

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр  
травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

На правах рукописи

ЛИМ

Евгений Николаевич

МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНОЕ ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ  
С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КЕЙДЖЕЙ  
ИЗ ВЕНТРАЛЬНЫХ ДОСТУПОВ

3.1.8. Травматология и ортопедия

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

д.м.н. профессор Д.А. Пташников

Санкт-Петербург

2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ	
БОЛЬНЫХ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ	
ПОЗВОНОЧНИКА.....	
	15
1.1. Аддитивные технологии в хирургии позвоночника.....	15
1.2. Эпидемиология, этиология и патогенез.....	17
1.3. Рентгенологическая диагностика и значение	
сагиттального баланса позвоночника .....	19
1.4. Исторические и современные классификации дегенеративного	
сколиоза взрослых.....	24
1.5. Лечение деформаций у взрослых.....	29
1.5.1. Консервативные варианты лечения.....	29
1.5.2. Хирургическое лечение.....	30
1.6. Резюме.....	39
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	41
2.1. Общая характеристика исследования.....	41
2.2. Ретроспективная часть исследования.....	42
2.3. Проспективная часть исследования.....	46
2.3.1. Расчет выборки исследования и рандомизация пациентов.....	48
2.3.2. Характеристика групп сравнения.....	50
2.3.3. Методы исследования.....	54
2.3.3.1. Клиническое обследование.....	54
2.3.3.2. Лабораторные методы обследования.....	55
2.3.5.3. Инструментальные методы исследования.....	56
2.3.3.4. Анкетирование больных.....	58
2.3.3.5. Оценка осложнений.....	61
2.3.4. Особенности предоперационного планирования в группе ALIF.....	61
2.3.7. Техника оперативного вмешательства в группе ALIF.....	66

2.3.8. Техника оперативного вмешательства в группе контроля.....	68
2.3.9. Статистическая обработка количественных данных.....	70
ГЛАВА 3. РЕТРОСПЕКТИВНАЯ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОРДОЗИРУЮЩИХ КЕЙДЖЕЙ ИЗ ВЕНТРАЛЬНОГО ДОСТУПА И ТРАДИЦИОННЫМИ ВЕРТЕБРОТОМИЯМИ ИЗ ЗАДНЕГО ДОСТУПА.....	
3.1. Анализ рентгенографических параметров.....	72
3.2. Обсуждение полученных результатов	75
ГЛАВА 4. КЛИНИЧЕСКАЯ И РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМ СКОЛИОЗОМ ПРИ ПОМОЩИ ВЕРТЕБРОТОМИЙ ИЗ ЗАДНЕГО ДОСТУПА И С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КЕЙДЖЕЙ ИЗ ВЕНТРАЛЬНОГО ДОСТУПА.....	
4.1. Результаты сравнения предоперационных данных.....	78
4.2. Результаты сравнения периоперационных значений.....	81
4.3. Результаты сравнения рентгенологических параметров.....	83
4.4. Результаты сравнения функциональных шкал.....	86
4.5. Осложнения.....	90
ГЛАВА 5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ. ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА ОПЕРАТИВНОГО ПОСОБИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОСТИ УСТАНОВКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КЕЙДЖЕЙ ЧЕРЕЗ ВЕНТРАЛЬНЫЕ ДОСТУПЫ.....	
5.1. Обсуждение полученных результатов.....	93
5.1.1. Периоперационные и рентгенологические результаты.....	94
5.1.2. Функциональные шкалы.....	97
5.1.3. Осложнения.....	99

5.2. Совершенствование алгоритма тактики коррекции сагиттального дисбаланса у пациентов с дегенеративным сколиозом взрослых с использованием лордозизирующих индивидуальных кейджей из минимально-инвазивного вентрального доступа.....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	111
ВЫВОДЫ.....	117
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	119
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	120
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	122

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность темы исследования**

Проблема лечения взрослых пациентов с деформациями позвоночника на фоне его заболеваний и последствий травм остается актуальной и требует своего дальнейшего решения. Распространенность дегенеративного сколиоза, по данным различных авторов, составляет от 2% до 68% и увеличивается с возрастом, существенно снижая качество жизни пациентов и, как правило, до 63% из них становятся инвалидами (Крутько А.В. с соавт., 2014; McAviney J. et al., 2020; Mohanty S. et al., 2023; Jun L. et al., 2024).

На фоне неудовлетворенности результатами лечения при тяжелых повреждениях, дегенеративно-дистрофических и деформирующих заболеваниях позвоночника, сопровождающихся нестабильностью и вторичным стенозом позвоночного канала, оперативное лечение является методом выбора. При этом сами операции являются весьма травматичными и связаны с высоким риском осложнений (в среднем в 50% случаев). Поэтому сегодня исследователями делается акцент на разработку новых, малотравматичных и эффективных методик хирургического лечения пациентов с дегенеративными деформациями позвоночника (Млявых С.Г. с соавт., 2019; Lai O. Et al., 2023; Palacios P. et al., 2024; Lee J.S. et al., 2022).

### **Степень разработанности темы диссертации**

Анализ эффективности различных методов хирургического лечения у пациентов старшей возрастной группы с дегенеративной патологией позвоночника сопряжен с объективными трудностями. Это и большое разнообразие исходных характеристик пациентов, и сопутствующих заболеваний, отсутствие единых критериев для диагностики состояний, обусловленных дегенеративной патологией позвоночника и соматической патологии, что нередко приводит к ошибочной интерпретации полученных данных. Кроме того, существенной проблемой является отсутствие обобщенных баз данных (специальных реестров) этих

больных. Значительное влияние на оценку результатов лечения оказывает не только большое количество применяемых методик операций, но и то, что многие исследователи вкладывают разные понятия при их определении, в частности способы выполнения спондилодеза, виды декомпрессий и особенности хирургических доступов, использование различных видов металлоконструкций. Большое разнообразие последних также потенциально может приводить к смещению анализируемых клинических параметров.

Определяющим при выборе лечебной тактики пациентов старшей возрастной группы с деформациями позвоночника является совокупность патологических изменений костно-связочных образований и спинного мозга. Одновременное поражение двух систем организма требует комбинированного нейро-ортопедического подхода, следовательно, оперативное лечение должно обязательно сочетать декомпрессивно-ревизионные и репозиционно-стабилизирующие вмешательства (Михайлов Д.А. с соавт., 2017; Saigal R. et al., 2020; Kim H.J., 2022; Früh A. et al., 2022).

В связи с наличием у пациентов пожилого и старческого возраста сопутствующей серьезной соматической патологии оперативное вмешательство должно выполняться в том объеме, который позволил бы сохранить возможность самообслуживания и социальную активность пациента. Поэтому для выбора оптимального метода лечения необходимо четкое понимание достаточного объема операции (Austevoll I.M. et al., 2020; Lak A.M. et al., 2021).

На сегодняшний день минимально инвазивная спинальная хирургия (MIS) набирает популярность во всем мире как альтернатива открытым вмешательствам. MIS спондилодез поясничного отдела способствует уменьшению количества интраоперационной кровопотери, болевого синдрома и длительности пребывания в стационаре, что, несомненно, положительно сказывается на результатах лечения, особенно у пациентов старшей возрастной группы (Млявых С.Г. с соавт., 2019; Mummaneni P.V. et al., 2021; Jing X. et al., 2023).

Несмотря на то, что на сегодняшний день четко определена тактика хирургического лечения нестабильности, повреждений, дегенеративно-

дистрофических и деформирующих заболеваний позвоночника, алгоритм выбора способа операции и ее объем у пациентов пожилого и старческого возраста освещены недостаточно полно (Михайлов Д.А. с соавт., 2017; Früh A. et al., 2022; Echt M. et al., 2023).

Боковые и передние техники (ALIF, LLIF) играют все более важную роль в лечении деформаций позвоночного столба у пациентов старшей возрастной группы, сопровождающихся фронтальным искривлением позвоночника более 10° с характерными нарушениями позвоночно-тазовых параметров и сагиттального баланса (Formica M. et al., 2020). Данный метод предлагается в качестве уникального самостоятельного или как дополнительный способ стабилизации передней колонны с возможностью осуществления дополнительной коррекции и переднего межтелового спондилодеза (Климов В.С. с соавт., 2018; Боков А.Е. с соавт., 2021; Rathbone J. et al., 2023).

На протяжении многих лет для устранения кифотических деформаций у взрослых пациентов традиционно используется вариация остеотомий от PCO (posterior column osteotomies) до трехколонных остеотомий (3CO), в частности PSO (pedicle subtraction osteotomy) и VCR (vertebral column resection). Несмотря на эффективность данных методик, они сопряжены с рядом недостатков, сказывающихся на исходе оперативного вмешательства (продолжительное интраоперационное время, неврологический дефицит, большой объем кровопотери) (Cho K.J. et al., 2022; Hirase T. et al., 2023; Nasto L.A. et al., 2024).

В исследовании К. Varshneya с соавт. (2022) было доказано, что больший объем оперативного вмешательства сопровождается большей частотой осложнений (28% при выполнении PCO и 61% при VCR).

В настоящее время растет интерес к использованию минимально-инвазивных латеральных доступов для коррекции деформаций позвоночника. Но данных, подтверждающих эффективность их использования, пока недостаточно (Batheja D. et al., 2023; Kumar B.S. et al., 2023).

Другим развивающимся направлением в хирургии деформаций позвоночника является использование аддитивных технологий. Так, альтернативой

для коррекции сагиттального и фронтального баланса позвоночного столба является использование индивидуальных лордозизирующих кейджей, изготавливаемые при помощи 3D печати (Segi N. et al., 2023).

При этом особенность увеличивать сегментарный и общий поясничный лордоз путем установки через минимально инвазивный доступ дает возможность осуществлять сопоставимый объем коррекции, как и при рутинных задних открытых методиках с применением вертебротомий и инструментальной фиксации позвоночника (Lee K.Y. et al., 2020; Godzik J. et al., 2021).

С точки зрения развития концепции передняя многоуровневая фиксация позволяет уменьшить необходимость проведения задних остеотомий, а также снизить механическую нагрузку на заднюю металлоконструкцию. Кроме того, методика позволяет получить качественный спондилодез.

Большинство сообщений о многоуровневом межтеловом спондилодезе для коррекции сагиттального дисбаланса позвоночника посредством заднего доступа показывают ее ограниченность без осуществления дополнительных оперативных пособий, таких как рассечение передней продольной связки (Hirase T. et al., 2023).

Методология принятия решения, относящаяся к применению передней хирургии при дегенеративном сколиозе взрослых, зависит от множества факторов. С одной стороны, она считается достаточно рискованной из-за возможности повреждения важных сосудистых образований. С другой стороны, ее эффективность с точки зрения восстановления высоты межтелового промежутка позволяет произвести непрямую декомпрессию корешков спинномозговых нервов при фораминальном стенозе и восстановить сагиттальный баланс между позвоночно-двигательными сегментами (Zhang Y. et al., 2022; Sebaaly A. et al., 2023; Palacios P. et al., 2024).

В связи с этим возникла практическая необходимость в изучении обоснованности вентральных хирургических подходов при лечении деформаций позвоночника различной этиологии с использованием межтеловых кейджей, что в дальнейшем будет способствовать усовершенствованию единой концепции лечения.



Результаты работы направлены на повышение эффективности оказания хирургической помощи пациентам с дегенеративными деформациями позвоночника, увеличение количества благоприятных исходов после оперативных вмешательств за счет снижения травматичности хирургических вмешательств и повышения уровня социальной и бытовой адаптации этих больных, а также улучшения качества их жизни.

**Цель исследования** – сравнить возможности (преимущества и недостатки) минимально инвазивного хирургического лечения больных с дегенеративными деформациями позвоночника, предполагающего использование индивидуальных кейджей из вентральных доступов и усовершенствовать алгоритм выбора оперативного вмешательства у профильных пациентов.

#### **Задачи исследования:**

1. Выполнить ретроспективный анализ рентгенологических результатов оперативного лечения пациентов с дегенеративными деформациями позвоночника с применением индивидуальных титановых кейджей методикой ALIF для определения мощности проспективной части исследования.

2. Разработать инструментарий и методику коррекции деформации с использованием кейджей из вентрального доступа.

3. Сравнить результаты стабилизирующих и корригирующих вмешательств стандартными методами с использованием транспедикулярной фиксации, вертебротомий из заднего доступа с результатами лечения у пациентов проспективной групп с использованием межтелового спондилодеза кейджами из переднего доступа.

4. Уточнить показания к использованию межтелового спондилодеза кейджами из переднего доступа у пациентов с дегенеративными деформациями позвоночника.

5. Усовершенствовать алгоритм рационального выбора оперативного пособия у пациентов с дегенеративными деформациями позвоночника с учетом

изученных возможностей установки индивидуальных межтеловых кейджей через вентральные доступы.

### **Научная новизна**

1. В результате проведенного ретроспективного сравнительного исследования доказано преимущество применения индивидуальных лордозирующих кейджей в увеличении сегментарного лордоза в поясничном отделе позвоночника по сравнению со стандартной методикой.

2. Впервые на проспективных рандомизированных когортах пациентов получены новые сведения о ближайших результатах лечения пациентов с дегенеративным сколиозом, оперированных при помощи спондилодеза индивидуальными лордозирующими межтеловыми имплантатами без транспедикулярной фиксации через минимально инвазивные вентральные доступы.

3. Определены и уточнены показания к применению переднего спондилодеза у пациентов с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза.

4. Разработан и обоснован оригинальный алгоритм рационального выбора оперативного вмешательства, учитывающий возможности использования минимально инвазивной коррекции деформации позвоночника на основании рентгенологической и клинической оценки результатов у пациентов с дегенеративными деформациями позвоночника.

### **Практическая значимость диссертационного исследования**

1. Результаты проведенного комплексного сравнительного анализа ближайших исходов операций у пациентов с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза взрослых позволили уточнить показания и противопоказания к выполнению переднего спондилодеза лордозирующим кейджем без транспедикулярной фиксации.

2. Выявлены факторы риска развития потери коррекции при использовании одиночных межтеловых лордозирующих имплантатов для

реконструктивно-корректирующих вмешательств вентральным доступом, что позволяет оптимизировать отбор пациентов для выполнения таких операций и, соответственно, снизить долю неудовлетворительных исходов оперативного лечения.

3. Выделена структура осложнений, которая была определена в ходе исследования, что позволит также оптимизировать выбор профиля пациентов для выполнения минимально инвазивной вентральной коррекции.

4. Определены и уточнены показания для применения одиночного переднего спондилодеза без дополнительной задней фиксации у пациентов с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза.

5. Алгоритм рационального выбора минимально инвазивной коррекции деформации позвоночника, разработанный с учетом данных научной литературы и результатов собственных исследований, ориентирован на предупреждение развития возможных неврологических и сосудистых осложнений, а также высокой кровопотери и связанных с ней осложнений.

### **Методология и методы исследования**

В ходе диссертационного исследования проведен анализ результатов хирургического лечения 123 пациентов с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза взрослых.

Работа была разбита на три этапа: ретроспективный, проспективный и сравнительный аналитический.

Ретроспективный сравнительный анализ рентгенологических параметров был проведен в двух основных группах (63 человека), сопоставимых по количеству больных, их возрастному составу, а также по предоперационным рентгенологическим параметрам.

В первую из этих групп вошли 30 больных, которым был выполнен передний спондилодез лордозизирующими кейджами из минимально инвазивного переднего доступа (MIS ALIF), а во вторую – 33 пациента, перенесших спондилодез

стандартными кейджами из заднего доступа (TLIF) с проведением задней остеотомии позвоночника и транспедикулярной фиксации.

Указанные пациенты были прооперированы в период с 2017 по 2019 г. в клинике ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. В ходе исследования изучены степень сегментарного лордоза и общего поясничного лордоза между группами. Количественные показатели были подвергнуты статистическому анализу. Полученные данные использовались для формирования необходимой выборки пациентов для проспективного этапа исследования.

Проспективный сравнительный анализ был проведен в двух основных рандомизированных клинических группах (60 человек), сопоставимых по количеству больных, их возрастному и половому составу, а также по предоперационным рентгенологическим параметрам. В первую из этих групп вошли 30 пациентов, которым была выполнена операция с использованием межтелового спондилодеза кейджами из минимально инвазивного переднего доступа без дополнительной фиксации, а во вторую – 30 больных, которым было выполнено оперативное вмешательство через задний стандартный доступ с остеотомией позвоночника, коррекцией деформации с транспедикулярной фиксацией. Все эти пациенты были прооперированы в период с 2019 по 2024 г. в клинике ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России и Клинике «Суржимед» (Республика Узбекистан).

В ходе исследования были изучены: среднее время оперативного вмешательства, среднее количество койко-дней, объем интраоперационной кровопотери, послеоперационные осложнения, изменения позвоночно-тазовых параметров и функциональных шкал в течение 3, 6 и 12 месяцев после операции. Все полученные количественные и качественные показатели были подвергнуты статистическому анализу.

Полученные данные были сопоставлены с данными научных публикаций. В результате определены и уточнены показания к применению переднего спондилодеза у пациентов с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза. Разработан и обоснован рациональный алгоритм выбора минимально

инвазивной коррекции деформации позвоночника на основании рентгенологической и клинической оценки результатов у пациентов с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза взрослых.

Все перечисленные выше клинические, рентгенологические и лабораторные показатели, а также результаты лечения больных были изучены и оценены диссертантом, принимавшим непосредственное участие в лечении и обследовании части пациентов, включенных в настоящее исследование.

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

1. Минимально инвазивный спондилодез лордозизирующими кейджами показал высокую клиническую эффективность на хирургическом этапе лечения пациентов с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза взрослых. Данное хирургическое лечение позволяет восстановить сагиттальный профиль позвоночника, способствует регрессу неврологического дефицита, вертеброгенного болевого синдрома, как и оперативное вмешательство с применением вертебротомий и транспедикулярной фиксации.

2. Из двух изученных методов оперативного лечения пациентов с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза операции с применением индивидуальных лордозизирующих кейджей без транспедикулярной фиксации достоверно снижают частоту послеоперационных осложнений и обеспечивают более быструю послеоперационную реабилитацию.

3. С учетом выявленных факторов риска развития осложнений, определяющих плохие результаты хирургического лечения, а также в соответствии с предложенным алгоритмом рационального выбора метода оперативного лечения больных с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза взрослых применение одиночного спондилодеза лордозизирующими кейджами без фиксации показано преимущественно пациентам с низкой уровнем физической активности и при отсутствии противопоказаний к проведению не прямой декомпрессии межтеловым имплантатом. В остальных случаях целесообразно выполнение

перкутанной транспедикулярной фиксации, выполнение оперативного вмешательства через задний доступ.

### **Апробация и реализация диссертационной работы**

Основные положения диссертационного исследования были доложены на конференции «Congress de Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología 2020» (Севилья, 2020), «Eurospine congress 2020» (online, 2020), «Всероссийская конференция молодых ученых «Травматология и ортопедия. Прошлое, настоящее и будущее...», посвященная 350-летию со дня рождения Петра I (Санкт-Петербург, 2021), «Евразийский ортопедический форум» (Москва, 2021), Global Spine Congress (Париж, 2021), Global Spine Congress (Бангкок, 2024), «Вреденовские чтения» (Санкт-Петербург, 2024).

По теме диссертационного исследования опубликовано 4 печатные работы, из них 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикаций результатов диссертационных исследований, 1 статья в журнале, индексируемом в наукометрической базе Scopus.

Результаты диссертационного исследования внедрены в практическую работу клиники ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России и в клинике «Суржимед» (Узбекистан).

Материалы диссертации используются также при обучении на базе указанного института клинических ординаторов, аспирантов и травматологов-ортопедов, проходящих усовершенствование по программам дополнительного образования.

### **Объем и структура диссертации**

Материалы диссертационного исследования представлены на 143 страницах. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, главы, посвященной материалам и методам исследования, двух глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы. Работа содержит 12 таблиц и 40 рисунков. Список литературы включает 186 источников, из них 15 отечественных и 171 иностранных авторов.

## ГЛАВА 1

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА

### 1.1. Аддитивные технологии в хирургии позвоночника

Активное применение аддитивных технологий в травматологии и ортопедии позволяет ставить новые задачи для лечения пациентов, они все глубже интегрируются в хирургическое лечение больных с травмами и заболеваниями позвоночника.

Так, А. Pan с соавторами выделили преимущества в ретроспективном исследовании 126 пациентов с подростковым идиопатическим сколиозом Lenke-1 (Pan A. et al., 2023). Использование трехмерных моделей деформации для интраоперационного использования добавляет преимущества в виде уменьшения времени операции, кровопотери. Значительных различий в частоте осложнений, продолжительности пребывания в стационаре, рентгенологических исходах или мальпозиции транспедикулярных винтов не наблюдалось.

А.А. Кулешов с соавторами в 2018 г. анонсировали собственный опыт применения метода трехмерной печати и изготовления индивидуальных металлоконструкций при оперативном лечении деформаций позвоночника. На основании выполненных 3D-биомоделей позвоночника в 26 случаях были изготовлены индивидуальные металлоконструкции для коррекции деформации и фиксации. Во всех случаях применение биомоделей позвоночника позволило получить существенную дополнительную информацию как перед операций, так и в момент самого вмешательства.

