

*На правах рукописи*

**Пантелеев Андрей Андреевич**

**Эффективность применения педикулярной субтракционной остеотомии в  
целях коррекции сагиттального баланса у пациентов с ригидными  
деформациями позвоночника**

14.01.15 – Травматология и ортопедия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата медицинских наук

Москва - 2020

Работа выполнена в ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава России

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук, профессор

**Колесов Сергей Васильевич**

**Официальные оппоненты:**

**Пташников Дмитрий Александрович** - доктор медицинских наук, профессор, ФГБУ «Российский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена» Минздрава России, отделение нейроортопедии и костной онкологии, заведующий отделением

**Рябых Сергей Олегович** – доктор медицинских наук, ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова» Минздрава России, клиника патологии позвоночника и редких заболеваний, руководитель клиники

**Ведущая организация:**

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России.

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года в \_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 208.040.11 в ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, г. Москва, Трубецкая ул., д.8 стр.2.

С диссертацией можно ознакомиться в ЦНМБ ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д.37/1 и на сайте организации [www.sechenov.ru](http://www.sechenov.ru).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

д.м.н., профессор

**Тельпухов Владимир Иванович**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования

Педикулярная субтракционная остеотомия (PSO) – хирургическая методика, применяемая для коррекции ригидных сагиттальных деформаций. Деформации, подлежащие коррекции при помощи PSO, этиологически разнообразны и включают дегенеративные, посттравматические, неопластические, инфекционные, метаболические и врожденные формы (Barrey 2014; Bridwell 2003; Mummaneni 2008). Стареющее население земли и увеличивающиеся требования к качеству жизни приводят к росту числа пациентов, обращающихся за медицинской, и в частности хирургической, помощью в связи с симптоматикой, вызванной тяжелыми сагиттальными деформациями. С введением в практику систем фиксации позвоночника третьего поколения, появлением возможности полисегментарной трехколонной фиксации при помощи транспедикуляреных винтов и развитием спинальных имплантов в целом, стало возможно проведение операций по коррекции деформаций позвоночника исключительно с помощью заднего доступа. Применение задних остеотомий с последующей транспедикулярной фиксацией обеспечивает значительную коррекцию во всех трех измерениях, а высокая устойчивость транспедикулярных винтов к вырывающей силе и жесткость металлоконструкций снижают число включаемых в зону фиксации сегментов, что позволяет сохранять подвижность позвоночника на большем протяжении (Dorward 2010).

PSO является высокоэффективным инструментом для восстановления лордоза и устранения кифоза в поясничном, грудном и, с недавнего времени, шейном отделах (Bridwell 2003; Gill 2008; Kim 2007). Техника выполнения заключается в транспедикулярной клиновидной резекции всех трех колонн позвоночного столба от задних элементов и корней дуг позвонка до переднего кортикального слоя тела позвонка. Передняя стенка тела позвонка, при этом, выполняет функцию оси рычага при смыкании образовавшегося дефекта (Berjano 2014; Kose 2017; Le Huec 2012). При смыкании клиновидного дефекта существенная площадь поверхности контакта между оставшимися частями тела позвонка обеспечивает условия для полноценного костного сращения. Также происходит укорочение задней колонны без удлинения

передней колонны позвоночного столба, что обеспечивает максимальный потенциал заживления тканей без перерастяжения магистральных сосудов, мягких тканей брюшной полости (Рябых 2013; Barrey 2014; Mummaneni 2008; Patel 2015).

Ригидные сагиттальные деформации могут иметь ятрогенное происхождение и возникать на фоне многоуровневых ламинэктомий, фиксации переломов в поясничном отделе, артродезах при остеохондрозе, сегментарной фиксации при коррекции сколиоза и коррекции при помощи дистрактора Харрингтона. Также эта патология может быть следствием анкилозирующего спондилита, многоуровневых дегенеративных изменений межпозвонковых дисков и кифотических деформаций на фоне множественных компрессионных переломов. Ригидные деформации с нарушением сагиттального баланса значительно затрудняют поддержание прямой осанки без сгибания в коленных и разгибания в тазобедренных суставах. В большинстве случаев у таких пациентов значительно увеличен индекс сагиттальной вертикальной оси (СВО), и изменены позвоночно-тазовые параметры. Последние исследования демонстрируют важность оценки данных параметров, которые включают тазовый индекс, наклон таза и наклон крестца, в оценке сагиттального баланса позвоночника (Lafage 2016; Le Huec 2012; Makhni 2018). Прогрессирующее смещение баланса позвоночника кпереди может привести к ретроверсии таза для компенсации нарастающего дисбаланса. Хотя увеличение наклона таза может уменьшить выраженность дисбаланса, неестественное положение таза негативно отражается на биомеханике ходьбы и увеличивает затраты энергии при движении, а следовательно – и показатели качества жизни (Ailon 2015; Barrey 2011; Le Huec 2011). Независимо от этиологии, при деформациях позвоночника у взрослых пациентов существует стойкая взаимосвязь между сагиттальным дисбалансом и болевым синдромом и нарушением трудоспособности (Barrey 2011; Le Huec 2011). Таким образом, коррекция сагиттальной вертикальной оси позвоночника с одновременной коррекцией наклона таза дает лучшие результаты, чем отдельная коррекция СВО (Makhni 2018). При выполнении коррекции необходимо стремиться к максимально возможному восстановлению сагиттального баланса. Неполная коррекция может увеличивать риск переломов и нестабильности металлоконструкции, развития синдрома смежного уровня и кифоза переходной

зоны и не приводит к значительному снижению болевого синдрома и улучшению качества жизни (Lafage *et al.* 2017; Schwab *et al.* 2012).

В настоящее время в отечественной литературе не описано стандартного алгоритма лечения пациентов с ригидными деформациями позвоночника, сочетающимися с нарушением сагиттального баланса. Также не существует общепринятых рекомендаций по оценке сагиттального баланса, что затрудняет первичную диагностику данной патологии, а следовательно – и хирургическое лечение пациентов с тяжелыми деформациями.

