующих этапов осуществить исправление основной сколиотической дуги без абсолютного риска получить во время такой операции или после неё какие-либо неврологические или механические

осложнения, сводящие на нет все усилия по исправлению фиксированного кифосколиоза. Учитывая выводы, которые нам удалось сделать при анализе отдалённых результатов лечения таких форм кифосколиоза, осуществление ТСМ не только помогло получить исходно отсутствующую подвижность позвоночника, но и исправить сколиотическую дугу до значений ниже 70°.

У 3-х пациентов величина остаточной сколиотической дуги после выполнения ТСМ оказалась на значениях 104°, 98° и 90°, а кифоз, соответственно, 103°, 108° и 92°. Анализируя каждый из этих случаев в отношении величины остаточной деформации, можно констатировать тот факт, что у всех 3-х пациентов усилия на исправление такой деформации позвоночника направлены не были. В 1-м случае из-за остеопороза крайней степени выраженности задний позвоночный инструментарий не был установлен вообще. Во 2-м случае после осуществления переднего этапа ТСМ заднее хирургическое вмешательство не было выполнено в полном объёме. Была проведена усиленная коррекция деформации позвоночника без 2-го заднего этапа ТСМ. У этой больной на сроке в 1,2 года после проведения хирургического лечения был выявлен перелом стержня инструментария, потребовавший проведения дополнительного хирургического этапа в виде перемонтажа инструментария и восстановления целостности его стержня. При ревизии задних отделов позвоночника в месте перелома отмечено наличие сформированных искусственных задних костных блоков. Тем не менее, ретроспективно оценивая такое течение после операции можно говорить о недостаточной коррекции кифосколиотической деформации позвоночника, которая была осуществлена только до 98° во фронтальной плоскости и до 108° в сагиттальной. Это подтверждает наши предположения о том, что исправление деформации позвоночника необходимо по возможности проводить до величин остаточной сколиотической дуги и кифоза не более 70°. В 3-м случае особое внимание было направлено именно на осуществление ТСМ как этапа профилактики неврологических осложнений

в дальнейшем, т.е. формирование нового ложа для спинного мозга было проведено без учёта последующей значительной коррекции исходной деформации позвоночника. Это было выполнено после оценки ситуации при вскрытии позвоночного канала, когда было очевидно наличие множественных перегибов дурального мешка на нескольких уровнях при полном отсутствии исходной неврологической симптоматики. Учитывая крайне высокий риск неврологического осложнения при относительно благоприятной биомеханической ситуации с полным сохранением баланса туловища, было принято решение выраженную коррекцию дуги не проводить, и объём хирургического воздействия на деформацию позвоночника был уменьшен. Оценивая отсутствие отрицательной динамики в неврологическом статусе и ухудшения рентгенологических параметров, полное сохранение баланса туловища в послеоперационном периоде и быстрое формирование искусственных передних и задних костных блоков на всём протяжении хирургического воздействия, быструю и активную послеоперационную реабилитацию пациента, можно говорить о правильности выбранной тактики хирургического лечения у этого больного.

При оценке послеоперационной динамики рентгенологических параметров можно констатировать тот факт (см. рисунок 55), что у всех пациентов после выполнения ТСМ достигнутые величины остаточной деформации позвоночника надёжно сохранялись на всём протяжении послеоперационной реабилитации и амбулаторного контроля.



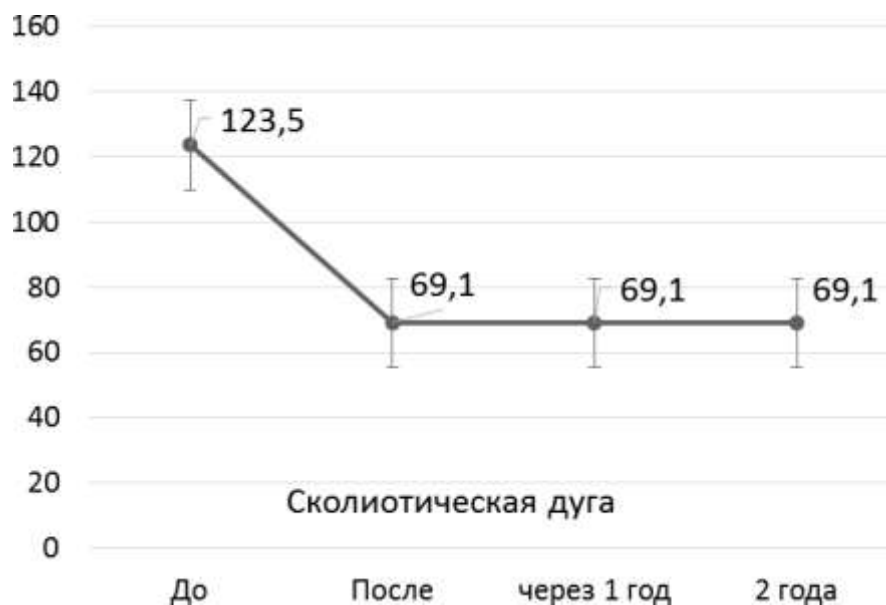


Рисунок 55 – Рентгенологическая динамика сколиотической дуги в III группе на этапах хирургического лечения с применением транспозиции спинного мозга

Такое же отсутствие отрицательной динамики было выявлено и у показателей кифоза и лордоза в послеоперационном периоде. По всей видимости, оно также связано с хорошим исходом в состоянии баланса туловища, а также мощными и быстро формирующимися искусственными передними и задними костными блоками на всём протяжении позвоночного инструментария после применения ТСМ в III группе пациентов. Оценка динамики неврологического статуса у (см. таблицу 11) пациентов III группы после осуществления ТСМ выявила следующее. Из 8 пациентов к концу срока наблюдения неврологический статус улучшился у 5 (n= 1, 3, 4, 5, 8).

Таблица 11 – Неврологические проявления у пациентов III группы на этапах лечения

Пациенты (n)	Неврологические проявления до операции по ASIA	Неврологические проявления после операции по ASIA	Неврологические проявления в конце наблюдения по ASIA
1	ASIA D	ASIA E	ASIA E
2	ASIA E	ASIA E	ASIA E
3	ASIA C	ASIA A	ASIA D
4	ASIA D	ASIA E	ASIA E
5	ASIA C	ASIA C	ASIA D
6	ASIA C	ASIA A	ASIA A
7	ASIA E	ASIA E	ASIAE
8	ASIA B	ASIA B	ASIA D

Тем не менее, из этих 5 пациентов у 1 (n=3) в раннем послеоперационном периоде произошло обострение неврологической симптоматики с развитием миелопатии в виде нижней вялой параплегии. Только после проведения длительной реабилитации после операции в течение нескольких месяцев у пациента начало происходить улучшение в неврологическом статусе со значительным восстановлением до центрального нижнего пареза лёгкой степени. В конце срока наблюдения он может находиться в вертикальном состоянии, ходит самостоятельно без поддержки и может свободно и полноценно себя обслуживать. У 2-х пациентов, не имеющих исходно какой-либо неврологической симптоматики, не было выявлено ухудшений в результате хирургического лечения.

Только у 1 больной исходно имеющей быстро прогрессирующий глубокий нижний парепарез без нарушения функции тазовых органов, в послеоперационном периоде было отмечено развитие миелопатии с уровня TCM в виде нижней вялой параплегии с нарушением функции тазовых

органов (n=3). При проведении дообследования на МСКТ признаков какой-либо компрессии спинного мозга выявлено не было, он свободно располагался в позвоночном канале (см. рисунок 56).

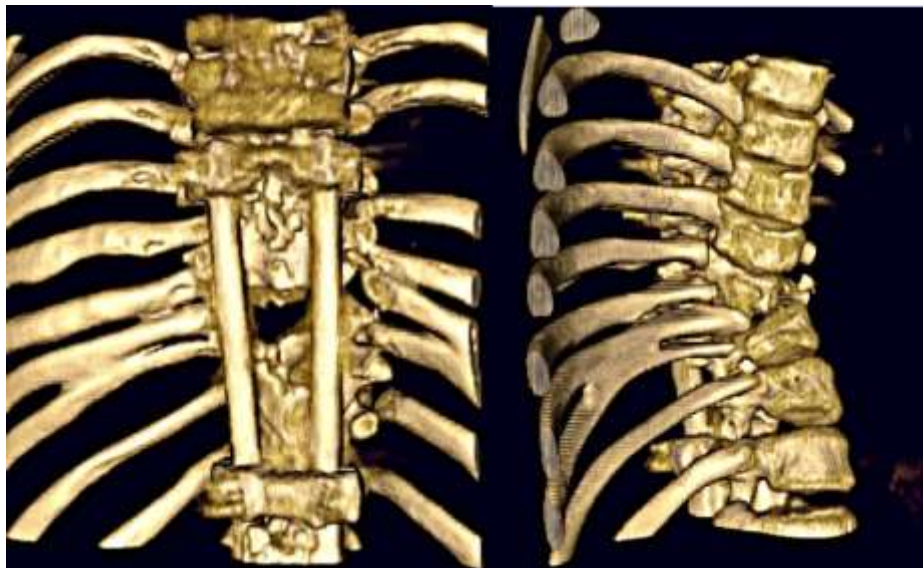


Рисунок 56 – Отсутствие признаков компрессии спинного мозга в позвоночном канале у больной n=6 после ТСМ

Тем не менее, было выявлено ухудшение кровообращения в системе передней корешково-спинномозговой артерии поясничного утолщения (артерия Адамкевича), не имеющееся перед началом хирургического лечения(см. рисунок 57).



Рисунок 57 – Артерия Адамкевича, питающая спинной мозг на вершине деформации позвоночника у пациентки n=6 с исходным глубоким нижним спастическим парапарезом без нарушения функции тазовых органов перед началом хирургического лечения

По всей видимости, усугубление неврологической симптоматики имело не травматическую, а сосудистую этиологию, что и привело в конечном итоге к развитию необратимой нижней параплегии, устойчивой к проведению восстановительного лечения на любом этапе послеоперационного наблюдения.

### **Клинический пример №1**

Пациентка С., 15 лет, поступила в октябре 2004 года в клинику детской и подростковой вертебродологии Новосибирского НИИТО с диагнозом: Идиопатический осложнённый прогрессирующий декомпенсированный правосторонний грудной ригидный кифосколиоз IV степени. Миелопатия грудного отдела в виде нижнего спастического парапареза без нарушения функции тазовых органов. Кифосколиотическое сердце. Дыхательная недостаточность II степени. Из анамнеза известно, что деформация позвоночника выявлена в раннем детском возрасте. Прогрессирование постепенное, несмотря на проводимое консервативное лечение. Резкое прогрессирование отмечено в возрасте 11-12 лет. При обследовании на спондилограммах, выполненных в положении стоя, величина сколиотического компонента на уровне Th4-L1 – 148° по Коббу, кифоза – 155°. Выявлена выраженная торсионная деформация позвонков на вершине кифосколиотической деформации на уровнях Th9, Th10, Th11, гипоплазия межпозвонковых дисков на вершине с практически полным отсутствием подвижности между позвонками. На МРТ и миелограммах грудного отдела позвоночника отмечено сужение резервного пространства с вогнутой стороны деформации позвоночника. Отчётливо прослеживается место перегиба дурального мешка на вершине деформации (см. рисунок 58). Больная передвигалась на своих ногах, однако, с признаками спастической походки (ASIA D). Отмечено резкое оживление коленных и подошвенных

рефлексов с обеих сторон, больше слева, с клоноидами стоп и коленных чашечек и патологическими стопными знаками. При проведении тракционной пробы выявлено усугубление неврологического дефицита с появлением клонусов стоп и коленных чашечек с обеих сторон, усилением патологических стопных знаков.



Рисунок 58 – Миелограммы пациентки С. до операции. а) – перегиб и сужение дурального мешка во фронтальной плоскости на уровне Th9-10 позвонков. б) – отсутствие резервного субдурального пространства в сагиттальной плоскости на уровне Th9-10 позвонков

Оперирована в НИИТО (оперирующий хирург Новиков В.В.) последовательно в один день в объеме: 1. Переднебоковая транспозиция спинного мозга на уровнях Th7-Th11 правосторонним заднебоковым трансторакальным доступом. 2. Наложение скелетного вытяжения за кости свода черепа и голени. 3. Задние клиновидные вертебротомии на уровнях Th7-Th11. 4. Коррекция деформации позвоночника инструментарием Cotrel-Dubousset-Horizon с задним спондилодезом местной аутокостью на протяжении инструментария (Th1-L4) (см. рисунок 59). Хирургическое вмешательство выполнено в условиях многокомпонентной ТВА и ИВЛ.

Общая продолжительность хирургического вмешательства составила 580 мин. Объем интраоперационной кровопотери составил 1450 мл, объем послеоперационной кровопотери – 650 мл. Интраоперационный и послеоперационный периоды протекали без осложнений, на следующий день после операции на фоне стабильного состояния больная переведена из отделения реанимации в профильное отделение.



Рисунок 59 – Первый трансторакальный этап переднебоковой транспозиции спинного мозга. а) – спинной мозг освобождён от сдавления стенками позвоночного канала, смещенкпреди и в вогнутую сторону на уровнях Th7-Th11, сформировано его новое ложе для осуществления коррекции деформации позвоночника без возможной компрессии спинного мозга в последующем, лоскут передней продольной связки отогнут. б) – завершение первого этапа транспозиции спинного мозга (лоскут передней продольной связки возвращен на место)

Неврологическая симптоматика после операции отсутствует (ASIA E), отмечается выраженный клинический и косметический эффект.

Больная поднята на ноги через 1 неделю после операции и, после адаптации к вертикальному положению, выписана домой для амбулаторного наблюдения без внешней иммобилизации. Рентгенологически отмечено уменьшение (см. рисунок 60) сколиотического компонента деформации позвоночника со  $148^\circ$  до  $64^\circ$ .

Кифоз уменьшился со  $155^\circ$  до  $69^\circ$ . Потери коррекции к концу срока наблюдения (через 10 лет) нет. Инструментарий цел, фиксирован за костные

структуры. Сформированы мощные искусственные передние и задние костные блоки на всём протяжении инструментария, данных за стеноз позвоночного канала выявлено (см. рисунок 61).

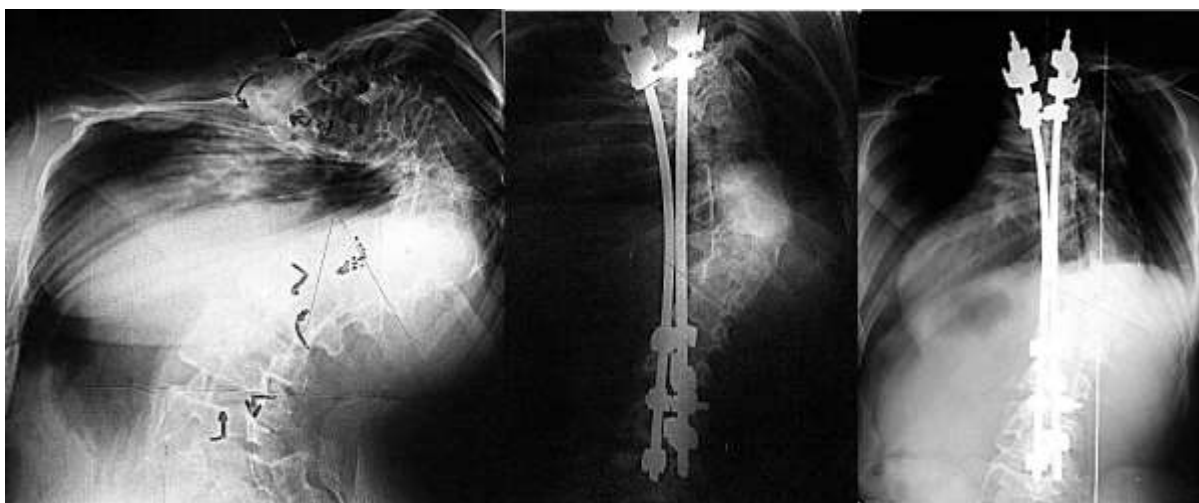


Рисунок 60 – Результат хирургического лечения на спондилограммах в прямой проекции. а) – сколиоз до операции 148° стоя. б) – сколиоз после коррекции 64° стоя, фронтальный баланс туловища восстановлен. с) – сколиоз через 5 лет после операции 64° стоя. Сформированы искусственные передние и задние костные блоки



Рисунок 61 – Результат хирургического лечения на спондилограммах в боковой проекции. а) – кифоз до операции 155° стоя. б) – кифоз после коррекции 69° стоя, сагиттальный баланс туловища восстановлен. с) – кифоз через 5 лет после операции 69° стоя. Сформированы искусственные передние и задние костные блоки

Отмечено значительное улучшение внешнего вида пациентки с восстановлением баланса туловища (см. рисунок 62) [56].



Рисунок 62 – Внешний вид пациентки С. а) – сзади до хирургического лечения. б) – сбоку до хирургического лечения. в) – сзади после хирургического лечения. г) – сбоку после хирургического лечения

### **Клинический пример №2**

Пациентка Б., 15 лет, поступила в марте 2002 года в клинику детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО с диагнозом: Врождённый неосложнённый прогрессирующий декомпенсированный левосторонний грудной ригидный кифосколиоз IV степени на почве множественных аномалий развития позвоночника в грудном отделе. Из анамнеза известно, что деформация позвоночника выявлена в раннем детском возрасте. Прогрессирование постепенное, в соответствии с ростом, несмотря на проводимое консервативное лечение. Резкое прогрессирование отмечено в возрасте 12 лет. При обследовании на спондилограммах, выполненных в положении стоя, величина левосторонней грудной сколиотической дуги –  $102^\circ$  по Коббу, кифоза –  $104^\circ$ . Выявлено наличие аномалий развития грудного отдела позвоночника: левосторонний заднебоковой Th6 полупозвонок, гипоплазия Th4-Th7 межпозвонковых дисков. На МРТ отмечено сужение резервных пространств позвоночного канала на вершине деформации позвоночника. Больная ходит самостоятельно. Признаков неврологического дефицита не выявлено (ASIA E).



Оперирована в НИИТО (оперирующий хирург Новиков В.В.) последовательно в один день в объеме: 1. Переднебоковая транспозиция спинного мозга на уровнях Th5-Th7 левосторонним заднебоковым трансторакальным доступом. 2. Наложение скелетного вытяжения за кости свода черепа и голени. 3. Задние клиновидные вертебротомии на уровнях Th5-Th7. 4. Коррекция деформации позвоночника инструментарием Cotrel-Dubouset-Horizon с задним спондилодезом местной аутокостью на протяжении инструментария (Th1-L2). Хирургическое вмешательство выполнено в условиях многокомпонентной ТВА и ИВЛ. Общая продолжительность хирургического вмешательства составила 460 мин. Объем интраоперационной кровопотери составил 2600 мл, объем послеоперационной кровопотери – 450 мл. Интраоперационный и послеоперационный периоды протекали без осложнений, на следующий день после операции на фоне стабильного состояния больная переведена из отделения реанимации в профильное отделение.

Неврологическая симптоматика после операции отсутствует (ASIA E), отмечается выраженный клинический и косметический эффект. Больная поднята на ноги через 1 неделю после операции и, после адаптации к вертикальному положению, выписана домой.