В 2018 г. А.В. Бурцев с соавторами доказали эффективность методики компьютерного моделирования и изготовления индивидуальных направителей (лекал) для фиксации шейного отдела позвоночника. На основании отработанной методики провели клиническую апробацию у 3 пациентов. По данным МСКТ зафиксировано отклонение одного винта относительно заданной траектории не более чем на 2 мм.

В 2019 г. Р.А. Коваленко с соавторами провели сравнительный анализ безопасности и точности имплантации транспедикулярных винтов в шейном и грудном отделах позвоночника с использованием индивидуальных шаблонов-направителей (лекал) различного дизайна.

Помимо применения аддитивных технологий в интраоперационной навигации, трехмерная печать активно используется при изготовлении индивидуальных металлоконструкций.

Наряду с развитием аддитивных технологий, развитие минимально инвазивной хирургии привело к разработке новых методов оперативного лечения заболеваний позвоночника – особенно это касается спондилодеза, который считается менее травматичным (Лебедев В.Б. с соавт., 2017; Fukuda K. et al., 2021; Shao Z. et al., 2024).

Например, применение вертебротомии при дегенеративном сколиозе у взрослых сопровождается рядом недостатков: высокой кровопотерей, длительным пребыванием в стационаре и большой продолжительностью операции, послеоперационным неврологическим дефицитом (Крутько А.В. с соавт., 2014; Михайлов Д.А. с соавт., 2017; Gupta A. et al., 2021; Früh A. et al., 2022; Jun L. et al., 2024).

А.В. Пелеганчук и соавторы в 2018г., описали метод трехмерной печати индивидуальных межтеловых кейджей с учетом биомеханических параметров межпозвонкового диска (переднезаднего размера, высоты диска на уровне вентральных и дорсальных отделов), что придает имплантату уникальные характеристики. Позднее многие исследователи приводили примеры использования индивидуальных кейджей, обеспечивших оптимальные условия для формирования межтелового костно-металлического блока за счет особо плотной посадки комбинированного имплантата. Авторы показали, что индивидуальные кейджи благоприятно влияют на сроки восстановления опороспособности, значительно уменьшают травматичность хирургического вмешательства и сокращают время операции (Wang Zhang Y. et al., 2022; Jun L. et al., 2024).



Возможность заранее запланировать необходимый угол лордоза позволяет осуществлять сопоставимый объем коррекции сагиттального профиля как и при задних открытых методиках с применением вертебротомий и инструментальной фиксации позвоночника (Mittal S. et al., 2023).

## 1.2. Эпидемиология, этиология и патогенез

Общемировая тенденция к увеличению продолжительности жизни в сочетании с пандемией ожирения и развитием новых способов производства, практически исключая физическую активность, привели к стремительному росту количества больных, страдающих хроническими заболеваниями опорно-двигательной системы.

По данным ВОЗ, к 2050 г. прогнозируется двукратное увеличение населения старше 60 лет, которая будет оказывать значительную финансовую нагрузку на систему здравоохранения всего мира. Так, в России в 2014 г. 23,5% населения (26,6 миллионов человек) были старше 60 лет (Шибалков И.П., 2022).

Общепризнанным определением сколиоза взрослых является деформация позвоночника с углом более  $10^\circ$  (по Cobb) у людей со сформированной костной системой (Silva F.E., Lenke L.G., 2010). Дегенеративный сколиоз следует отличать от сколиоза взрослых, поскольку эта патология представляет из себя результат прогрессирующей дегенерации структурных элементов позвоночника, приводящей к его девиации и изменению взаимоотношений позвонков, тогда как сколиоз взрослых – это собирательный термин (включающий дегенеративный сколиоз) всех деформаций позвоночника у зрелого человека. При этом необходимо понимать разную этиологическую причину данной деформации. Так, по данным международных сообществ и ряда авторов, необходимо разделять проявления сколиоза взрослых как продолжение идиопатического сколиоза с юности (AdIS) и вновь появившейся деформации (ADS) (Takami M. et al., 2022).

Возникающие трудности в понимании тактики лечения той или иной сколиолитической деформации связаны с отсутствием консенсуса в четком

определении дегенеративного сколиоза взрослых. Часто можно встретить синониматический ряд определений для дегенеративного сколиоза взрослых (ADS), который подразумевает под собой одну и ту же патологию (de novo сколиоз, взрослый дегенеративный сколиоз, дегенеративный поясничный сколиоз или первичный дегенеративный сколиоз).

Преобладание первичного сколиоза (de novo) увеличивается с возрастом, проявляется прогрессирующими дегенеративными изменениями (в виде спондилеза), а малоподвижный образ жизни, саркопения и снижение костной плотности способствуют этой тенденции (McAviney J. et al., 2020; Kim et al., 2021; Knebel A. et al., 2024). Распространенность дегенеративного сколиоза, по данным различных авторов, составляет от 2 до 68% и увеличивается с возрастом (McAviney J. et al., 2020). Впервые выявленный дегенеративный сколиоз (ADS) является самой распространенной деформацией у людей в возрасте старше 60 лет, причем у 32% из них средняя величина деформации составляет более 17°. Женщины страдают деформациями позвоночника чаще, чем мужчины (Прудникова О.Г., 2015; Alvarez Reyes A. et al., 2022). Первичный дегенеративный сколиоз развивается в результате дегенеративных изменений в позвоночнике и характерен для поясничного и грудопоясничного отделов. Пациенты с дегенеративным сколиозом взрослых обычно предъявляют жалобы на прогрессирующую деформацию и наличие вертеброгенного болевого синдрома (Echt M. et al., 2023). В более тяжелых случаях у пациентов данной категории имеется радикулопатия, миелопатия и/или нейрогенная хромота (McAviney J. et al., 2020).

Проявление симптомов у данных пациентов возникает вследствие асимметричного дегенеративного изменения в позвоночных дисках, фасеточных суставах, распространенного спондилёза, асимметрии тонуса в параспинальных мышцах, а также гипертрофии и кальцификации желтой связки (Liu C. et al., 2020; Brunner R., 2020).

Структурные и функциональные изменения физиологического баланса позвоночного столба ведут к асимметричной нагрузке позвоночно-двигательных сегментов, которая провоцирует последующие дегенеративные изменения,

ускорение прогрессирования деформации, патологических изменений в мышцах и изменение походки (Ferrero E. et al., 2020). Нарушения сагиттальных позвоночных параметров также содействуют изменениям во фронтальной плоскости.

Таким образом, этиология дегенеративного сколиоза отличается от других видов деформаций позвоночника, таких как идиопатический сколиоз у подростков и вторичный сколиоз на фоне нейромышечной патологии. Кроме того, дегенеративный сколиоз развивается, как правило, в поясничном отделе позвоночника, где дегенеративные изменения встречаются чаще всего, тогда как при нервно-мышечном и идиопатическом сколиозе основная дуга деформации выявляется, как правило, в грудном или грудопоясничном отделах.

### **1.3. Рентгенологическая диагностика и значение сагиттального баланса позвоночника**

Диагностика заболевания основывается на клинической картине с учетом как внешнего вида больного, так и неврологических проявлений, динамики заболевания и данных инструментальных методов, к которым относят рентгенографию позвоночника в прямой и боковой проекциях, КТ, МРТ.

При планировании корригирующих операций на позвоночнике у взрослых крайне важно сохранить сагиттальный баланс и при возможности выполнить его коррекцию.

Именно вопросам измерения, динамики и коррекции сагиттального баланса посвящено большое количество работ за последние два десятилетия (Алейник А.Я. с соавт., 2018; Cheung J.P.Y. et al., 2020; Vergari C. et al., 2022). По мнению данных авторов, таз – наиболее важная часть скелета, которая соединяет туловище и нижние конечности и формирует узел в виде тазобедренного сустава.

Особенно важен нижний поясничный отдел позвоночника, который является основной мишенью и имеет высокий потенциал для хирургического восстановления баланса, поскольку две трети всего поясничного лордоза приходится на L4-S1 сегменты (Hey H.W.D. et al., 2020).

Сагиттальная вертикальная ось (SVA) — это широко используемый метод количественной оценки сагиттального баланса, который при значительном отклонении от нормальных значений приводит к значительному функциональному ограничению (Glassman S. et al., 2005). Существует 4 типа сагиттального баланса по P. Roussouly (2005) (рис. 1.1). Распределяются они по выраженности физиологических изгибов (грудной кифоз и поясничный лордоз), от 1-го типа (наименее выраженные) до 4-го типа — наиболее выраженные.

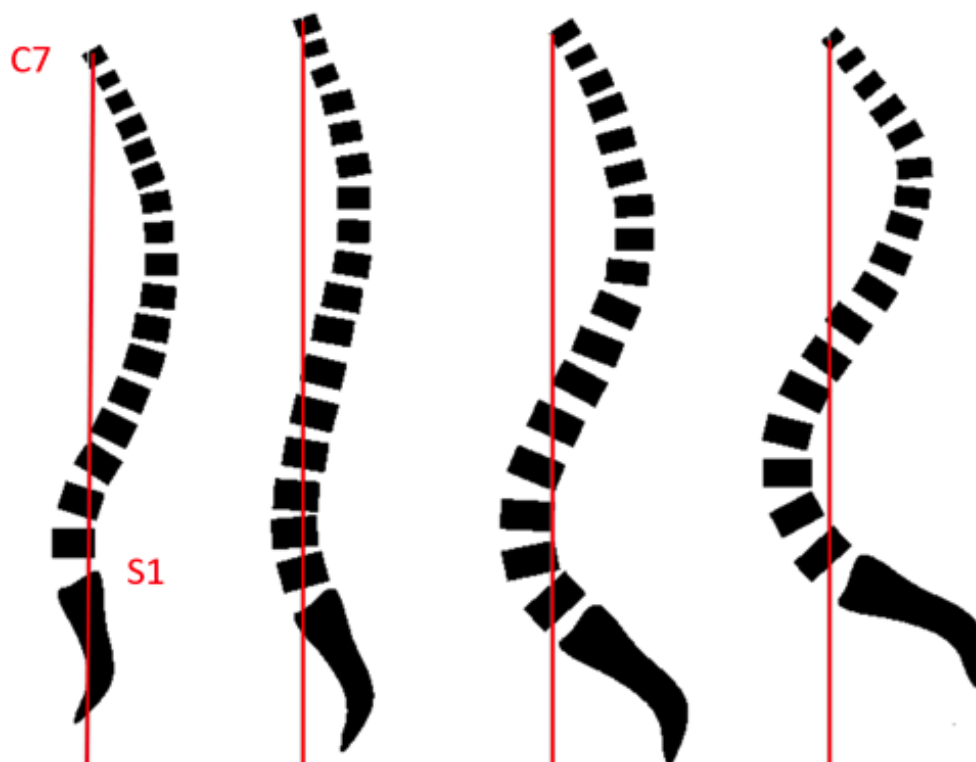


Рисунок 1.1. Типы сагиттального баланса в нормальной популяции по P. Roussouly

На боковой рентгенограмме позвоночника оценивают следующие позвоночно-тазовые параметры (рис 1.2):

1. Грудной кифоз измеряемый по методу Cobb от T5-T12 позвонков в среднем составляет  $30^\circ$ .
2. Лордоз поясничного отдела позвоночника (LL) — угол между краниальными замыкательными пластинами L1 и S1 позвонков, который составляет около  $30-80^\circ$ .

3. Угол падения таза (PI) – между линией, соединяющей центры головок бедренных костей с центром замыкательной пластины S1 и перпендикуляром к плоскости верхней замыкательной пластины крестца. PI – неизменяемый анатомический параметр, диапазон нормальных значений которого составляет 30–80°. При большом PI характерно горизонтальное положение крестца, при маленьком PI – вертикальное отклонение таза.
4. Наклон крестца (SS) – угол между верхней пластиной S1 и горизонтальной линией.
5. PT – угол между линией, соединяющей центр верхней замыкательной пластины S1 с центром вращения головок бедренных костей и вертикальной линией. Нормальные значения PT составляют 12–18°. PT – параметр, который может меняться по мере прогрессирования дегенеративной болезни позвоночника.
6. Сегментарный лордоз (SL) – угол между краниальной замыкательной пластиной верхнего и каудальной замыкательной пластиной нижнего позвонка.

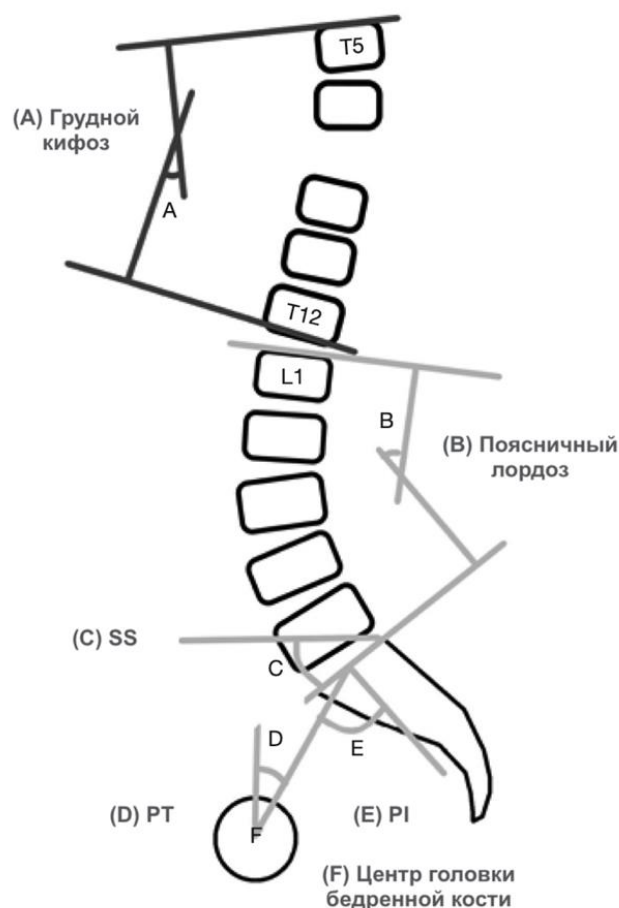


Рис 1.2. Основные позвоночно-тазовые параметры: А – грудной кифоз; В – поясничный лордоз; С – крестцовый наклон; D - наклон таза; Е – угол падения таза; F – центр головки бедренной кости

Вопрос «идеальных параметров баланса» часто становится предметом споров. А.Ф. Cristante с соавторами рекомендуют следующие параметры: SVA <40 мм, значение PI-LL в пределах  $10^\circ$  и PT < $20^\circ$  (Schwab F. et al., 2012).

Однако существуют значительные различия в зависимости от возраста и пола. В исследовании Н. Qi с соавторами у здоровых пожилых добровольцев в возрастной группе 60–80 лет значение LL было значительно меньше нормы (Qi H. et al., 2024). При этом в когорте молодых пациентов требуется анатомическая коррекция сагиттального баланса (Byun C.W. et al., 2022; Yucekul A. et al., 2023). Известно, что пациенты пожилого возраста имеют большую толерантность к большим сагиттальным смещениям. У пациентов в возрасте 75 лет и старше

допускается значение PI-LL 8,3 при ODI 20, в то время как пациентам от 35 до 44 лет с тем же значением по шкале ODI необходима коррекция PI-LL до -2,7 (Im S.K. et al., 2020).

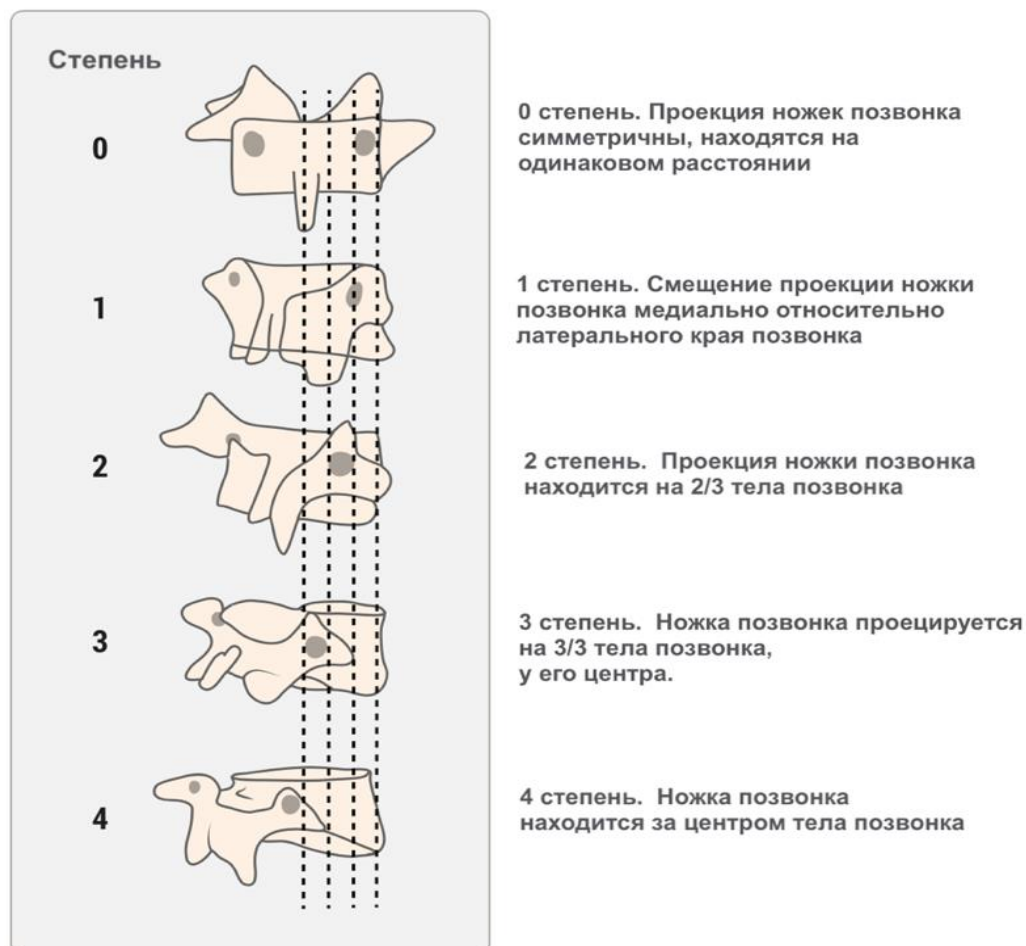


Рис 1.3. Метод Nash и Moe для определения ротации позвонков (Delgado Martínez A.D. Cirugía Ortopédica y Traumatología, 3<sup>rd</sup> ed.)

Как уже было сказано ранее, у пациентов, страдающих дегенеративными заболеваниями позвоночника, наличие фронтального дисбаланса не так значительно влияет на качество жизни, как сагиттальный дисбаланс. Однако не стоит недооценивать его значения при планировании корригирующих операций. Сторона, локализация и протяжённость сколиотической деформации очень важны для планирования протяженности фиксации. При оценке рентгенограмм в прямой проекции определяют расположение и протяжённость деформации, величину

искривления (по Cobb), наличие и степень боковых смещений – латеролистезов (мм), ротацию позвонков (по Nash – Moe), ее степень и класс (Hurtado-Avilés J. et al., 2022) ( рис 1.3,1.4).

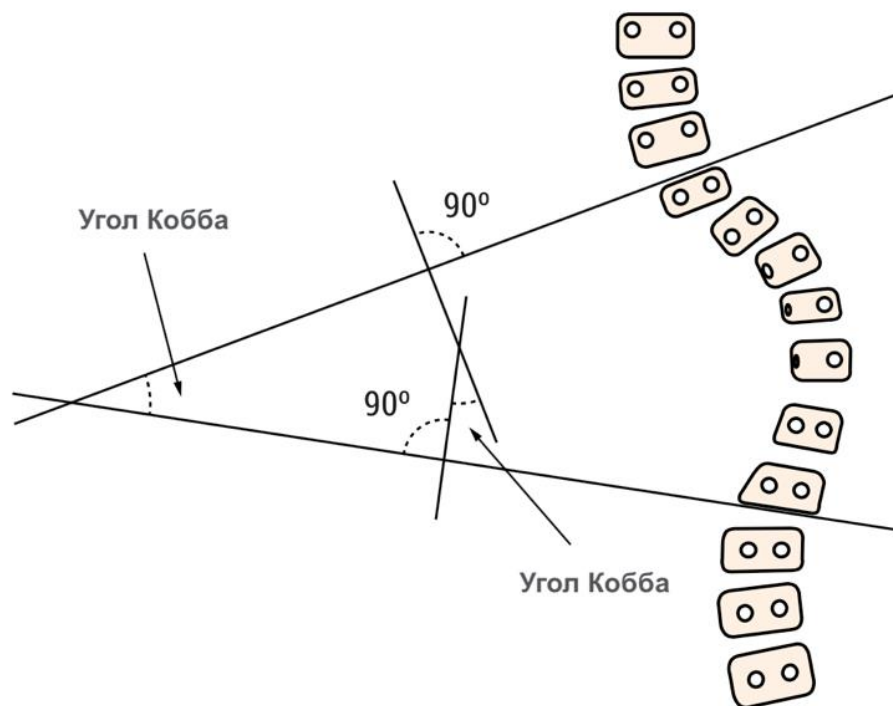


Рис 1.4. Определение деформации кривой позвоночника по методу Кобба (Delgado Martínez A.D. Cirugía Ortopédica y Traumatología, 3<sup>rd</sup> ed.)