### **Цель работы:**

Улучшение результатов лечения пациентов с ригидными деформациями позвоночника и нарушением сагиттального баланса за счет применения педикулярной субтракционной остеотомии.

### **Задачи исследования:**

1. Обосновать необходимость применения постуральной рентгенографии в комплексе обследования пациентов с ригидными деформациями позвоночника.
2. Сформулировать алгоритм диагностики и выбора рациональной тактики в лечении пациентов с ригидными деформациями позвоночника и нарушением сагиттального баланса.
3. Обосновать преимущество применения четырехстержневой фиксации зоны педикулярной субтракционной остеотомии перед стандартной двухстержневой фиксацией.
4. Оценить отдаленные результаты применения педикулярной субтракционной остеотомии в лечении пациентов с нарушением сагиттального баланса позвоночника в качестве первичного и ревизионного оперативного вмешательства.
5. Провести сравнительный анализ эффективности коррекции сагиттального баланса за счет педикулярной субтракционной остеотомии при первичных и ревизионных хирургических вмешательствах.

### **Научная новизна**

- Обоснована необходимость выполнения постуральной рентгенографии всем пациентам с ригидными деформациями позвоночника с нарушением сагиттального баланса.
- На основании полученных данных сформулированы показания к применению педикулярной субтракционной остеотомии и описаны риски, связанные с этой методикой.
- Предложено и обосновано применение методики четырехстержневой фиксации зоны остеотомии, позволяющей значительно снизить осложнения в отдаленном периоде.
- Обоснована целесообразность первичного применения педикулярной субтракционной остеотомии у пациентов с ригидными деформациями позвоночника и нарушением сагиттального баланса.

### **Практическая значимость**

Нарушение сагиттального баланса у пациентов с тяжелыми деформациями позвоночника является крайне неблагоприятным прогностическим фактором, в связи с чем разработка стандартного подхода к диагностике данной патологии и точной оценке баланса позвоночника для определения показаний к своевременному применению педикулярной субтракционной остеотомии позволит значительно увеличить эффективность хирургического лечения, повысить качество жизни пациентов в отдаленном послеоперационном периоде, снизить необходимость в повторных хирургических вмешательствах. Учитывая высокую распространенность данной патологии среди населения Российской Федерации, практическое применение описанной методики в соответствии с разработанным алгоритмом несет высокую социально-экономическую значимость.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

- Применение педикулярной субтракционной остеотомии позволяет добиться эффективной коррекции сагиттального баланса у пациентов с ригидными деформациями позвоночника.

- Четырехстержневая фиксация обеспечивает более прочную фиксацию зоны остеотомии, что способствует значительному снижению осложнений данной методики в отдаленном периоде, описанных в литературе.
- Применение педикулярной субтракционной остеотомии наиболее эффективно при первичных хирургических вмешательствах у пациентов с нарушением сагиттального баланса и позволяет избежать ревизионных вмешательств при наличии данной патологии.

### **Внедрение результатов исследования**

Алгоритм диагностики и лечения пациентов с ригидными деформациями позвоночника и нарушением сагиттального баланса при помощи субтракционной педикулярной остеотомии с последующей четырехстержневой фиксацией применяется в отделении хирургии НПЦ специальной медицинской помощи детям ДЗМ, в клинике АО «Медицина» г. Москва.

### **Апробация результатов исследования**

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены автором на конференциях, в том числе зарубежных: «25th International Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST)», 11-14 июля 2018 г., Лос-Анджелес, США; X Congress of the Association of Traumatology and Orthopedic Surgeons of Azerbaijan, 19-20 мая, 2018 г., Баку, Азербайджан. В 2018 г. в рамках «Второго сибирского нейрохирургического конгресса» занято первое место с докладом автора по тематике диссертации. Апробация диссертации состоялась на заседании проблемной комиссии №1 ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава России 7 мая 2019 года.

### **Личный вклад автора**

Сформулированы цель и задачи, разработан дизайн исследования. Проведена обработка литературных источников по теме диссертации. Проведено наблюдение за пациентами, сбор данных и их обработка. Хирургические вмешательства с применением методики PSO выполнены 53 пациентам, в 31 операции автор лично принимал непосредственное участие. Выполнены расчеты рентгенологических показателей, проведена статистическая обработка и сравнительный анализ

результатов клинических и лучевых методов исследований. Сформулированы практические рекомендации, результаты внедрены в практику.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 14.01.15 – травматология и ортопедия, а также области исследования согласно п.4 паспорта специальности «Травматология и ортопедия».

### **Публикации**

Основное содержание диссертационного исследования достаточно полно отражено в 6 научных публикациях, в том числе – 3 научных публикациях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 168 страницах компьютерного текста и состоит из введения, пяти глав, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, состоящего из 150 источников (18 отечественных и 132 зарубежных). Работа иллюстрирована 76 рисунками и 18 таблицами.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, показаны его научная новизна и практическая ценность, перечислены основные положения, вынесенные на защиту, представлены сведения о внедрении и апробации результатов работы, ее объеме и структуре.