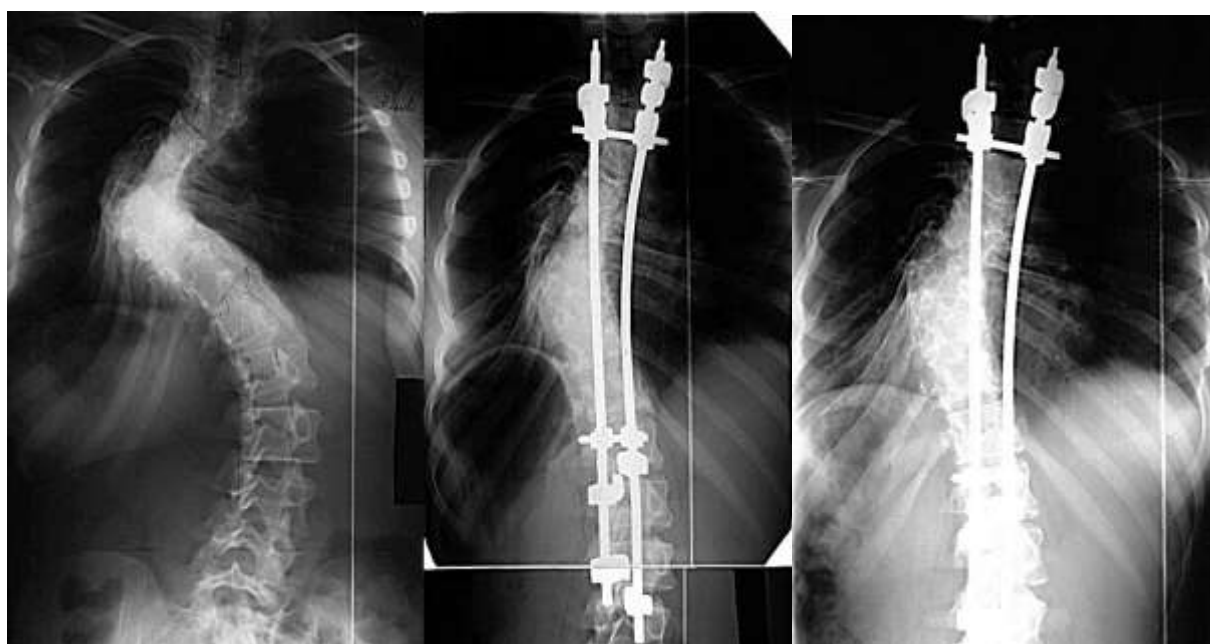


Рисунок 63 – Результат хирургического лечения на спондилограммах в прямой проекции. а) – сколиоз до операции  $102^\circ$  стоя. б) – сколиоз после коррекции  $51^\circ$  стоя, фронтальный баланс туловища восстановлен. с) – сколиоз через 5 лет после операции  $51^\circ$  стоя. Сформированы искусственные передние и задние костные блоки

Больная выписана для амбулаторного наблюдения без внешней иммобилизации. Рентгенологически отмечено уменьшение (см. рисунок 63) сколиотического компонента деформации позвоночника со  $102^\circ$  до  $51^\circ$ . Кифоз уменьшился со  $104^\circ$  до  $40^\circ$  (см. рисунок 64). Потери коррекции к

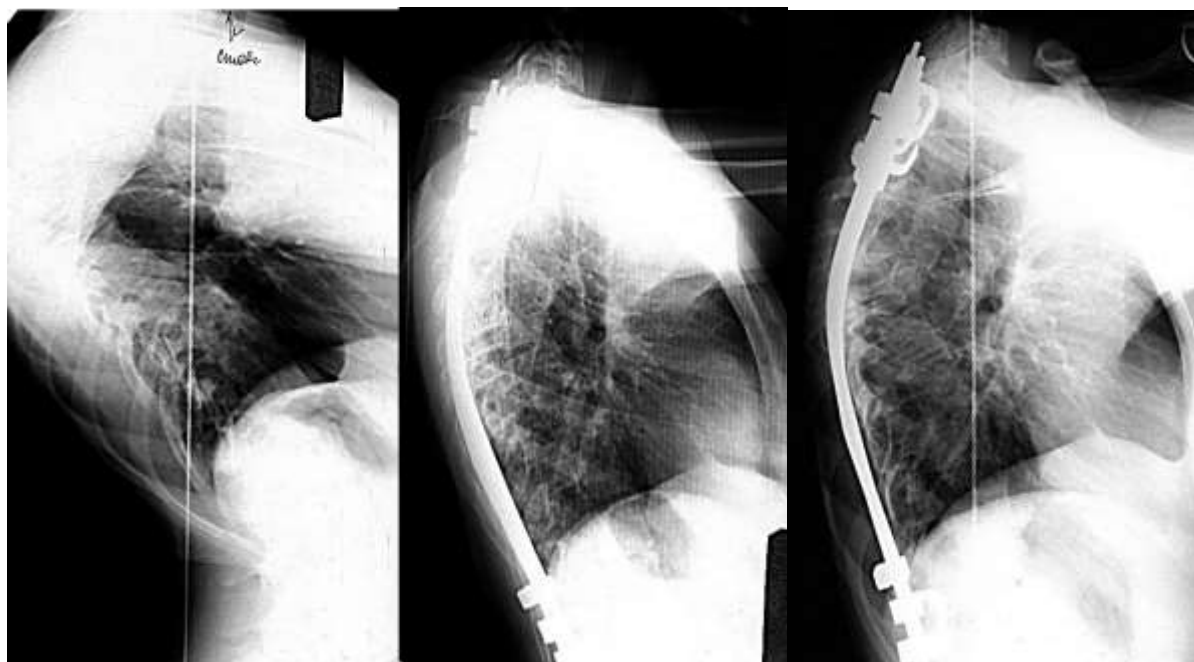


Рисунок 64 – Результат хирургического лечения на спондилограммах в боковой проекции. а) – кифоз до операции  $104^\circ$  стоя. б) – кифоз после коррекции  $40^\circ$  стоя, сагиттальный баланс туловища восстановлен. с) – кифоз через 5 лет после операции  $40^\circ$  стоя. Сформированы искусственные передние и задние костные блоки

к концу срока наблюдения (через 12 лет) нет. Инструментарий цел, фиксирован за костные структуры. Сформированы мощные искусственные передние и задние костные блоки на всём протяжении инструментария, данных за стеноз позвоночного канала не выявлено. На компьютерных оптических топограммах (см. рисунок 65), выполненных в динамике, видно, что к окончанию срока амбулаторного наблюдения у пациентки отсутствует остаточный рёберный горб, что свидетельствует о полной клинической коррекции деформации позвоночника.

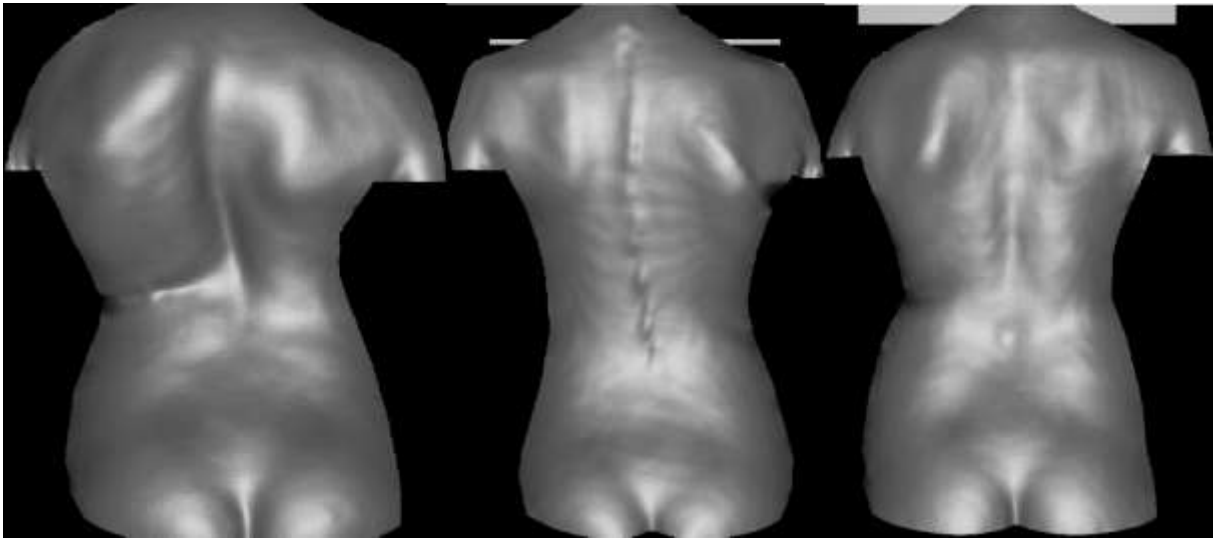


Рисунок 65 – Топографическая динамика поверхности спины пациента. а) – до хирургического лечения. б) – после ТСМ. с) – через 5 лет после операции

### **Клинический пример №3**

Пациент П., 16 лет, поступил в августе 2010 года в клинику детской и подростковой вертебродологии Новосибирского НИИТО с диагнозом: Спондилоэпифизарная дисплазия, аутосомно-доминантный тип. Осложнённый прогрессирующий декомпенсированный левосторонний грудной ригидный кифосколиоз IV степени. Задний рёберно-позвоночный горб. Миелопатия грудного отдела в виде нижнего спастического парапареза с частичным нарушением функции тазовых органов. Состояние после этапов оперативного лечения по поводу варусной деформации шеек бедренных костей, ротационно-приводящей контрактуры тазобедренных суставов, вальгусной деформации правого коленного сустава, укорочения правой нижней конечности за счёт бедра на 25 мм. Сгибательно-разгибательная контрактура правого коленного сустава. Килевидная деформация грудной клетки. Диффузный остеопороз. Из анамнеза известно, что деформация позвоночника выявлена в раннем детском возрасте. Прогрессирование постепенное, несмотря на проводимое консервативное лечение. Резкое прогрессирование отмечено в возрасте 12-13 лет. При

обследовании на спондилограммах величина сколиотического компонента –  $160^\circ$  по Коббу, кифоза –  $175^\circ$ . Выявлена выраженная скручивающая деформация позвонков на вершине кифосколиотической деформации на грудном уровне с практически полным отсутствием подвижности между позвонками. На МРТ выявлено наличие диастематомиелии на уровне Th5-Th10 позвонков. На миелограммах грудного отдела позвоночника (см. рисунок 6б) выявлен блок ликворных путей на вершине деформации позвоночника уровня Th6-Th7 в месте перегиба дурального мешка. На МСКТ определена компрессия спинного мозга на вершине деформации позвоночника.



Рисунок 6б – Миелограммы пациента с местом блока ликворных путей. а) – место перегиба в боковой проекции. б) – блок ликворных путей в прямой проекции. в) – компрессия спинного мозга на вершине деформации на МСКТ

Больной не передвигался самостоятельно при сохранении активных движений в ногах. В неврологическом статусе нижний глубокий спастический парализ с частичным нарушением функции тазовых органов (ASIA C).

Оперирован в НИИТО (оперирующий хирург Новиков В.В.) в объеме:  
1. Переднебоковая транспозиция спинного мозга на уровнях Th5-Th8 левосторонним заднебоковым трансторакальным доступом. Хирургическое вмешательство выполнено в условиях многокомпонентной ТВА и ИВЛ. Продолжительность хирургического вмешательства составила 240 мин. Объем интраоперационной кровопотери составил 1300 мл, объем послеоперационной кровопотери – 100 мл. На этапе выполнения ТСМ отчётливо прослеживалась компрессия спинного мозга на уровнях Th5-Th8 при отсутствии пульсации дурального мешка. После полной декомпрессии спинного мозга и формирования для него нового ложа отмечено полное восстановление пульсации дурального мешка. Выполнена люмбальная пункция, проведены ликвородинамические пробы. Констатировано отсутствие блока ликворных путей. Проведена контрольная контрастная миелография с омнипаком. Выполнено контрольное ЭОП-исследование, где также отмечено отсутствие блока ликворных путей, отсутствие компрессии спинного мозга (см. рисунок 67).



Рисунок 67 – ЭОП-картина контрастной миелографии с омнипаком. Ликворные пространства проходимы, компрессии спинного мозга нет

Учитывая длительность 1-го этапа ТСМ и объём кровопотери принято решение 2-й этап ТСМ отложить на несколько дней. Интраоперационный и послеоперационный периоды протекали без осложнений, на следующий день после операции на фоне стабильного состояния больной переведён из

отделения реанимации в профильное отделение. Через 3 недели выполнен 2-й этап хирургического лечения в объёме: 1. Наложение скелетного вытяжения за кости свода черепа и голени.

2. Задние клиновидные вертебротомии на уровнях Th5-Th8.  
3. Коррекция деформации позвоночника инструментарием НИТЕК с задним спондилодезом местной аутокостью на протяжении инструментария (Th2-L2). Хирургическое вмешательство выполнено в условиях многокомпонентной ТВА и ИВЛ. Продолжительность хирургического вмешательства составила 150 мин. Объем интраоперационной кровопотери составил 600 мл, объем послеоперационной кровопотери – 250 мл.

Интраоперационный и послеоперационный периоды протекали без осложнений, в этот же день после операции вечером на фоне стабильного состояния больной переведён из отделения реанимации в профильное отделение.

Неврологическая симптоматика после операции без отрицательной динамики (ASIA C), отмечается выраженный клинический и косметический эффект. При обследовании больного через 1 год отмечено значительное улучшение неврологической симптоматики (ASIA D). Пациент самостоятельно ходит при помощи костылей. Через 2 года после операции пациент свободно ходит без помощи костылей с лёгкими признаками спастической походки, самостоятельно и свободно себя обслуживает, не требует ухода.

Рентгенологически отмечено уменьшение сколиотического компонента деформации позвоночника со  $160^\circ$  до  $50^\circ$ . Кифоз уменьшился со  $175^\circ$  до  $62^\circ$ . Потери коррекции к концу срока наблюдения (через 5 лет) нет. Инструментарий цел, фиксирован за костные структуры. Сформированы мощные искусственные передние и задние костные блоки на всём протяжении инструментария, данных за стеноз позвоночного канала не выявлено (см. рисунок 68).



Рисунок 68 – Результат хирургического лечения на спондилограммах в прямой и боковой проекциях. а) – кифоз до операции 175°. б) – кифоз после коррекции 62°. в) – сколиоз до операции 160°. д) – сколиоз после коррекции 50°

### Резюме

Представленные клинические наблюдения свидетельствуют о возможности проведения одномоментной коррекции тяжёлых ригидных врождённых кифосколиотических деформаций позвоночника, деформаций на почве нервномышечных, генетически обусловленных заболеваний как с исходным неврологическим дефицитом, так и без него, снижая при этом риск фатальных неврологических осложнений. Такая коррекция возможна при осуществлении транспозиции спинного мозга [47]. Улучшение формы позвоночного канала и устранение имеющейся компрессии спинного мозга направлено на регресс имеющегося неврологического дефицита и способствует реабилитации пациентов в послеоперационном периоде. Использование транспозиции спинного мозга на фоне коррекции позвоночным инструментарием избавляет пациентов от таких осложнений как дисбаланс туловища, прогрессирование деформации и несостоятельность инструментария с его заменой или удалением. Кроме того, применение транспозиции спинного мозга в значительной степени

увеличивает эффективность коррекции и удовлетворённость пациентов результатом лечения. При локальных, но тяжёлых и фиксированных кифосколиотических деформациях позвоночника, возможно выполнение транспозиции спинного мозга даже при отсутствии исходного неврологического дефицита. В таких случаях она может привести к выраженной клинической коррекции деформации позвоночника, не требующей в дальнейшем осуществления дополнительных косметических этапов в лечении (резекции остаточного рёберного горба). При необходимости устранения неврологического дефицита, вызванного тяжёлой фиксированной кифосколиотической деформацией позвоночника, но при отсутствии возможности имплантации заднего инструментария, например, при системном остеопорозе крайней степени выраженности или полной несостоятельности возможных костных точек опоры, осуществление переднего этапа транспозиции спинного мозга после его протяжённой декомпрессии может привести к восстановлению функций спинного мозга, не потребовав в дальнейшем использования заднего позвоночного инструментария.

Применение при таких операциях интраоперационного нейромониторинга позволяет выполнять все хирургические этапы под надёжным контролем функций спинного мозга и в большем объёме, а, значит, повысить эффективность хирургического лечения.

Таким образом, с учётом данных исследования пациентов в III группе можно окончательно сформировать рабочую классификацию тяжёлых сколиотических деформаций с учётом их величины, степени мобильности и риска развития неврологических осложнений: 1) тяжёлые мобильные сколиозы, когда при величине сколиотической дуги более  $80^\circ$  в наклоне она уменьшается больше 25% от исходного; 2) тяжёлые ригидные сколиозы, когда сколиотическая дуга более  $80^\circ$  в наклоне или вертикальном вытяжении уменьшается менее, чем на 25% от исходной величины; 3) неосложнённые фиксированные тяжёлые кифосколиозы, когда



сколиотическая дуга более  $120^\circ$  не уменьшается в наклоне ниже  $120^\circ$ , а также имеется кифоз более  $100^\circ$ , не уменьшающийся ниже  $100^\circ$ ; 4) осложнённые фиксированные тяжёлые кифосколиозы, когда сколиотическая дуга более  $120^\circ$  не уменьшается в наклоне ниже  $120^\circ$ , а также имеется кифоз более  $100^\circ$ , не уменьшающийся ниже  $100^\circ$ , но имеющие исходный неврологический дефицит.

На основе сформированной рабочей классификации можно определить показания к проведению различных методов хирургического лечения тяжёлых форм сколиоза. При определении I группы тяжёлого мобильного сколиоза можно рекомендовать, в зависимости от величины и степени мобильности, как только задние методы инструментальной коррекции деформации позвоночника, так и полный вариант радикальных методов хирургического лечения. При определении II группы тяжёлого ригидного сколиоза следует рекомендовать радикальные методы коррекции имеющейся деформации позвоночника. При выявлении III группы неосложнённого фиксированного тяжёлого кифосколиоза необходимо индивидуально рассматривать возможность выполнения хирургической транспозиции спинного мозга. При диагностике IV группы осложнённого фиксированного кифосколиоза хирургическое лечение такой деформации позвоночника показано с применением транспозиции спинного мозга.