#### 1.4. Исторические и современные классификации дегенеративного сколиоза взрослых

##### *Классификация Aebi*

Известная классификация, опубликованная в 2005 г. М. Aebi, представляет наиболее полное отражение этиологии деформации позвоночника у взрослых. Это деформации, вызванные асимметричными дегенеративными изменениями (тип I), прогрессирующий идиопатический сколиоз (тип II) и вторичный сколиоз, вызванные экстравертебральными отклонениями (тип IIIa), такими как наклон таза, или как результат компрессионных переломов на фоне остеопороза (тип IIIb).



Основные преимущества классификации Aebi в том, что она проста, с ее помощью можно определить природу деформации. Важным ограничением этой системы является то, что она не учитывает специфические особенности каждой деформации; следовательно, ее нельзя использовать для планирования хирургического лечения.

### *Классификация SRS*

Scoliosis Research Society (SRS) в 2006 г. была предложена классификация деформации позвоночника у взрослых (Kwon O. et al., 2022). В данной классификации деформации позвоночника подразделены на 6 типов, имеются три модификатора, взятых из классификаций Кинга и Ленке для подросткового идиопатического сколиоза (Ruiz J.N.M., et al., 1922; van Royen B.J.V., 2023). Данная классификация использует рентгенологические особенности деформации позвоночника, что позволяет оценить не только фронтальный, но и ее сагиттальный профиль. Тем не менее, ее применение не позволяет подобрать наиболее эффективный способ оперативного вмешательства и спрогнозировать результат лечения вследствие того, что не учитываются симптомы и возрастные особенности пациентов.

### *Классификация Faldini*

C. Faldini в 2013 г. предложил классификацию, направленную больше на выбор тактики хирургического вмешательства у пациентов с дегенеративным сколиозом (Faldini C. et al., 2013; Li W.W. et al., 2024; Geng Z. et al., 2024). В данной классификации сколиотические деформации подразделены на два типа: стабильные (тип А) и нестабильные (тип В). Стабильные дуги характеризуются (законченной) асимметричной дегенерацией фасеточных суставов, дужек, межпозвоночного диска и связочного аппарата позвонка. Такое патологическое состояние обуславливает снижение объема движений в позвоночнике и способствует сохранению фронтальной деформации, стабильности, а также появлению компрессии нервов в фораминальном отверстии. В свою очередь, все стабильные деформации делятся на 4 подтипа в зависимости от ведущего компонента, определяющего клиническую картину. Тип В, напротив, представлен

дегенеративным процессом фасеточных суставов, желтой связки, дисков, которые приводят к увеличению физиологического объема движений в позвоночнике. Зигоапофизальные суставы становятся гипермобильными, происходит повреждение хрящевой поверхности суставов, при этом присутствует перерастяжение связочного аппарата. Нестабильные деформации точно так же представлены четырьмя подтипами. Для каждого вида деформации предложен алгоритм хирургического лечения на основе выбора типа декомпрессии и спондилодеза (табл. 1.1). Недостатком данной классификации можно считать отсутствие каких-либо рентгенологических параметров для описания типа сколиотической кривой.

Таблица 1.1

## Классификация дегенеративного сколиоза С. Faldini (2013)

Типы	Классификация	Декомпрессия	Спондилодез
А стабильный	А1 гипертрофия фасеточных суставов с фораминальным стенозом	Гемиламинэктомия с односторонней фораминомией. Ламинэктомия с билатеральной фораминомией	Задний спондилодез с или без инструментальной фиксации
	А2 гипертрофия фасеточных суставов с центральным стенозом	Гемиламинэктомия с односторонней фораминомией. Ламинэктомия с билатеральной фораминомией	Задний спондилодез с или без инструментальной фиксации
	А3 дегенерация межпозвоночного диска	Гемиламинэктомия с односторонней фораминомией. Гемиламинэктомия с односторонней фораминомией и дискэктомия с восстановлением высоты диска	Задний спондилодез с или без инструментальной фиксации. Задний спондилодез с или без инструментальной фиксации или 360° спондилодез с или без инструментальной фиксации

Продолжение таблицы 1.1

	А4 смешанный тип	Гемиламинэктомия с односторонней фораминомией. Ламинэктомия с билатеральной фораминомией	Задний спондилодез с или без инструментальной фиксации. Задний спондилодез с 360° спондилодезом с или без инструментальной фиксации
В нестабильный	В1 гипермобильность из-за гипертрофии фасеточных суставов	Без декомпрессии. Гемиламинэктомия с односторонней фораминомией. Ламинэктомия с билатеральной фораминомией.	Задний спондилодез с или без инструментальной фиксации
	В2 дегенерация межпозвоночного диска	Билатеральная фораминомия. Унилатеральная фораминомия.	Задний спондилодез с или без инструментальной фиксации или 360° спондилодез с или без инструментальной фиксации
	В3 смешанный тип	Билатеральная фораминомия. Унилатеральная фораминомия.	Задний спондилодез с или без инструментальной фиксации
	В4 нестабильный с сагиттальный дисбалансом	Билатеральная фораминомия. Унилатеральная фораминомия.	360° спондилодез с или без инструментальной фиксации

### *Классификация Schwab*

Классификация Schwab основана на многоцентровом проспективном клиническом исследовании 947 взрослых пациентов с деформацией позвоночника (Passias P.G. et al., 2022). В этом исследовании рентгенологические параметры, такие как угол Кобба, деформация вершины дуги искривления, поясничный лордоз

и подвывихи позвонков, коррелировали с показателями клинических исходов, ODI и опросника SRS.

Одним из ограничений этой классификации является то, что некоторые подкатегории описанных сколиотических кривых представлены очень малым количеством пациентов. Однако данная классификация показала свою надежность и позволяет подразделить группы пациентов с дегенеративным сколиозом взрослых на основе клинически значимых различий.

### *Классификация SRS-Schwab*

Классификация SRS-Schwab была опубликована в 2012 г., в ней пересмотрена взаимосвязь между позвоночно-тазовыми параметрами и сагиттальным балансом (Passias P.G. et al., 2023).

В настоящее время она является современным золотым стандартом систематизации дегенеративных деформаций. В данной классификации учитывается четыре параметра: тип дуги, тазовый наклон с вычетом степени поясничного лордоза, модификатор сагиттальной вертикальной оси и тазовый наклон (рис. 1.5).

Типы дуг	Сагиттальные модификаторы
T: Только грудная дуга с поясничной дугой $<30^{\circ}$	Разница между PI и LL 0: в пределах $10^{\circ}$ +: умеренная $10-20^{\circ}$ ++: явная $>20^{\circ}$
L: грудно-поясничная/только поясничная с грудной дугой $<30^{\circ}$	Глобальное смещение 0: SVA $<4$ см +: SVA $4-9,5$ см ++: SVA $>9,5$ см
D: двойная дуга с T и L дугой $>30^{\circ}$	Наклон таза (PT) 0: PT $<20^{\circ}$ +: PT $20-30^{\circ}$ ++: PT $>30^{\circ}$
N: без деформации все дуги $<30^{\circ}$	

Рис 1.5. Классификация SRS-Schwab (2012)

Авторы данной классификации показали, что качество жизни тесно связано с наличием определенного типа дуги деформации и его сагиттальным модификатором. Больные с поясничной дугой и первичной деформацией в сагиттальной оси чаще имеют нетрудоспособность и худшие показатели здоровья, чем пациенты с грудной или двойной дугой. Пациентам, обладающими высоким показателем отклонения сагиттального баланса, обычно выполняется корригирующая остеотомия, фиксация к подвздошным костям или декомпрессия спинномозгового канала. Данная классификация отражает тяжесть заболевания и предстоящий алгоритм лечения, но все же не отменяет применения индивидуального подхода при выборе вида хирургического вмешательства.

## **1.5. Лечение деформаций у взрослых**

### **1.5.1. Консервативные варианты лечения**

Консервативное лечение используется у пациентов с незначительно выраженным стенозом позвоночного канала, корешковыми симптомами и/или болями в пояснице при искривлении  $<30^\circ$  с ротационным подвывихом  $<2$  мм, с передними остеофитами, с адекватным сагиттальным и фронтальным балансом (Nojiri H. et al., 2023). Пациенты получают курсы ЛФК, ФТ, используются нестероидные противовоспалительные препараты по мере необходимости. Эпидуральные и/или корешковые блокады выполняются только при наличии нейрогенного или корешкового болевого синдрома и данных электронейромиографии (Schoutens C. et al., 2020).

Поскольку доказательства для всех рассмотренных вмешательств были либо низкого, либо очень низкого качества, невозможно дать рекомендации за или против использования данных методов лечения у пациентов с симптоматическим сколиозом *de novo*.

Однако имеются доказательства того, что безоперационные методики могут быть лечением выбора для некоторых пациентов с ADS даже в долгосрочной перспективе. Авторы ретроспективного исследования обнаружили схожие

функциональные исходы у пациентов после хирургического лечения и консервативно пролеченных пациентов с ADS после 10-летнего наблюдения. Несмотря на возможность предвзятости отбора пациентов в это исследование, некоторые больные могут долгое время эффективно лечиться консервативно (Dalbayrak S. et al., 2020).

Некоторые исследователи добились определенных успехов в составлении профилей пациентов для прогнозирования успеха неоперативного лечения. P.G. Passias с соавторами (2021) обнаружили, что следующие параметры необходимы для определения показаний к неоперативному лечению пациентов: исходная инвалидность (ODI), боль (SRS-22г оценки боли, боли в спине NRS, боли в ногах NRS) и в целом физическое здоровье (SF-36 PCS, SRS-22г активность, внешний вид и общие баллы).

J.P.Y. Cheung с соавторами также обнаружили, что тяжесть инвалидности у взрослых пациентов с деформацией позвоночника коррелировала с вероятностью того, что безоперационное лечение будет безуспешным (Cheung J.P.Y. et al., 2022).

P.G. Passias с соавторами (2023) показали, что оценка боли по шкале SRS и значение грудопоясничного угла Кобба были значимыми предикторами достижения незначительного различия при оценке активности или боли у пациентов с деформацией позвоночника у взрослых, лечившихся без операции. Хотя эти результаты многообещающие, их еще предстоит воспроизвести, в особенности среди пациентов с симптоматическим ADS.

Резюмируя, можно заключить что эффективность и недостатки неоперативного лечения пока не доказаны, поэтому выбор данного лечения требует совместного принятия решения пациента с врачом.

### **1.5.2. Хирургическое лечение**

На современном этапе развития хирургии существует множество различных подходов к оперативному лечению дегенеративного сколиоза у взрослых.

*Необходимость фиксации позвоночника при задних доступах*

P.S. Gadjradj с соавторами (2023) в своем исследовании показывают, что пациенты с нейрогенной перемежающейся хромотой, отсутствием или незначительным болевым синдромом в поясничном отделе и умеренной деформацией могут быть прооперированы без стабилизации с выполнением лишь декомпрессивных оперативных вмешательств. В то время как стабилизация показана при наличии болевого синдрома в позвоночнике как ведущего проявления в клинической картине и значительной деформации поясничного отдела.

К преимуществам изолированных декомпрессивных вмешательств зачастую относят отсутствие необходимости имплантации металлоконструкции в условиях сниженного качества кости и остеопороза, которые встречаются в подавляющем большинстве у пациентов с дегенеративными стенозами позвоночного канала на фоне ригидных кифосколиотических деформаций (Khalid S.I. et al., 2020; Gupta A. et al., 2021).

Однако R.R. Vains с соавторами (2024), основываясь на многолетнем анализе этого вопроса, отмечают, что изолированные декомпрессивные вмешательства вызывают дальнейшее прогрессирование деформации, способствуют развитию нестабильности и в отдаленном периоде приводят к увеличению болевого синдрома в поясничном отделе и ногах.

Таким образом, декомпрессию невральных структур необходимо дополнять стабилизацией позвоночно-двигательных сегментов на заинтересованных уровнях (Mirzashahi B. et al., 2020; Echt M. et al., 2023).

Ряд авторов предлагает для оперативного лечения дегенеративного сколиоза поясничного отдела позвоночника у взрослых использовать только задний доступ. При этом операция выполняется в объеме ламинэктомии на уровне деформации и смежных сегментов, тотальной дискэктомии на вершине деформации, в качестве переднего релиза, выполнения PLIF на этих же уровнях с использованием в качестве импланта аутокости из резецированных дужек и гребня подвздошной кости. Для коррекции деформации и стабилизации позвоночника используются транспедикулярные системы. Авторы указывают на хорошую степень коррекции

угла деформации – в среднем с  $36,0^\circ$  до  $14,7^\circ$ , сохранявшуюся в течение двух лет наблюдений. Из 20 оперированных пациентов у двух наблюдался перелом тела позвонка смежного уровня на фоне остеопороза, что потребовало продления транспедикулярной фиксации в грудной отдел (Hohenberger C. et al., 2022).

Интересные данные публикуют Т. Fujii с соавторами, исследовав 50 пациентов с деформацией поясничного отдела с превалированием спинального стеноза в клинической картине, которым проведена операция в объеме только лишь фораминотомии на различных уровнях. Авторы доказали отсутствие связи между прогрессированием деформации и количеством оперированных уровней, а также сторонностью фораминотомии. Было показано, что прогрессирование деформации в среднем на  $8,5^\circ$  (от  $2^\circ$  до  $22^\circ$ ) не привело в дальнейшем к ухудшению клинического состояния пациентов. Опираясь на результаты своих исследований, авторы полагают необязательным выполнение заднего транспедикулярного спондилосинтеза, если деформация связана только со стенозом позвоночного канала (Fujii T. et al., 2023).

Подобные результаты продемонстрировали в своей работе А. Toluse с соавторами. Они наблюдали в течение в среднем 35 месяцев (от 24 до 64) 43 пациента со сколиозом поясничного отдела позвоночника, осложненного стенозом позвоночного канала без прогрессирования деформации. Всем была выполнена декомпрессия позвоночного канала без последующей стабилизации металлоконструкцией. Для оценки результатов авторы использовали модифицированную шкалу Prolo и опросник PSI. Хорошие результаты составили 82%. В остальных случаях у пациентов сохранялся болевой синдром, связанный с деформацией позвоночного столба, что потребовало в дальнейшем проведения транспедикулярного спондилосинтеза (Toluse A., et al., 2023).

### *Осложнения задних доступов*

Операции по коррекции деформаций позвоночного столба у взрослых сопровождаются высоким риском осложнений (Akıntürk N. et al., 2022; Kuo C.C. et al., 2023; Deville R. et al. 2024). У данной группы пациентов, как правило, имеется



тяжелая сопутствующая патология, и операции по коррекции деформации с использованием металлоконструкций для них чрезвычайно травматичны и могут приводить к обострению хронических заболеваний. Так же могут возникать инфекционные осложнения, несостоятельность металлоконструкции, ликворея (особенно при ревизионных операциях), переломы смежных сегментов с нарастанием кифотической деформации, дегенерация смежных сегментов и псевдоартроз. Среди системных осложнений выделяют инфаркт миокарда, пневмонию, непроходимость кишечника, инфекции мочевых путей, глубокий венозный тромбоз и синдром верхней мезентериальной артерии.

Слепота – особенно грозное, но крайне редкое осложнение. Даже когда проведено адекватное оперативное и послеоперационное лечение, риск осложнений остается высоким, однако положительные исходы заболеваний, значительное улучшение качества жизни после операции сопоставимы с такими рисками при правильном отборе пациентов (Bortz C. et al., 2021; Buell T.J. et al., 2021; Bourghli A. et al., 2022).

К малым осложнениям после задних операций чаще всего относят парез кишечника, инфекции мочевыводящих путей, поверхностный венозный тромбоз, аритмию, поверхностные инфекции области хирургического вмешательства. Значимые осложнения включают в себя пневмонию, почечную недостаточность, инфаркт миокарда, ТЭЛА, РДСВ, неврологический дефицит, глубокую инфекцию зоны оперативного лечения (Bortz C. et al., 2021).

М. Lacroix с соавторами в своей работе, посвященной лечению дегенеративных сколиозов у взрослых, выделяют локальные осложнения, связанные непосредственно с зоной оперативного вмешательства и системные (Lacroix M., et al., 2023). К локальным авторы относят инфекционные осложнения, ликворею, нестабильность металлоконструкции, нарастание кифотической деформации в проксимальных отделах, дегенеративные изменения смежных позвоночно-двигательных сегментов, псевдоартрозы и неврологические нарушения. Системные осложнения включают в себя инфаркт миокарда,

пневмонию, инфекции мочевыводящих путей, парез кишечника, тромбоз глубоких вен и синдром верхней мезентериальной артерии.

Таким образом, принимая во внимание разнообразие осложнений после хирургического лечения пациентов данной категории и наличие у них зачастую нескольких значимых сопутствующих заболеваний, некоторые хирурги отдают предпочтение наименее травматичным оперативным методикам, приносящим симптоматическое облегчение (Schoutens C. et al., 2020).

В литературе есть противоречивые сообщения о связи между сопутствующими заболеваниями и осложнениями и хирургическим лечением заболеваний позвоночника у пожилых людей.

Предоперационная оценка пожилого пациента с деформацией позвоночника важна, потому что хирургическая заболеваемость и смертность выше среди пожилых людей. Эффективное общение является ключевым компонентом в таких ситуациях, когда каждый опекун может иметь свой взгляд на ситуацию. Предоперационная консультация может помочь уменьшить или избежать осложнений при работе с пациентами, имеющими сопутствующие соматические заболевания и нуждающимися в хирургическом вмешательстве.

Исследователи сообщают о частоте развития всех видов осложнений, достигающей до 80%, и значимых осложнений до 21% у пациентов старше 65 лет. При этом отмечается, что соматические заболевания, пожилой возраст и инструментальная фиксация существенно не увеличивают частоту осложнений. Хирургическая декомпрессия в области поясничного отдела позвоночника и выполнение спондилодеза безопасны для пожилых пациентов, и единственным риском серьезных осложнений являются декомпрессия и спондилодез на 4 и более сегментах (Басанкин И.В. с соавт., 2019; Климов В.С. с соавт., 2020; Melcher C. et al., 2022).

#### *Межтеловой спондилодез при передних доступах*

Передний и переднелатеральный поясничный межтеловой спондилодез (ALIF, OLIF) в качестве метода для лечения ДДЗП имеет давнюю историю с

увеличением и понижением интереса к данному виду вмешательств в разные периоды развития спинальной хирургии. ALIF как методика позволяет равномерно распределить нагрузку по передней колонне позвоночника, воссоздать лордоз, восстановить высоту межпозвонкового диска, провести непрямую декомпрессию невральных структур (Allain J. et al., 2020).

ALIF для лечения боли в спине был первоначально выполнен в 1972 г. Stauffer и Coventry, которые сообщили о 36% хороших результатов у 77 пациентов с дегенерацией межпозвонкового диска (McCloskey K. et al., 2023).

В 1988 г. Inoue с коллегами опубликовали исследование 350 операций ALIF, применявшимся при грыжах межпозвонкового диска. У 73% пациентов был получен положительный результат с купированием болевого синдрома (цит. по Mazurek M. et al., 2023).

ALIF выполняется с использованием переднего доступа к забрюшинному пространству. Было описано множество методик доступа к переднему отделу поясничного сегмента позвоночного столба (трансперитонеальный, лапароскопический, открытый и миниинвазивный забрюшинный и т.д.). Миниинвазивный доступ в забрюшинное пространство стал основным и самым распространенным методом в плановой хирургии позвоночника, а миниинвазивные и открытые трансперитонеальные доступы используются при ревизионных и экстренных операциях (Nguyen A.Q. et al., 2023). Забрюшинный и трансперитонеальный подходы позволяют полностью обнажить переднюю поверхность позвоночника, выполнить центрирование на дисковом пространстве с возможностью расширить доступ на боковые поверхности по мере необходимости, позволяют выполнить полную дискэктомию, удаление задней продольной связки, выполнить передний спондилодез большим межтеловым имплантатом, занимающим все межтеловое пространство и провести коррекцию баланса корпуса. Отсутствие травмы задней группы паравертебральных мышц уменьшает послеоперационную боль, исключает денервацию и деваскуляризацию паравертебральных тканей спины, получаемых при скелетировании задних структур позвонков при доступе, что часто приводит к формированию синдрома

оперированного позвоночника и инвалидизации пациентов (Allain J. et al., 2020; Kapustka B. et al., 2020).

Миниинвазивный доступ через поперечный или вертикальный разрез кожи позволяет визуализировать позвонки поясничного отдела – от L2 до S1 (Godzik J. et al., 2020; Bergin S.M. et al., 2023). Прямая мышца может быть мобилизована медиально или латерально от средней линии. Мобилизация тупферами позволяет раскрывать забрюшинное пространство и смешать содержимое брюшной полости в разных направлениях. Мочеточник после идентификации отводится медиально, и устанавливаются глубокие самоподдерживающиеся ретракторы. Выполняются диссекция и мобилизация сосудов как тупо, так и остро для рассечения спаек. Сосудистые структуры (т. е. сегментарные сосуды на теле позвонка) прижигаются или перевязываются и обрезаются по мере необходимости. Самоподдерживающиеся или ручные ретракторы используются во время подготовки межтелового пространства и имплантации межтелового имплантата. По завершении операции рану осматривают на предмет кровотечения, повреждения мочеточника или разрыва брюшины. Фасция прямой мышцы живота ушивается рассасывающимся швом, а кожа закрывается непрерывным подкожным косметическим швом.