**В первой главе** представлен обзор современной литературы, посвященной анализу рентгенологических показателей сагиттального баланса позвоночника. Представлены литературные данные о вариантах сагиттального баланса позвоночника и значения рентгенологических показателей в норме, а также, данные о клинических и рентгенологических проявлениях различных вариантов сагиттального дисбаланса. Освещены существующие методы оценки глобальных и регионарных параметров сагиттального баланса, позвоночно-тазовых параметров. Также, в первой главе подробно описаны применяемые методы хирургической



коррекции сагиттального баланса и классификации остеотомий позвоночника, представлены описанные в литературе модификации педикулярной субтракционной остеотомии, описаны существующие критерии выбора той или иной остеотомии для коррекции деформации. Обзор литературы обобщает существующие сведения о частоте и механизмах развития сагиттального дисбаланса, эффективности хирургического лечения этого состояния при помощи различных остеотомий, факторах риска развития послеоперационных осложнений при их применении. Несмотря на существенное количество накопленных в зарубежной литературе данных о применении субтракционной педикулярной остеотомии при коррекции сагиттального баланса, в отечественной литературе существуют лишь единичные упоминания о применении соответствующих методик. В то же время, в мировой спинальной хирургии, их применение все еще связано со значительными рисками развития осложнений, что обуславливает использование этого подхода только в крайних случаях и, в основном, при ревизионных вмешательствах. Данная тенденция и определила цель и задачи настоящей диссертационной работы, направленные на оценку эффективности коррекции сагиттального баланса и частоты осложнений при первичном применении педикулярной субтракционной остеотомии в сравнении с ее применением при ревизионных операциях.

**Во второй главе** описаны использованный клинический материал и методы исследования. В ходе исследований был проведен ретроспективный и проспективный анализ результатов хирургического лечения 53 пациентов с применением педикулярной субтракционной остеотомии в условиях отделения патологии позвоночника ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» МЗ РФ в период с 2012 по 2017 гг.

При отборе пациентов применялись следующие критерии включения: заверченный костный рост, наличие ригидной деформации позвоночника с нарушением сагиттального баланса, наличие постуральных рентгенограмм и данных оценки качества жизни до операции и в отдаленном послеоперационном периоде. Также применялись следующие критерии исключения: активный инфекционный процесс, активный онкологический процесс, спондилит, острая травма. Учитывая

вышеуказанные критерии, в исследование были включены пациенты в возрасте от 18 до 81 года. Средний возраст пациентов составил  $58,9 \pm 12,3$  лет. Среди пациентов, включённых в исследование, было 15 мужчин (28,3%), и 38 женщин (71,7%). Статистически значимых различий по полу и возрасту между группами выявлено не было.

Основной этап хирургического вмешательства во всех случаях, был выполнен двумя хирургами в соответствии с описанной далее методикой. Расчет параметров сагиттального баланса и планирование коррекции производились при помощи программного обеспечения Surgimap (Nemaris Inc, New York, NY). В исследование были включены пациенты с периодом наблюдения не менее 24 месяцев.

Пациенты были разделены на две группы. Первая группа (Группа I, 24 пациента), включала пациентов с нарушением сагиттального баланса и показаниями к выполнению корригирующей остеотомии, которым проводилось первичное хирургическое лечение с применением PSO. Вторая группа (Группа II, 29 пациентов) включала ранее оперированных пациентов с ригидными деформациями позвоночника и нарушением сагиттального баланса, которым в ходе исследования проводились ревизионные операции с применением PSO. Во всех случаях из медицинской документации были выписаны и проанализированы данные о денситометрических показателях, интраоперационных осложнениях, объеме кровопотери, продолжительности операции, продолжительности послеоперационной госпитализации, повторных операциях, а также о характере оперативного вмешательства (протяженность фиксации, уровень остеотомии). В отдаленном послеоперационном периоде проводилась оценка серьезных осложнений (повлиявших на исход оперативного лечения), включая инфекционные и неврологические осложнения, нестабильность металлоконструкции, псевдоартроз, PJK/DJK (proximal/distal junctional kyphosis – кифоз проксимальной/дистальной переходных зон).

Методы обследования пациентов включали ортопедический и неврологический осмотр, лабораторные методы, рентгенографическое исследование, компьютерную томографию, магнитно-резонансную томографию, денситометрию. При этом, особое внимание уделялось данным постуральной рентгенографии и

компьютерной томографии, на основании которых проводился анализ параметров сагиттального баланса и подтверждалась ригидность деформации. Статистически значимых отличий по величине предоперационных рентгенологических показателей между группами выявлено не было.

В целях объективизации и стандартизации данных оценки качества жизни пациентов, применялись опросники ODI (Oswestry Disability Index) и SRS-22 (Fairbank 2000; Asher 2003). Для объективизации интенсивности болевого синдрома в спине применялась визуальная аналоговая шкала (ВАШ). В группе пациентов, которым выполнялись ревизионные вмешательства, показатели болевого синдрома были статистически значимо более выраженными, а качества жизни более низкими чем у первичных пациентов при поступлении.

Для статистического анализа использовалось программное обеспечение IBM SPSS Statistics 22.0. Все показатели выражались в виде средних значений и среднеквадратичного отклонения. Дихотомические переменные анализировались с использованием непараметрических методов, что обусловлено объемом выборки. Порог статистической значимости соответствовал  $P=0,05$ .

**В третьей главе** описаны результаты оценки позвоночно-тазовых параметров и сагиттального баланса позвоночника пациентов, включенных в исследование, а также, алгоритм предоперационного планирования коррекции деформаций, выбора уровня остеотомии и компьютерной симуляции остеотомии при помощи программного обеспечения Surgimap.

Обоснована необходимость еще на этапе рентгенологического обследования выполнения всем пациентам с подозрением на нарушение сагиттального баланса постуральных снимков в положении пациента стоя с обязательным включением шейного отдела позвоночника и тазобедренных суставов с верхней третью бедренных костей. В настоящее время, в нашей стране возможности проведения постуральной рентгенографии крайне ограничены. Эта диагностическая методика требует специального оборудования и доступна в очень ограниченном числе медицинских учреждений. В то же время, постуральную рентгенографию необходимо рассматривать не только как своеобразный скрининговый метод

выявления нарушений баланса позвоночника, особенно у людей пожилого возраста, но и как обязательное условие эффективного лечения пациентов, которым требуется хирургическая коррекция сагиттального баланса позвоночника.