## **ГЛАВА 7 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТДАЛЁННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ТЯЖЁЛЫХ ФОРМ СКОЛИОЗА**

### **7.1 Сравнительный анализ отдалённых результатов хирургического лечения тяжёлых форм сколиоза методом анкетирования**

Во многих исследованиях результат хирургического лечения расценивался как величина коррекции сколиотической дуги по Cobb J.R. и восстановление сагиттального баланса [41]. Однако с развитием методов хирургической коррекции стало очевидно, что нельзя судить о ее результате

только по этим показателям. Проблема оценки результатов оперативного лечения деформаций позвоночника часто упирается в сложность установления критериев, объективно отражающих исход сколиоза. При этом проводимая оценка, особенно в отдаленные сроки, позволяет сравнить эффективность различных методов лечения, выделить наиболее эффективные из них и определить причины неудачных исходов. По современным представлениям [103] оценка хирургической коррекции деформации позвоночника любой этиологии базируется на электронной базе данных, куда в режиме реального времени заносится вся объективная информация о данном пациенте, результатах трёхмерного исследования туловища больного (в России – компьютерная оптическая топография) и анализе самооценки больным своего состояния по данным анкетирования (инструмент SRS). Непременным условием является срок послеоперационного наблюдения не менее двух лет [36]. Требования, предъявляемые к различным анкетам- опросникам, следующие: анкета должна быть проста в заполнении и написана доступным языком, чтобы на ее вопросы мог ответить пациент с любым (в том числе крайне низким) образовательным уровнем, надёжна, не требует дополнительных финансовых затрат, удобна для интерпретации. В последнее время принято считать, что оценка состояния пациента с патологией позвоночника должна учитывать наличие и интенсивность болевого синдрома, эмоциональное состояние, трудоспособность, уровень повседневной активности, социально-психологическую адаптацию. В клинической практике всё чаще используются различные опросники, которые заполняются самим пациентом. К сожалению, система оценки полученных результатов недостаточно стандартизирована. Неоднозначен и ответ на вопрос, как долго после оперативного лечения необходимо наблюдать пациента. Клинический опыт убедительно демонстрирует, что процесс коррекции деформации позвоночника (следовательно, дорсальной поверхности туловища) динамичен, не заканчивается на операционном столе с

установкой инструментария и ушиванием операционной раны. Это подтверждает необходимость анализа результатов хирургического лечения не только в ближайшем послеоперационном периоде. Для анализа отдаленных результатов хирургической коррекции тяжёлых сколиозов по данным самооценки пациентов используется анкета SRS-24.

### **7.1.1 Характеристика метода анкетирования на основе SRS-24**

С 1998 г. в Новосибирском НИИТО в объеме послеоперационного обследования пациентов, оперированных по поводу деформаций позвоночника (кифозов, сколиозов и др.) различной этиологии, используется метод анкетирования. Предпочтение отдано русскоязычному варианту анкеты SRS-24. В русскоязычном варианте SRS-опросника формулировка вопросов не требует дополнительных комментариев, опросник надёжен, доступен, нозологически специфичен и позволяет оценивать нетрудоспособность в послеоперационном периоде и удовлетворённость результатами хирургического лечения у пациентов с деформациями позвоночника. Применение русскоязычного варианта анкеты SRS-24 у оперированных больных позволяет комплексно подойти к оценке результатов хирургического лечения деформаций позвоночника различной этиологии и, наряду с клинико-рентгенологическими методами, даёт возможность выделить факторы, в различной степени влияющие на самооценку результатов вмешательства. Анкета включает в себя 24 вопроса по 7 областям (доменам): боль в спине, общий внешний вид, внешний вид после операции, функция после операции, общая активность, профессиональная активность, удовлетворённость результатами оперативного лечения. Каждый вопрос оценивается по 5-балльной системе: 1 наихудший, 5 – наилучший вариант [299]. Расчёт результатов производится по методике оригинального опросника.

Послеоперационное контрольное обследование в динамике проводят в стандартные сроки: 6 месяцев, 1 год, 2 года, свыше 2 лет. Каждый пациент при контрольном клинико-рентгенологическом послеоперационном

обследовании дополнительно заполняет русскоязычный вариант опросника SRS-24. Показатели семи областей анкеты сравниваются с клиническими данными контрольных обследований в те же сроки с учётом пола пациента и срока после операции [39].

Критерии включения пациентов в исследование: сколиоз с углом Cobb 80° и более; идиопатические или генетически обусловленные (синдром Марфана, Элерса-Данло), а также на почве Нейрофиброматоза I типа; хирургическое лечение выполнялось только в Новосибирском НИИТО; используемый для коррекции инструментарий – дорсальный сегментарный инструментарий III поколения; срок послеоперационного наблюдения – 2 и более года. Критерии исключения: инфантильные и ювенильные сколиозы с возрастом пациентов младше 12 лет; врождённые сколиозы и кифосколиозы; кифотические деформации различной этиологии. Всего проанализировано 448 анкет.

### **7.1.2 Результаты анкетирования SRS-24**

Исследование данных анкетирования в динамике во всех группах в целом продемонстрировало следующую картину. Боль в спине в сроки до 1 года усилилась (с 3,81 до 3,58), а затем прогрессивно уменьшилась – до 4,03 в сроки более 2 лет. Показатель общего внешнего вида улучшался постоянно – с 3,37 до 4,01. Показатель внешнего вида после операции имел противоположную динамику (с 4,44 до 3,94). Функция позвоночника прогрессивно улучшалась после операции (с 2,02 до 2,84). Общая активность существенно возросла в первый год после вмешательства (с 3,00 до 3,25). Профессиональная активность, наоборот, сначала снизилась (с 3,54 до 3,02), а затем существенно возросла (3,63). Удовлетворённость лечением осталась стабильно высокой: 4,22 балла через 6 месяцев и 4,22 балла через 2 года после операции (см. таблицу 12) [39]. В послеоперационном периоде количество пациентов, которые не согласились бы пройти лечение на тех же условиях, составило 5,9% через шесть месяцев после операции, в дальнейшем этот показатель снизился до

3,4%. При этом удовлетворённость результатами оперативного лечения во II группе составила 97,9 % сразу после операции и не снижалась в динамике.

Таблица 12 – Результаты анкетирования пациентов по опроснику SRS-24 в зависимости от послеоперационного наблюдения

Область исследования	Срок после операции		
	6 мес, баллы	1 год, баллы	2 и более лет, баллы
Боль в спине	3,81±0,52	3,58±0,46*	4,03±0,52**
Общий внешний вид	3,37±0,36	3,84±0,43**	4,01±0,39*
Внешний вид после операции	4,44±0,55	4,04±0,51**	3,94±0,56
Функция позвоночника после операции	2,02±1,16	2,31±1,15*	2,84±1,01**
Общая активность	3,00±0,64	3,25±0,62*	3,19±0,78
Профессиональная активность	3,54±0,86	3,02±0,72*	3,63±0,57**
Удовлетворённость результатами операции	4,21±0,57	4,18±0,45	4,22±0,76

\*\*p<0,01 \*p<0,05

Были проанализированы данные анкетирования в зависимости от пола пациентов. Пациенты мужского пола оценивают послеоперационный болевой синдром как менее выраженный (4,02 против 3,89), также у них более высокая оценка показателя функции после операции (2,45 против 2,19). Больные женского пола существенно выше оценивают общий внешний вид (3,94 против 3,27) и внешний вид после операции (4,21 против 3,94), профессиональную (3,92 против 3,32) активность, а также функцию позвоночника после операции (2,55 против 2,29) (см. таблицу 13). При сравнении данных анкетирования в зависимости от хирургического лечения пациентов выявило следующее.

Таблица 13 – Результаты анкетирования пациентов всех групп в зависимости от пола

Область исследования	Пол	
	М (n=44) баллы	Ж (n=184) баллы
Боль в спине	4,02±0,50	3,89±0,47*
Общий внешний вид	3,27±0,41	3,94±0,44**
Внешний вид после операции	3,94±0,55	4,21±0,48**
Функция позвоночника после операции	2,55±1,45	2,29±1,09*
Общая активность	3,16±0,73	2,98±0,82
Профессиональная активность	3,32±0,81	3,92±0,76**
Удовлетворённость результатами операции	4,21±0,63	4,22±0,52

\*\*p&lt;0,01 \*p&lt;0,05

Во II группе пациентов после радикального хирургического лечения показатели демонстрируют улучшение по всем доменам, при этом удовлетворенность результатами хирургического лечения возрастает с 4,11 до 4,71 (см. таблицу 14). Это касается большинства больных, оперированных радикально по поводу тяжёлых форм сколиоза. Эти пациенты меньше жалуются на боль в спине (4,07 против 3,76), у них несколько выше общая (3,56 против 3,17) и профессиональная (3,60 против 3,54) активность. В тоже время они в большей степени, чем больные, оперированные традиционно, удовлетворены общим внешним видом (4,14 против 3,96) и внешним видом после операции (4,26 против 3,79).

Таблица 14 – Результаты анкетирования пациентов по опроснику SRS-24 в зависимости от метода хирургического лечения

Область исследования	Метод хирургического лечения	
	I группа баллы	II группа баллы
Боль в спине	3,76±0,42	4,07±0,50*
Общий внешний вид	3,96±0,36	4,14±0,44*
Внешний вид после операции	3,79±0,61	4,26±0,55**
Функция позвоночника после операции	2,18±1,01	2,29±0,38
Общая активность	3,17±0,49	3,56±0,47*
Профессиональная активность	3,54±0,73	3,96±0,62**
Удовлетворённость результатами операции	4,11±0,45	4,71±0,51**

\*\*p<0,001 \*p<0,01

### Резюме

По результатам обследования больших групп пациентов после различных методов хирургического лечения тяжёлых сколиотических деформаций позвоночника можно говорить о том, что самооценка больных и удовлетворённость результатами хирургического лечения значительно повышается после операции и сохраняется в течение всего периода послеоперационного наблюдения.

Лица мужского пола оценивают послеоперационный болевой синдром более интенсивно, выше оценивают внешний вид и функцию после операции. Женщины выше оценивают общий внешний вид, профессиональную активность и удовлетворённость результатами лечения.

Анализ показателей анкеты в динамике демонстрирует снижение оценки интенсивности болевого синдрома, повышение оценки общего внешнего вида, общей и профессиональной активности. Причём наибольшей динамике показатели подвержены в период до двух лет после операции, далее наблюдается стабилизация восприятия результатов.

Некоторое снижение оценки удовлетворенности оперативным лечением в целом через 6 месяцев после операции можно отнести к первому эффекту коррекции деформации позвоночника с последующим стабильным восприятием и удовлетворенностью результатами лечения.

Радикальная коррекция тяжёлого сколиоза оказывает выраженное положительное влияние на оценку пациентами результатов оперативной коррекции деформации позвоночника по сравнению с традиционными хирургическими вмешательствами. Особенно это сказывается на удовлетворённости пациентов и их профессиональной активности. Таким образом, можно говорить о значительном улучшении связанного со здоровьем качества жизни («Health-Related Quality of Life» – HRQL) у пациентов, оперированных с применением радикальных методов лечения.

## **7.2 Сравнительный анализ отдалённых результатов хирургического лечения тяжёлых форм сколиоза методом топографического обследования дорсальной поверхности туловища (ТОДП)**

В Новосибирском НИИТО в 1994 году на основе метода проекции полос и пространственного детектирования фазы был разработан метод топографического обследования дорсальной поверхности туловища (ТОДП), который предназначен для бесконтактного обследования дорсальной поверхности туловища с целью диагностики нарушений осанки и деформаций позвоночника [63]. Для этого используется компьютерный оптический топограф (КОМОТ). Он позволяет с высокой точностью определять форму обследуемой поверхности в течение короткого периода времени (не более 3-4 секунд), получать количественное описание



состояния позвоночника в трёх плоскостях и определять положение туловища пациента в трёхмерном пространстве, а также обеспечивает полностью автоматизированную обработку изображений пациентов. Эффективность его применения для оценки хорошо изучена в клинической практике, а надёжность выдаваемых результатов не вызывает никаких сомнений. Данные, получаемые при его использовании, позволяет оценивать не только форму поверхности спины пациентов с нарушениями осанки, но и изучать баланс туловища в трёхмерном пространстве, оценивать изменения, происходящие на поверхности тела в результате хирургического лечения деформаций позвоночника и других его заболеваний [2, 20, 51, 65, 66].

### **7.2.1 Характеристика исследования компьютерных оптических топограмм (КОМОТ)**

Исследовано 642 топограммы, полученные при обследовании методом ТОДП 204 пациентов, которым было выполнено хирургическое лечение в связи с тяжёлыми формами сколиоза. 172 пациента из всех обследованных были оперированы в I группе больных, получивших лечение традиционными методами коррекции тяжёлых сколиотических деформаций позвоночника. 32 пациента были оперированы во II группе больных, получивших лечение методами радикальной коррекции тяжёлых сколиотических деформаций позвоночника. В выходных формах КОМОТ заложено более 100 топографических параметров. Учитывая то, что некоторые параметры каждой из плоскостей в какой-то мере дополняют другие, были выбраны для анализа основные, описывающие положение туловища в пространстве, а также взаиморасположение отдельных областей спины, в том числе надплечий, лопаток, грудной клетки, поясницы, таза и позвоночника. Многие из этих топографических параметров имеют свои клинические аналоги, такие как перекос надплечий и таза, расстояние от линии отвеса, опущенной от С7 позвонка до межъягодичной складки, высота рёберного горба и др. Это облегчает задачу описания таких

показателей в различных плоскостях. По всем параметрам у пациентов, оперированных с применением различных хирургических методик, были проведены оценки и сравнения для объективизации динамики в результате хирургического лечения и на этапах послеоперационного наблюдения. Обследование проводили в различные сроки, в том числе до и после операции, через 6 месяцев, 1 год, 2 года и более в отдалённом послеоперационном периоде.

### 7.2.2 Результаты исследования компьютерных оптических топограмм (КОМОТ)

Длина туловища в результате хирургического лечения выросла в обеих группах пациентов ( $p < 0,001$ ) (см. таблицу 15).

Таблица 15 – Изменение длины туловища пациентов I и II групп на этапах лечения

Длина туловища пациентов, мм	До операции M±m	После операции M±m	В конце наблюдения M±m
I группа (Lng)	443,6±47,9	519,4±47,0**	496,9±43,0**
II группа (Lng)	439,1±39,5	520,9±39,5**	499,4±34,1*

\*\* $p < 0,001$  \* $p < 0,05$

В обеих группах пациентов произошло не только увеличение длины туловища (на 7,6 см в I группе, на 8,2 см – во II), но затем и её уменьшение в отдалённом послеоперационном периоде (на 22,5 мм в I группе, на 21,5 мм – во II). Однако во II группе увеличение длины туловища было значимо больше, чем в I ( $p < 0,01$ ).

Что касается такого основного параметра фронтального дисбаланса, как декомпенсация туловища в мм, можно констатировать (см таблицу 16), что в результате хирургического лечения у пациентов I группы произошло уменьшение декомпенсации туловища на 3,7 мм ( $p < 0,05$ ). Этого не наблюдалось у пациентов II группы ( $p > 0,05$ ).

Однако к концу срока послеоперационного наблюдения выявлено уменьшение декомпенсации как в I группе ( $p < 0,01$ ), так и во II ( $p < 0,05$ ). Похожие изменения мы также констатировали при изучении динамики рентгенологических аналогов этих параметров.

Таблица 16 – Динамика декомпенсации туловища пациентов I и II групп на этапах лечения

Декомпенсация туловища, мм	До операции $M \pm m$	После операции $M \pm m$	В конце наблюдения $M \pm m$
I группа	20,3±14,0	16,6±12,8*	12,0±10,6**
II группа	19,3±15,7	17,1±14,4	11,0±9,9*

\*\* $p < 0,01$  \* $p < 0,05$

Кроме декомпенсации туловища была оценена динамика перекосов (инклинации) плечевого и тазового пояса во фронтальной плоскости (см. таблицу 17).

Таблица 17 – Динамика изменения перекосов плечевого и тазового пояса во фронтальной плоскости у пациентов I и II групп на этапах лечения

Показатели в группах, град	До операции $M \pm \sigma$	После операции $M \pm \sigma$	В конце наблюдения $M \pm \sigma$
I группа – переко́с надплечий (FH)	5,0±0,6	2,6±0,5**	2,7±0,6
II группа – переко́с надплечий (FH)	4,5±1,7	2,6±1,2*	2,6±1,6
I группа – переко́с таза (FP)	3,0±0,6	1,9±0,4**	2,1±0,5
II группа – переко́с таза (FP)	1,7±0,8	2,2±1,0	1,7±1,1

\*\* $p < 0,001$  \* $p < 0,01$

В I группе пациентов после традиционного хирургического лечения тяжёлого сколиоза отмечено улучшение всех параметров переко́са надплечий и таза соответственно на  $2,4^\circ$  ( $p < 0,001$ ) и  $1,9^\circ$  ( $p < 0,01$ ). В

отдалённом послеоперационном периоде изменений этих параметров выявлено не было. В I группе пациентов после радикального хирургического лечения тяжёлого сколиоза было выявлено улучшение перекоса таза на  $1,1^\circ$  ( $p < 0,01$ ), также без дальнейшей динамики в отдалённый послеоперационный период. Однако, перекос таза как после операции, так и на этапах наблюдения у пациентов во II группе не менялся. Можно только констатировать, что исходные значения перекоса таза были ниже во II группе.

Кроме основных клинико-топографических параметров была проведена оценка динамики дополнительных топографических параметров фронтальной плоскости, не имеющих клинических аналогов. Все эти параметры, и угол латеральной асимметрии основной дуги (S1\_LA), являющийся аналогом угла Кобба, и латеральная девиация основной дуги (S1\_LD) изменялись на этапах хирургического лечения тяжёлых форм сколиоза одинаково (см. таблицу 18).

Таблица 18 – Динамика изменения дополнительных показателей фронтальной плоскости у пациентов I и II групп на этапах лечения

Показатели в группах	До операции M±σ	После операции M±σ	В конце наблюдения M±σ
I группа – угол латеральной асимметрии дуги (S1_LA), град.	96,9±11,3	16,9±2,8**	20,9±3,7*
II группа – угол латеральной асимметрии дуги (S1_LA), град.	99,7±5,6	17,2±6,6**	17,6±7,3

I группа –латеральная девиацияосновной дуги (S1_LD), мм	42,2±5,1	8,2±1,4**	10,3±1,7*
II группа –латеральная девиацияосновной дуги (S1_LD), мм	42,2±11,6	7,7±3,1**	8,6±3,9

\*\*p<0,001 \*p<0,01

Во всех группах оперированных пациентов отмечалось их выраженное уменьшение после операции ( $p<0,001$ ). Затем в I группе пациентов было выявлено увеличение этих параметров в отдалённом послеоперационном периоде ( $p<0,01$ ). Однако во II группе этих изменений при контрольном обследовании не происходило. Эта динамика топографических параметров сопоставима с изменениями рентгенологических данных в I группе, когда отмечалось прогрессирование основной сколиотической дуги в отдалённом послеоперационном периоде и частичная потеря её коррекции. Эти процессы происходили только в I группе пациентов с традиционным методом хирургического лечения тяжёлых форм сколиоза.

Изменение формы спины и баланса туловища в сагиттальной плоскости описываются несколькими группами топографических параметров. Однако, динамика параметров сагиттального баланса характерна только для наклона туловища в сагиттальной плоскости (ST) и угла наклона таза в сагиттальной плоскости (SA1) (см. таблицу 19). Остальные сагиттальные параметры значительно не менялись в послеоперационном периоде. Как видно из полученных данных, в обеих группах пациентов характерна динамика по уменьшению угла наклона таза в сагиттальной плоскости ( $p<0,001$ ). При этом дальнейших изменений этого параметра в отдалённом периоде не происходит ( $p>0,05$ ). Только во II группе больных увеличивается угол наклона туловища в сагиттальной

плоскости, а затем снова снижается до нормальных величин. К этим же значениям стремится этот показатель и в I группе. При оценке динамики в сагиттальной плоскости можно сказать, что все изменения в обеих группах пациентов стандартны и значительно не отличаются между собой. При оценке изменений формы спины и баланса туловища в горизонтальной плоскости топографические параметры анализировались в двух основных группах.