Боль в спине при осевых нагрузках, вызванная дегенеративным процессом диска или ПДС в целом, в настоящее время является основным показанием для ALIF. Правильно локализовав дискогенную боль с помощью рентгенограмм, магнитно-резонансной томографии (МРТ) и провокационной дискографии, а также диагностических фораминальных блокад, можно удалить патологически измененный диск и стабилизировать сегмент с помощью межтелового трансплантата. Используя процедуру ALIF у пациентов с сопутствующей корешковой болью в ноге, связанной с сужением фораминального отверстия, возможно проведение не прямой декомпрессии за счет восстановления высоты межтелового промежутка, соответственно и фораминального отверстия, удлинения разросшихся заднего и бокового остеофитов (Issa T.Z. et al., 2023; Zheng B. et al., 2023).

Пациенты с грыжей межпозвонкового диска так же могут быть оперированы с выполнением прямой декомпрессии и дискэктомии через передний доступ.

Передний межтеловой спондилодез различными имплантатами может применяться как самостоятельный метод лечения, так и в сочетании с задним спондилосинтезом транспедикулярными конструкциями в случаях, требующих более надежной фиксации или коррекции выраженной деформации.

Относительные противопоказания к передним межтеловым подходам включают прогрессирующий атеросклероз крупных сосудов и ожирение. Также относительными противопоказаниями являются ранее перенесенные операции на брюшной полости и воспалительные заболевания в зоне предполагаемого доступа, так как может иметь место выраженный рубцовый процесс, что увеличивает риск осложнений, связанных с повреждением органов брюшной полости или препятствует успешному выходу к передним отделам позвоночного столба. Трансперитонеальный спондилосинтез и передний спондилодез из заднего доступа (TLIF, PLIF) являются альтернативам у этих пациентов.

#### *Осложнения при использовании передних доступов*

Частоту осложнений при ALIF трудно однозначно оценить из-за различных типов доступа, используемых имплантатов и опыта оперативной бригады. Плохой исход является хирургическим осложнением номер один, и часто причиной является неправильный отбор пациента для операции; необходимо тщательно соблюдать критерии включения пациентов на оперативное лечение для достижения купирования болевого синдрома.

Наиболее часто наблюдается повреждение общих подвздошных сосудов при вмешательстве на уровне L5-S1. Должна быть получена четкая визуализация дискового пространства перед дискэктомией и хороший обзор должен сохраняться на протяжении всей операции. В частности, общая подвздошная вена, будучи хорошо сжимаемой, может быть ошибочно принята за мягкую ткань во время доступа. Подвздошно-поясничная вена, также называемая восходящей поясничной веной, подвергается риску повреждения во время подходов к уровню L4-5 и

попыток мобилизации и смещения общей подвздошной вены. Она должна быть заранее перевязана или находиться под постоянным визуальным контролем. Некоторые хирурги считают, что перевязка этого сосуда должна быть проведена в 100% случаев, чтобы свести к минимуму риск разрыва во время ретракции.

Ретроградная эякуляция в результате повреждения гипогастрального сплетения колеблется от 8% до 0,4% (Body A.M. et al., 2021).

A.J. Buckland с соавторами отметили только один случай ретроградной эякуляции у 58 пациентов, а W.G. Wert Jr. – в 686 наблюдениях (Wert W.G. Jr., et al., 2021; Buckland A.J., et al., 2022).

Преаортальное (превертебральное) симпатическое сплетение проходит по переднебоковому краю тел позвонков, примыкает к поясничной области, затем пересекает бифуркацию аорты и общие подвздошные сосуды, образуя гипогастральное сплетение. Тупая диссекция при мобилизации доступа к диску в области прохождения симпатического сплетения, а также агрессивная электрокоагуляция должны быть сведены к минимуму. Пациенты мужского пола должны быть проинформированы об этом потенциально неблагоприятном событии и о том, что также существует вероятность спонтанного выздоровления.

Повреждение брюшины и органов брюшной полости может быть сведено к минимуму при использовании самоподдерживающихся ретракторов. Иногда возникает послеоперационная кишечная непроходимость. Данное осложнение может эффективно управляться контролем объема потребляемой пищи и правильной гидратацией.

Повреждение мочеточника – редкое осложнение при первичных доступах. Встречается при ревизионных операциях. Может быть сведено к минимуму путем правильной идентификации и заведения в мочеточник стентов до операции.

Отдельно выделяются осложнения, связанные с имплантацией, такие как оседание трансплантата, неправильное положение, экструзия и псевдартроз. Профилактикой данного вида осложнений является тщательный отбор пациентов, подбор соответствующих размеров имплантата и дискэктомия без повреждения замыкательных пластин.

Остальные осложнения, такие как раневая инфекция, ТЭЛА, острый инфаркт миокарда, ОНМК относятся к общехирургическим и не являются специфическими для передних доступов (García-Ramos C.L. et al., 2020; Manunga J. et al., 2021; Macki M. et al., 2022).

## 1.6. Резюме

Таким образом, анализ профильных научных публикаций свидетельствует о том, что проблема лечения сколиотических деформаций позвоночника у взрослых является актуальной ввиду общего старения населения, возросшими требованием к качеству жизни у пациентов, что привело к росту хирургической активности. При этом до сих пор отсутствует четкий алгоритм выбора той или иной методики операции, а большое количество осложнений остается неизменным на протяжении 2-х десятилетий.

В настоящее время можно говорить об устойчивой объективной тенденции к увеличению количества больных, которые подвергаются оперативному лечению по поводу сагиттального дисбаланса позвоночника. При этом использование минимально инвазивных доступов и аддитивных технологий может повлиять на снижение операционных рисков, нежелательных операционных осложнений и дать сопоставимый клинический результат с традиционными техниками. Применение переднего спондилодеза через минимально инвазивный передний доступ по показаниям приведет к расширению возможностей выполнения современных корригирующих вмешательств при деформациях позвоночника.

Несмотря на изученность вопроса, отсутствует единый методологический подход к планированию оперативного вмешательства у пациентов с различной степенью нарушения сагиттального баланса, особенно не ясна роль одиночного позиционирования лордозизирующих кейджей без транспедикулярной фиксации.

С одной стороны, имеются широко применяемые классификации дегенеративного сколиоза, а также хирургических подходов. С другой стороны, на сегодняшний день нет полного ответа на вопрос, каково рациональное место

минимально инвазивной хирургии позвоночника при дегенеративных деформациях.

Таким образом, недостаточная изученность рентгенологических и функциональных результатов передней (минимально инвазивной) и задней (открытой) хирургии для коррекции деформаций у взрослого населения, а также осложнений требует дальнейшего исследования данной проблемы с целью улучшения результатов лечения этой категории больных.



## ГЛАВА 2

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 2.1. Общая характеристика исследования

Как уже было отмечено, данное исследование состоит из трех частей: ретроспективной, проспективной и сравнительной аналитической.

Первым этапом был проведен ретроспективный анализ рентгенограмм пациентов, проходивших лечение по поводу дегенеративного сколиоза в НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена с 2017 по 2019 г. Целью данной части является определение мощности проспективной части исследования и необходимой выборки для получения статистически значимых результатов.

Вторым этапом был проведен анализ результатов лечения пациентов проспективных групп наблюдения с применением индивидуальных лордозизирующих кейджей через вентральный минимально инвазивный доступ и задней методики с применением остеотомий, прооперированных в отделении патологии позвоночника и костной онкологии «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» и клинике «Суржимед» (Узбекистан) по поводу дегенеративного сколиоза взрослых с 2019 по 2024 г.

На третьем этапе были проведены сравнительный анализ результатов лечения профильных пациентов и обоснование выбора рационального алгоритма их лечения с использованием индивидуальных лордозизирующих кейджей.

Схема исследования представлена на рисунке 2.1.

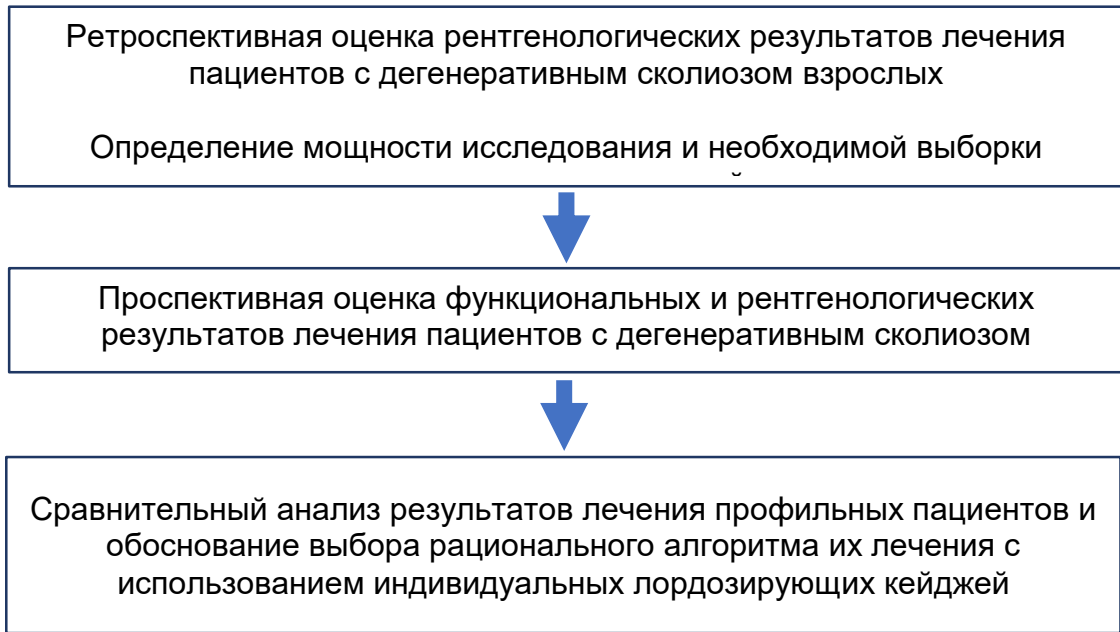


Рис. 2.1. Общая структура исследования

## 2.2. Ретроспективная часть исследования

Задача данного этапа заключалась в формировании гипотезы, определения мощности исследования и необходимой выборки для проведения последующего проспективного этапа исследования.

На данном этапе сравнивалась степень коррекции сегментарного и общего поясничного лордоза при помощи лордозизирующих кейджей с применением трансфораминального спондиледеза (TLIF) с остеотомией Smith-Peterson и транспедикулярной фиксацией.

Было проведено одноцентровое ретроспективное когортное исследование, в котором приняло 96 больных, проходивших лечение с 2017 по 2019 г. по поводу дегенеративных заболеваний позвоночника.

Критериями включения в данную часть исследования являлись: пациенты с дегенеративным дистрофическим заболеванием позвоночника, дегенеративным сколиозом, не требующими коррекции фронтального профиля, ИМТ <35, возраст больных от 45 до 80 лет.

Критерии исключения: тяжелые сколиотические деформации, требующие применения расширенных резекций, ИМТ>35, возраст >80 лет, метастатическая болезнь позвоночника. Схема исследования приведена на рисунке 2.2.

После применения вышеперечисленных критериев в группу исследования было включено 63 пациента, из них 35 (55%) женщин и 28 (45%) мужчин. Характеристики исследуемых пациентов представлены на рисунках 2.3, 2.4. Из представленных графиков видно, что в среднем возраст больных составил  $53 \pm 5,5$  года, среднее значение ИМТ –  $33,0 \pm 2,1$ .



Рис. 2.2. Структура ретроспективной части исследования

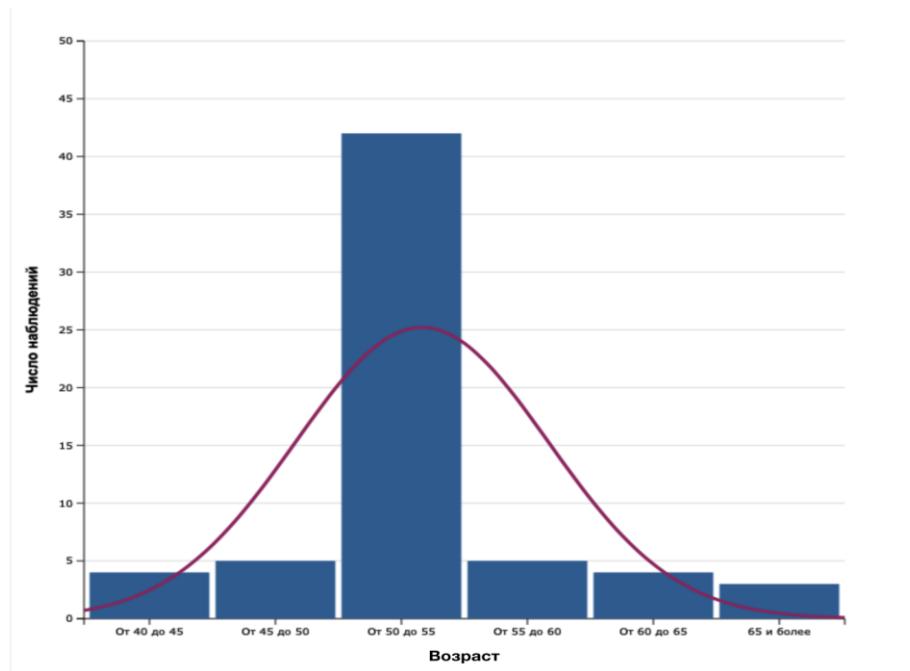


Рис. 2.3. Гистограмма распределения больных по возрасту

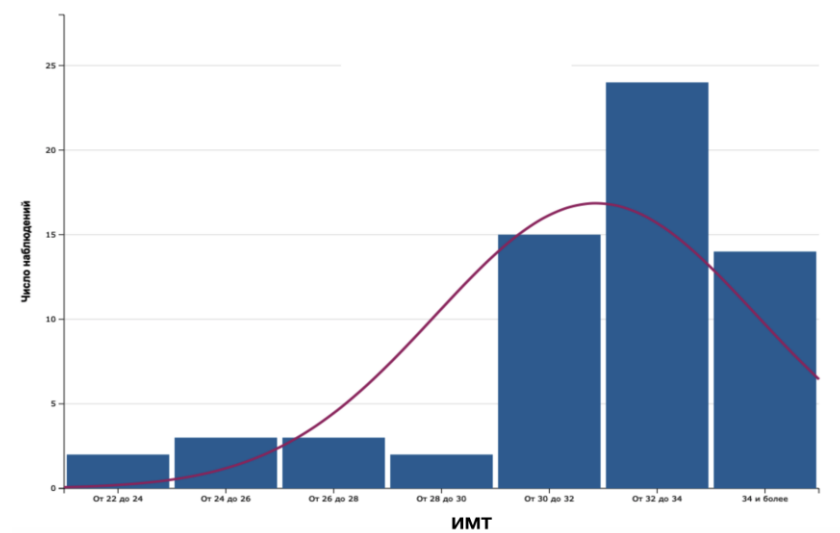


Рис. 2.4. Гистограмма распределения больных в зависимости от ИМТ

Согласно проведенному лечению больные были подразделены на 2 группы сравнения. Группа А состояла из 30 больных, которым был выполнен передний

спондилодез лордозирующими кейджами. Группа В состояла из 33 больных, которым был выполнен трансфораминальный спондилодез стандартным кейджем из заднего доступа с проведением задней остеотомии позвоночника и транспедикулярной фиксации.

Выполнялся анализ рентгенограмм поясничного отдела позвоночника в двух проекциях. Такой объем исследования предоставляет достаточную информацию о степени локального баланса позвоночника, характере и протяженности дегенеративных процессов.

При измерении сегментарного и поясничного лордоза до и после операции использовались рентгенограммы поясничного отдела позвоночника, выполненные в положении стоя. Для точной оценки использовалось свободно распространяемое программное обеспечение Surgimap (Nemaris, США) (рис. 2.5).

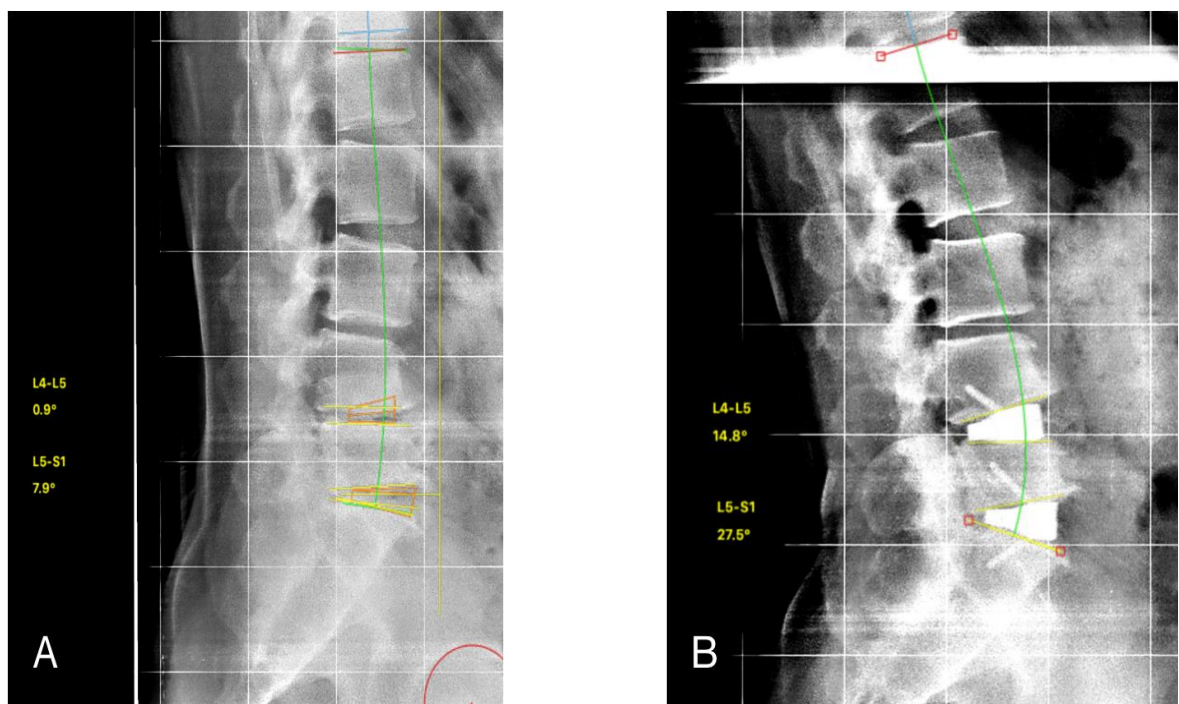


Рис. 2.5. Измерение сегментарного и общего лордоза при помощи программы Surgimap: А – рентгенограмма пациента до операции; В – рентгенограмма того же пациента после установки межтеловых имплантатов

Статистическая обработка на данном этапе исследования проводилась с помощью ПО StatPlus:mac (AnalystSoft Inc., США) с использованием методов описательной статистики (box-plot, гистограммы, среднее значение со стандартным отклонением). Для межгруппового сравнения использовался параметрический тест с двусторонним t-критерием Стьюдента для разных дисперсий после проведения анализа на нормальность распределения. Статистическая значимость принималась на уровне  $p < 0,001$ .

### **2.3. Проспективная часть исследования**

На данном этапе работы проводилась проспективная оценка функциональных и рентгенологических результатов пациентов, которым была выполнена операция с применением индивидуальных лордозизирующих кейджей ALIF без транспедикулярной фиксации и традиционной техники из заднего доступа, трансфораминального спондилодеза (TLIF), транспедикулярной фиксации.

В проспективном когортном исследовании приняло участие 60 больных, в том числе 36 (60%) женщин и 24 (40%) мужчин) в возрасте старше 45 лет, проходивших лечение в отделении патологии позвоночника и костной онкологии НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена в период с 2019 по 2020 г. по поводу дегенеративного сколиоза взрослых. Схема исследования приведена на рисунке 2.

Первая группа (ALIF) – проспективная группа, состоящая из 30 пациентов с сагиттальным дисбалансом позвоночника на фоне дегенеративного сколиоза de novo, которым выполнено оперативное вмешательство с использованием индивидуальных лордозизирующих кейджей без транспедикулярной фиксации

Вторая группа (контроль) – проспективная группа, состоящая из 30 пациентов с поясничными деформациями позвоночника, которым выполнена задняя открытая операция с проведением остеотомии Smith-Peterson, трансфораминальным спондилодезом стандартным кейджем и транспедикулярным спондилосинтезом.



Рис. 2.6. Структура проспективной части исследования

*Критериями включения являлись: L и N типы фронтальной дуги,*

PI-LL=10-20, SVA=4-9,5 cm, PT=20-30 (SRS-Schwab 2012), ИМТ <35, возраст от 45 до 75 лет, первичная дегенеративная деформация (Cristante A.F. et al., 2021).