В качестве ключевого критерия принятия решения о необходимости выполнения педикулярной субтракционной остеотомии предложено использовать наличие рентгенологических и КТ признаков ригидности деформации в сагиттальной плоскости. Нарушение сагиттального баланса, которое более чем на 30% корректируется позиционно на рентгенограммах в боковой проекции в положении пациента лежа на спине, в большинстве случаев не требует выполнения PSO, так как в данной ситуации возможна коррекция деформации за счет выполнения менее травматичных остеотомий задней колонны на нескольких уровнях.

Планирование хирургической коррекции с применением PSO должно быть основано на тщательном анализе рентгенологических данных. Для выбора оптимальной тактики хирургического лечения необходима комплексная оценка показателей глобального и регионарного сагиттального баланса, а также оценка позвоночно-тазовых параметров.

#### *Поясничный лордоз (LL)*

По данным нашего исследования, выраженное снижение угла поясничного лордоза наблюдалось у всех пациентов с нарушением сагиттального баланса. Общий средний показатель LL в обеих группах составил  $22,9 \pm 13,2^\circ$ , что в два/три раза меньше средних показателей поясничного лордоза в норме (по данным разных авторов)

#### *Грудной кифоз (ТК)*

Границы нормы показателей ТК относительноны и измерения ТК проводятся, в основном, с целью определения глобальных параметров деформации. Полученные данные демонстрируют менее выраженное отклонение величины данного рентгенологического параметра от нормы (в некоторых исследованиях средние нормативные показатели ТК соответствуют, или даже ниже результатов данного исследования) среди пациентов, включенных в исследование. Это может

свидетельствовать о менее выраженном вкладе грудного отдела в формирование и компенсацию сагиттального дисбаланса позвоночника.

### *Отклонение сагиттальной вертикальной оси*

Снижение качества жизни и трудоспособности, выраженность клинических проявлений напрямую коррелируют с увеличением степени смещения головы кпереди относительно таза. Это смещение имеет четкие рентгенологические показатели в виде изменения сагиттальной вертикальной оси (СВО). Данный параметр дает возможность оценить нарушение глобального сагиттального баланса позвоночника и в значительной степени зависит от величины поясничного лордоза. В норме его величина приближается к нулю, однако у пациентов, включенных в исследование, положительное отклонение СВО составляло в среднем 13,9 см, что в несколько раз превышает нормативные показатели в здоровой популяции.

### *Тазовый индекс (PI)*

Для каждого человека данный морфологический параметр индивидуален и постоянен и определяется пространственной конфигурацией таза. Средние показатели PI, по данным разных авторов, достаточно стабильны и колеблются в пределах 45-55°. В то же время, оценка средних показателей данного морфологического параметра в двух группах нашего исследования выявила несколько повышенные показатели тазового индекса, что, вероятнее всего, связано с преобладанием в исследовании пациентов пожилого возраста.

### *Наклон крестца (SS)*

Так как осевой скелет человека приспособлен к активному перемещению, пространственное положение таза относительно позвоночника также играет важную роль в оценке сагиттального баланса. Среднее значение SS в обеих группах было в 1,5-2 раза меньше средних показателей нормы. Такое изменение пространственного положения крестца соответствует общим изменениям положения таза при нарушении сагиттального баланса позвоночника, включая его ретроверсию и снижение выраженности поясничного лордоза.

### *Наклон таза (PT)*

Как и наклон крестца, наклон таза отражает расположение таза в пространстве, и характеризует степень ротации таза вокруг оси головок бедренных костей. Компенсаторная ротация таза неизбежно сопряжена с существующим глобальным дисбалансом позвоночника. В связи с этим, необходимо уделять особое внимание возможности пациента компенсировать сагиттальный дисбаланс за счет ретроверсии таза, так как ее недооценка может привести к неправильной интерпретации рентгенологических показателей и выбору неправильной тактики лечения. Средний показатель PT в двух группах исследования составил  $35,7^\circ$ , что более, чем в два раза превышает средние показатели этого параметра в норме.

### *Несоответствие PI-LL*

Патологическое несоответствие между PI и LL приводит к снижению угла поясничного лордоза и грудного кифоза, и, как следствие, к нарушению глобального сагиттального баланса. В связи с тем, что PI является постоянным анатомическим параметром, PI-LL дает возможность точного расчета необходимой коррекции сагиттального баланса за счет изменения LL. Расчет средней степени несоответствия PI-LL у пациентов в обеих группах исследования показал, что у всех пациентов с нарушением сагиттального баланса, отклонение этого параметра от нормы очень выражено и в несколько раз превышает средние показатели нормы в популяции.

### *Анализ нарушений сагиттального баланса и планирование коррекции*

Тщательное предоперационное планирование – необходимая мера для достижения оптимальных результатов хирургической коррекции позвоночника. Восстановление сагиттального баланса приводит к центрации головы пациента над его тазом, восстанавливает горизонтальный уровень взора и предотвращает лишние затраты мышечной энергии в положении стоя, что приводит к улучшению функционального состояния пациента и уменьшению болевого синдрома. С точки зрения рентгенологических параметров, оптимальный сагиттальный баланс соответствует расстоянию от линии отвеса C7 до задневерхнего угла S1  $<5$  см. Оптимальный сагиттальный баланс и наилучшие показатели качества жизни после

операции характерны для пациентов с меньшим предоперационным PI, меньшими угловыми изменениями в области грудопоясничного перехода и большим послеоперационным LL. Наиболее важным элементом коррекции сагиттального баланса является адекватное восстановление LL. Так как угол LL может значительно варьировать в норме (см. классификацию Roussouly выше), не существует общих целевых показателей коррекции этого параметра. Для достижения коррекции, оптимальной для конкретного пациента, наиболее эффективно применение параметра несоответствия PI-LL, при этом их разница не должна превышать  $\pm 10^\circ$ . В то же время, помимо PI, целевые показатели LL для каждого пациента должны учитывать их возраст, плотность костной ткани и образ жизни.