Таблица 19 – Динамика изменения показателей сагиттального баланса у пациентов I и II групп на этапах лечения

Показатели в группах	До операции M±σ	После операции M±σ	В конце наблюдения M±σ
I группа – наклон туловища в сагиттальной плоскости (ST), град.	2,9±0,5	3,1±0,4	2,1±0,4**
II группа – наклон туловища в сагиттальной плоскости (ST), град.	3,4±1,3	4,5±1,2*	2,8±1,2*
I группа – угол наклона таза в сагиттальной плоскости (SA1), град.	20,7±0,9	15,7±0,9**	16,0±1,2
II группа – угол наклона таза в сагиттальной плоскости (SA1), град.	20,6±2,1	17,5±2,0**	19,0±3,3

\*\*p<0,001 \*p<0,05

Можно говорить об отсутствии какой-либо динамики горизонтального баланса как после корригирующей операции, так и на этапах послеоперационного наблюдения в обеих группах пациентов (p>0,05).

Другая группа топографических параметров горизонтальной плоскости использовалась для описания самой вершины деформации позвоночника. Из таблицы 20 видно, что оба показателя вершины деформации позвоночника (паравертебральный угол и объёмная асимметрия) значительно снижаются в результате хирургического лечения, а затем сохраняют стабильность на всех сроках послеоперационного

наблюдения ( $p > 0,05$ ). Это характерно для обеих групп оперированных пациентов.

Таблица 20 – Динамика изменения показателей горизонтальной плоскости у пациентов I и II групп на этапах лечения

Показатели в группах	До операции M±m	После операции M±m	В конце наблюдения M±m
I группа – паравертебральный угол (R2M), град.	43,1±9,3	26,7±9,4**	28,0±10,2
II группа – паравертебральный угол (R2M), град.	42,9±7,8	27,1±8,2**	29,7±7,8
I группа – объёмная асимметрия (VM), град.	26,5±8,9	21,8±8,5**	20,7±8,3
II группа – объёмная асимметрия (VM), град.	25,2±7,8	20,8±6,4*	21,4±5,8

\*\* $p < 0,001$  \* $p < 0,01$

При общей оценке топографических изменений в горизонтальной плоскости в послеоперационном периоде больных, оперированных с применением как классической, так и радикальной методик хирургического лечения, можно говорить об отсутствии изменений горизонтального баланса на этапах лечения. Кроме того, отмечается значимая динамика в области вершины деформации позвоночника. Выраженное перемещение деформации в результате коррекции сопровождается улучшением имеющихся до операции асимметрий поверхности спины и стабильно сохраняется в отдалённом послеоперационном периоде.

Одними из наиболее важных показателей общих изменений топографических показателей являются интегральные индексы.



Таблица 21 – Динамика изменения интегральных индексов нарушений формы спины у пациентов I и II групп на этапах лечения

Показатели в группах	До операции M±m	После операции M±m	В конце наблюдения M±m
I группа – общий интегральный индекс нарушений формы спины (PTI)	4,2±0,9	2,6±0,8**	2,5±0,7
II группа – общий интегральный индекс нарушений формы спины (PTI)	4,1±0,8	2,4±0,5**	2,5±0,5
I группа – интегральный индекс нарушений формы спины во фронтальной плоскости (PTI_F)	5,5±1,3	2,1±0,9**	2,0±0,9
II группа – интегральный индекс нарушений формы спины во фронтальной плоскости (PTI_F)	5,5±1,4	1,9±0,7**	1,9±1,0
I группа – интегральный индекс нарушений формы спины в горизонтальной плоскости (PTI_G)	4,3±1,3	3,5±1,2**	3,4±1,1
II группа – интегральный индекс нарушений формы спины в горизонтальной плоскости (PTI_G)	3,9±0,9	3,2±0,9**	3,3±0,9
I группа – индекс ориентации туловища во фронтальной плоскости (P_OF)	2,9±1,2	1,8±0,9**	1,7±1,0
II группа – индекс ориентации туловища во фронтальной плоскости (P_OF)	2,8±1,2	1,7±0,9**	1,7±1,1

\*p<0,001

Из таблицы 21 видно, что все интегральные индексы нарушений формы спины (общие, а также во фронтальной и горизонтальной плоскостях) или ориентации туловища в обеих группах пациентов

значительно уменьшаются (улучшаются) в результате хирургического лечения ( $p < 0,001$ ).

Все эти индексы остаются без каких-либо изменений в отдалённом послеоперационном периоде ( $p > 0,05$ ).

На рисунке 69 отражена динамика изменений топографических параметров пациентки I группы сразу после хирургического лечения. Отчётливо прослеживается улучшение всех топографических параметров в результате хирургического лечения.

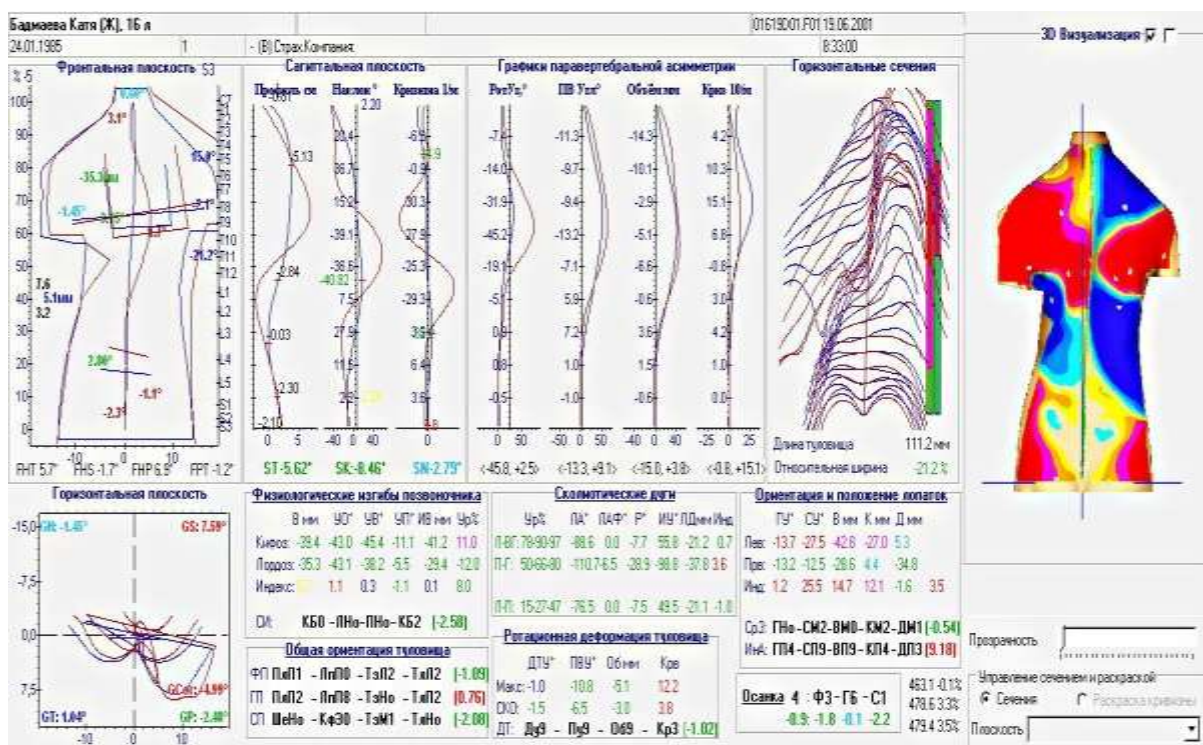


Рисунок 69 – Топографическая картина пациентки I группы: до (красным) и после (синим) хирургической коррекции

Особенно заметно улучшение формы спины в результате операции у этой больной на рисунке 70, демонстрирующем эту динамику в 3-D изображении. Хорошо видно улучшение как формы спины, длины туловища, так и баланса туловища после хирургической коррекции.

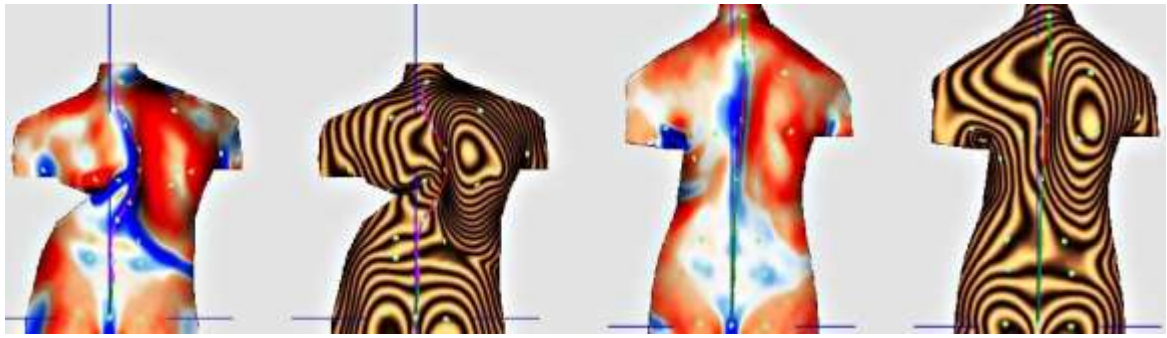


Рисунок 70 – Топографическая картина пациентки I группы в 3-D: до и после хирургической коррекции

Однако при обследовании пациентки через 2 года после хирургического лечения становятся заметны топографические признаки потери коррекции (см. рисунок 71).

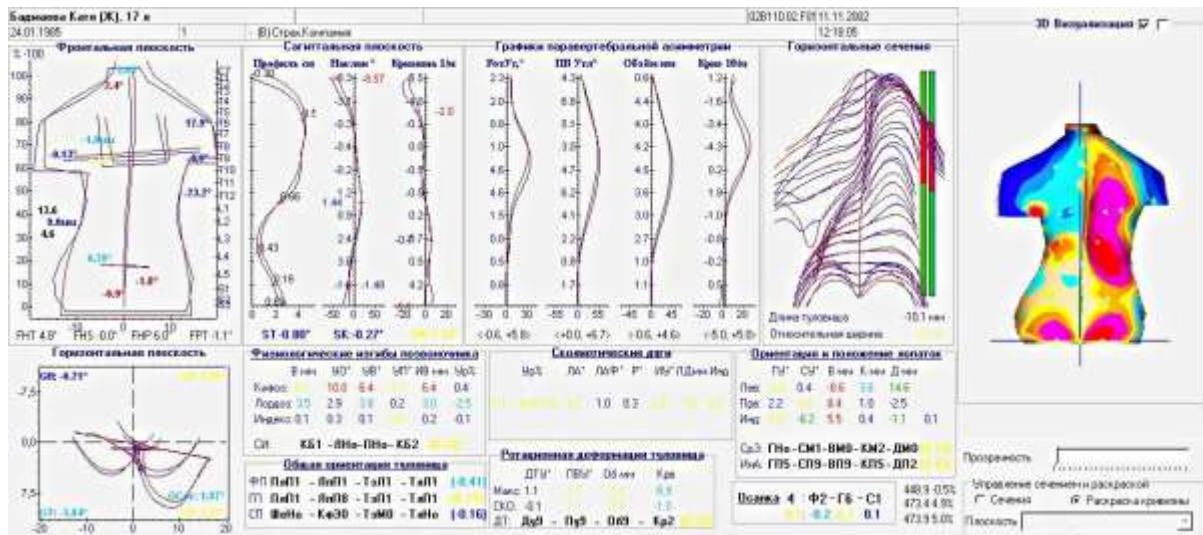


Рисунок 71. Топографическая картина пациентки I группы: после (красным) хирургической коррекции и через 2 года (синим) после операции

Они выражаются в небольшом уменьшении длины туловища, увеличении угла латеральной асимметрии туловища (S1\_LA) и латеральной девиации сколиотической дуги (S1\_LD), а также увеличении высоты рёберного горба в отдалённом послеоперационном периоде, что как раз и было характерно для пациентов I группы, получившим традиционное хирургическое лечение тяжёлых форм сколиоза.

Изменения топографических параметров в результате хирургического лечения у пациента II группы продемонстрированы на рисунке 72. Также

хорошо заметны все улучшения топографических параметров в результате операции.

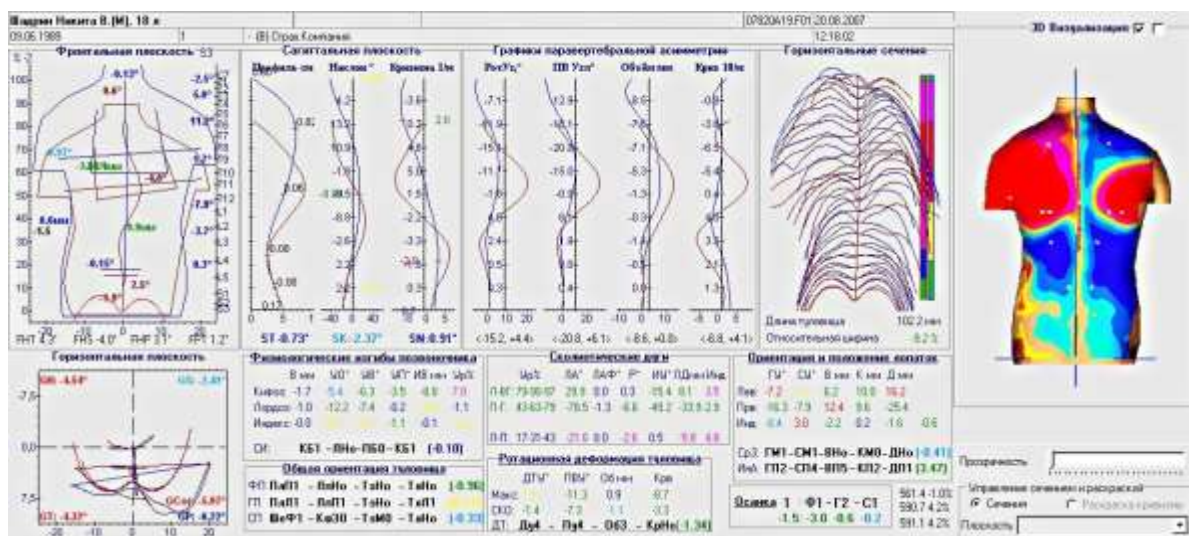


Рисунок 72–Топографическая картина пациента II группы: до (красным) и после (синим)хирургической коррекции

Особенно наглядно эти положительные изменения видны на рисунке 73, демонстрирующем ярко выраженное улучшение формы, длины и баланса туловища в результате хирургической коррекции в 3-D изображении.

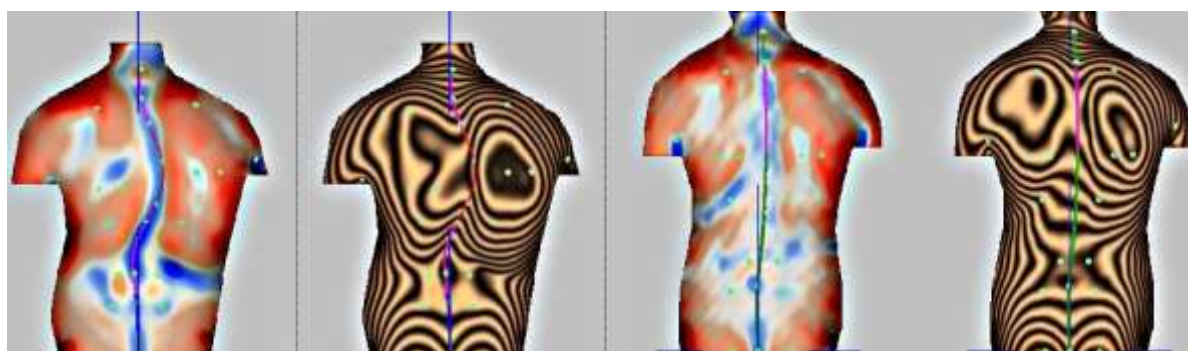


Рисунок 73 – Топографическая картина пациента II группы в 3-D: до и после хирургической коррекции

На рисунке 74 представлен результат контрольного обследования пациента II группы, прошедшем хирургическое лечение с применением радикальных методов коррекции тяжёлых форм сколиоза в отдалённый периодпослеоперации. Отмечается отсутствие динамики топографических параметров в отдалённые сроки после лечения. Стабильно на всех сроках

послеоперационного наблюдения сохраняются все признаки исходной хирургической коррекции деформации позвоночника.

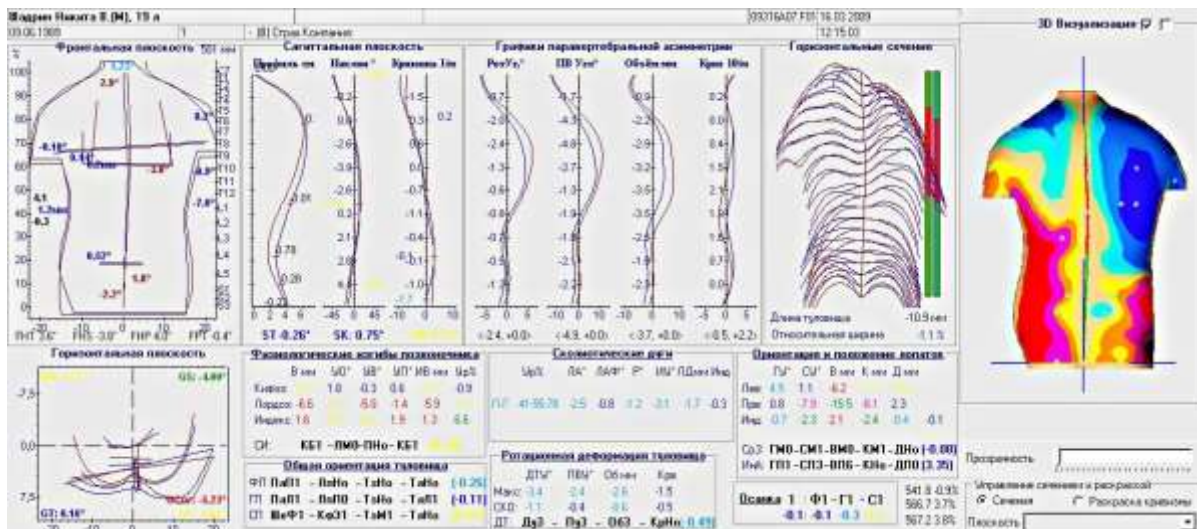


Рисунок 74 – Топографическая картина пациента II группы: после (красным) хирургической коррекции и через 2 года (синим) после операции

### Резюме

Все изменения, происходящие в позвоночнике после хирургической коррекции тяжёлых форм сколиоза, сопровождаются достаточно точно описываемой динамикой топографических параметров. Можно говорить о том, что в результате исправления таких деформаций позвоночника происходит изменение большинства топографических параметров. С точки зрения изменений формы спины и баланса туловища они являются отражением исправления асимметрий, сопровождающих сколиотическую деформацию позвоночника. Коррекция сколиоза улучшает его рентгенологические показатели, и, вместе с этим, большинство его топографических параметров. В большей степени это касается показателей формы дорсальной поверхности туловища, которая улучшается в послеоперационном периоде. Баланс туловища также улучшается в результате операции, особенно во фронтальной плоскости. Отрицательные изменения состояния позвоночника, при их появлении, также можно определять при использовании КОМОТ на протяжении любого периода послеоперационного наблюдения за пациентами. Ухудшения формы спины

могут иметь место при рентгенологической потере коррекции деформации позвоночника в отдалённом послеоперационном периоде. Однако при использовании радикальных методов коррекции тяжёлых форм сколиоза вместо традиционных, можно не только получить лучший косметический результат при исправления таких деформаций позвоночника, но и предоставить пациенту возможность полностью сохранить достигнутый эффект хирургического лечения.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Хирургическое лечение тяжёлых форм сколиоза, превышающих 80°, во многом зависит от исходной мобильности деформации позвоночника. Если сколиотическая деформация является мобильной, а уменьшение в наклоне или при вертикальном вытяжении значительно превышает 25% исходной величины дуги, то становится возможным сокращение количества хирургических этапов вплоть до применения только задней инструментальной коррекции деформации позвоночника. При тяжёлых и ригидных сколиозах с величиной мобильности менее 25% от исходного, хирургическое лечение необходимо проводить с применением радикальных методов коррекции деформаций позвоночника. Они делают возможным уменьшение торсионной деформации позвонков на вершине дуги, улучшают форму позвоночного канала, способствуют более центральному расположению в нём спинного мозга, и, таким образом, служат профилактикой неврологических осложнений, мобилизуют вершину ригидной дуги, создают условия для формирования костных блоков, улучшают биомеханику. Однако, применение радикальных методов коррекции тяжёлых ригидных деформаций позвоночника в значительной степени увеличивает степень хирургической агрессии, объём кровопотери, длительность операции и, таким образом, требует коррекции анестезиологической защиты для адекватного анестезиологического обеспечения на всех этапах операции.