*Критерии исключения:* другие виды сколиотических деформаций, ИМТ >35, возраст >75 лет, метастатическая болезнь позвоночника, тяжелая сопутствующая патология (недостаточность любой из систем органов), являющаяся противопоказанием для оперативного вмешательства, остеопороз тяжелой степени (Т- и Z-критерий более -3,5).

### **2.3.1. Расчет выборки исследования и рандомизация пациентов**

Предполагаемая гипотеза: применение индивидуальных лордозизирующих кейджей значительно увеличивают общий лордоз у пациентов с нарушением сагиттального профиля в сравнении с использованием вертебротомии и трансфораминального спондилодеза.

На ретроспективном этапе значения послеоперационного общего лордоза для вентральной и задней группы составили 29 и 22° соответственно. Разница полученного эффекта (поясничного лордоза) в ретроспективном этапе составила 7°.

Расчет выборки для каждой группы проводилось при помощи t-критерия в программной среде R (программная строка представлена ниже):

Two-sample t test power calculation

```
n = 26
d = 7
sig.level = 0.05
power = 0.95
alternative = two.sided
```

NOTE: n is number in *\*each\** group

где n – оцениваемый объем выборок (который одинаков для обеих групп, в случае сравнения двух средних);



$d$  – минимальная обнаруживаемая разность между двумя средними или между выборочным средним и теоретической величиной;

$sd$  – стандартное отклонение (одинаковое для обеих групп в случае сравнения двух средних);

$sig.level$  – уровень значимости  $\alpha$

$power$  – минимальная мощность теста

$type$  – тип теста ("two.sample" для сравнения двух средних).

В результате было получено 26 человек для каждой выборки. При этом в расчете на вероятное негармоничное распределение исследуемых признаков в данных группах сравнения по рекомендациям А. Attari (Ahmed Attari M.B. et al., 2024) к окончательной выборке было прибавлено 15%. В результате расчетный размер выборки составил 30 пациентов в каждой группе (мощность 95%), чтобы продемонстрировать статистические различия.

Все пациенты были разделены на 2 репрезентативные группы по типу выбранного оперативного лечения. Рандомизация больных производилась при помощи таблицы случайных чисел, сгенерированной в программной среде R (рис. 2.7).

58	50	30	5	31	22
41	26	17	22	42	47
51	16	41	20	12	27
20	17	27	1	38	15
43	36	43	2	15	49
32	55	48	15	57	7
48	23	28	23	26	31
36	24	30	12	17	24
9	31	35	37	8	48
31	11	34	1	31	59

Рис. 2.7. Таблица случайных чисел

Сначала по алфавитному порядку фамилий выбирался один пациент из двух. Затем, начиная с любого удобного места, просматривались однозначные числа в таблице случайных чисел. Если цифра нечетная — 1, 3, 5, 7 или 9, то выбранный

больной переходил в первую группу, а следующий за ним — во вторую. Если цифра четная — 0, 2, 4, 6 или 8, то выбранный пациент переходил во вторую группу, а следующий в первую. Тем самым пациенты были распределены случайным образом.

### 2.3.2. Характеристика групп сравнения

Средний возраст больных составил 60 лет (от 45 до 75 лет), женщин было 36 (60%), мужчин – 24 (40%) (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Распределение пациентов по возрасту и полу

Пол	Возраст, лет			Итого	
	45-60	61-69	70-75	абс.	%
Женщины	17	11	8	36	60
Мужчины	9	8	7	24	40
Всего	26	19	15	60	100

Также происходило сравнение возраста и индекса массы тела между группами (рис. 2.8, 2.9).

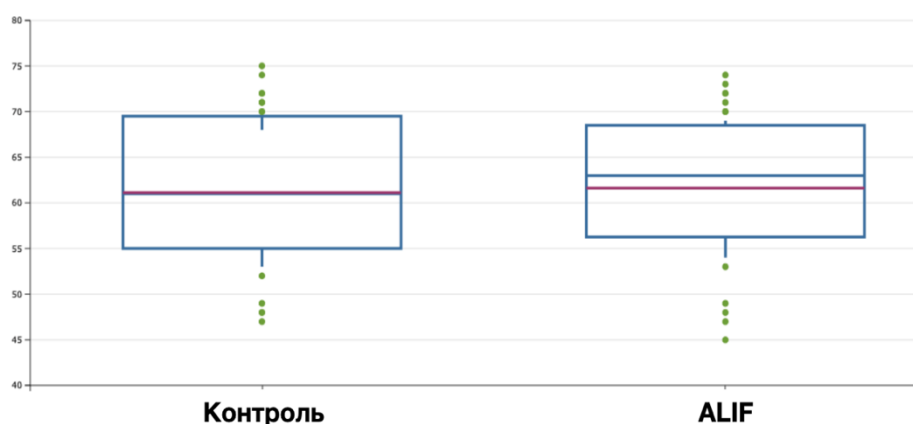


Рис. 2.8. График box-plot сравнения возраста больных между группами

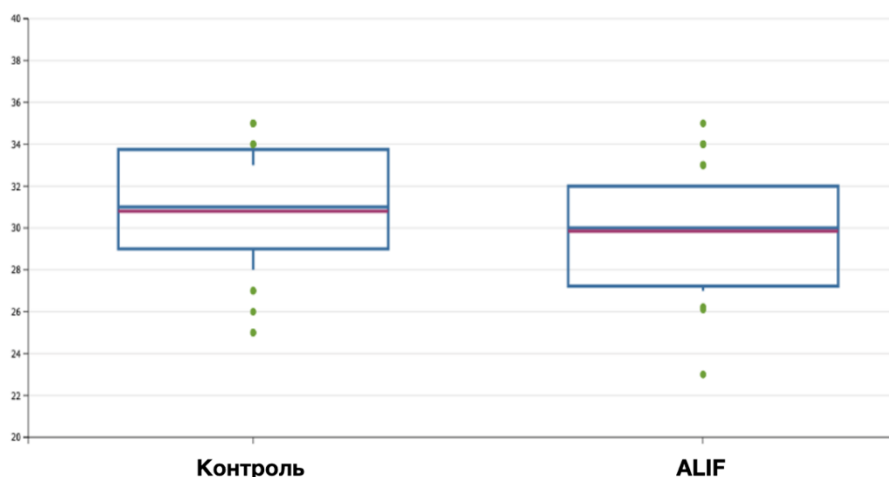


Рис. 2.9. График box-plot сравнения ИМТ больных между группами

Оценивая представленные диаграммы, можно заключить, что по возрасту и ИМТ пациенты сопоставимы. Медиана и межквартильный интервал для возраста составили 31 (29–34) для группы контроля и 30 (27–32) для группы ALIF. Медиана и межквартильный интервал для ИМТ составили 61 (55–69) для группы контроля и 63 (56–68) для группы ALIF.

По этиологическому признаку все больные имели дегенеративно-дистрофическое заболевание позвоночника, которое впоследствии привело к развитию первичного дегенеративного сколиоза взрослых (*de novo*).

Ведущей жалобой у всех исследованных пациентов являлся болевой синдром. Боли в поясничной области беспокоили на протяжении различного времени. Длительность заболевания к моменту исследования и оперативного вмешательства колебалась от 5 до 28 лет и составила в среднем  $18,2 \pm 5,3$  года. При этом у 8 больных (13,3%) преобладала неврологическая симптоматика, обусловленная спинальным и/или фораминальным стенозом, в 42 случаях (70%) основные жалобы возникали вследствие спондилоартроза, и у 10 пациентов (16,6%) имелась смешанная клиническая картина (табл. 2.2).

Таблица 2.2

## Распределение больных по этиологии представленных жалоб

Этиологическая причина	Количество больных	%
Спондилоартроз	42	70
Спинальный стеноз	8	13,3
Смешанные	10	16,6
Итого	60	100%

Средний срок имеющихся жалоб составил 10 лет. При этом боли в пояснице на протяжении 1–2 десятилетий отметили 14 больных (23,3%). У 38 исследованных (63,3%) болевой синдром отмечался на протяжении от 5 до 10 лет. У 8 пациентов (13,3%) длительность заболевания составила от 11 месяцев до 5 лет.

При исследовании симптомов натяжения корешков спинного мозга (проба Ласега, Брагарда, Нери) боли в пояснице и (или) ноге отмечались у 15 больных (25%). Исследование чувствительности дало следующие показатели. Как правило, поражение носило монорадикулярный характер. Гипестезия в зонах иннервации корешка L2-3 наблюдалась у 2 пациентов (3,3%), в зоне иннервации L4-5 отмечалась у 4 больных (6,7%), с L5-S1 у 4 пациентов (6,7%). Снижение мышечной силы до 4 баллов было отмечено у 6 пациентов (10%); одностороннее поражение у 4 больных (6,7%), с двух сторон – у 2 пациентов (3,3%). Гипотрофия мышц конечностей не отмечена.

Все пациенты до обращения в клинику проходили курсы консервативного лечения амбулаторно по месту жительства, включающие стероидные и нестероидные противовоспалительные средства, витамины группы В, препараты никотиновой кислоты, миорелаксанты, получали курсы паравертебральных блокад, а также физиотерапевтические процедуры, лечебную физкультуру. Все

пациенты в той ли иной степени имели сопутствующие заболевания, что обусловлено критериями включения (возраст >45 лет), принятыми в данном исследовании. Данные распределения соматической патологии представлены ниже (рис. 2.10).

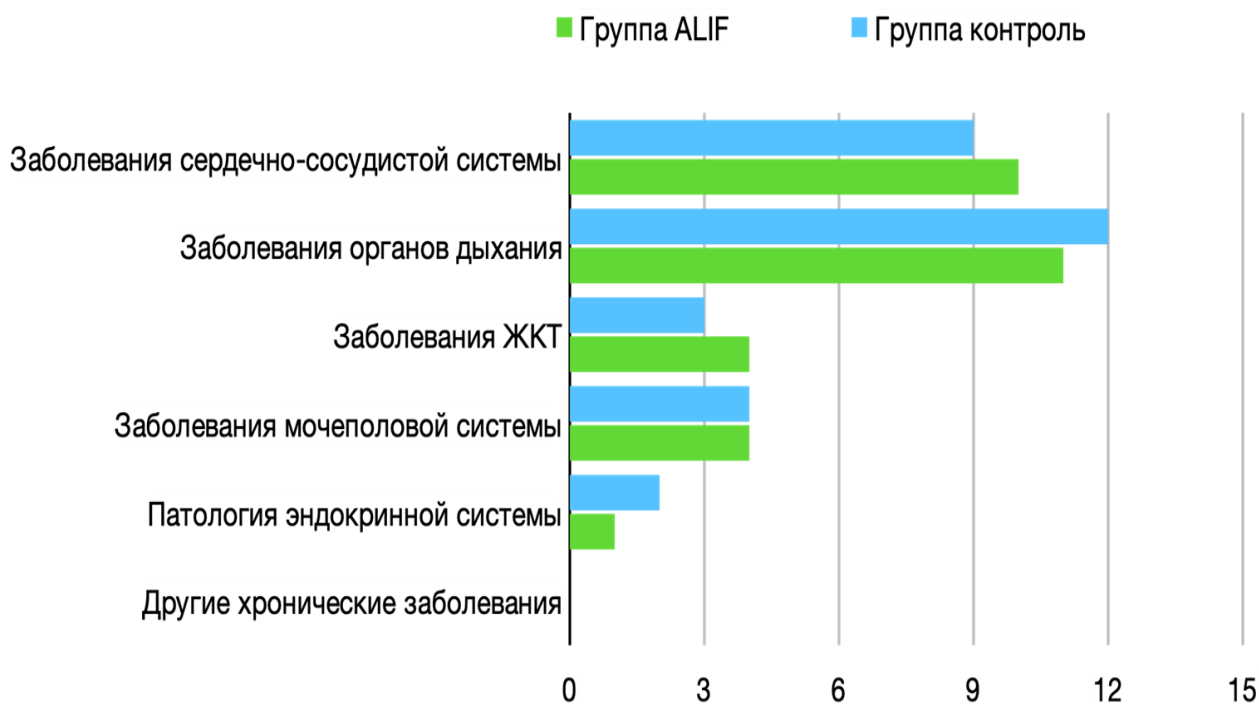


Рис. 2.10. Сводный график распределения соматической патологии по группам

Все больные при поступлении осматривались терапевтом, а при необходимости хирургом, кардиологом, эндокринологом, эндоскопистом и другими специалистами. Нарушений функций тазовых органов в виде периодических затруднений при мочеиспускании или недержании не было. Жалобы на нарушение половой функции пациенты не предъявляли. Все пациенты на госпитальном этапе были классифицированы по шкале ASA (Doyle D.J. et al., 2023). В результате были получены следующие данные:

- 1) 1-я степень риска была обнаружена у 22 пациентов (36,6%) во всех исследуемых группах;
- 2) 2-я степень риска имела место у 33 больных (55%) и была обусловлена наличием гипертонической болезни 1-2 стадий, стенокардии напряжения (функциональный класс 2-3), ХОБЛ (GOLD B);

3) 3 степень риска определена у 5 пациентов (8,3%) (наличие среднетяжелого течения СД со вторичными макро- и микрососудистыми осложнениями: неустойчивыми показателями гликемии в течение суток, декомпенсированным хроническим пиелонефритом.

После проведенной предоперационной подготовки все пациенты были прооперированы.

### **2.3.3. Методы исследования**

#### **2.3.3.1. Клиническое обследование**

При сборе анамнеза у больных выявлялись факторы, способствующие или провоцирующие развитие заболевания. Неблагоприятным фактором являлось длительное пребывание в положении сидя, в условиях наклона туловища и головы вперед или в сторону. Выясняли условия появления или усиления болей, их иррадиацию, зависимость от нагрузок на тот или иной отдел позвоночника, связь с чиханием, кашлем и натуживанием. Ввели учет воспалительных процессов, в частности в органах грудной клетки, брюшной полости и малого таза. Оценка вертеброневрологического статуса включала в себя известные приемы, применяемые ортопедами и неврологами (например, проба Ласега, Брагарда, Нери). Для определения мышечной силы в конечностях использовалась шкала Medical Research Council (MRC) (O'Brien M., 2023). При отборе больных на оперативное лечение по соматическому статусу нами использовалась общепринятая Международная классификация оценки предоперационного физикального статуса пациентов, предложенная Американской ассоциацией анестезиологов (табл. 2.3), которая не раз доказала свою надежность в хирургической практике (Horvath V. et al., 2021).

## Классификация физического статуса пациента ASA

<b>ASA PHYSICAL STATUS CLASSIFICATION SYSTEM (2014)</b>	
<b>ASA I</b>	Здоровый пациент
<b>ASA II</b>	Пациент с легким системным заболеванием
<b>ASA III</b>	Пациент с тяжелым системным заболеванием
<b>ASA IV</b>	Пациент с тяжелым системным заболеванием, которое представляет собой постоянную угрозу для жизни
<b>ASA V</b>	Умиравший пациент. Операция по жизненным показаниям
<b>ASA VI</b>	Констатирована смерть мозга, органы удаляются для донорских целей

Критерием допуска пациентов на плановую операцию являлась отсутствие обострений хронических соматических заболеваний у пациентов. При наличии признаков декомпенсации по основным соматическим показателям (рефрактерный гипергликемический статус, декомпенсация артериальной гипертонии, устойчивое нарушение сердечного ритма) с учетом повышенного операционного риска пациентам предварительно проводилась предоперационная подготовка в течение 2–5 дней уже в условиях стационара. Дополнительные методы исследования с целью оценки состояния внутренних органов и систем назначались специалистами консультативного отделения. Критерием допуска пациентов на плановую операцию являлась отсутствие обострений хронических соматических заболеваний у пациентов.

### 2.3.3.2 Лабораторные методы обследования

Всем больным назначался стандартный комплекс лабораторных исследований:

- 1) клинический анализ крови;

2) биохимический анализ крови (общий белок, С-реактивный белок, билирубин, АЛТ, АСТ, глюкоза, мочеви́на, протеинограмма, креатинин, щелочная фосфатаза);

3) коагулограмма (время свертывания, длительность кровотечения, фибриноген, протромбиновый индекс, время рекальцификации плазмы, количество тромбоцитов);

4) Ф50, RW, HBsAg, anti-HCV,

5) группа крови и резус фактор.

### **2.3.5.3. Инструментальные методы исследования**

#### *Рентгенография*

Для первичной оценки результатов всем пациентам выполняли телерентгенографию позвоночника в положении стоя до и после хирургического лечения, а также при заключительном наблюдении. Оценивались следующие позвоночно-тазовые параметры: LL, PT, PI-LL, SVA.

Такой объем исследования предоставляет достаточную информацию о степени сагиттального, фронтального и локального баланса позвоночника, характере и протяженности дегенеративных процессов.

Также выполнялись функциональные снимки позвоночника, в положении переднезадней инклинации корпуса при подозрении на нестабильность позвоночных сегментов и оценки гибкости дуги искривления.

На послеоперационном этапе рентгенологическое исследование позволяло оценить:

- степень полученного общего лордоза, позвоночно-тазовых параметров, сагиттального баланса позвоночника;
- стабильность имплантируемой металлоконструкции в обеих группах;
- корректность позиционирования металлоконструкций.



*Компьютерная томография*

КТ позвоночника выполняли всем пациентам, состоящим в группе ALIF, для построения трехмерной модели высокого разрешения оперируемого отдела позвоночника, а также в послеоперационном периоде по показаниям. Пример КТ исследования представлен на рисунке 2.11.



Рис. 2.11. Послеоперационная томограмма пациента. Выполнена открытая операция из заднего доступа, транспедикулярный спондилосинтез, остеотомия Smith-Peterson, TLIF на уровнях L2-L3, L3-L4, L4-L5, L5-S1

*Магнитно-резонансная томография*

МРТ позвоночника проводилось с целью определения стеноза позвоночного канала, а также исследования анатомических особенностей прохождения магистральных сосудов в группе ALIF, при аллергической реакции на контрастное вещество. Пример МРТ-исследования представлен на рисунке 2.12.

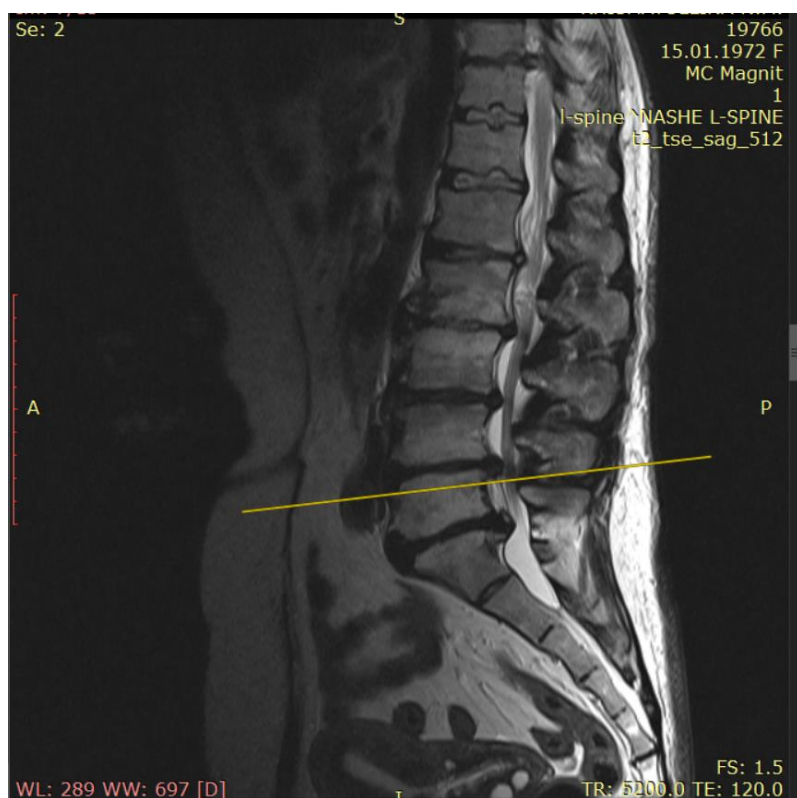


Рис. 2.12. МРТ пациента группы контроля с сагиттальным дисбалансом и множественным стенозом позвоночного канала на уровне L1-S1

#### *Ультразвуковая диагностика*

Целью ультразвукового исследования являлись оценка состояния сосудов нижних конечностей, глубоких и поверхностных вен, диагностика тромбозов глубоких вен в предоперационном и послеоперационном периодах, а также выявление несостоятельности клапанного аппарата и наличия варикозного расширения вен. Данное исследование было проведено всем пациентам исследованных групп.

#### **2.3.3.4. Анкетирование больных**

Для оценки вторичных результатов все пациенты прошли необходимое клиническое обследование в соответствии с принятым диагностическим протоколом для хирургических вмешательств в клинике. Ближайшие и среднесрочные результаты субъективных и объективных показателей лечения



$ODI = ( \quad ) \times 2 = \quad \%$ . Максимальное количество баллов достигает 50, а максимальный процент равен 100 – это максимальная степень нарушения жизнедеятельности.