Выявленные отклонения от нормы рентгенологических параметров сагиттального баланса позвоночника в исследуемой группе пациентов продемонстрировали важность оценки этих показателей у всех пациентов пожилого возраста с деформациями позвоночника. Полученные данные подтвердили ключевую роль поясничного лордоза в нарушении как глобальных параметров сагиттального баланса позвоночника, так и позвоночно-тазовых параметров. Значительное уменьшение поясничного лордоза, в частности, на 10 и более градусов относительно показателей тазового индекса и смещение сагиттальной вертикальной оси более чем на 5 см кпереди обуславливают необходимость хирургической коррекции баланса позвоночника. Как показали результаты клинического и лучевого обследования, описанные в предыдущей главе, у большинства пациентов имел место хронический болевой синдром, при этом лишь в 50%-60% случаев имела место компрессия невралных структур. Наличие ригидных деформаций с выраженным уменьшением угла поясничного лордоза в сочетании с хроническим болевым синдромом и нарушением походки являются прямыми показаниями к применению педикулярной субтракционной остеотомии. Компьютерное моделирование остеотомии, в свою очередь, позволяет планировать степень и уровень коррекции для достижения показателей сагиттального баланса близких к показателям нормы.

**В четвертой главе** представлено подробное описание методики педикулярной субтракционной остеотомии, применяемой в отделении патологии позвоночника

НМИЦ ТО. Проведена оценка эффективности четырехстержневой фиксации зоны остеотомии по сравнению с данными литературы по результатам стандартной двухстержневой фиксации при выполнении PSO. По данным литературы, частота переломов стержней при операциях с применением PSO значительно выше, чем при операциях с применением остеотомий задней колонны позвоночника и достигает 37%. При этом, в подавляющем большинстве случаев (до 87%) переломы стержней происходят на уровне PSO или на уровне смежных сегментов (Hamilton 2017; Kavadi 2017; Smith 2012; Tang 2013). В представленном исследовании всем 53 пациентам проводилась четырехстержневая фиксация зоны остеотомии. При этом, за весь период наблюдения не было выявлено ни одного случая переломов стержней, ни в PSO, ни в области смежных сегментов. Наш опыт фиксации четырьмя независимыми стержнями позволяет сделать вывод о высокой эффективности данного подхода в качестве метода профилактики переломов стержней при выполнении трехколонных остеотомий. Снижение частоты переломов стержней может избавить пациентов от необходимости в дополнительной операции и дает возможность существенной экономии средств за счет уменьшения частоты ревизионных вмешательств.

**В пятой главе** проведен сравнительный анализ ближайших и отдаленных результатов применения педикулярной субтракционной остеотомии у первичных пациентов и при ревизионных вмешательствах. Представлены клинические примеры и данные об изменении рентгенологических параметров и показателей качества жизни пациентов в обеих группах в динамике – через 3, 6, 12 и 24 месяца после операции.

Статистически значимых отличий по полу, возрасту, индексу массы тела, рентгенологическим и денситометрическим показателям между группами выявлено не было (Таблица 1). Наиболее частым уровнем проведения PSO был L3 в обеих группах (58,3% в группе I и 48,3% в группе II), вторым по распространенности уровнем остеотомии был L2 (29,1% и 26,1% соответственно). Также, в нескольких случаях, PSO выполнялась на уровне L2 и L1. Средняя протяженность фиксации составила  $11,9 \pm 3,8$  уровней в группе ревизионных вмешательств и  $10,4 \pm 5,9$  уровней



в группе с первичными вмешательствами ( $p>0,05$ ). Средний срок послеоперационного наблюдения составил 2,9 года.

Средняя продолжительность оперативного вмешательства статистически значимо между группами не различалась. В то же время, нужно отметить, что в среднем в группе с первичными пациентами среднее количество установленных винтов было значительно выше. Таким образом, можно предположить, что основной этап операции занимал в среднем большее количество времени в группе II. Средний объем кровопотери составил  $1877\pm1354$  мл в первой группе и  $2581\pm2086$  мл – во второй группе ( $p<0,05$ ). Большой диапазон показателей объема кровопотери в обеих группах отражает высокую травматичность операции и наличие высоких выпадающих значений. Более высокая кровопотеря в группе с ревизионными операциями вероятнее всего связана с рубцовыми изменениями тканей и более выраженными изменениями костной анатомии вследствие предшествующих операций.

Таблица 1 – Сравнение предоперационных демографических показателей, интраоперационной кровопотери и продолжительности операции и предоперационных рентгенологических показателей в двух группах

|                                    | <i>Первичные(σ)</i> | <i>Ревизионные (σ)</i> | <i>P</i> |
|------------------------------------|---------------------|------------------------|----------|
| <i>Пол (%женщин)</i>               | <b>75</b>           | <b>69</b>              | -        |
| <i>Возраст (г)</i>                 | <b>59,6±9,4</b>     | <b>57,8±11,6</b>       | 0,519    |
| <i>ИМТ (кг/м<sup>2</sup>)</i>      | <b>25,4±7,9</b>     | <b>26,3±5,7</b>        | 0,822    |
| <i>МПК (г/см<sup>2</sup>)</i>      | <b>0,824±0,123</b>  | <b>0,789±0,107</b>     | 0,346    |
| <i>Объем кровопотери (мл)</i>      | <b>1877±1354</b>    | <b>2581±2086</b>       | 0,011*   |
| <i>Длительность операции (мин)</i> | <b>412±216</b>      | <b>398±197</b>         | 0,373    |
| <i>Грудной кифоз (°)</i>           | <b>35,9±10,7</b>    | <b>30,8±11,3</b>       | 0,245    |
| <i>Поясничный лордоз (°)</i>       | <b>25,1±12,3</b>    | <b>21,7±14,9</b>       | 0,108    |
| <i>СВО (см)</i>                    | <b>14,5±5,5</b>     | <b>13,3±6,5</b>        | 0,254    |
| <i>PT (°)</i>                      | <b>37,3±18,3</b>    | <b>34,4±16,3</b>       | 0,678    |
| <i>PI-LL (°)</i>                   | <b>39,7±20,1</b>    | <b>36,8±18,4</b>       | 0,203    |

σ – среднеквадратичное отклонение. Порог статистической значимости  $P=0,05$

(\* – статистически значимые значения).