При сравнении эффективности хирургического лечения тяжёлых форм сколиоза методами традиционной и радикальной коррекции деформаций позвоночника, можно говорить о большем корригирующем эффекте радикального вмешательства и стабильном сохранении коррекции на всех сроках послеоперационного наблюдения. Осуществление радикальной коррекции приводит к формированию надёжных искусственных костных блоков на всём протяжении оперативного вмешательства. При использовании заднего корригирующего инструментария лучше использовать транспедикулярную фиксацию к позвоночнику в поясничном отделе. Это может значительно снизить количество случаев прогрессирования.

При выполнении корригирующих вмешательств необходимо достигать максимально возможной коррекции деформации позвоночника и восстановления или сохранения баланса туловища пациентов из-за возможности послеоперационного прогрессирования, которое во многом зависит от дисбаланса туловища в послеоперационном периоде.

При сколиотических деформациях, превышающих  $100^\circ$  и не уменьшающихся в наклоне менее  $100^\circ$ , кроме риска возникновения неврологических осложнений во время осуществления хирургического вмешательства, не менее важным становится риск механических осложнений в послеоперационном периоде, который может приводить к неудачам в хирургическом лечении таких деформаций позвоночника. В связи с этим необходимо добиваться исправления сколиотического и кифотического компонентов деформаций позвоночника до величин, не превышающих  $70^\circ$ .

Для хирургического лечения тяжёлых ригидных кифосколиотических деформаций позвоночника как с исходным неврологическим дефицитом, так и без него, особенно при деформациях со сколиотическим компонентом, превышающем  $120^\circ$  и не уменьшающихся в наклоне ниже  $120^\circ$ , и кифотическим компонентом, превышающим  $100^\circ$ , и не уменьшающимся в

наклоне ниже  $100^\circ$ , возможно применение транспозиции спинного мозга, которая не только осуществляет декомпрессию спинного мозга, меняет его расположение, но и помогает безопасно осуществлять исправление фиксированных осложнённых деформаций позвоночника. Использование транспозиции спинного мозга на фоне коррекции позвоночным инструментарием избавляет пациентов от таких осложнений как дисбаланс туловища, прогрессирование деформации позвоночника и несостоятельность инструментария с его заменой или удалением. Кроме того, применение транспозиции спинного мозга в значительной степени увеличивает эффективность коррекции и удовлетворённость пациентов результатом лечения. При локальных, но тяжёлых и фиксированных кифосколиотических деформациях позвоночника, возможно выполнение транспозиции спинного мозга даже при отсутствии исходного неврологического дефицита. В таких случаях она может привести к выраженной клинической коррекции деформации позвоночника, не требующей в дальнейшем осуществления дополнительных косметических этапов в лечении (резекции остаточного рёберного горба).

При определении высокого риска развития неврологических осложнений на этапе формирования плана оперативной коррекции деформации позвоночника, вне зависимости от предполагаемого объема оперативного вмешательства, необходимо проведение комплексного многокомпонентного интраоперационного мониторинга функции спинного мозга на основе записи ССВП (ДВП), кожной термометрии нижних конечностей, импедансной плетизмографии и, при необходимости, проведения «wake-up» теста. Это даст возможность не только констатировать возникновение неврологического дефицита и, в соответствии с этим, проводить действия по его устранению, но также контролировать его возможное приближение, что позволяет снизить общее количество тяжелых неврологических осложнений.



Использование алгоритма профилактики неврологических осложнений позволяет чётко определить последовательность и варианты действий на различных этапах хирургического лечения больного: предоперационном обследовании, этапе клинического разбора и постановки диагноза, этапе интраоперационного мониторинга функций спинного мозга, этапе завершения хирургического вмешательства в зависимости от результатов мониторинга.

## **ВЫВОДЫ**

1. Больные с деформациями позвоночника, сколиотический компонент которых не уменьшается при функциональных тестах менее  $120^\circ$ , а кифотический менее  $100^\circ$ , с фиксированным дисбалансом туловища во фронтальной плоскости, а также при наличии исходной, или тракционно провоцируемой неврологической симптоматики, находятся в группе высокого риска по развитию неврологических и механических осложнений при хирургическом лечении.

2. Проведение комплексного многокомпонентного интраоперационного мониторинга функций спинного мозга на основе записи ССВП (ДВП), кожной термометрии нижних конечностей, импедансной плетизмографии и, при необходимости, «wake-up» теста необходимо во время хирургической коррекции тяжёлых форм сколиоза для диагностики и контроля неврологических осложнений.

3. Разработанная рабочая классификация, основанная на учёте выраженности, мобильности тяжёлых сколиотических деформаций позвоночника и риска неврологических осложнений, делит их на четыре группы: 1) тяжёлые мобильные сколиозы с дугой  $\geq 80^\circ$  и мобильностью  $>25\%$ , 2) тяжёлые ригидные сколиозы с дугой  $\geq 80^\circ$  и мобильностью  $<25\%$ , 3) неосложнённые фиксированные тяжёлые кифосколиозы, сохраняющие при функциональных тестах сколиоз  $>120^\circ$ , кифоз  $>100^\circ$ , 4) осложнённые фиксированные тяжёлые кифосколиозы, сохраняющие при

функциональных тестах сколиоз  $>120^\circ$ , кифоз  $>100^\circ$ , но имеющие исходный неврологический дефицит. Это позволяет добиться рационального планирования хирургической тактики лечения больных с тяжёлыми формами сколиоза.

4. Хирургическое лечение тяжёлых мобильных сколиозов можно проводить как разработанными радикальными методами, так и применяя только дорсальную инструментальную коррекцию. Лечение тяжёлых ригидных сколиозов необходимо проводить с применением радикальных методов коррекции деформаций позвоночника. Неосложнённые фиксированные кифосколиозы требуют индивидуального рассмотрения возможности применения транспозиции спинного мозга. Хирургическое лечение осложнённых фиксированных кифосколиозов показано с применением транспозиции спинного мозга.

5. Разработанный алгоритм профилактики неврологических осложнений позволяет выполнять соответствующий объём обследования пациентов перед операцией, выбирать адекватную хирургическую тактику, проводить обоснованный комплексный многокомпонентный мониторинг функций спинного мозга, осуществлять профилактику и контроль неврологических осложнений.

6. Оказание системы специализированной помощи пациентам с тяжёлыми формами сколиоза на основе разработанных хирургических технологий, прогнозирования и профилактики неврологических осложнений позволяет получить в отдалённом послеоперационном периоде выраженный и стойкий рентгенологический и косметический результат, значительно улучшить связанное со здоровьем качество жизни пациентов, что свидетельствует о высокой её эффективности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианов В.Л., Баиров Г.А., Садофьева В.И., Райе Р.Э. Заболевания и повреждения позвоночника у детей и подростков. – Москва, 1985.
2. Васюра А.С. Оптимизация процесса хирургической коррекции у больных с грубыми (запущенными) формами идиопатического сколиоза подростков: дис. канд. мед. наук. – Новосибирск, 2007. – 109 с.
3. Васюра А.С. Способ предоперационного планирования хирургического лечения грубых форм идиопатического сколиоза // Патент РФ №2005122765. – 2006.
4. Васюра А.С. Способ профилактики неврологических осложнений при хирургическом лечении грубых форм идиопатического сколиоза // Патент РФ №2325854. – 2008.
5. Васюра А.С., Новиков В.В., Белозёров В.В., Удалова И.Г. Опыт применения гибридного инструментария при хирургическом лечении груд-ных идиопатических сколиозов с поясничным противоискривлением // Хи- рургия позвоночника. – 2015. – №4. – стр. 30–35.
6. Васюра А.С., Новиков В.В., Белозеров В.В., Удалова И.Г. Эффективность применения ламинарной и транспедикулярной фиксации при хирургическом лечении идиопатического сколиоза поясничной и грудопоясничной локализации // Хирургия позвоночника. – 2012. – № 1. – С. 48–53.
7. Васюра А.С., Новиков В.В., Михайловский М.В., Долотин Д.Н., Суздалов В.А., Сорокин А.Н., Удалова И.Г. Хирургическое лечение сколиоза с применением метода транспедикулярной фиксации // Хирургия позвоночника. – 2011. – № 2. – С. 27–34.
8. Васюра А.С., Новиков В.В., Михайловский М.В., Суздалов В.А., Новикова М.В., Сорокин А.Н. Хирургическое лечение деформаций позвоночника на почве нейрофиброматоза I типа с применением транспедикулярной фиксации // Хирургия позвоночника. – 2011. – № 3. – С. 38–45.

9. Васюра А.С., Новиков В.В., Михайловский М.В., Ханаев А.Л., Губина Е.В., Удалова И.Г., Сарнадский В.Н., Корель А.В. Некоторые особенности оперативного лечения тяжелых форм идиопатического сколиоза подростков // Хирургия позвоночника. – 2006. – № 3. – С. 29–37.
10. Верещагин Ф.А., Дроздов В.В. Инфракрасная термография в диагностике острых нарушений кровообращения спинного мозга. // Нервные болезни: Тр. II Моск. мединститута. – М., 1974. – Т. 28. – С. 176–182.
11. Ветрилэ С.Т., Кисель А.А., Кулешов А.А. Исследование изменения самооценки, качества жизни и удовлетворенности пациентов результатами хирургической коррекции диспластического сколиоза // Хирургия позвоночника. – 2004. – № 2. – С. 40–44.
12. Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А., Швец В.В. и др. Оптимальные методы лечения тяжелых ригидных форм сколиоза // Вестн. травматол. и ортопед.им. Н.Н. Приорова. – 2006. – № 1. – С. 63–70.
13. Воронов В.Г. Значение тепловизионных исследований в диагностике опухолей спинного мозга. Автореф. дисс. канд. мед.наук. – Л., 1985. – 23 с.
14. Воронов В.Г., Холин А.В. Термография - метод скрининга в диагностике патологии спинного мозга и позвоночника. // Тез.докл. Всесоюз. конф. «ТеМП-91». – Красногорск, 1991. – С. 211–212.
15. Гаврилов В.А., Матюшин А.Ф. Способ коррекции деформации позвоночника // Патент РФ №2159587. – 2000.
16. Гаврилов В.А., Матюшин А.Ф. Способ транспозиции спинного мозга // Патент РФ №2150247. – 2000.
17. Гаврилов В.А., Матюшин А.Ф. Способ транспозиции спинного мозга при кифосколиозе // Патент РФ №2152760. – 2000.
18. Гаврилов В.А., Филиппова Г.Н., Стрельникова Е.В. Предоперационная и послеоперационная реабилитация детей с тяжелыми формами кифосколиоза // Реабилитация детей с ортопедическими заболеваниями и травмами. – Новгород, 1985. – С. 142–144.

19. Гелли Р.Л., Спайт Д.У., Симон Р.Р. Неотложная ортопедия. Позвоночник. – М.: «Медицина». – 1995. – 420 с.
20. Губина Е.В. Резекция реберного горба в хирургическом лечении идиопатического сколиоза: дис. канд. мед.наук. – Новосибирск, 2007. – 102 с.
21. Дроздова В.Н. К физиологии спинального шока. – В кн.: Вопросы экспериментального и клинического изучения последствий травмы спинного мозга. – М. – 1956. – С. 36–48.
22. Колесов С.Н. Диагностические возможности тепловидения в нейрохирургии: Автореф. дис. канд. мед.наук. – Москва, 1980. – 28 с.
23. Колесов С.Н. Полидиапазонная пассивная локация теплового излучения человека в диагностике поражений центральной и периферической нервной системы: дис. док.мед. наук. – Москва, 1993. – 393с.
24. Колесов С.Н., Воловик М.Г., Млявых С.Г., Легурова С.В. Обоснование методологии тепловизионных исследований при позвоночно-спинномозговой травме // V Международный оптический конгр. XXI века. Секция 4. Тепловидение в медицине, промышленности и экологии. – СПб., 2008. – С. 208–212.
25. Колесов С.Н., Воловик М.Г., Млявых С.Г., Перльмуттер О. А. К вопросу о механизмах формирования тепловизионных паттернов при позвоночно-спинномозговой травме // Актуальные проблемы повреждений и заболеваний нервной системы: тез. докл. науч.-практ. конф. – Саранск, 2008.– С. 126–127.
26. Кулешов А.А. Тяжёлые формы сколиоза. Оперативное лечение и функциональные особенности некоторых органов и систем: дис. док. мед. наук. – Москва, 2007. – 371 с.
27. Лебедева М.Н. Анестезиологическая защита на этапах хирургического лечения больных с тяжелыми деформациями позвоночника: дис. док. мед. наук. – Новосибирск, 2010. – 293 с.
28. Лебедева М.Н., Агеенко А.М., Новиков В.В., Иванова А.А., Васюра А.С., Михайловский М.В., Шевченко В.П., Иванова Е.Ю. Ретроспективный

анализ интраоперационной кровопотери в хирургии идиопатического сколиоза // Хирургия позвоночника. – 2012. – №2. – С. 70–78.

29. Лебедева М.Н., Агеенко А.М., Шевченко В.П., Новиков В.В. Гемодинамический статус на этапах хирургической коррекции тяжелых форм сколиоза в условиях различных вариантов анестезиологической защиты // Хирургия позвоночника. – 2009. – №4. – С. 62–69.

30. Лебедева М.Н., Иванова А.А., Лукьянов Д.С., Новиков В.В., Васюра А.С. Профилактика повышения внутрибрюшного давления как значимый фактор уменьшения интраоперационной кровопотери в хирургии сколиоза // Хирургия позвоночника. – 2014. – №1. – С. 94–99.

31. Лебедева М.Н., Лукьянов Д.С., Новикова М.В., Новиков В.В., Верещагин И.П. Возможности методов импедансной кардиографии и импедансной плетизмографии в вертеброхирургии // Хирургия позвоночника. – 2011. – №2. – С. 58–66.

32. Лившиц А.В. Хирургия спинного мозга. М.: «Медицина». – 1990. – 330 с.

33. Миронов С.П., Ветрилэ С.Т., Нацвлишвили З.Г., Морозов А.К., Крупаткин А.И., Кулешов А.А., Хохриков Г.И., Ветрилэ М.С. Оценка особенностей спинального кровообращения, микроциркуляции в оболочках спинного мозга и нейровегетативной регуляции при сколиозе // Хирургия позвоночника. – 2006. – №3. – С. 38–49.

34. Михайловский М.В. Величина сколиотической дуги и возможности оперативной коррекции (попытка классификации сколиоза) // Патология позвоночника. – С.-Петербург, 1992. – С. 72–76.

35. Михайловский М.В. Основные принципы хирургической коррекции идиопатического сколиоза // Хирургия позвоночника. – 2005. – №1. – С. 56–62.

36. Михайловский М.В. Хирургия идиопатического сколиоза: ближайшие и отдаленные результаты. Новосибирск, 2007.

37. Михайловский М.В., Васюра А.С., Новиков В.В., Губина Е.В., Ханаев А.Л., Удалова И.Г., Верхотурова В.Т., Сарнадский В.Н. Хирургическое лечение идиопатического сколиоза грудной локализации с поясничным/грудопоясничным противоискривлением // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н.Приорова. – 2006. – №4 – С. 53–59.
38. Михайловский М.В., Губина Е.В. Оперативное лечение сколиоза оценка результатов инструментом SRS // Адаптация различных систем организма при сколиотической деформации позвоночника. Методы лечения: М-лы междунар. симп. М., 2003. – С. 125–128.
39. Михайловский М.В., Губина Е.В., Сергунин А.Ю., Новиков В.В. Отдаленные результаты хирургического лечения идиопатического и врожденного сколиоза с позиций самооценки пациента // Хирургия позвоночника. – 2012. – № 4. – С. 19–25.
40. Михайловский М.В., Лебедева М.Н., Садовая Т.Н., Губина Е.В., Сарнадский В.Н. Ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения пациентов со сверхтяжелыми формами идиопатического сколиоза // Хирургия позвоночника. – 2009. – № 4. – С. 38–47.
41. Михайловский М.В., Новиков В.В., Васюра А.С., Губина Е.В., Ханаев А.Л., Лаврова Г.П., Удалова И.Г., Верхотурова В.Т., Сарнадский В.Н. Хирургическое лечение идиопатических сколиозов грудной локализации // Хирургия позвоночника. – 2006. – № 1. – С. 25–32.
42. Михайловский М.В., Новиков В.В., Васюра А.С., Лебедева М.Н. Хирургическая коррекция деформаций позвоночника на почве синдрома Элерс-Данло // Хирургия позвоночника. – 2014. – № 4. – С. 29–35.
43. Михайловский М.В., Новиков В.В., Васюра А.С., Удалова И.Г. Оперативное лечение врожденных сколиозов у пациентов старше 10 лет // Хирургия позвоночника. – 2015. – №4. – стр. 42–48.
44. Михайловский М.В., Новиков В.В., Васюра А.С., Удалова И.Г. Хирургия врожденных сколиозов у больных старше 10 лет // Сибирский научный медицинский журнал. – 2015. – Т.35. – №5. – стр. 70–77.