Исследуются следующие признаки: 1) объем движений в пораженном отделе позвоночника; 2) степень выраженности сколиоза; 3) наличие и выраженность корешкового синдрома. Для русскоязычного населения ODI был валидирован в 2016 г. (Yu E.M. et al., 2016).

Опросник SRS-22 (Scoliosis Research Society) является одной из версий анкет, которые были разработаны для оценки и сравнения до- и послеоперационных результатов лечения пациентов со сколиотической деформацией позвоночника. Он также позволяет выделить параметры, которые в большей степени влияют на удовлетворенность результатами лечения. Однако существуют более новые версии вопросников SRS, такие как SRS-22r, 23, 24, 30. Но хотелось бы отметить что они не апробированы для использования у русскоязычного населения, так для их валидации необходима их языковая адаптация и проверка корреляционной зависимости с другими системами анкетирования. Первоначально данный опросник использовался с целью оценки послеоперационных результатов лечения пациентов с AIS (идиопатический сколиоз подростков и взрослых) (Zhuang Q. et al., 2021). Впоследствии применение SRS-22 для сколиотических деформаций у взрослого населения было валидировано за рубежом и с успехом применяется по сегодняшний день (Rojc M. et al., 2023; Zaina F. et al., 2023).

В Российской Федерации А.В. Губин с соавторами (2017) провели клиническую апробацию для использования SRS-22 для пациентов с дегенеративным сколиозом на 196 пациентах и доказали, что русскоязычный вариант анкеты SRS-22 является надежным и эффективным инструментом для оценки состояния здоровья пациентов со сколиозом взрослых. Поэтому, беря во внимание данные преимущества, в данном исследовании было отдано предпочтение версии SRS-22.

### **2.3.3.5. Оценка осложнений**

Все послеоперационные осложнения были разделены на значительные и незначительные в соответствии с описанной методикой (Bortz C. et al., 2021). Регистрировались все соматические и хирургические осложнения, связанные с проведенным оперативным вмешательством. Соматические осложнения классифицировались как легочные, желудочно-кишечные, гематологические, неврологические, сердечные, почечные и прочие. Далее они были разделены на значительные и незначительные. Осложнение, которое отрицательно сказалось на выздоровлении пациента, считалось значительным осложнением. Осложнение, которое было отмечено в медицинской документации, но не повлияло на выздоровление пациента, считалось незначительным осложнением. Все осложнения хирургического характера, требующие проведения оперативного вмешательства, относили к значительным осложнениям.

### **2.3.4. Особенности предоперационного планирования в группе ALIF**

Всем пациентам, независимо от группы исследования, до операции выполнялись телерентгенограммы позвоночника (в двух проекциях) в положении стоя. После чего при помощи некоммерческого программного обеспечения Surgimap (Nemaris, США) всем пациентам производилось измерение позвоночно-тазовых параметров (рис. 2.14).

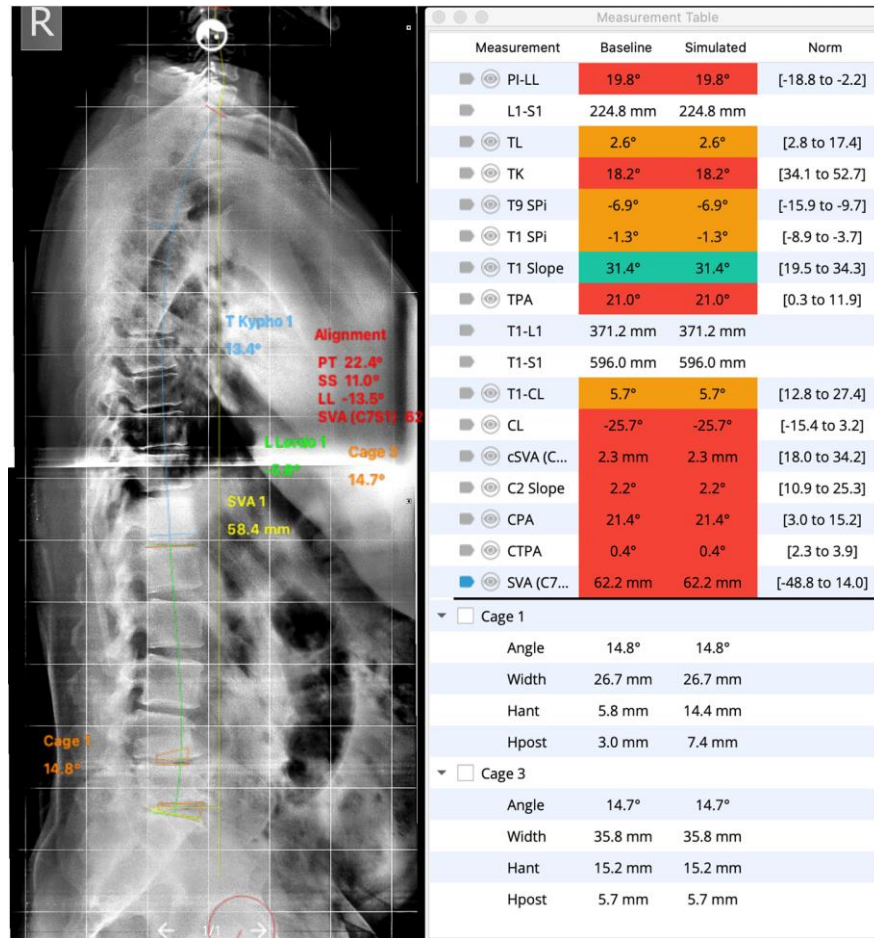


Рис. 2.14. Снимок экрана. Измерение позвоночно-тазовых параметром при помощи Surgimap, © 2019 Nemaris

Дополнительно пациентам группы ALIF выполнялось КТ-исследование с контрастированием, с шагом 0,5 мм, для построения трехмерной модели высокого разрешения оперируемого отдела позвоночника и прилегающих сосудов.

При наличии противопоказаний (например, аллергическая реакция на контрастное вещество) выполнялась МРТ. При помощи свободно распространяемого программного обеспечения 3Dslicer (Slicer Community, США) выполняли сегментирование костей, а также прилежащих магистральных сосудов и построение трехмерных моделей (рис. 2.15).



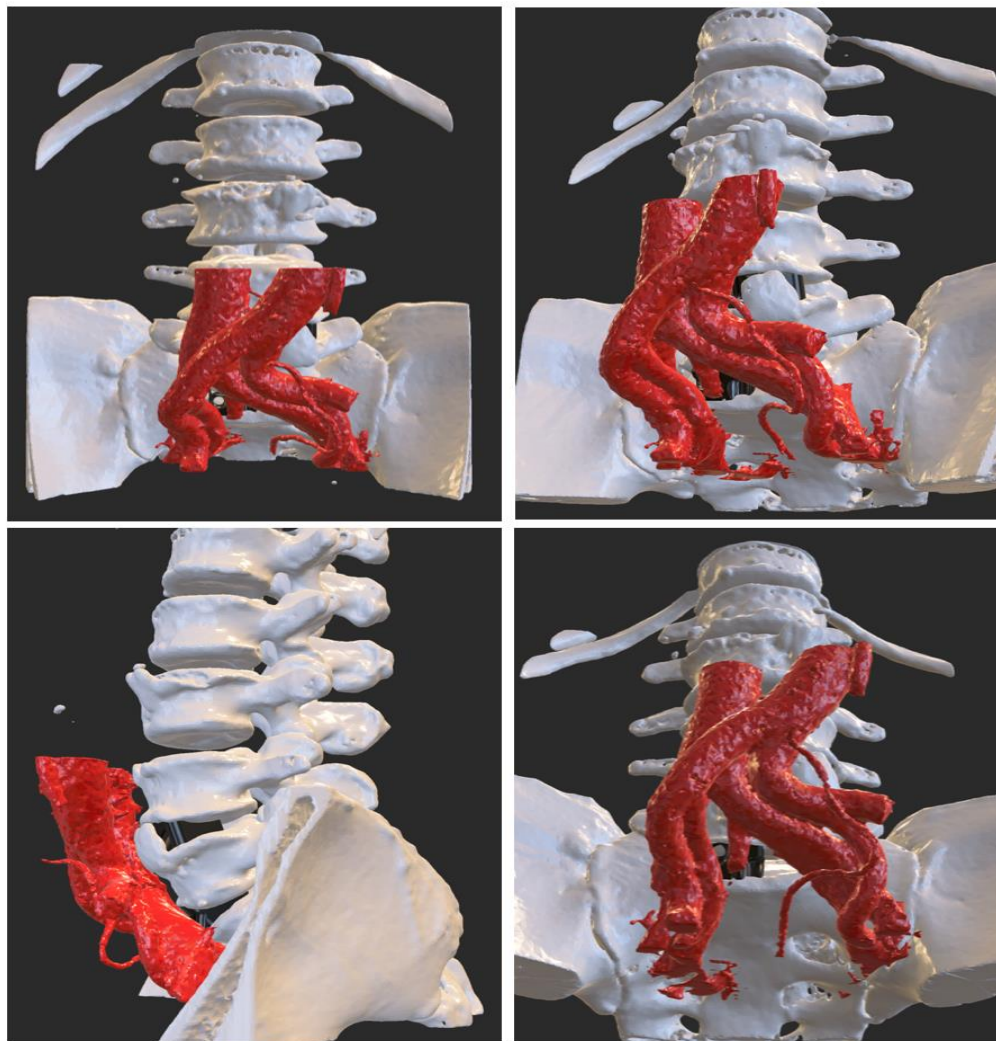


Рис. 2.15. Компьютерная модель сегментированного пояснично-крестцового отдела позвоночника на основе КТ исследования (шаг 0,5 мм) с прилегающими сосудистыми образованиями и моделями индивидуальных межтеловых устройств

Далее в свободно распространяемой программе Blender (Blender Foundation, США) производилось проектирование следующих референтных линий:

- плоскости замыкательных пластинок;
- расстояние между общими подвздошными артериями и венами (в области бифуркации аорты и нижней полой вены соответственно);
- передняя и задняя высота между замыкательными пластинками интересующих позвонков.

Затем в соответствии с данными значениями проектировались соответствующие размеры кейджей. Лордозизирующие углы будущих кейджей задавались при помощи симуляции их установки в программе Surgimap (Nemaris, США), прогнозировался предполагаемый результат (рис. 2.16).

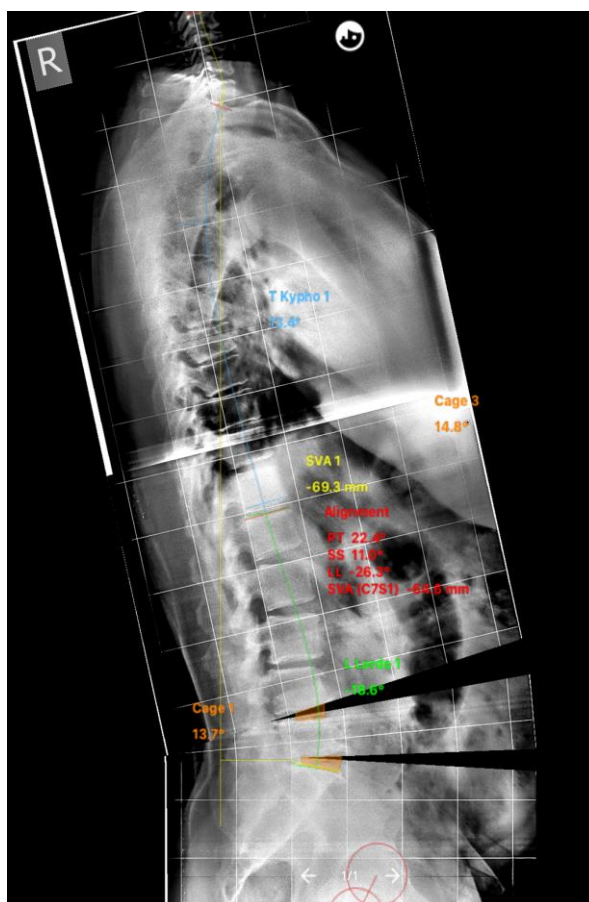


Рис. 2.16. Рентгенограмма позвоночника после симуляции установки индивидуальных кейджей в программе Surgimap, © 2019 Nemaris

В виртуальной модели имплантата планировалось три входных отверстия. Центральное отверстие изготавливалось с резьбой для направлятеля-доводчика. Остальные были сформированы без резьбового канала с ходом под 45 градусов во взаимно перпендикулярных плоскостях. Данные отверстия предназначались для фиксирующих винтов диаметром 4,2 мм (рис. 2.17).



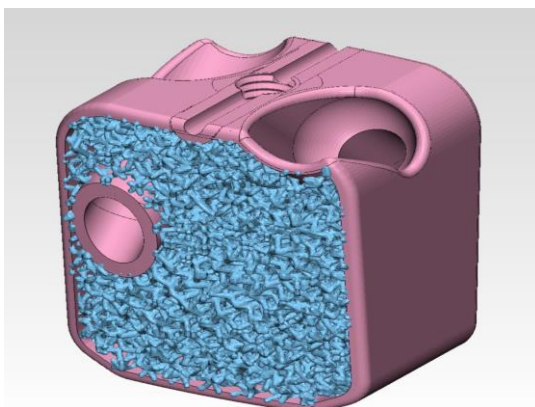


Рис. 2.17. Трехмерная модель индивидуального межтелового имплантата

Шероховатость поверхностей кейджа была установлена на уровне  $Sa > 2$  мкм для лучшей остеоинтеграции, рекомендованном множеством авторов (Walter N. et al., 2022; Hadzik J. et al., 2022).

С учетом представленных данных физические модели кейджей изготавливались из титанового порошка на промышленном 3D-принтере (рис. 2.18).



Рис. 2.18. Самофиксирующиеся титановые кейджи для переднего спондилодеза

### 2.3.7. Техника оперативного вмешательства в группе ALIF

Антибиотики вводились за час до разреза или до начала осуществления анестезиологического пособия. Анестезия – комбинированный наркоз (эндотрахеальный и внутривенная анестезия).

#### *Операционный доступ*

Положение больного – на спине с валиком под поясничным отделом позвоночника и под коленными суставами для уменьшения напряжения позвоночно-поясничных мышц. После предварительной разметки при помощи электрооптического преобразователя (ЭОП) выполнялся параректальный доступ к телам позвонков. Скальпелем выполнялся разрез кожи и фасции наружной косой мышцы, после чего при помощи тупой диссекции через мышцы брюшной стенки обнажалась поперечная фасция и затем аккуратно отодвигалась ладонью руки для входа в забрюшинное пространство.

#### *Доступ к сегменту L5-S1*

Нижние эпигастральные сосуды визуализировались, сохранялись и отводились кзади и латерально. Позвоночно-поясничная мышца и половой бедренный нерв визуализировались. После идентификации сосудов (левая общая подвздошная артерия и вена) устанавливалась кольцевая система ретракторов. Затем подвздошные артерии и вены обнажались и отводились в боковом направлении, чтобы визуализировать пространство диска L5-S1. Расслоение переднего пространства диска выполнялось тупферами, диатермия использовалась только после верификации симпатических сплетений, пересекающих диск L5-S1, во избежание ретроградной эякуляции у мужчин (рис. 2.19).

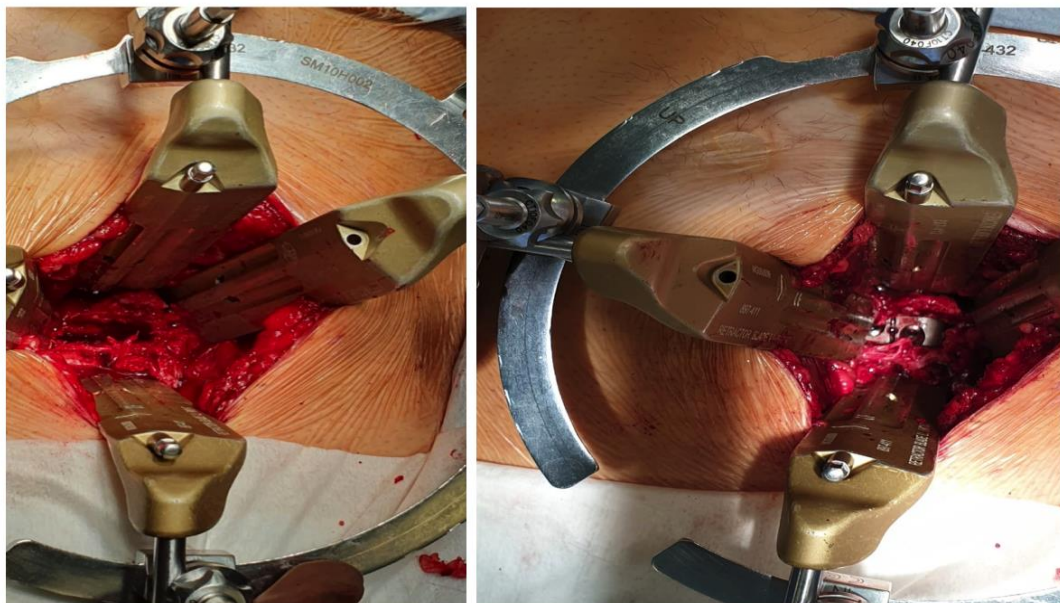


Рис. 2.19. Монтаж кольцевой системы ретракторов для L5-S1. На фотографиях представлена дискэктомия (слева) с последующей установкой межтелового устройства (справа)

#### *Доступ к сегментам L3-L4-L5*

Брюшина мобилизовалась кпереди, а подвздошно-поясничная мышца отсекалась ее переднелатерального крепления к телам позвонков. Ретракторами оттягивалась брюшина кпереди, сосудистые структуры и подвздошно-поясничная мышца кзади, формировался «косой» коридор. При осуществлении доступа к сегменту L4-L5 восходящая подвздошно-поясничная вена перевязывалась. В противном случае может возникнуть значительное кровотечение при тракции сосудов. После чего устанавливалась кольцевая или овальная система ретракторов (в зависимости от количества оперируемых уровней). Доступ к диску выполнялся так же, как к L5-S1 сегменту.

#### *Имплантация металлоконструкции*

Выполняли релиз передней продольной связки и анулотомию диска при помощи дискотома. Кусачками Кериссона и конхотомами выполняли тотальную дискэктомию. Края замыкательных пластинок обрабатывались костными ложками,

рашпилем до «кровяной росы». Дистрактор использовался для дополнительной коррекции и оценки лордоза перед установкой кейджа. Затем производилась имплантация межтелового имплантата (рис. 2.20). Выполнялся рентгеноконтроль. Устройство имплантата крепилось при помощи винтов к телам смежных позвонков. После выполненного гемостаза ретракторы удалялись. Зашивание раны проходило послойно по стандартной методике.



Рис. 2.20. Монтаж овальной системы ретракторов для L3-4, L4-5. На фотографиях представлена дискэктомия (слева) с последующей установкой межтелового устройства (справа)

### **2.3.8. Техника оперативного вмешательства в группе контроля**

Антибиотики вводились за час до разреза или до начала осуществления анестезиологического пособия. Анестезия – комбинированный наркоз (эндотрахеальный и внутривенная анестезия)

#### *Операционный доступ*

Положение больного на животе, на валике Вилсона. После предварительной разметки при помощи ЭОП выполнялся стандартный срединный доступ к телам позвонков. Рассекались подкожно-жировая клетчатка, фасция. Мягкие ткани скелетировались. Осуществлен доступ к задним структурам позвоночника.

### *Вертебротомия (Smith-Peterson osteotomy)*

При помощи микрохирургической техники выполнялась резекция нижней фасетки вышележащего позвонка и верхней фасетки нижележащего позвонка, а также желтой, межкостистой, надостистой связок на протяжении деформации. Достигалась мобильность позвоночника (рис. 2.21).

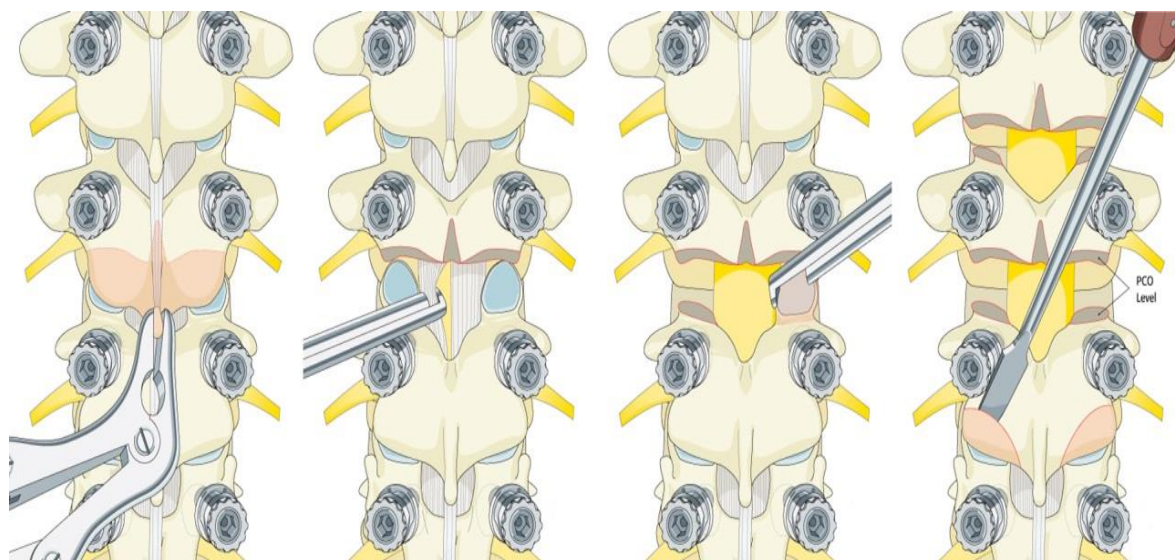


Рис. 2.21. Схема выполнения остеотомии по Smith-Peterson, декомпрессии невралжных структур позвоночного канала (из AO Surgery Reference).