Средний угол послеоперационной сегментарной коррекции (при последнем осмотре) за счет PSO составил  $28,3 \pm 7,6^\circ$  в первой группе и  $26,6 \pm 8,3^\circ$  – во второй группе ( $p > 0,05$ ). В обеих группах удалось добиться оптимальной коррекции сагиттального баланса ( $PI-LL \pm 10^\circ$ ,  $CBO < 50\text{мм}$ ,  $PT < 20-30^\circ$ ) у 76% пациентов в раннем и отдаленном послеоперационных периодах, что говорит о высокой эффективности педикулярной субтракционной остеотомии в качестве инструмента коррекции сагиттального баланса позвоночника за счет одного сегмента. При сравнении средних рентгенологических показателей позвоночно-тазовых параметров и параметров сагиттального баланса до операции, статистически значимых различий между двумя группами не наблюдалось. В отдаленном послеоперационном периоде среднее смещение CBO составило  $-9,9 \pm 5,8$  см в первой группе и  $-7,1 \pm 5,9$  см – во второй группе ( $p > 0,05$ ). Средний угол коррекции поясничного лордоза составил  $-31,3 \pm 21,1^\circ$  в первой группе и  $-21,4 \pm 15,6^\circ$  во второй группе ( $P < 0,05$ ). Данные различия не только статистически значимы, но и носят достаточно выраженный характер (с точки зрения величины эффекта), что позволяет констатировать более выраженную коррекцию поясничного лордоза у пациентов проходящих первичное хирургическое лечение при помощи PSO (Таблица 2). Средний угол изменения грудного кифоза составил  $8,5 \pm 5,8^\circ$  в первой группе и  $8,9 \pm 6,7^\circ$  во второй группе ( $P > 0,05$ ). Среднее изменение наклона таза составило  $-11,7 \pm 6,2^\circ$  в первой группе и  $-9,2 \pm 5,1^\circ$  во второй группе ( $P > 0,05$ ). Различия в изменениях этих показателей не были статистически значимыми. Среднее уменьшение несоответствия  $PI-LL$  составило  $-27,2 \pm 13,5^\circ$  в первой группе и  $-19,8 \pm 11,3^\circ$  во второй группе ( $P < 0,05$ ). Динамика изменений рентгенологических показателей в обеих группах представлена на рисунках 5.39–5.43. Важно отметить, что достичь показателей  $PI-LL \pm 10^\circ$ ,  $CBO < 50\text{мм}$ ,  $PT < 20-30^\circ$  удалось у 87% пациентов в группе I и у 65% пациентов в группе II ( $p < 0,05$ ).

Таблица 2 – Сравнение степени изменения рентгенологических показателей в двух группах в отдаленном послеоперационном периоде

| <i>Рентгенологические<br/>параметры</i>               | <i>Первичные<br/>(<math>\sigma</math>)</i> | <i>Ревизионные (<math>\sigma</math>)</i> | <i>P</i> |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|----------|
| <i>Сегментарная коррекция (<math>^{\circ}</math>)</i> | <b>28,3<math>\pm</math>7,6</b>             | <b>26,6<math>\pm</math>8,3</b>           | 0,568    |
| <i>Грудной кифоз (<math>^{\circ}</math>)</i>          | <b>8,5<math>\pm</math>5,8</b>              | <b>8,9<math>\pm</math>6,7</b>            | 0,423    |
| <i>Поясничный лордоз (<math>^{\circ}</math>)</i>      | <b>31,3<math>\pm</math>21,1</b>            | <b>21,4<math>\pm</math>15,6</b>          | 0,011*   |
| <i>CBO (см)</i>                                       | <b>9,9<math>\pm</math>4,7</b>              | <b>6,1<math>\pm</math>3,4</b>            | 0,071    |
| <i>PT (<math>^{\circ}</math>)</i>                     | <b>11,7<math>\pm</math>6,2</b>             | <b>9,2<math>\pm</math>5,1</b>            | 0,295    |
| <i>PI-LL (<math>^{\circ}</math>)</i>                  | <b>29,2<math>\pm</math>13,5</b>            | <b>19,8<math>\pm</math>11,3</b>          | 0,006*   |

$\sigma$  – среднеквадратичное отклонение. Порог статистической значимости  $P=0,05$  (\* – статистически значимые значения).

Восстановление PI-LL – наиболее специфичного параметра позвоночно-тазовых взаимоотношений – было существенно более выраженным в группе первичных пациентов, что позволяет сделать заключение о больших возможностях коррекции сагиттального баланса за счет педикулярной субтракционной остеотомии у этой категории больных.

По результатам оценки качества жизни пациентов до операции и в отдаленном послеоперационном периоде также наблюдалось значительное улучшение по всем показателям в обеих группах. В то же время, нужно отметить, что в группе пациентов, которым выполнялись ревизионные вмешательства, показатели качества жизни были статистически значимо более низкими чем у пациентов с первичными вмешательствами при поступлении (SRS-22: 2,8 $\pm$ 1,3 в группе I и 2,1 $\pm$ 1,1 в группе II, ODI: 53,6 $\pm$ 29% и 60,9 $\pm$ 34%, ВАШ: 5,7 $\pm$ 2,9 и 6,5 $\pm$ 2,4 баллов соответственно). При сравнительном анализе данных в обеих группах по степени улучшения качества жизни в отдаленном послеоперационном периоде, статистически значимые различия отмечались только между показателями Oswestry: на 47,2 $\pm$ 26,1% и 32,1 $\pm$ 24,3% лучше в группе I и II соответственно. Статистически значимых различий в степени улучшения показателей SRS-22 и ВАШ выявлено не было (Таблица 3).