45. Михайловский М.В., Новиков В.В., Удалова И.Г. Радикальные дорсальные вмешательства в лечении кифотических деформаций // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н.Приорова. – 2015. – №2. – С. 66–75.
46. Михайловский М.В., Садовой М.А. Оперативное лечение сколиотической болезни: Результаты, исходы. – Новосибирск, 1993.
47. Михайловский М.В., Садовой М.А., Новиков В.В., Васюра А.С., Садовая Т.Н., Удалова И.Г. Современная концепция раннего выявления и лечения идиопатического сколиоза // Хирургия позвоночника. – 2015. – №3. – С. 13–18.
48. Михайловский М.В., Фомичев Н.Г. Хирургия деформаций позвоночника. – Новосибирск, 2002.
49. Михайловский М.И., Фомичев Н.Г., Новиков В.В., Васюра, А.С., Кирилова И.А., Болбас Д.В., Лебедева М.Н. Инструментарий Cotrel-Dubousset в хирургии идиопатического сколиоза // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н.Приорова. – 1999. – №2. – С. 3–7.
50. Никифоров Б.М., Воронов В.Г. Тепловизионная диагностика заболеваний спинного мозга и позвоночника // Тепловидение в медицине: Тез.докл. Всесоюз.конф. «ТеМП-85». – Л., 1985. – С. 434–435.
51. Новиков В.В. Трёхмерная коррекция идиопатического сколиоза: дис. канд. мед.наук. – Новосибирск, 2005. – 162 с.
52. Новиков В.В. Эффективность хирургического лечения больных с тяжёлыми сколиозами на основе дифференцированного использования хирургических технологий // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №6; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23254>.
53. Новиков В.В., Васюра А.С. Способ коррекции грубых форм сколиоза // Патент на изобр. РФ №2362503; опубл. 27.07.2009; заявл. 09.07.2007, бюл. №21.
54. Новиков В.В., Васюра А.С. Трёхмерная оценка оперативного лечения идиопатического подросткового сколиоза // Хирургия позвоночника. 2004. – № 2. – С. 19–24.



55. Новиков В.В., Васюра А.С., Лебедева М.Н., Михайловский М.В. Способ интраоперационной диагностики неврологических осложнений при операциях на позвоночнике // Патент на изобр. РФ №2423935; опублик. 20.07.2011; заявл. 19.08.2009, бюл. №20.

56. Новиков В.В., Васюра А.С., Лебедева М.Н., Михайловский М.В. Хирургическое лечение неврологически осложненного кифосколиоза с применением транспозиции спинного мозга // Хирургия позвоночника. – 2012. – №1. – С. 37–40.

57. Новиков В.В., Новикова М.В., Цветовский С.Б., Лебедева М.Н., Михайловский М.В., Васюра А.С., Долотин Д.Н., Удалова И.Г. Профилактика неврологических осложнений при хирургической коррекции грубых деформаций позвоночника // Хирургия позвоночника. – 2011. – №3. – С. 66–76.

58. Новиков В.В., Михайловский М.В. Способ предоперационного планирования при подростковом идиопатическом сколиозе // Патент РФ №2255648. – 2005.

59. Перльмуттер О.А., Колесов С.Н., Воловик М.Г., Симонов А.Е., Кравец Л.Я., Гудушин А.С., Легурова С.В. Способ интраоперационной диагностики функционального состояния корешков конского хвоста, компримированных грыжей поясничного межпозвонкового диска // Патент РФ №2219826. – 2003.

60. Поздникин Ю.И., Микиашвили А.Н., Дроздецкий А.П. и др. Хирургическое лечение сколиоза у детей и подростков // VII съезд травматологов-ортопедов России: Тез.докл. – Новосибирск, 2002. – Т. 1. – С. 162–163.

61. Поздникин Ю.И., Кобызев А.Е. Мобилизующие вмешательства на передних отделах позвоночника при хирургическом лечении тяжелых форм грудного сколиоза у детей. – СПб., 2007.

62. Полищук Н.Е., Корж Н.А., Фищенко В.Я. Повреждения позвоночника и спинного мозга. Киев: «КНИГА плюс», 2001.

63. Сарнадский В.Н., Садовой М.А., Фомичев Н.Г. Способ компьютерной оптической топографии тела человека и устройство для его осуществления // Евразийский патент № 000111. – 1998.

64. Сеницкий Ю.Ф., Демидов Б.В., Суханова В.Ф. Значение тепловизионного метода в комплексной диагностике восстановительного периода после травмы позвоночника у детей // Тез.докл.Всесоюз.конф. – «ТеМП-91». – Красногорск, 1991. – С. 132–134.

65. Сорокин А.Н. Хирургическая коррекция деформаций позвоночника при болезни Шейерманна: дис. канд. мед.наук. – Новосибирск, 2013. – 95 с.

66. Суздалов В.А. Хирургическое лечение больных с деформациями позвоночника при нейрофиброматозе I типа: дис. канд. мед.наук. – Новосибирск, 2011. – 107 с.

67. Фищенко В.Я. Сколиоз. Макеевка, 2005.

68. Хирургия идиопатического сколиоза: ближайшие и отдаленные результаты / под ред. М.В.Михайловского. – Новосибирск: АНО “Клиника НИИТО”, 2007. – 456 с.

69. Цветовский С.Б., Ступак В.В., Калиновский А.В. Интраоперационный мониторинг состояния ствола головного мозга при удалении менингиом основания черепа с использованием Nd-YAG-лазера // Поленовские чтения: Тез.докл. Всерос. науч.-практ. конф. СПб., 2010. – С. 291–292.

70. Цивьян Я.Л. Оперативное лечение сколиоза. – Новосибирск, 1964.

71. Цивьян Я.Л. Сколиотическая болезнь и ее лечение. Медицина. 1972.

72. Цивьян Я.Л. Некоторые итоги оперативного лечения сколиотической болезни // Лечение сколиотической болезни у детей и подростков. – Л., 1980. – С. 18–24.

73. Цивьян Я.Л. Транспозиция спинного мозга при деформациях позвоночника. Методические рекомендации. – Новосибирск, 1982.
74. Цивьян Я.Л. Хирургия позвоночника. Изд-во Новосибирского Университета. – Новосибирск, 1993.
75. Шолкина М.Н., Перльмуттер О.А. Диагностические возможности тепловидения при позвоночно-спинномозговой травме // Тепловидение в травматологии и ортопедии: Сб. науч. тр. Горьк. НИИТО. – Горький, 1988. – С. 76–85.
76. Шулутко М.И. Боковое искривление позвоночника у детей. – Казань, 1963. – С. 104.
77. Anand N., Regan J.J. Video-assisted thoracoscopic surgery for thoracic disc disease: Classification and outcome study of 100 consecutive cases with a 2-year minimum follow-up period // Spine. – 2002. – V. 27. – P. 871–879.
78. Anderson A.L., McIff T.E., Asher M.A., et al. The effect of posterior thoracic spine anatomical structures on motion segment flexion stiffness // Spine (Phila. Pa. 1976). – 2009. – V. 34. – P. 441–446.
79. Arlet V., Jiang L., Ouelet J. Is there a need of anterior release for 70–90 degrees thoracic curves in adolescent scoliosis? // Eur. Spine J. – 2004. – V. 13(8). – P. 740–745.
80. Ashkenaze D., Mudiyaam R., Boachie-Adjei O., et al. Efficacy of spinal cord monitoring in neuromuscular scoliosis // Spine. – 1993. – V. 18. – P. 1627–1633.
81. Bardosi L, Illes T. Neurological complication due to epidural hematoma after CD operations. Case report. In: Neurological Complications of Spinal Surgery. // Neurologic Complications of Spinal Surgery. Proceedings of the 11th GICD Congress. – Arcachon, France, 1994. – P. 60–62.
82. Bar-On Z., Zeilig G., Blumen N., Ohry A., Azaria M. Paraplegia following surgical correction of scoliosis with Cotrel-Dubousset instrumentation // Bull. Hosp. Jt. Dis. – 1995. – V. 54(1). – P. 32–34.

83. Ben-David B., Haller G., Taylor P. Anterior spinal fusion complicated by paraplegia. A case report of a false-negative somatosensory-evoked potential // *Spine*. – 1987. – V. 12. – P. 536–539.
84. Berven S.H., Deviren V., Smith J.A., et al. Management of fixed sagittal plane deformity: Results of the transpedicular wedge resection osteotomy // *Spine*. – 2001. – V. 26. – P. 2036–43.
85. Boachie-Adjei O., Bradford D.S. Vertebral column resection and arthrodesis for complex spinal deformities // *J. Spinal Disord.* – 1991. – V. 4. – P. 193–202.
86. Boachie-Adjei O., Yagi M., Nemani V.M., Sacramento-Dominguez C., Akoto H., Cunningham M. E., Gupta M., Hess W.F., Lonner B.S., Mendelow M.J., Papadopoulos E.C., Sanchez-Perez-Grueso F., Pelise F., Paonesha K., Wright B., Wulff I., Kim H.J. Incidence and risk factors for major surgical complications in patients with complex spinal deformity: a report from an SRS GOP Site // *Spine Deformity*. – 2015. – V. 3. – P. 57–64.
87. Booth K.C., Bridwell K.H., Lenke L.G., et al. Complications and predictive factors for the successful treatment of flatback deformity (fixed sagittal imbalance). – *Spine*. – 1999. – V. 24. – P. 1712–1720.
88. Bradford D.S. Vertebral column resection // *Orthop. Trans.* – 1987. – V. 11. – P. 502.
89. Bradford D.S., Boachie-Adjei O. One-stage anterior and posterior hemivertebral resection and arthrodesis for congenital scoliosis // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1990. – V. 72. – P. 536–540.
90. Bradford D.S., Tribus C.B. Vertebral column resection for the treatment of rigid coronal decompensation // *Spine*. – 1997. – V. 22. – P. 1590–1599.
91. Bridwell K.H. Decision making regarding Smith-Petersen vs. pedicle subtraction osteotomy vs. vertebral column resection for spinal deformity // *Spine*. – 2006. – V. 31. – № 19(Suppl.). – P. S171–S178.

92. Bridwell K. H., Lenke L.G., Baldus C. et al. Major intraoperative neurogenic deficits in pediatric and adult spinal deformity patients: Incidence and etiology at one institution // *Orthop. Trans.* – 1997. – V. 21. – P. 109–115.
93. Bridwell K. H., Lenke L.G., Baldus C. et al. Major intraoperative neurologic deficits in pediatric and adult spinal deformity patients. Incidence and etiology at one institution // *Spine.* – 1998. – V. 23. – P. 324–331.
94. Bridwell K.H., Lewis S.J., Edwards C., et al. Complications and outcomes of pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance // *Spine.* – 2003. – V. 28. – P. 2093–2101.
95. Bridwell K.H., Shufflebarger H.L., Lenke L.G., et al. Parents' and patients' preferences and concerns in idiopathic adolescent scoliosis: a cross-sectional preoperative analysis // *Spine (Phila. Pa. 1976).* – 2000. – V. 25. – P. 2392–2399.
96. Bullmann V., Halm H.F.H., Schulte T., Lerner T., Weber T.P., Liljenqvist U.R. Combined anterior and posterior instrumentation in severe and rigid idiopathic scoliosis // *Eur. Spine J.* – 2006. – V. 15(4). – P. 440–448.
97. Burton D.C., Asher M.A., Lai S.M. Scoliosis correction maintenance in skeletally immature patients with idiopathic scoliosis. Is anterior fusion really necessary? // *Spine (Phila. Pa. 1976).* – 2000. – V. 25(1). – P. 61–68.
98. Burton D.C., Sarna A.A., Asher M.A. The treatment of large (>70°) thoracic idiopathic scoliosis curves with posterior instrumentation and arthrodesis: when is anterior release indicated? // *Spine.* – 2005. – V. 30. – P. 1979–1984.
99. Calancie B., Harris W., Broton J.G., et al. «Threshold level» multiple transcranial electrical stimulation of motor cortex for intraoperative monitoring of spinal motor tracts: description of method and comparison to somatosensory evoked potential monitoring // *J. Neurosurg.* – 1998. – V. 88. – P. 457–470.
100. Cantore G.P., Ciappetta P., Costanzo G., Raco A., Salvati M. Neurological deficits secondary to spinal deformities: their treatment and results in 13 patients // *Eur. Neurol.* – 1989. – V. 29. – P. 181–185.
101. Carreon L.Y., Sanders J.O., Diab M., et al. The minimum clinically important difference in Scoliosis Research Society-22 Appearance, Activity, And Pain

domains after surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 2010. – V. 35 (23). – P. 2079–2083.

102. Cervellati S., Bettini N., Bianco T., et al. Neurological complications in segmental spinal instrumentation: analysis of 750 patients // *Eur. Spine J.* – 1996. – V. 5. – P. 161–166.

103. Chapman J.R., Dettori J.R., Norvell D.C. (eds). *Spine classifications and severity measures*. Thieme Medical Publishers, 2009.

104. Cheng J.C., Guo X., Sher A.H. Posterior tibial nerve somatosensory cortical evoked potentials in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine*. – 1998. – V. 23. – P. 332–337.

105. Cho R.H., Yaszay B., Bartley C.E., Bastrom T.P., Newton P.O. Which Lenke 1A curves are at the greatest risk for adding-on... and why? // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 2012. – V. 37(16). – P. 1384–1390.

106. Clements D.H., Marks M., Newton P.O., Betz R.R., Lenke L., Shufflebarger H. Did the Lenke classification change scoliosis treatment? // *Spine*. – 2011. – V. 36(14). – P. 1142–1145.

107. Cobb J.R. Outline for the study of scoliosis // *American Academy of Orthopedic Surgeons Instructional Course Lecture*. – 1948. – V. 5. – P. 621–675.

108. Coe J.D., Arlet V., Donaldson W., et al. Complications in spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis in the new millennium. A report of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee // *Spine*. – 2006. – V. 31. – P. 345–349.

109. Cook S., Asher M., Lai S.M., Shobe J. Reoperation after primary posterior instrumentation and fusion for idiopathic scoliosis: Toward defining operative site pain of unknown cause // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 2000. – V. 25. – P. 463–468.

110. Corcia P., Guennoc A.M., Barthez M.A., et al. Thoracic outlet syndrome: an unusual postoperative complication // *Rev. Neurol.* – 2006. – V. 162. – P. 240–242.

111. Crawford A.H. Pitfalls of spinal deformities associated with neurofibromatosis in children // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1989. – V. 245. – P. 29–42.
112. Crawford A.H. Neurofibromatosis in children // *Acta Orthop. Scand. Suppl.* – 1986. – V. 218. – P. 1–60.
113. Crawford A.H., Lykissas M.G., Schorry E.K., Gaines S., Jain V., Gregg T., Viskochil D. Neurofibromatosis: etiology, commonly encountered spinal deformities, common complications and pitfalls of surgical treatment // *Spine Deformity Preview Issue.* – 2012. – P. 85–94.
114. Crostelli M., Mazza O., Mariani M., Mascello D. Treatment of severe scoliosis with posterior-only approach arthrodesis and all-pedicle screw instrumentation // *Eur. Spine J.* – 2013. – V. 22(6). – P. 808–814.
115. Dapunt U.A., Mok J.M., Sharkey M.S., et al. Delayed presentation of tetraparesis following posterior thoracolumbar spinal fusion and instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis // *Spine.* – 2009. – V. 34. – P. E936–E941.
116. Dawson E.G., Sherman J.E., Kanim L., Nuwer M.R. Spinal cord monitoring Results of the Scoliosis Research Society and the European Spinal Deformity Society Survey // *Spine.* – 1991. – V. 16. – P. S361–S364.
117. De Giorgi G., Martucci G., Ferraro G., et al. Cotrel–Dubousset instrumentation in the treatment of scoliosis: complications and failures. Proceedings of the 9th GICD Congress, Lyon, France, 1992. P. 135.
118. De Giorgi G., Stella G., Becchetti S. et al. Cotrel – Dubousset instrumentation for the treatment of severe scoliosis // *Eur. Spine J.* – 1999. – V. 8. – P. 8–15.
119. Delank K.S., Delank H.W., König D.P., Popken F., Fürderer S., Eysel P. Iatrogenic paraplegia in spinal surgery // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* – 2005. – V. 125(1). – P. 33–41.
120. Delecrin J., Bernard J.M., Pereon Y., et al. Various mechanisms of spinal cord injury during scoliosis surgery // *Neurologic Complications of Spinal Surgery. Proceedings of the 11<sup>th</sup> GICD Congress.* – Arcachon, France, 1994. – P. 13–14.

121. Deletis V. Intraoperative monitoring of the functional integrity of the motor pathways. In: *Advances in Neurology: Electrical and Magnetic Stimulation of the Brain and Spinal Cord*, ed. by O Devinsky, A Beric, M Dogali. New York, 1993. – P. 201–214.
122. Deletis V. Basic methodological principles of multimodal intraoperative monitoring during spine surgeries // *Eur. Spine J.* – 2007. – V. 16(Supl. 2). – P. S147–S152.
123. Demediuk P., Saunders R.D., Anderson D.K. et al. Membrane lipid changes in laminectomized and traumatized cat spinal cord // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1985. – V. 82. – P. 7071–7075.
124. Demura S., Bastrom T.P., Schlechter J., Yaszay B., Newton P.O. Should postoperative pulmonary function be a criterion that affects upper instrumented vertebra selection in adolescent idiopathic scoliosis surgery? // *Spine.* – 2013. – V. 38(22). – P. 1920–1926.
125. Devinsky O. Electrical and magnetic stimulation of central nervous system. Historical overview. In: *Advances in Neurology: Electrical and Magnetic Stimulation of the Brain and Spinal Cord*, ed. by O Devinsky, A Beric, M Dogali. New York, 1993. – P. 1–16.
126. Devlin V. J., Schwartz D. M. Intraoperative Neurophysiologic Monitoring During Spinal Surgery // *J. Am. Acad. Ortho. Surg.* – September 1. – 2007. – V. 15. – №9. – P. 549–560.
127. Diab M., Kuklo T.R. Neural complications in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis. SRS 40th Annual Meeting, Miami, USA, 2005. – P. 33.
128. Diab M., Smith A.R., Kuklo T.R., et al. Neural complications in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis // *Spine.* – 2007. – V. 32. – P. 2759–2763.
129. Di Silvestre M., Bakaloudis G., Lolli F., Vommaro F., Martikos K., Parisini P. Posterior fusion only for thoracic adolescent idiopathic scoliosis of more



than 80°: pedicle screws versus hybrid instrumentation // *Eur. Spine J.* – 2008. – V. 17. – P. 1336–1349.

130. 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° // *Spine.* – 2006. – V. 31. – P. 2386–2391.

131. Dubousset J. Recidive d'une scoliose lombaire et d'un bassin oblique apres fusion precoce: Le phenomene due villebrequin. In: *Proceedings Group etude de la scoliose*, Lyon, France: CRF Massues. – 1973. – P. 62–67.

132. Dubousset J., Herring J.A., Shufflebarger H. The crankshaft phenomenon // *J. Pediatr. Orthop.* – 1989. – V. 9(5). – P. 541–550.

133. Duh M.S., Shepard M.J., Wilberger M.D., et al. The effectiveness of surgery on the treatment of acute spinal cord injury and its relation to pharmacological treatment (Discussion) // *Neurosurgery.* – 1994. – Vol. 35. – P. 248–249.

134. Early S.D., Kay R.M., Maguire M.F., Skaggs D.L. Delayed neurologic injury due to bone graft migration into the spinal canal following scoliosis surgery // *Orthopedics.* – 2003. – V. 26. – P. 515–516.