### *Трансфораминальный спондилодез (TLIF)*

Стандартно производили доступ к межпозвоночному диску в треугольнике Kambin (Fanous A.A. et al., 2020). При помощи кусачек Кериссона, конхотомов выполнялась дискэктомия, края замыкательных пластинок обрабатывались костными ложками и рашпилем до «красной росы», после чего устанавливался стандартный титановый кейдж. Положение межтелового устройства оценивалось на интраоперационной флюороскопии.

### *Установка винтов*

С учетом анатомических ориентиров выполнялась установка транспедикулярных винтов по методике “free-hand”. Производился рентгенологический контроль положения винтов, после чего в головки винтов



устанавливался предварительно отмоделированный стержень на вогнутую сторону деформации, фиксировался гайками с последующим проведением коррекции. Согласно предоперационному планированию выполнялись компрессия, дистракция. Визуально оценивалась ось позвоночника. Стержни окончательно фиксировались гайками в головках винтов. Укладывалась аутокость (рис. 2.22).



Рис. 2.22. Схема моделирования и укладки штанги, аутологичной кости (из AO Surgery Reference)

### *Закрытие раны*

Устанавливался дренаж. Зашивание раны происходило послойно по стандартной методике. Производился рентгенологический контроль установленной металлоконструкции.

### **2.3.9. Статистическая обработка количественных данных**

Формирование выборки производилось с помощью t-критерия в программной среде R. При отсутствии специальных указаний количественные переменные в таблицах и тексте представлены в виде среднего и стандартного отклонения. Различия исследуемых параметров были проанализированы с

помощью двустороннего t-критерия Стьюдента, двустороннего точного критерия Фишера, критерия Манна-Уитни для межгруппового сравнения. Независимые непрерывные переменные с нормальным распределением были проанализированы с использованием t-критерия Стьюдента внутри каждой группы и двусторонним критерием Уилкоксона (при негармоничном распределении). Статистическая значимость принималась на уровне  $p < 0,05$ , а для рентгенологических параметров  $p < 0,001$ . Обработка результатов исследования проводилась на персональном компьютере с платформой MacOS X с использованием программ Microsoft Excel и StatPlus.

### ГЛАВА 3

## РЕТРОСПЕКТИВНАЯ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОРДОЗИРУЮЩИХ КЕЙДЖЕЙ ИЗ ВЕНТРАЛЬНОГО ДОСТУПА И ТРАДИЦИОННЫМИ ВЕРТЕБРОТОМИЯМИ ИЗ ЗАДНЕГО ДОСТУПА

В данной главе представлены итоги ретроспективного анализа рентгенологических результатов лечения пациентов с применением лордозирующих кейджей через вентральный доступ (группа А) и стандартной методикой с применением вертебротомий (группа В), прооперированных в отделении патологии позвоночника и костной онкологии «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» по поводу дегенеративно дистрофических заболеваний позвоночника с нарушением локального баланса с 2017 по 2019 г.

Были проанализированы до- и послеоперационные рентгенограммы поясничного отдела позвоночника 63 пациентов.

### 3.1. Анализ рентгенографических параметров

Анализ радиографических параметров проводился как внутри групп, так и между ними. При внутригрупповом сравнении во всех группах послеоперационные значения сегментарного лордоза значительно превосходили их предоперационные значения ( $p < 0,001$ ) (рис. 3.1, 3.2).

Было подсчитано количество используемых имплантатов с соответствующими лордозирующими углами. Так, в группе А использовались имплантаты с углом лордоза  $15^\circ$  – 63 кейджа и  $20^\circ$  – 27 кейджей. Из них без дополнительной задней фиксации было 5, остальные с дополненной транспедикулярной фиксацией. В группе В использовались кейджи с углом лордоза  $5^\circ$  – 50 имплантатов и углом  $8^\circ$  – 46 имплантатов.



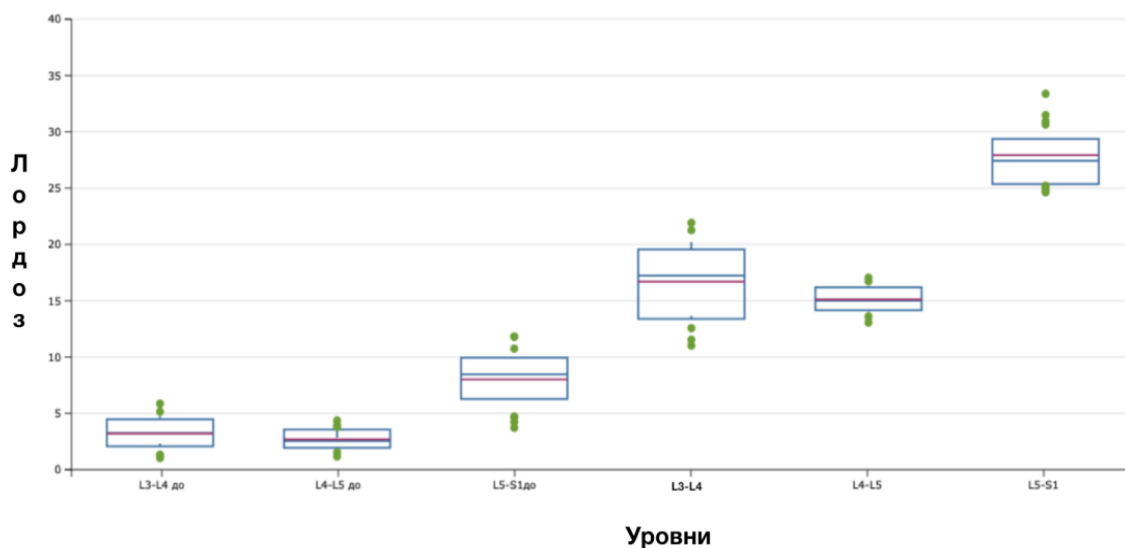


Рис. 3.1. График “box-plot” группы А, отражающий изменения сегментарного лордоза до и после операции. На оси абсцисс – расположение уровней (дооперационные значения помечены приставкой “до”), на оси ординат – значение лордоза

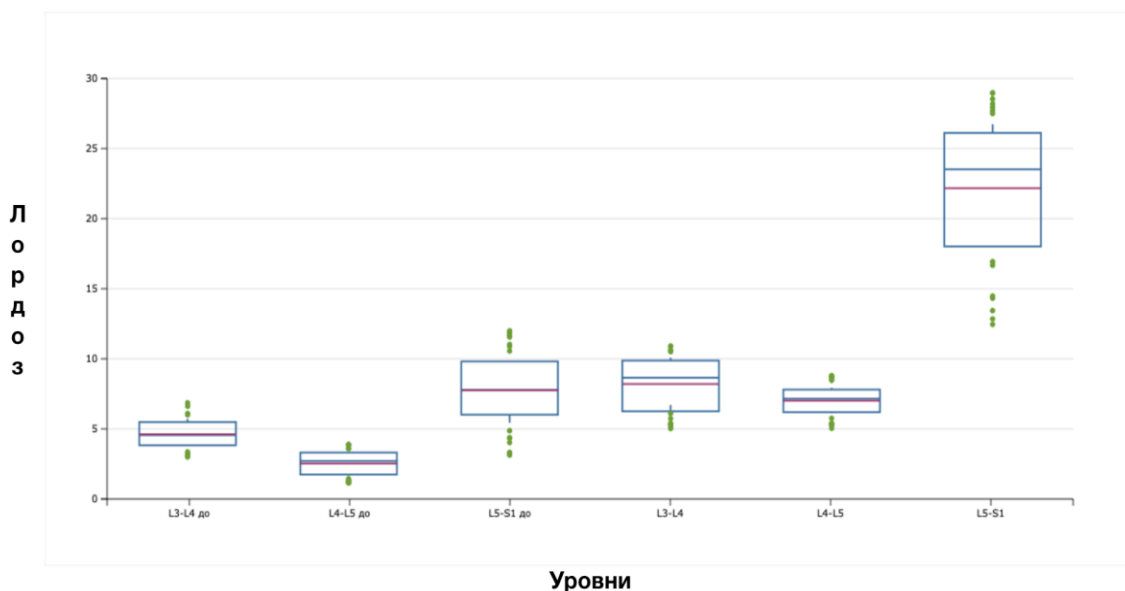


Рис. 3.2. График “box-plot” группы В, отражающий изменения сегментарного лордоза до и после операции. На оси абсцисс располагаются уровни (дооперационные значения помечены приставкой “до”), на оси ординат – значение лордоза

При межгрупповом сравнении дооперационных значений сегментарного лордоза статистически значимой разницы обнаружено не было ( $p > 0,001$ ) (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Сравнение межгрупповых значений сегментарного лордоза

ГРУППА	До	После	До	После	До	После
	L3-L4	L3-L4	L4-L5	L4-L5	L5-S1	L5-S1
<i>A</i>	4,1± 3,1	16,3± 6,1	3,2± 1,4	15,3± 5,1	9,4± 4,1	28,2± 7,2
<i>B</i>	5,2± 2,1	8,1± 4,1	3,7± 3,11	7,2± 2,1	8,6± 3,0	21,1± 8,1
<i>P</i>	0,12	0,000005	0,99	0,000002	0,003	0,0004

Однако, сравнивая послеоперационные значения, в группе А наблюдалось значительное превосходство в увеличении сегментарного лордоза (L3-L4 на 8°;  $p = 0,000005$ , L4-L5 – на 7°;  $p = 0,000002$ , L5-S1 - на 7°;  $p = 0,0004$ ) При проведении межгруппового сравнения общего поясничного лордоза в дооперационном периоде статистически значимой разницы между ними не было найдено ( $p = 0,0043$ ). При этом в послеоперационных значениях группа А показала большую степень коррекции лордоза по сравнению с группой сравнения (29,1 и 22,5 соответственно;  $p = 0,00005$ ). Данные представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Сравнение межгрупповых значений тотального лордоза

Срок наблюдения	Группа		p
	A	B	
До операции	11,1 ± 2,1	13,6± 1,63	0,0043
После операции	29,1±2,4	22,5 ± 3,0	0,00005

### 3.2. Обсуждение полученных результатов

В коррекции сагиттального баланса восстановление сегментарного и общего поясничного лордоза является одной из основных целей вмешательства (Heu N.W.D. et al., 2020). По мнению некоторых авторов, использование техники переднего спондилодеза (ALIF) считается более эффективной при восстановлении этих параметров (O'Connor B. et al., 2022; Leveque J.A. et al., 2022).

Применение переднего спондилодеза является хорошим вариантом для хрупких пациентов, для которых нет других вариантов хирургического вмешательства, либо имеющих ограничения, связанные с возрастом (> 80 лет) или имеющих несколько тяжелых сопутствующих заболеваний (Chan A.K. et al., 2021).

В представленной ретроспективной части исследования у 63 пациентов с дегенеративным заболеванием позвоночника и локальным сагиттальным дисбалансом были проанализированы рентгенограммы поясничного отдела позвоночника. Сравнивая дооперационные значения сегментарного и тотального лордозов, статистически значимой разницы между группами сравнения обнаружено не было ( $p > 0.001$ ). Сравнивая послеоперационные значения, в группе А позволило значительно увеличить величину сегментарного лордоза (L3-L4 на  $8^\circ$ ;  $p = 0,0005$ , L4-L5 – на  $7^\circ$ ;  $p = 0,0002$ , L5-S1 – на  $7^\circ$ ;  $p = 0,0001$ ) в сравнении с группой В, несмотря на то, что в группе В применялась заднеколонная остеотомия (Schwab 2 или SPO), которая в среднем дает  $10\text{--}15^\circ$  дополнительной коррекции (Xi Z., et al., 2020). В работе Н.М. Lightsey с соавторами (2022) в исследуемой когорте ALIF наблюдалось изменение сегментарного лордоза на  $8,3^\circ$ , а поясничного – на  $6,2^\circ$ , тогда как в группе TLIF произошло, наоборот, уменьшение сегментарного лордоза на  $0,1^\circ$ , а общего поясничного лордоза на  $2,1^\circ$ . При этом в данном исследовании во всех группах послеоперационные значения сегментарного лордоза значительно превосходили их предоперационные значения ( $p < 0.001$ ).

Необходимо отметить, что сравнение в группах проводилось на «ключевых» нижнепоясничных сегментах лордоза (L3-S1), которые вносят основной вклад в общий поясничный лордоз (Abelin-Genevois K., 2021; Kwan K.Y.H. et al., 2021).

Такая существенная разница может быть связана как с техникой установки имплантатов, которая в случае использования вентрального доступа требует выполнения частичного или полного релиза передней продольной связки (ACR), так и с наличием клиновидной формы используемого имплантата.

Схожие значения коррекции сегментарного и общего лордоза при помощи ALIF были получены многими авторами (Emami A. et al., 2023; Issa T.Z. et al., 2023).

Так, F.C. Lovecchio с соавторами выполнили ретроспективный анализ изменения сегментарного лордоза у пациентов, которым была проведена первичная LIF с 2017 по 2018 г. Выполнялся 1-2-уровневый спондилодез с использованием современных методов MIS, включая трансфораминальный LIF (TLIF), боковой LIF (LLIF) и передний LIF (ALIF). Авторы отметили, что применение ALIF дает максимальный лордотический угол по сравнению с остальными техниками (среднее увеличение сегментарного лордоза на  $9,8^\circ$  против  $1,8^\circ$  в TLIF против  $1,8^\circ$  в LLIF,  $p < 0,001$ ) (Lovecchio F.C. et al., 2020).

A. Emami и соавторы (2023) провели ретроспективное исследование предоперационных и послеоперационных рентгенограмм в когорте пациентов (164 пациента), которым был выполнен MIS спондилодез (ALIF, TLIF, LLIF, PLIF) в поясничном отделе позвоночника по поводу ДДЗП с 2013 по 2016 г. Были изучены следующие параметры: сегментарный лордоз, поясничный лордоз (LL), наклон таза (PI), разница PI-LL, передний и задний размер диска. Были обнаружены статистически достоверные различия между ALIF и LLIF, изменение высоты диска в группе ALIF было выше (3,0 мм,  $p = 0,02$ ). И ALIF, и LLIF значительно превосходили PLIF в предоперационных и послеоперационных изменениях по всем параметрам  $p \leq 0,001$ . Кроме того, ALIF значительно превосшел TLIF по изменению сегментарного лордоза ( $6,2^\circ$ ,  $p < 0,001$ ). ALIF и LLIF значительно улучшили сегментарный лордоз ( $7,9^\circ$  и  $4,4^\circ$  соответственно), но степень общего поясничного лордоза была выше в группе LLIF ( $5,5^\circ$  и  $7,7^\circ$ ).

В ретроспективной части работы средняя степень коррекции поясничного лордоза в группе А была значительно выше, чем в группе В ( $29,1 \pm 2,4$  и  $22,5 \pm 3,0$ ,  $p < 0,001$ ), суммарная разница составила  $7^\circ$ . Это в среднем соответствует

результатам исследований зарубежных авторов (García-Ramos C.L. et al., 2020; Cofano F. et al., 2021).

Таким образом, применение лордозизирующих кейджей позволяет выполнить больший или сопоставимый объем коррекции поясничного лордоза наряду со стандартными оперативными методиками.

Основное преимущество использования передних лордозизирующих кейджей с выполнением тотальной дискэктомии – возможность выполнить релиз передней продольной связки позвоночного столба, что дает огромное преимущество в восстановлении сагиттального профиля.

Однако, несмотря на хорошие рентгенологические результаты, полученные при сравнении послеоперационных рентгенограмм, невозможно с уверенностью заявить о превосходстве того или иного хирургического вмешательства, так как отсутствует оценка клинических и функциональных результатов. Так, нередко у пациентов встречается несоответствие рентгенологической и клинической картины. Поэтому необходимо проведение проспективного исследования с достаточной статистической мощностью, чтобы показать преимущества и недостатки применения лордозизирующих кейджей для коррекции сагиттального баланса при первично дегенеративных деформациях, определить их роль при помощи клинических шкал, оценить возможные осложнения, а также потерю коррекции.

Полученные результаты ретроспективного исследования позволили сформировать статистическую гипотезу и силу эффекта, необходимые для формирования выборки пациентов для проспективного этапа исследования для оценки функциональных результатов на годичном сроке послеоперационного наблюдения.

## ГЛАВА 4

# КЛИНИЧЕСКАЯ И РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМ СКОЛИОЗОМ ПРИ ПОМОЩИ ВЕРТЕБРОТОМИЙ ИЗ ЗАДНЕГО ДОСТУПА И С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КЕЙДЖЕЙ ИЗ ВЕНТРАЛЬНОГО ДОСТУПА

В данной главе представлены итоги проспективного анализа результатов лечения пациентов с применением индивидуальных кейджей через вентральный минимально инвазивный доступ и задней методики с применением остеотомий, прооперированных в отделении патологии позвоночника и костной онкологии «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» и в клинике «Суржимед» (Узбекистан) по поводу дегенеративного сколиоза взрослых с 2019 по 2024 г.

На момент первого и последующих контрольных осмотров из 60 пациентов, включенных в исследование, выбывших из наблюдения не было. Таким образом, ближайшие результаты удалось отследить у всех пациентов проспективных групп.

### 4.1. Результаты сравнения предоперационных данных

Средний возраст больных составил 60 лет (от 45 до 75 лет), среди больных преобладали женщины: 36 (60%) женщин и 24 (40%) мужчины.

При оценке предоперационных данных статистически значимых различий между группами обнаружено не было ( $p > 0,05$ ;  $p > 0,001$  для рентгенологических параметров). Предоперационные данные представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Предоперационные данные обследования больных группы ALIF и контрольной группы

Предоперационные данные	Группы пациентов		р-значение *с
	Контроль	ALIF	
Возраст, лет	67,0±5,7	66,0 ±6,2	0,18*a
BMI	30,0±4,0	31,0±3,0	0,23*a
NRS ср., %	6,2±1,3	6,5±1,0	0,61*a
ODI ср., %	74,6±4,1	75,2±3,8	0,27*a
SRS-22 ср., %	35,3±2,1	35,5±2,4	0,56*a
Рентгенологические параметры			р-значение*d
PI-LL	14,4±5,2	12,4±7,4	0,23*b
PT	29,3±5,5	30,5±6,5	0,28*b
LL	19,1±6,3	21,3±7,5	0,08*b
SVA	8,3±3,8	8,7±4,1	0,17*a

\*a – двусторонний t тест Стьюдента, \*b – двусторонний критерий U Манна-Уитни, \*с –  $p < 0,05$ , \*d –  $p < 0,001$ .

Так же была произведена оценка предоперационных значений используемых функциональных шкал в исследуемой когорте пациентов (рис. 4.1, 4.2, 4.3).

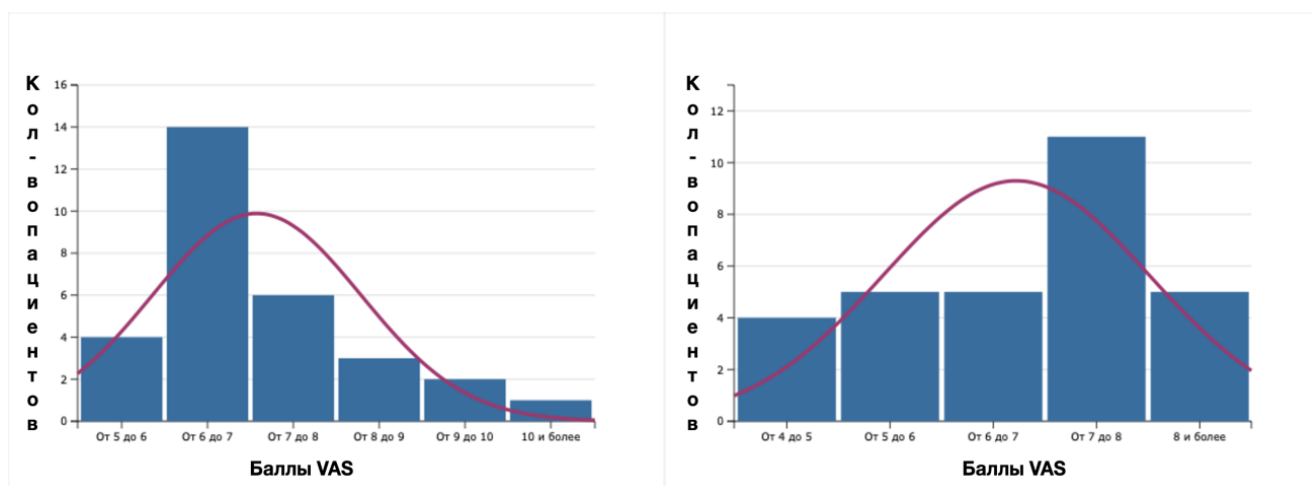


Рис. 4.1. Гистограмма распределения баллов по шкале NRS.