Таблица 3 – Сравнение показателей качества жизни в соответствии с опросниками ВАШ, ODI, SRS-22 (общий балл) до операции и степени их улучшения (в%) в отдаленном послеоперационном периоде

|               | До операции      |                    |        | % улучшения      |                    |        |
|---------------|------------------|--------------------|--------|------------------|--------------------|--------|
|               | Первичные<br>(σ) | Ревизионные<br>(σ) | P      | Первичные<br>(σ) | Ревизионные<br>(σ) | P      |
| <i>ВАШ</i>    | 5,7±2,9          | 6,5±2,3            | 0,021* | 55,8 (37,5)      | 53,4 (32,9)        | 0,624  |
| <i>ODI</i>    | 53,6±29%         | 60,9±34%           | 0,003* | 47,2 (26,1)      | 32,1 (24,3)        | 0,003* |
| <i>SRS-22</i> | 2,8±2,3          | 2,1±1,1            | 0,015* | 44,7 (31,6)      | 41,3 (36,2)        | 0,385  |

σ – среднеквадратичное отклонение. Порог статистической значимости  $P=0,05$  (\* – статистически значимые значения).

Общий процент пациентов с серьезными осложнениями в периоперационном и отдаленном послеоперационном периодах в группе II составил 55,2%, тогда как в группе I общий процент таких пациентов был ниже – 29,2% ( $P<0,05$ ). Серьезные осложнения в группе II включали повреждения дуральной оболочки с ликвореей (13,0%), неврологический дефицит (20,7%), инфекционные осложнения (6,9%), псевдоартроз (21,7%), переломы стержней (6,9%), РЖК (17,2%). В группе I повреждения дуральной оболочки с ликвореей наблюдались в 12,5% случаев, неврологический дефицит в 12,5%, инфекционные осложнения в 8,3%, псевдоартроз в 8,3%, переломы стержней в 12,5%, РЖК в 8,3% случаев. Ревизионные вмешательства понадобились в 24,1% случаев в группе с ревизионными вмешательствами и в 12,5% случаев в группе с первичными вмешательствами (Таблице 4).

Таблица 4 – Сравнение частоты серьезных интраоперационных и послеоперационных осложнений в двух группах

| <i>Осложнения</i>                         | <i>Первичные</i> | <i>Ревизионные</i> | <i>P</i>      |
|-------------------------------------------|------------------|--------------------|---------------|
| <i>Дуральные повреждения/ликворея</i>     | 12,5%            | 13,8%              | 0,828         |
| <i>Переломы стержней</i>                  | 12,5%            | 6,9%               | 0,229         |
| <i>Псевдоартроз</i>                       | 8,3%             | 24,1%              | <0,001*       |
| <i>RJK/DJK</i>                            | 8,3%             | 17,2%              | 0,042*        |
| <i>Неврологический дефицит</i>            | 12,5%            | 20,7%              | 0,137         |
| <i>Инфекция</i>                           | 8,3%             | 6,9%               | 0,764         |
| <i>Пациенты с серьезными осложнениями</i> | <b>29,2%</b>     | <b>55,2%</b>       | <b>0,017*</b> |
| <i>Ревизионные вмешательства</i>          | <b>12,5%</b>     | <b>24,1%</b>       | <b>0,116</b>  |

\*- статистически значимые значения

В группе I ревизионные вмешательства потребовались 3 пациентам (12,5%): в 2 случаях в связи с переломами стержней вне зоны остеотомии и в одном случае в связи с РЖК, сопровождавшимся переломом стержня и неврологическими нарушениями. Ревизионные вмешательства в группе II потребовались 7 пациентам (24,1%): в 3 случаях в связи с симптоматическим РЖК, в 1 случае в связи с мальпозицией транспедикулярного винта и развившимся неврологическим дефицитом, в 2 случаях из-за переломов стержней и в одном случае – в связи с потерей коррекции в связи с сформировавшимся в зоне остеотомии псевдоартрозом и потерей коррекции. Длительность послеоперационного пребывания пациентов в стационаре статистически значимо не отличалась между группами и составляла  $12,6 \pm 5,8$  и  $14,2 \pm 7,3$  суток в группе I и II, соответственно.

**В заключении** подведены общие итоги проведенного исследования, которое продемонстрировало, что применение педикулярной субтракционной остеотомии при первичных оперативных вмешательствах позволяет более эффективно корректировать глобальный сагиттальный баланс позвоночника за счет пояснично-

крестцового отдела. В то же время, применение методики при ревизионных вмешательствах сопряжено с более значительными объемами интраоперационной кровопотери, рисками формирования псевдоартроза и развития неврологических осложнений. Учитывая стремительное старение населения в мире и в России, и все большую готовность пациентов с деформациями позвоночника обращаться за помощью к хирургам-вертебрологам, крайне важно правильно оценивать параметры сагиттального баланса. Своевременная коррекция сагиттального баланса позвоночника у данной категории пациентов может существенно снизить частоту хирургических осложнений и повторных вмешательств, а также улучшить качество их жизни.

### **ВЫВОДЫ**

1. Выполнение постуральных рентгенограмм позволяет с высокой достоверностью оценивать параметры сагиттального баланса позвоночника, в связи с чем, метод исследования можно рекомендовать как скрининговый в отборе пациентов для хирургической коррекции при деформациях позвоночника. В то же время данные постуральной рентгенографии позволяют рассчитывать степень необходимой коррекции, что делает их незаменимым инструментом в лечении пациентов с нарушением сагиттального баланса.
2. Разработанный алгоритм выбора рациональной хирургической тактики в лечении пациентов с ригидными деформациями позвоночника и нарушением сагиттального баланса, включающий выполнение постуральной рентгенографии и применение четырехстержневой фиксации зоны PSO, позволил добиться эффективной коррекции деформаций у 76% пациентов.
3. Применение четырехстержневой фиксации зоны педикулярной субтракционной остеотомии вместо стандартной двухстержневой в несколько раз снижает риски переломов стержней и развития псевдоартроза в зоне остеотомии по сравнению с данными литературы.
4. Применение педикулярной субтракционной остеотомии у пациентов с ригидными деформациями позвоночника позволяет добиться оптимальной коррекции сагиттального баланса ( $PI-LL \pm 10^\circ$ ,  $CBO < 50 \text{ мм}$ ,  $PT < 20-30^\circ$ ) при

первичном обращении в 87% случаев, что больше, чем при ревизионном хирургическом вмешательстве, на 22% ( $p < 0,05$ ).