135. Edmonds H.L. Transcranial magnetic motor evoked potentials (tcMMRP) // *Spine.* – 1989. – V. 14. – P. 683–686.

136. Epstein N.E., Danto J., Nardi D. Evaluation of intraoperative somatosensory-evoked potential monitoring during 100 cervical operations // *Spine.* – 1993. – V. 18. – P. 737–747.

137. Faciszewski T., Winter R.B., Lonstein J.E., et al. The surgical and medical perioperative complications of anterior spinal fusion surgery in the thoracic and lumbar spine in adults. A review of 1223 procedures // *Spine (Phila. Pa. 1976).* – 1995. – V. 20. – P. 1592–1599.

138. Floman Y., Micheli L.J., Penny J.N., et al. Combined anterior and posterior fusion in seventy-three spinally deformed patients: Indications, results and complications // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1982. – V. 164. – P. 110–22.

139. Geisler F.H., Dorsey F.C., Coleman W.F. Recovery of motor function after spinal-cord injury: A randomized, placebo-controlled trial with GM-I ganglioside // *N. Engl. J. Med.* – 1991. – V. 324. – P. 1829–1838.

140. Gill J.B., Levin A., Burd T., Longley M. Corrective Osteotomies in Spine Surgery // *J. Bone Joint Surg. (Am).* – 2008. – V. 90(11). – P. 2509–2520.

141. Ginsburg G.M., Bassett G.S. Hypoglossal nerve injury caused by halosuspension traction // *Spine.* – 1998. – V. 23. – P. 1490–1493.

142. Ginsburg H.H., Shetter A.G., Raudzens P.A. Postoperative paraplegia with preserved intraoperative somatosensory evoked potentials // *J. Neurosurg.* – 1985. – V. 63(2). – P. 296–300.

143. Good C.R., Bridwell K.H., O’Leary P.T., et al. Major perioperative neurologic deficits in pediatric and adult spine surgery patients: incidence, etiology and outcomes over a fourteen year period at one institution. SRS 43rd Annual Meeting and Course. Salt Lake City, USA, 2008. – P. 102.

144. Graham E.J, Lenke L.G., Lowe T.G., et al. Prospective pulmonary function evaluation following open thoracotomy for anterior spinal fusion in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine.* – 2000. – V. 25. – P. 2319–2325.

145. Green B.A., Green K.L., Klose K.J. Kinetic therapy for spinal cord injury // *Spine.* – 1983. – V. 8. – P. 722–728.

146. Green B.A., Klose K.J. Spinal cord regeneration: The laboratory / clinical interface. In Bodis Wollner I., Zimmerman E.A. eds.: *Neural Regeneration and Transplantation.* New York, Alan R. Liss. – 1989. – V. 6. – P. 171–182.

147. Green B.A., Klose K.J., Eismont F.J. et al. Immediate management of the spinal cord injured patient. In Lee B.Y., Ostrander L., Cochran V.B., Shaw W.W. eds.: *The Spinal Cord Injured Patient: Comprehensive Management.* Philadelphia, W. B. Saunders. – 1991. – P. 24–33.

148. Green B.A., Magana I. Spinal cord trauma: Clinical aspects. In Davidoff R., ed.: *Handbook of the Spinal Cord.* Vols. IV and V. New York, Marcel Dekker. – 1987. – P. 63– 92.

149. Grossfeld S., Winter R.B., Lonstein J.E., et al. Complications of anterior spinal surgery in children // *J. Pediatr. Orthop.* – 1997. – V. 17. – P. 89–95.
150. Gugino L.D., Aglio L.S., Segal M.E., Gonzalez A.A., et al. Use of transcranial magnetic stimulation for monitoring spinal cord motor paths // *Semin. Spine Surg.* – 1997. – V. 9. – P. 315–336.
151. Guigui P., Blamoutier A. Complications of surgical treatment of spinal deformities: a prospective multicentric study of 3311 patients // *Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot.* – 2005. – V. 91. – P. 314–327.
152. Guttman L. *Spinal Cord Injuries: Comprehensive Management and Research.* Oxford, Blackwell Scientific, 1973.
153. Hamill C.L., Bridwell K.H., Lenke L.G., Chapman M.P., Baldus C., Blanke K. Posterior arthrodesis in the skeletally immature patient. Assessing the risk for crankshaft: is an open triradiate cartilage the answer? // *Spine (Phila. Pa. 1976).* – 1997. – V. 22(12). – P. 1343–1351.
154. Hamilton D.K., Smith J.S., Sansur C.A., Glassman S.D., Ames C.P., Berven S.H., Polly D.W. Jr, Perra J.H., Knapp D.R., Boachie-Adjei O., McCarthy R.E., Shaffrey C.I. Rates of new neurological deficit associated with spine surgery based on 108,419 procedures: a report of the scoliosis research society morbidity and mortality committee // *Spine (Phila. Pa.).* – 2011. – Vol. 36(15). – P. 1218– 1228.
155. Hamzaoglu A., Talu U., Tezer M., et al. Assessment of curve flexibility in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine.* –2005. –Vol. 30. –P. 1637–1642.
156. Harrington P.R. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation // *J. Bone Joint Surg.* – 1962. – V. 44(A). – P. 591– 610.
157. Heinig C.F., Boyd B.M. One stage vertebrectomy or eggshell procedure // *Orthop. Trans.* – 1985. – V. 9. – P. 130.
158. Hod-Feins R., Abu-Kishk I., Eshel G., et al. Risk factors affecting the immediate postoperative course in pediatric scoliosis surgery // *Spine.* – 2007. – V.36. – P. 2355–2360.

159. Hodgson A.R., Stock F.E., Fang H.S., Ong G.B. Anterior spinal fusion. The operative approach and pathological findings in 412 patients with Pot's disease of the spine // *Br. J. Surg.* – 1960. – V. 48. – P. 172–178.
160. Hsu C.Y., Halushka P.V., Hog An E.L. et al. Alteration of thromboxane and prostacyclin levels in experimental spinal cord injury // *Neurology.* – 1985. – V. 35. – P. 1003–1009.
161. Hsu C.Y., Halushka P.V., Hogan EX., Cox R.D. Increased thromboxane level in experimental spinal cord injury // *J. Neurol. Sci.* – 1986. – V. 74. – P. 289–296.
162. Hsu C.Y., Halushka P.V., Spicer K.M. et al. Temporal profile of thromboxane-prostacyclin imbalance in experimental spinal cord injury // *Neurol. Sci.* – 1988. – V. 83. – P. 55–62.
163. Humbyrd D.E., et al. Brain abscess as a complication of halo traction // *Spine.* – 1981. – V. 6. – P. 365–368.
164. Hyndman O.R. Transplantation of the spinal cord: the problem of kyphoscoliosis with cord signs // *Surg. Gynec. & Obst.* – 1947. – V. 84. – P. 460–464.
165. Hwang S.W., Samdani A.F., Stanton P., et al. Impact of pedicle screw fixation on loss of deformity correction in patients with adolescent idiopathic scoliosis // *J. Pediatr. Orthop.* – 2013. – V. 33(4). – P. 377–382.
166. Ibrahim K.N., Newton P.O., Sucato D.J. Safety and outcome in the surgery of adolescent idiopathic scoliosis // *Spine Deformity Preview Issue.* – 2012. – P. 46–52.
167. Imrie M., Yaszay B., Bastrom T.P., Wenger D.R., Newton P.O. Adolescent idiopathic scoliosis: should 100% correction be the goal? // *J. Pediatr. Orthop.* – 2011. – V. 31(1). – P. S9–S13.
168. Jellinek D., Jewkes D., Symon L. Non-invasive intraoperative monitoring of motor evoked potentials under propofol anesthesia: effects of spinal surgery on the amplitude and latency of motor evoked potentials // *Neurosurgery.* – 1991. – V. 29. – P. 551–557.

169. Johnston Jr. C.E., Happel Jr. L.T., Norris R., et al. Delayed paraplegia complicating sublaminar segmental spinal instrumentation // *J. Bone Joint Surg.* – 1986. – V. 68A. – P. 556–563.
170. Kai Y., Owen J.H., Lenke L.G., et al. Use of sciatic neurogenic motor evoked potentials versus spinal potentials to predict early onset of neurologic deficits when intervention is still possible during overdistracted // *Spine.* – 1993. – V. 18. – P. 1134–1139.
171. Keith R.W., Stambough J.L., Awender S.H. Somatosensory cortical evoked potentials: A review of 100 cases of intraoperative spinal surgery monitoring // *J Spinal Disord.* – 1990. – V. 3. – P. 220–226.
172. Kelly D.L., Goldring S., O’Leary J. Averaged evoked somatosensory responses from exposed cortex // *Arch. Neurol.* – 1965. – V. 13. – P. 1–9.
173. Kesling K.L., Lonstein J.E., Denis F., et al. The crankshaft phenomenon after posterior spinal arthrodesis for congenital scoliosis: A review of 54 patients // *Spine (Phila. Pa. 1976).* – 2003. – V. 28. – P. 267–271.
174. Kim K.T., Park K.J., Lee J.H. Osteotomy of the spine to correct the spinal deformity // *Asian Spine J.* – 2009. – V. 3(2). – P. 113–123.
175. Kim Y.J., Lenke L.G., Bridwell K.H., Cheh G., Whorton J., Sides B. Prospective pulmonary function comparison following posterior segmental spinal instrumentation and fusion of adolescent idiopathic scoliosis. Is there a relationship between major thoracic curve correction and pulmonary function test improvement? // *Spine.* – 2007. – V. 32(24). – P. 2685–2693.
176. King H.A., Moe J.H., Bradford D.S., Winter R.B. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg. (Am).* – 1983. – V. 65. – P. 1302–1313.
177. Kiwak K.J., Moskowitz M.A., Levine L. Leukotriene production in gerbil brain after ischemic insult, subarachnoid hemorrhage, and concussive injury // *Neurosurg.* – 1985. – V. 62. – P. 865–869.

178. Klose K. J., Green B.A., Smith R.S. et al. University of Miami Neuro-spinal Index: A quantitative method for determining spinal cord function // *Paraplegia*. – 1980. – Vol. 28. – P. 331–336.
179. Komanetsky R.M., Padberg A.M., Lenke L.G., et al. Neurogenic motor evoked potentials: a prospective comparison of stimulation methods in spinal deformity surgery // *J. Spinal Disord.* – 1998. – V. 11. – P. 21–28.
180. Kostuik J.P., Maurais G.R., Richardson W.J., et al. Combined single stage anterior and posterior osteotomy for correction of iatrogenic lumbar kyphosis // *Spine*. – 1988. – V. 13. – P. 257–66.
181. Kuklo T.R., Lenke L.G., O'Brien M.F., et al. Accuracy and efficacy of thoracic pedicle screws in curves more than 90° // *Spine*. – 2005. – V. 30. – P. 222–226.
182. Kurokawa T. Spinal cord action potentials evoked by epidural stimulation of the spinal cord – a report of human and animal record. *Nouha to Kindennzu* // *Jpn. J. Electroenceph. Electromyogr.* – 1972. – V. 1. – P. 64–66.
183. Laird A.S., Carrive P., Waite P.M. Cardiovascular and temperature changes in spinal cord injured rats at rest and during autonomic dysreflexia // *J. Physiol.* – 2006. – V. 577(2). – P. 539–548.
184. Leatherman K.D., Dickson R.A. Two-stage corrective surgery for congenital deformities of the spine // *J. Bone Joint Surg. Br.* – 1979. – V. 61(B). – P. 324–328.
185. Lee C.S., Nachemson A.L. The crankshaft phenomenon after posterior Harrington fusion in skeletally immature patients with thoracic or thoracolumbar idiopathic scoliosis followed to maturity // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 1997. – V. 22(1). – P. 58–67.
186. Lenke L.G., Betz R.R., Harms J., Bridwell K.H., Clements D.H., Lowe T.G., Blanke K. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis // *J. Bone Joint Surg.* – 2001. – V. 83(A). – P. 1169–1181.

187. Lenke L.G., Kuklo T.R., Ondra S., Polly D.W. Rationale behind the current State-of-the-Art treatment of scoliosis (in the pedicle screw era) // *Spine*. – 2008. – V. 33(10). – P. 1051–1054.

188. Lenke L.G., Newton P.O., Marks M.C., et al. Prospective pulmonary function comparison of open versus endoscopic anterior fusion combined with posterior fusion in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine*. – 2004. – V. 29. – P. 2055–2060.

189. Lenke L.G., Newton P.O., Sucato D.J., Shufflebarger H.L., Emans J.B., Sponseller P.D., Shah S.A., Sides B.A., Blanke K.M. Complications after 147 consecutive vertebral column resections for severe pediatric spinal deformity: a multicenter analysis // *Spine*. – 2013. – V. 38(2). – P. 119–132.

190. Lenke L.G., O’Leary P.T., Bridwell K.H., et al. Posterior vertebral column resection for severe pediatric deformity: minimum two-year follow-up of thirty-five consecutive patients // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 2009. – V. 34. – P. 2213–2221.

191. Lenke L.G., Sides B.A., Koester L.A., et al. Vertebral column resection for the treatment of severe spinal deformity // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2010. – V. 468. – P. 687–699.

192. Lesser R.P., Raudzens P., Leuders H., et al. Post-operative neurological deficits may occur despite unchanged intraoperative somatosensory cortical evoked potentials // *Ann Neurol*. – 1986. – V. 19. – P. 22–25.

193. Letko L., Jensen R.G., Harms J. The treatment of rigid adolescent idiopathic scoliosis: releases, osteotomies and apical vertebral column resection. In: Newton P.O., O’Brien M.F., Shufflebarger H.L., Betz R.R., Dickson R.A., Harms J., editors. *Idiopathic scoliosis—the harms study group treatment guide*. Stuttgart. – 2010. – P. 188–199.

194. Lewis S.J., Gray R., Holmes L.M., Strantzas S., Jhaveri S., Zaarour C., Magana S. Neurophysiological changes in deformity correction of adolescent idiopathic scoliosis with intraoperative skull-femoral traction // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 2011. – V. 36(20). – P. 1627–1638.

195. Li G., Lv G., Passias P., et al. Complications associated with thoracic pedicle screws in spinal deformity // *Eur. Spine J.* – 2010. – V. 19. – P. 1576–1584.
196. Lieberman J.A., Lyon R., Feiner J., et al. The effect of age on motor evoked potentials in children under propofol/isoflurane anesthesia // *Anesth. Analg.* – 2006. – V. 103. – P. 316–321.
197. Liljenqvist U.R., Allkemper T., Hackenberg L., Link T.M., Steinbeck J., Halm H.F.H. Analysis of vertebral morphology in idiopathic scoliosis with use of magnetic resonance imaging and multiplanar reconstruction // *J. Bone Joint Surg. (Am.)*. – 2002. – V. 84. – P. 359–368.
198. Love J.G. Transplantation of the spinal cord for the relief of paraplegia. // *AMA Arch. Surg.* – 1956. – V. 73. – P. 757–763.
199. Love J.G., Erb H.R. Transplantation of the spinal cord for paraplegia secondary to Pott's disease of the spinal column // *Arch. Surg.* – 1949. – V. 59. – P. 409–421.
200. Lowe T.G., Berven S.H., Schwab F.J., Bridwell K.H. The SRS classification for adult spinal deformity // *Spine.* – 2006. – V. 31. – №9 (Suppl). – P. S119–S125.
201. Lowe T.G., Betz R.R., Clement III D.H., et al. An analysis of anterior versus posterior instrumented fusion for thoracic adolescent idiopathic (AIS) curves 70–80 degrees: are there advantages of one over the other? // *SRS 39th Annual Meeting Scientific: Program and Abstracts. Buenos Aires.* – 2004. – P. 2.
202. Lubicky J.P., Spadoro J.A., Yuan H.A., et al. Variability of somatosensory evoked potential monitoring during spinal surgery // *Spine.* – 1989. – V. 14. – P. 790–798.
203. Luhmann S.J., Lenke L.G., Bridwell K.H., et al. Revision surgery after primary spine fusion for idiopathic scoliosis // *Spine.* – 2009. – V. 34(20). – P. 2191–2197.
204. Luhmann S.J., Lenke L.G., Kim Y.J., et al. Thoracic adolescent idiopathic scoliosis curves between 70 and 100 degrees: is anterior release necessary? // *Spine.* – 2005. – V. 30. – P. 2061–2067.



205. Luk K.D., Hu Y., Wong Y.W., et al. Evaluation of various evoked potential techniques for spinal cord monitoring during scoliosis surgery // *Spine*. – 2001. – V. 26. – P. 1772–1777.
206. Lukaniec T., Przybylski J. Neurological complications after C-D. Proceedings of the 11th GICD Congress, Arcachon, France, 1994. – P. 42.
207. Luque E.R. Vertebral column transposition // *Orthop. Trans.* – 1983. – V. 7. – P. 29.
208. Ma H., Chen Z., Yang B., Wu J., Tan R., Wang X. Analysis of neurological deficits complications in the treatment of spinal deformity with posterior spinal osteotomy // *Chinese Journal of Surgery*. – 2012. – V. 50 (4). – P. 328–332.
209. Macagno A.E., O'Brien M.F. Thoracic and thoracolumbar kyphosis in adults // *Spine*. – 2006. – V. 31(19). – P. S161–S170.
210. MacEwen G.D., Bunnell W.P., Sriram K. Acute neurological complications in the treatment of scoliosis. A report of the Scoliosis Research Society // *J.BoneJoint Surg. (Am)*. – 1975. – V.57. – P. 404–408.
211. Machida M., Weinstein S.L., Yamada T., et al. Dissociation of muscle action potentials and spinal somatosensory potentials after ischemic damage to the spinal cord // *Spine*. – 1988. – V. 13. – P. 119–124.
212. Machida M., Weinstein S.L., Yamada T., et al. Spinal cord monitoring: Electrophysiological measures of sensory and motor function during spinal surgery // *Spine*. – 1985. – V. 10. – P. 407–413.
213. MacLennan A. Scoliosis // *Br. Med. J.* – 1922. – V. 2. – P. 865–866.
214. Marks M., Newton P.O., Petcharaporn M., et al. Postoperative segmental motion of the unfused spine distal to the fusion in 100 adolescent idiopathic scoliosis patients // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 2012. – V. 37. – P. 826–832.
215. Master D.L., Son-Hing J.P., Poe-Kochert C., et al. Risk factors for major complications after surgery for neuromuscular scoliosis // *Spine*. – 2011. – V. 36. – P. 564–571.

216. Mechin J.F. Neurological complications with CDI // Neurologic Complications of Spinal Surgery. Proceedings of the 11th GICD Congress. – Arcachon, France, 1994. – P. 9–11.
217. Merton P.A., Morton H.B. Stimulation of the cerebral cortex in the intact human subject // Nature. – 1980. – V. 285. – P.227.
218. Meyer P.R. jr, Cotler H.B., Giresan G.T. Operative neurological complications resulting from thoracic and lumbar spine internal fixation // Clin. Orthop. – 1988. – V. 237. – P. 125–131.
219. Milbrandt T. Identifying, preventing, and managing neurological complications in scoliosis surgery // Curr. Opin. Orthop. – 2005. – V. 16. – P. 144–147.
220. Min K., Sduzy C., Farshad M. Posterior correction of thoracic adolescent idiopathic scoliosis with pedicle screw instrumentation: results of 48 patients with minimal 10-year follow up // Eur. Spine J. – 2013. – V. 22(2). – P. 345–354.
221. Mitsuhashi T., Lkata T., Morhnoto K. et al. Increased production of eicosanoids, TXA, PGI and LTC in experimental spinal cord injuries // Paraplegia. – 1994. – V. 32. – P. 524–530.
222. Moe J. Methods of correction and surgical technique in scoliosis // Orthop. Clin. North Am. – 1972. – V. 3. – P. 17–48.
223. Moroz P., Emans J., Hedequist D., et al. Outcomes of major perioperative neurological complications in paediatric spinal deformity surgery. Proceedings of the SRS 38th Annual Meeting. Quebec, Canada, 2003. – P. 109.
224. Mustain W., Kendig R.J. Dissociation of neurogenic motor and somatosensory evoked potentials // Spine. – 1991. – V. 16. – P. 851–853.
225. Nash C.L., Brown R.H. Current concepts review: Spinal cord monitoring // J. Bone Joint Surg. [Am]. – 1989. – V. 71. – P. 627–630.
226. Nash C.L., Lorig R.A., Schatzinger L.A., Brown R.H. Spinal cord monitoring during operative treatment of the spine // Clin. Orthop. 1977. – V. 12. –P. 100–105.

227. Newton P.O., Perry A., Bastrom T.P., Lenke L.G., Betz R.R., Clements D., D'Andrea L. Predictors of change in postoperative pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis: a prospective study of 254 patients // *Spine*. – 2007. – V. 32(17). – P. 1875–1882.

228. Nielsen C.H. Preoperative and postoperative anesthetic considerations for the spinal surgery patient. In: Bridwell K.H., DeWald R.L., eds. *The Textbook of Spinal Surgery*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott–Raven Publishers. – 1997. – P.31–37.

229. Nickel V., Perry J., Garrett A. The halo—a spinal skeletal traction fixation device // *J. Bone Joint Surg. (Am)*. – 1968. – V. 50. – P. 1400–1409.

230. Nuwer M.R., Dawson E.G., Carlson L.G., et al. Somatosensory evoked potential monitoring reduces neurological deficits after scoliosis surgery: results of a large multicenter study // *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* – 1995. – V. 96. – P. 6–11.

231. O'Brien J.P. The management of severe spinal deformities with the halopelvic apparatus; pitfalls and guidelines in its use // *J. Bone Joint Surg. (Br)*. – 1977. V. 59. – P. 117–118.

232. O'Brien J.P., Yau A.C., Hodgson A.R. Halo pelvic traction: a technic for severe spinal deformities // *Clin. Orthop.* – 1973. – V. 93. – P. 179–190.

233. Owen J.H. Monitoring during surgery for spinal deformities. In: Bridwell K.H., DeWald R.L., eds. *The Textbook of Spinal Surgery*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott–Raven Publishers. – 1997. – P. 39–60.

234. Owen J.H. The application of intraoperative monitoring during surgery for spinal deformity // *Spine*. – 1999. – V. 24. – №24. – P. 2649–2662.

235. Owen J.H., Bridwell K.H., Grubb R.L., et al. The clinical application of neurogenic motor evoked potentials to monitor spinal cord function during surgery // *Spine*. – 1991. – V. 16. – P.S385–S390.

236. Owen J.H., Laschinger J., Bridwell K.H. Sensitivity and specificity of somatosensory and neurogenic motor evoked potentials in animals and humans // *Spine*. – 1988. – V. 13. – P. 1111–1118.

237. Owen J.H., Sponsellor P.D., Szymanski J., et al. Efficacy of multimodality spinal cord monitoring during surgery for neuromuscular scoliosis // *Spine*. – 1995. – V. 20. – P. 1480–1488.
238. Padberg A.M., Bridwell K.H. Spinal cord monitoring: current state of the art // *Orthop. Clin. North. Am.* – 1999. – V. 30. – P. 407–433.
239. Padberg A.M., Komanetsky R.E., Bridwell K.H., et al. Neurogenic motor evoked potentials: A prospective comparison of stimulation methods // *J. Spinal Disord.* – 1997. – V. 11. – P. 21–24.
240. Padberg AM, Wilson-Holden TJ, Lenke LG, et al. Somatosensory and motor evoked potential monitoring without a wake-up test during idiopathic scoliosis surgery. An accepted standard of care // *Spine*. – 1998. – V. 23. – P. 1392–1400.
241. Pajewski T.N., Arlet V., Phillips L.H. Current approach on spinal cord monitoring: the point of view of the neurologist, the anesthesiologist and the spine surgeon // *Eur. Spine J.* – 2007. – V. 16 (2). – P. S115–S129.
242. Parent S., Labelle H., Skalli W., de Guise J. Thoracic pedicle morphometry in vertebrae from scoliotic spines // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 2004. – V. 29. – P. 239–248.
243. Parisini P., Di Silvestre M., Gregg T., et al. Surgical correction of dystrophic spinal curves in neurofibromatosis. A review of 56 patients. – *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 1999. – V. 24. – P. 2247–2253.
244. Patet J.D. Monitoring cerebrospinal fluid shunts by thermography // *Press Med.* – 1986. – V. 15. – №27. – P. 1859–1862.
245. Pelosi L., Jardine A., Webb J.K. Neurological complications of anterior spinal surgery for kyphosis with normal somatosensory evoked potentials // *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*. – 1999. – V. 66. – P. 662–664.
246. Péréon Y., Nguyen The Tich S., Delécrin J., Pham Dang C., Bodin J., Drouet J.C., Passuti N. Combined spinal cord monitoring using neurogenic mixed evoked potentials and collision techniques // *Spine*. – 2002. – V. 27(14). – P. 1571–1576.

247. Perry J., Nickel V.L. Total cervical-spine fusion for neck paralysis. *J. Bone Joint Surg. (Am)*. – 1959. – V. 41. – P. 37–60.
248. Poncet P., Dansereau J., Labelle H. Geometric torsion in idiopathic scoliosis: three-dimensional analysis and proposal for a new classification // *Spine*. – 2001. – V. 26. – P. 2235–2243.
249. Ponte A. Posterior column shortening for Scheuermann's kyphosis. In: Hafer T.R., Merola A.A., editors. *Surgical techniques for the spine*. 1. New York: Thieme Medical. – 2003. – P. 107–113.
250. Potter B.K., Kirk K.L., Shah S.A., et al. Loss of coronal correction following instrumentation removal in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine*. – 2006. – V. 31. – №1. – P. 67–72.
251. Qiu Y., Wang S., Wang B., Yu Y., Zhu F., Zhu Z. Incidence and risk factors of neurological deficits of surgical correction for scoliosis: analysis of 1373 cases at one Chinese institution // *Spine*. (Phila. Pa. 1976). – 2008. – V. 1 (5). – P. 519–526.
252. Reames D.L., Smith J.S., Fu K.M., Polly D.W. Jr, Ames C.P., Berven S.H., Perra J.H., Glassman S.D., McCarthy R.E., Knapp R.D. Jr, Heary R., Shafrey C.I. Complications in the surgical treatment of 19,360 cases of pediatric scoliosis: a review of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality database // *Spine* (Phila. Pa.). – 2011. – V. 36 (18). – P. 1484–1491.
253. Richards B.S., Hasley B.P., Casey V.F. Repeat surgical interventions following «definitive» instrumentation and fusion for idiopathic scoliosis // *Spine*. – 2006. – V. 31. – №26. – P. 3018–3026.
254. Rinella A., Lenke L., Whitaker C. et al. Perioperative halo-gravity traction in the treatment of severe scoliosis and kyphosis // *SRS 38<sup>th</sup> Annual Meeting Scientific Program & Abstracts / Quebec City, Canada*. – 2003. – P. 73.
255. Rinella A., Lenke L., Whitaker C., et al. Perioperative halo-gravity traction in the treatment of severe scoliosis and kyphosis // *Spine*. – 2005. – V. 30. – P. 475–482.

256. Royle N.D. The operative removal of an accessory vertebra // *Med. J.* – 1928. – V. 1. – P. 467.
257. Ruge D. *Spinal cord injuries.* Thomas, Springfield, III. – 1969.
258. Sanders J.O., Herring J.A., Browne R.H. Posterior arthrodesis and instrumentation in the immature (Risser-grade-0) spine in idiopathic scoliosis // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1995. – V. 7 (1). – P. 39–45.
259. Sanders J.O., Little D.G., Richards B.S. Prediction of the crankshaft phenomenon by peak height velocity // *Spine (Phila. Pa. 1976).* – 1997. – V. 22 (12). – P. 1352–1356.
260. Sarlak A.Y., Atmaca H., Buluç L., Tosun B., Musaoğlu R. Juvenile idiopathic scoliosis treated with posterior arthrodesis and segmental pedicle screw instrumentation before the age of 9 years: a 5-year follow-up // *Scoliosis.* – 2009. – V. 4. – P. 1.
261. Sarwahi V., Sarwark J.F., Schafer M.F., et al. Standards in anterior spine surgery in pediatric patients with neuromuscular scoliosis // *Spine.* – 2001. – V. 21. – P. 756–760.
262. Schwartz D.M., Auerbach J.D., Dormans J.P., et al. Neurophysiological detection of impending spinal cord injury during scoliosis surgery // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 2007. – V. 89. – P. 2440–2449.
263. Seyal M., Mull B. Mechanisms of signal change during intraoperative somatosensory evoked potential monitoring of the spinal cord // *J. Clin. Neurophysiol.* – 2002. – V. 19. – P. 409–415.
264. Schneider R.C. Transposition of the compressed spinal cord in kyphoscoliotic patients with neurological deficit: with special reference to the vascular supply of the cord // *J. Bone Joint Surg. Am.* – 1960. – V. 42 (6). – P. 1027–1039.
265. Sharma H.S., Olsson Y., Cervos-Navarro J. Early perifocal cell changes and edema in traumatic injury of the spinal cord are reduced by indomethacin, an inhibitor of prostaglandin synthesis: Experimental study in the rat // *Acta Neuropathol.* – 1993. – V. 85. – P. 145–153.

266. Shenouda E.F., Nelson I.W., Nelson R.J. Anterior transvertebral transposition of the spinal cord for the relief of paraplegia associated with congenital cervicothoracic kyphoscoliosis // *J. Neurosurg: Spine.* – 2006. – V. 5. – P. 374–379.
267. Shufflebarger H.L., Grimm J.O., Bui V., Thomson J.D. Anterior and posterior spinal fusion. Staged versus same-day surgery // *Spine.* – 1991. – V. 16(8). – P. 930–933.
268. Sink E.L., Karol L.A., Sanders J., et al. Efficacy of perioperative halo-gravitytraction in the treatment of severe scoliosis in children // *J. Pediatr. Orthop.* – 2001. – V. 1. – P. 519–524.
269. Sirois 3rd J.L., Drennan J.C. Dystrophic spinal deformity in neurofibromatosis // *J. Pediatr. Orthop.* – 1990. – V. 10. – P. 522–526.
270. Skaggs D.L., Lee C., Myung K.S. Neuromonitoring changes are common and reversible with temporary internal distraction for severe scoliosis // *Spine Deformity.* – 2014. – V. 2(1). – P. 61–69.
271. Sloan T.B. Anesthesia during spinal surgery with electrophysiological monitoring // *Semin. Spine Surg.* – 1997. – V. 9. – P. 302–308.
272. Smith J.S., Kasliwal M.K., Crawford A., Shaffrey C.I. Outcomes, expectations, and complications overview for the surgical treatment of adult and pediatric spinal deformity // *Spine Deformity Preview Issue.* – 2012. – P. 4–14.
273. Smith J.S., Shaffrey C.I., Glassman S.D., et al. Risk-benefit assessment of surgery for adult scoliosis: an analysis based on patient age // *Spine (Phila.Pa. 1976).* – 2011. – V. 36. – P. 817–824.
274. Smith-Petersen M.N., Larson C.B., Aufranc O.E. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis // *J. Bone Joint Surg. (Am).* – 1945. – V. 27. – P. 1–11.
275. Sponseller P.D., Takenaga R.K., Newton P., Boachie O., Flynn J., Letko L. The use of traction in the treatment of severe spinal deformity // *Spine.* – 2008. – V. 33(21). – P.2305.
276. Stagnara P. Cranial traction using the «Halo» of Rancho Los Amigos. *Rev. Chir. Orthop. Reparative Appar. Mat.* – 1971. – V. 57. – P. 287–300.

277. Storer S.K., Vitale M.G., Hyman J.E., et al. Correction of adolescent idiopathic scoliosis using thoracic pedicle screw fixation versus hook constructs // *J. Pediatr. Orthop.* – 2005. – V. 25. – P.415–419.

278. Suk S.I., Chung E.R., Kim J.H., Kim S.S., Lee J.S., Choi W.K. Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis // *Spine.* – 2005. – V. 30. – P. 1682–1687.

279. Suk S.I., Kim J.H., Kim W.J., et al. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities // *Spine (Phila. Pa. 1976).* – 2002. – V. 27. – P. 2374–2382.

280. Suk S.I., Kim W.J., Lee S.M., Kim J.H., Chung E.R. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities // *Spine.* – 2001. – V. 26. – P. 2049–2057.

281. Takahashi J., Newton P.O., Ugrinow V.L., Bastrom T.P. Selective thoracic fusion in adolescent idiopathic scoliosis: factors influencing the selection of the optimal lowest instrumented vertebra // *Spine (Phila. Pa. 1976).* – 2011. – V.36. – P. 1131–1141.

282. Tao F., Zhao Y., Wu Y., et al. The effect of differing spinal fusion instrumentation on the occurrence of postoperative crankshaft phenomenon in adolescent idiopathic scoliosis // *J. Spinal Disord. Tech.* – 2010. – V. 23(8). – P. e75– e80.

283. Tamaki T., Kubota S. History of the development of intraoperative spinal cord monitoring // *J. Eur. Spine.* – 2007. – Suppl. 2. – P. 140–146.

284. Tamaki T., Noguchi T., Takano H., e.a. Spinal cord monitoring as a clinical utilization of the spinal evoked potential // *Clin. Orthop.* – 1984. – V. 184. –P. 58–64.

285. Tamaki T., Yamashita T., Kobayashi H., Hiriyama H. Spinal cord evoked potential after stimulation to the spinal cord (SCEP). Spinal cord monitoring – basic data obtained from animal experimental studies. *Nouha to Kindennzu* // *Jpn. J. Electroenceph. Electromyogr.* – 1972. – V. 1. – P. 196.

286. Tator C.H., Fehlings M.G. Review of the secondary injury theory of acute spinal cord trauma with emphasis on vascular mechanisms // *J. Neurosurg.* – 1991. – V. 75. – P. 15–26.



287. Teixeira da Silva L.E., de Barros A.G., de Azevedo G.B. Management of severe and rigid idiopathic scoliosis // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* – 2015. – V. 25(1). – P. 7–12.
288. Tempel G.E., Martin H.F. III. The beneficial effects of a thromboxane receptor antagonist on spinal cord perfusion following experimental cord injury // *J. Neurol. Sci.* – 1992. – V. 109. – P. 162–167.
289. Tokunaga M., Minami S., Kitahara H., Isobe K., Nakata Y., Moriya H. Vertebral decancellation for severe scoliosis // *Spine.* – 2000. – V. 25(4). – P. 469–474.
290. Thomasen E. Vertebral osteotomy for correction of kyphosis in ankylosing spondylitis // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 1985. – V. 194. – P. 142–52.
291. Tredwell S.J., O'Brien J.P. Apophyseal joint degeneration in the cervical spine following halo-pelvic distraction // *Spine.* – 1980. – V. 5. – P. 497–501.
292. Upasani V.V., Hedequist D.J., Hresko M.T., Karlin L.I., Emans J.B., Glotzbecker M.P. Spinal deformity progression after posterior segmental instrumentation and fusion for idiopathic scoliosis // *J. Child Orthop.* – 2015. – V. 9 (1). – P. 29–37.
293. Uzumcugil A., Cil A., Yazici M., et al. Convex growth arrest in the treatment of congenital spinal deformities, revisited // *J. Pediatr. Orthop.* – 2004. – V. 24. – P. 658–666.
294. Vasyura A.S., Novikov V.V., Belosyrov V.V., Udalova I.G. Efficacy of laminar and transpedicular fixation in surgical treatment of thoracolumbar and lumbar idiopathic scoliosis // *Hirurgia pozvonocnika (Spine Surgery).* – 2013. – №1. – p. 53–57.
295. Vauzelle C., Stagnara P., Jouvinroux P. Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery // *Clin. Orthop.* – 1973. – V. 93. – P. 173–178.
296. Victor D.I., Bresnan M.J., Keller R.B. Brain abscess complicating the use of halo traction // *J. Bone Joint Surg.(Am).* – 1973. – V. 55. – P. 635–639.

297. Voos K., Boachie-Adjei O., Rawlins B.A. Multiple vertebral osteotomies in the treatment of rigid adult spine deformities // *Spine*. – 2001. – V. 26. – P. 526–533.
298. Weistroffer J.K., Perra J.H., Lonstein J.E., et al. Complications in long fusions to the sacrum for adult scoliosis: minimum five-year analysis of fifty patients // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 2008. – V. 33. – P. 1478–1483.
299. White S.F., Asher M.A., Lai S.M., et al. Patients' perceptions of overall function, pain and appearance after primary posterior instrumentation and fusion for idiopathic scoliosis // *Spine*. – 1999. – V. 24. – P. 1693–1700.
300. Wilber R.G., Thompson G.H., Shaffer J.W., Brown R.H., Nash C.L., Jr. Postoperative neurological deficits in segmental spinal instrumentation. A study using spinal cord monitoring // *J. Bone Joint Surg. (Am)*. – 1984. – V. 66. – P. 1178–1187.
301. Wilson-Holden T.J., Padberg A.M., Lenke L.G., et al. Efficacy of intraoperative monitoring for pediatric patients with spinal cord pathology undergoing spinal deformity surgery // *Spine*. – 1999. – V. 24. – P. 1685–1692.
302. Wilson-Holden T.J., VanSickle D., Lenke L.G. The benefit of neurogenic mixed evoked potentials for intraoperative spinal cord monitoring during correction of severe scoliosis: a case study // *Spine*. – 2002. – V. 27. – P. E258–E265.
303. Winkler T., Sharma H.S., Stalberg E., Olsson Y. Indomethacin, an inhibitor of prostaglandin synthesis attenuates alteration in spinal cord evoked potentials and edema formation after trauma to the spinal cord: An experimental study in the rat // *Neuroscience*. – 1993. – V. 52. – P. 1057–1067.
304. Wood E.H., Friedman A.P. Thermography in cluster headache // *Arch. Neurobiol. (Madr)*. – 1974. – V. 37(Suppl.). – P. 85–94.
305. Yagi M., King A.B., Kim H.J., Cunningham M.E., Boachie-Adjei O. Outcome of revision surgery in pediatric spine deformity patients // *Spine Deformity*. – 2013. – V. 1. – P. 59–67.