5. По данным исследования, первичное применение педикулярной субтракционной остеотомии для коррекции сагиттального баланса позвоночника позволяет добиться на 31% и 32% более эффективной коррекции показателей LL и PI-LL, сопровождается меньшей в среднем на 27,3% кровопотерей, меньшей продолжительностью операции, и почти в два раза реже приводит к развитию тяжелых осложнений и повторным операциям.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

❖ При подозрении на нарушение сагиттального баланса позвоночника в комплекс обследования необходимо включить постуральную рентгенографию, при выполнении которой пациент должен минимизировать компенсаторное сгибание в суставах нижних конечностей;

❖ Педикулярная субтракционная остеотомия показана только при подтвержденной в ходе обследования ригидности деформации в сагиттальной плоскости; в случаях сохраненной мобильности позвоночника эффективная коррекция возможна за счет менее травматичных остеотомий задней колонны;

❖ При выполнении педикулярной субтракционной остеотомии следует:

- предусмотреть участие в операции двух опытных хирургов, что более эффективно, сокращает время операции и снижает риск развития осложнений;

- использовать нейромониторинг или проведение wake-up теста;

- применять четырехстержневую фиксацию, что снижает риски переломов металлоконструкций и развития псевдартроза.

❖ При расчете необходимой степени коррекции деформаций позвоночника следует учитывать:

- несоответствие PI-LL, являющееся наиболее специфичным и надежным рентгенографическим показателем сагиттального дисбаланса;

- индивидуальные особенности пациента ввиду существования различных вариантов нормы, а также его возраст.

❖ Первичное применение педикулярной субтракционной остеотомии имеет преимущество перед ревизионными операциями, позволяя снизить риски осложнений и необходимости повторных вмешательств.

### СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Колесов С.В., **Пантелеев А.А.**, Казьмин А.И., Сажнев М.Л., Переверзев В.С. Эффективность педикулярной субтракционной остеотомии при первичных и при ревизионных операциях. Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Цивьяновские чтения»: Материалы съезда. Том 1. / Под общей ред. Садового М.А., Мамоновой Е.В. (Отв. редактор чл. СП РФ В.В. Шалыгин). – Новосибирск: ООО «Сибирское университетское издательство», 2017. – С. 191-194
2. **Пантелеев А.А.**, Горбатюк Д.С., Сажнев М.Л., Казьмин А.И., Переверзев В.С., Колесов С.В. Сравнение эффективности применения педикулярной субтракционной остеотомии при первичных и ревизионных операциях. // **Вестник травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова**. 2018;(2): – С. 5-12.
3. **Пантелеев А.А.**, Миронов С.П., Бухтин К.М., Сажнев М.Л., Казьмин А.И., Переверзев В.С., Колесов С.В. Эффективность четырехстержневой фиксации при выполнении педикулярной субтракционной остеотомии позвоночника. // **Травматология и ортопедия России**. 2018. 24(3): – С. 65-73
4. **Пантелеев А.А.**, Сажнев М.Л., Горбатюк Д.С., Казьмин А.И., Переверзев В.С., Колесов С.В. Трехколонная остеотомия позвоночника при ревизионном вмешательстве у пациентки с врожденным ангулярным грудопоясничным кифосколиозом. // **Хирургия позвоночника**. 2018;15(3): – С. 30-38.
5. Baklanov A.N., Kolesov S.V., Shavyrin I.A., **Panteleyev A.A.** Basic principles in the correction of severe scoliotic deformities using pedicle screw fixation. Coluna/Columna. 2018;17(4): – С. 293-299
6. **Пантелеев А.А.**, Швец В.В., Колесов С.В. Эффективность применения четырехстержневой фиксации при выполнении педикулярной субтракционной остеотомии позвоночника. Весенние дни ортопедии: тезисы Международного конгресса. Москва, 1–2 марта 2019 г./ под ред. Н. В. Загороднего. – Москва : РУДН, 2019. – С. 265



## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ВАШ – Визуальная Аналоговая Шкала
- МРТ – Магнитно-Резонансная Томография
- МСКТ(КТ) – Мультиспиральная Компьютерная Томография
- ПДС – Позвоночно-Двигательный Сегмент
- ПО – Программное Обеспечение
- СБ – Сагиттальный Баланс
- СВО – Сагиттальная Вертикальная Ось
- DJK – Кифоз Дистальной Переходной Зоны (Distal Junctional Kyphosis)
- LL – Поясничный Лордоз (Lumbar Lordosis)
- ODI – Индекс Нетрудоспособности Освестри (Oswestry Disability Index)
- PI – Тазовый Индекс (Pelvic Incidence)
- PJF – Недостаточность Проксимальной Переходной зоны (Proximal Junctional Failure)
- PJK – Кифоз Проксимальной Переходной Зоны (Proximal Junctional Kyphosis)
- PO – Остеотомия по Ponte (Ponte Osteotomy)
- PSO – Педикулярная Субтракционная Остеотомия (Pedicule Subtraction Osteotomy)
- PT – Наклон Таза (Pelvic Tilt)
- SPO – Остеотомия по Smith Petersen (Smith Petersen Osteotomy)
- SRS – Общество Изучения Сколиоза (Scoliosis Research Society)
- SS – Наклон Таза (Sacral Slope)
- ТК – Грудной Кифоз (Thoracic Kyphosis)
- VCR – Резекция Позвоночного Столба (Vertebral Column Resection)