Слева группа ALIF, справа – контрольная

При оценке гистограмм в группе ALIF наиболее часто встречались пациенты со значением шкалы NRS 6–7 баллов – 14 человек (46,6%). В группе контроля со значением 7-8 баллов было 11 человек (36,6%).

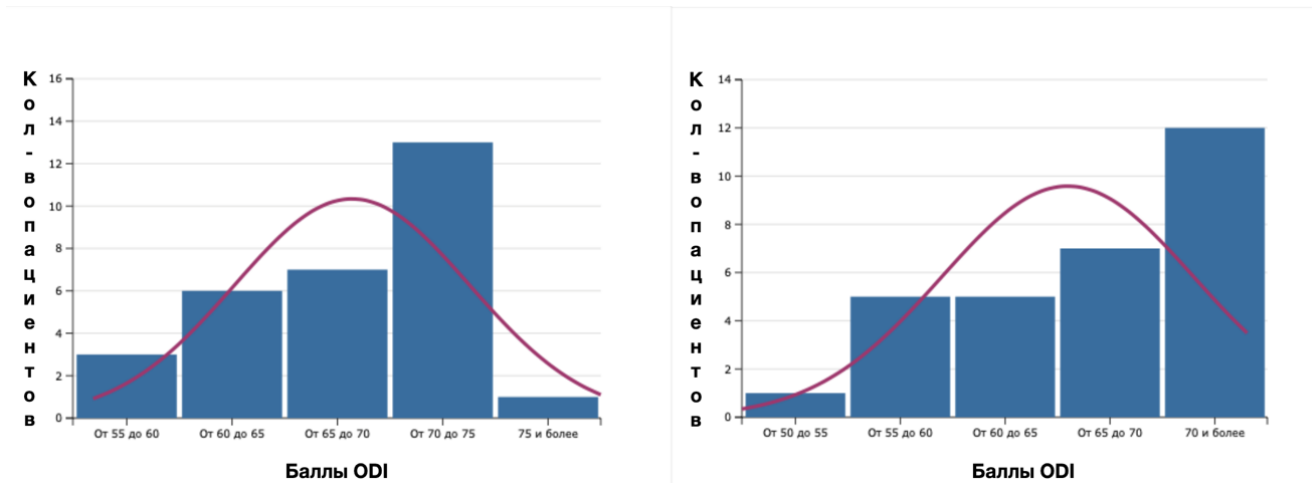


Рис. 4.2. Гистограмма распределения баллов по шкале Oswestry.

Слева – группа ALIF, справа – контрольная

Оценивая гистограммы предоперационных значений ODI, можно заключить, что в группе ALIF чаще наблюдались пациенты со значением 70–75 баллов – 13 пациентов (43,3%). В группе контроля со значением 70 баллов было 12 человек (40%).



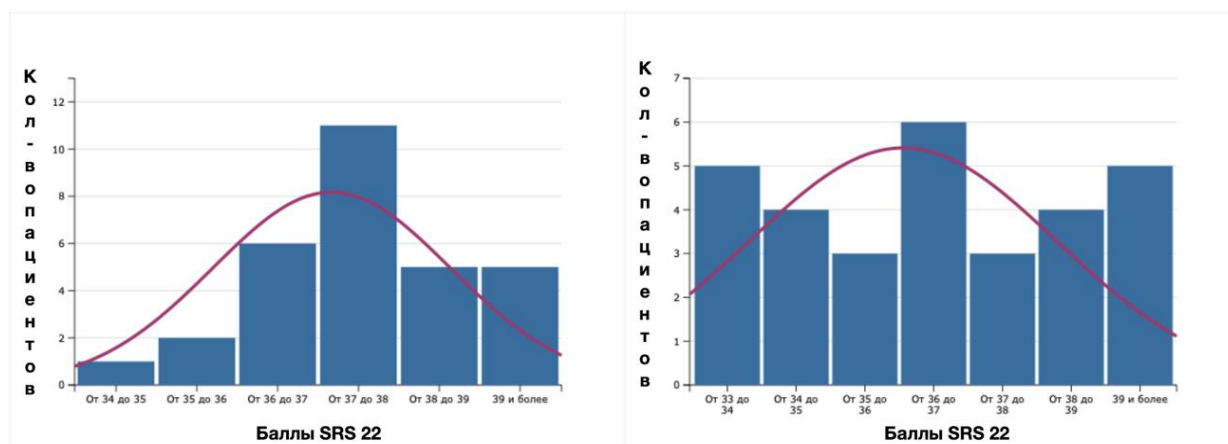


Рис. 4.3. Гистограмма распределения баллов по шкале SRS-22.

Слева – группа ALIF, справа – контрольная

Оценивая гистограммы предоперационных значений по шкале SRS-22, можно заключить, что в группе ALIF чаще встречались пациенты со значением 37–38 баллов – 11 человек (36,6%). В группе контроля преобладали пациенты со значением баллов 33–34 – 5 человек (16,6%), 39 баллов – 5 человек (16,6%), 36–37 баллов – 6 человек (20%).

Резюмируя, можно заключить, что полученные данные указывают на отсутствие статистически значимых различий между группами сравнения перед предстоящим оперативным вмешательством. Принимая во внимание проведенную рандомизацию пациентов, можно сделать вывод о том, что группы сравнения являются репрезентативными. Это снижает систематическую ошибку при дальнейшем анализе результатов. Переход пациентов из одной группы в другую считался возможным при наличии показаний.

#### 4.2. Результаты сравнения периоперационных значений

Средний срок послеоперационного наблюдения составил  $14,3 \pm 2,5$  месяца в группе ALIF и  $15,1 \pm 3,3$  месяца в контрольной группе ( $p = 0,19$ ;  $p < 0,05$ ). Оценивая полученные послеоперационные значения, необходимо отметить, что в сравниваемые показатели не была включена дренажная кровопотеря, так как в группе ALIF не использовался дренаж, а в группе контроля установка дренажа

потребовалась у 17 пациентов (56,6%). Релиз передней продольной связки (ACR) выполнялся на 78 уровнях в группе ALIF – от L3-L4 до L5-S1 (в среднем 2,5 уровня на пациента, диапазон 1–3).

Остеотомия Smith-Peterson была выполнена на 136 уровнях в контрольной группе – от T12-L1 до L5-S1 (в среднем 4,5 уровня на пациента, диапазон 1-2).

Передний спондилодез индивидуальными титановыми кейджами проводился на 78 уровнях в группе ALIF от L3-L4 до L5-S1 (в среднем 2,5 уровня на пациента, диапазон 1–3). Трансфораминальный спондилодез (TLIF) проводился на 92 уровнях в контрольной группе от L1-L2 до L5-S1 (в среднем 3,0 уровня на пациента, диапазон 1-2).

Частота использования межтеловых кейджей в группе ALIF составляла: с углом  $15^\circ$  – у 21 пациента;  $20^\circ$  – у 28 и  $25^\circ$  – у 12, с задней высотой от 4,9 до 7,0 мм. Частота использования межтеловых кейджей для TLIF в контрольной группе составляла: с углом  $8^\circ$  – у 44 пациентов,  $5^\circ$  у 33,  $0^\circ$  – в 15 случаях.

Оцениваемая интраоперационная кровопотеря имела значительные статистически значимые отличия. В группе контроля она составила  $753 \pm 277$  мл, в то время как в группе ALIF  $193 \pm 68$  мл ( $p = 0,0000000002$ ,  $p < 0,05$ ).

Время оперативного вмешательства статистически различалось: в группе ALIF –  $120 \pm 2$  мин, в группе контроля –  $230 \pm 3$  мин ( $p = 0,0000000002$ ,  $p < 0,05$ ).

Количество проведенных койко-дней также имело статистически значимые различия между группами сравнения. В группе ALIF составило  $8 \pm 2$  койко-дней, в группе контроля –  $17 \pm 5$  койко-дней ( $p = 0,0000000003$ ,  $p < 0,05$ ) (табл. 4.2).

## Межгрупповое сравнение послеоперационных значений

ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ				
	Контроль	ALIF	p	
СРЕДНЕЕ ВРЕМЯ НАБЛЮДЕНИЯ, МЕС.	15,1 ± 3,3	14.3 ± 2.5	0,19	
КРОВОПОТЕРЯ, МЛ	753±277	193±68	0,0000000002	
ГОСПИТАЛИЗАЦИЯ, ДНИ	17±5	8±2	0,0000000003	
ВРЕМЯ ОПЕРАЦИИ, МИН.	230 ±70	120±35	0,000000002	
	SPO (уровни)	Спондилодез (уровни)	ACR (уровни)	Спондилодез (уровни)
Tn12-L1	10	0	0	0
L1-L2	16	5	0	0
L2-L3	18	14	0	0
L3-L4	29	18	18	18
L4-L5	27	27	30	30
L5-S1	28	28	30	30

Количество уровней спондилодеза, проведения методов хирургической коррекции (релиз передней продольной связки и остеотомия типа Smith-Peterson) варьировалось между двумя группами.

#### 4.3. Результаты сравнения рентгенологических параметров

Всем пациентам обеих групп проводилось рентгенографическое исследование (телерентгенограммы в положении стоя в двух проекциях) для оценки потери коррекции на сроке 12 месяцев.

При сравнении до- и послеоперационных результатов во всех группах наблюдалась статистически значимая разница в улучшении позвоночно-тазовых параметров ( $p < 0,001$ ) (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Внутригрупповое сравнение средних значений рентгенологических параметров

	ПРЕДОПЕРАЦИОННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ	ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ	ДЕЛЬТА	12 МЕСЯЦЕВ	$p^*$	$p^{**}$
КОНТРОЛЬ						
PI-LL	14,4±5,2	8,1±5	1,2	9,3±6	0,000005	0,48
LL	19,1±6,3	31,4±10,3	9,4	22±10,1	0,00006	0,0009
SVA	8,3±6,3	3,8±1,2	1,3	5,1±21,8	0,000	0,00001
PT	29,3±5,5	23,0 ± 3,6	2,0	25,0 ± 5,9	0,0000002	0,06
ALIF						
PI-LL	12,4±7,4	5,6±2,1	1,2	6,8±4,2	0,000002	0,22
LL	30,5±6,5	37,2±7,5	4,2	33±7,4	0,0001	0,03
SVA	21,3±7,5	2,9±2,1	1,6	4,5±2,5	0,000	0,0002
PT	8,7±4,1	22,5±4,8	1,4	23,9± 4,5	0,000	0,33

\* - до и послеоперационный период, \*\* - через 12 месяцев.

Также во всех сравниваемых группах наблюдалась потеря коррекции на сроке 12 месяцев послеоперационного наблюдения. Клинический пример из группы контроля представлен на рисунке 4.4.

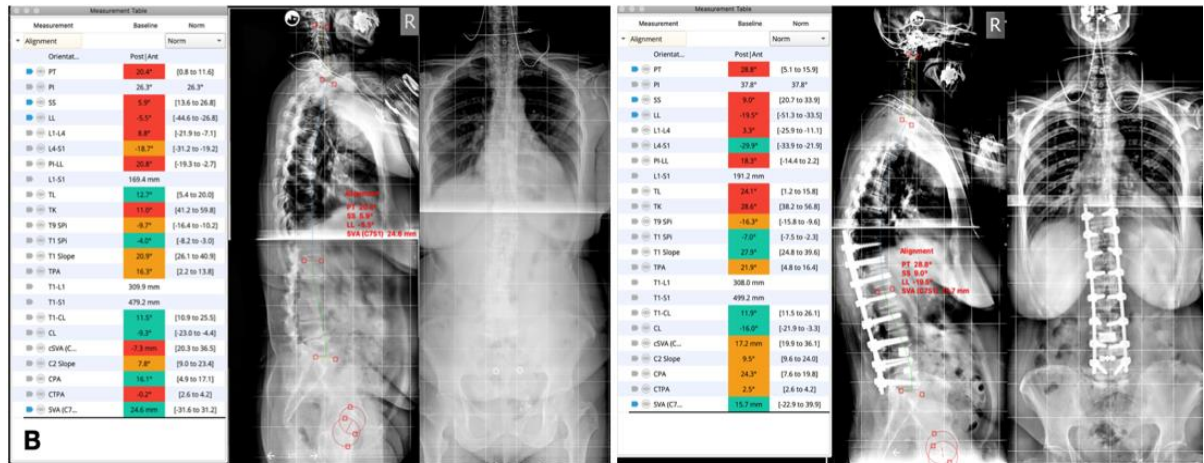


Рис. 4.4. Женщина, 61 год, с дегенеративным сколиозом взрослых, SRS-Schwab +, L тип фронтальной дуги, PI-LL=21, SVA=25 мм, PT=20, поясничный стеноз L4-L5, L5-S1, болевой синдром в спине (NRS 8 баллов). Телерентгенография до и после операции с восстановленным сагиттальным балансом

В группе контроля статистически значимые изменения наблюдались в изменении SVA и LL ( $p < 0,001$ ). В группе ALIF было отмечено статистически значимое изменение SVA ( $p < 0,001$ ). По остальным рентгенологическим параметрам статистической значимой разницы не наблюдалось ( $p > 0,001$ ). Также производилось межгрупповое сравнение рентгенологических показателей после операции и на сроке 12 месяцев. Данные представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Межгрупповое сравнение средних значений рентгенологических параметров

РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ					P *	P **
	Контроль		ALIF			
	После операции	12 месяцев	После операции	12 месяцев		
PI-LL	8,1±5,0	9,3±6,0	5,6±2,1	6,8±9,2	0,01	0,06
LL	31,4±10,3	22,0±10,3	37,2±7,5	33,0±7,6	0,00000002	0,00005
SVA	3,8±3,1	5,1±3,8	2,9±2,1	4,5±2,5	0,19	0,13
PT	23,0 ± 3,6	25,0 ± 5,9	22,5±4,8	23,9± 4,5	0,67	0,18

\* - послеоперационные значения, \*\* - через 12 месяцев.

При межгрупповом сравнении рентгенологических показателей обеих групп наблюдалась статистически значимая разница в значениях общего поясничного лордоза (LL). Так, группа ALIF показала большую степень коррекции лордоза по сравнению с контрольной группой ( $22,0 \pm 10,3$  против  $33,0 \pm 7,6$  соответственно;  $p = 0,00005$ ,  $p < 0,001$ ). При оценке остальных рентгенологических параметров статистически значимой разницы обнаружено не было ( $p < 0,001$ ). Клинический пример из группы ALIF представлен на рисунке 4.5.

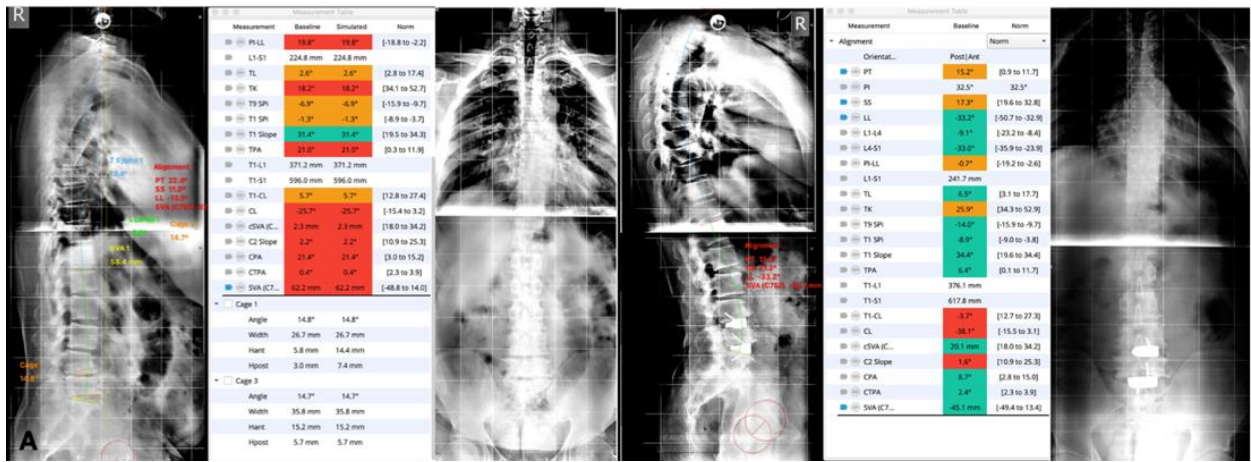


Рис. 4.5. Мужчина, 57 лет, дегенеративный сколиоз взрослых, SRS-Schwab +, N тип фронтальной дуги, PI-LL=18, SVA=64,5 см, PT=23, поясничный стеноз L4-L5, L5-S1, болевой синдром в спине (NRS 8 баллов). Телерентгенография до и после операции с восстановленным сагиттальным балансом

#### 4.4. Результаты сравнения функциональных шкал

Через 5 дней после проведенного оперативного вмешательства все пациенты были повторно осмотрены и опрошены с помощью анкетирования. Оценка осуществлялась по упомянутым выше шкалам: NRS, ODI, SRS-22. Повторный осмотр пациентов проводили на сроках 3, 6 и 12 месяцев.

Данные заносились в таблицы, проводилось сравнение полученных результатов с начальными показателями в каждой группе и между группами, строились диаграммы типа box-plot. Ниже представлены данные функциональных шкал на сроках 5 суток, 3, 6 и 12 месяцев (табл. 4.5).

Сравнения средних значений функциональных шкал NRS, ODI, SRS-22  
в группе ALIF и группе контроля

	КОНТ	ALIF	P	КОНТ	ALIF	P	КОНТ	ALIF	P	КОНТР	ALI	P
	РОЛЬ			РОЛЬ			РОЛЬ			ОЛЬ	F	
	5 дней			3 месяцев			6 месяцев			12 месяцев		
NRS	4,1 ±1,2	3,4 ±1,0	0,03	2,5 ±0,8	1,7 ±1,1	0,002	1,6 ±0,8	1,3 ±0,9	0,1	0,5 ±0,4	0,7 ±0,6	0,8
ODI	68,1 ±2,7	56,0 ±2,1	0,0000009	34,6 ±1,8	30,7 ±3,2	0,00004	21,4 ±3,1	20,6± 2,3	0,4	15,5 ±2,1	14,5 ±2,0	0,2
SRS-22	44,4 ±2,8	54,6 ±2,5	0,000000001	76,0 ±3,3	81,6 ±3,1	0,000003	83,7 ±2,6	84,2 ±2,1	0,5	87,8 ±2,1	88,7 ±2,7	0,2

В послеоперационном периоде отмечалась общая тенденция к снижению показателей по NRS, ODI и улучшению по шкале SRS-22 в обеих группах сравнения. При этом значительные изменения наблюдались в группе ALIF через 5 дней и через 3 месяца после операции (рис. 4.6, 4.7, 4.8).

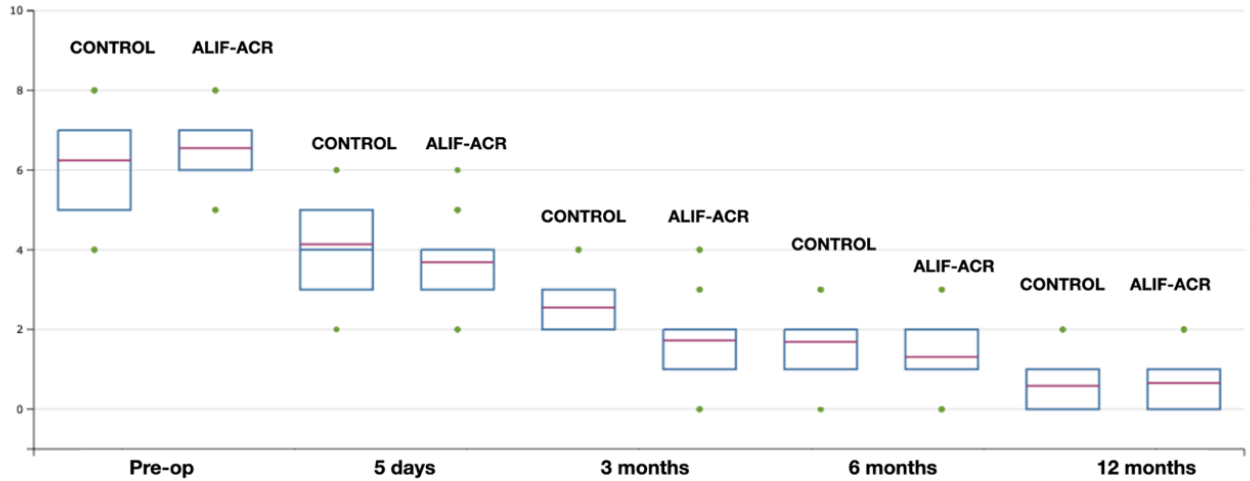


Рис. 4.6. График “box-plot” изменения значений шкалы NRS на разных сроках наблюдения в группах сравнения

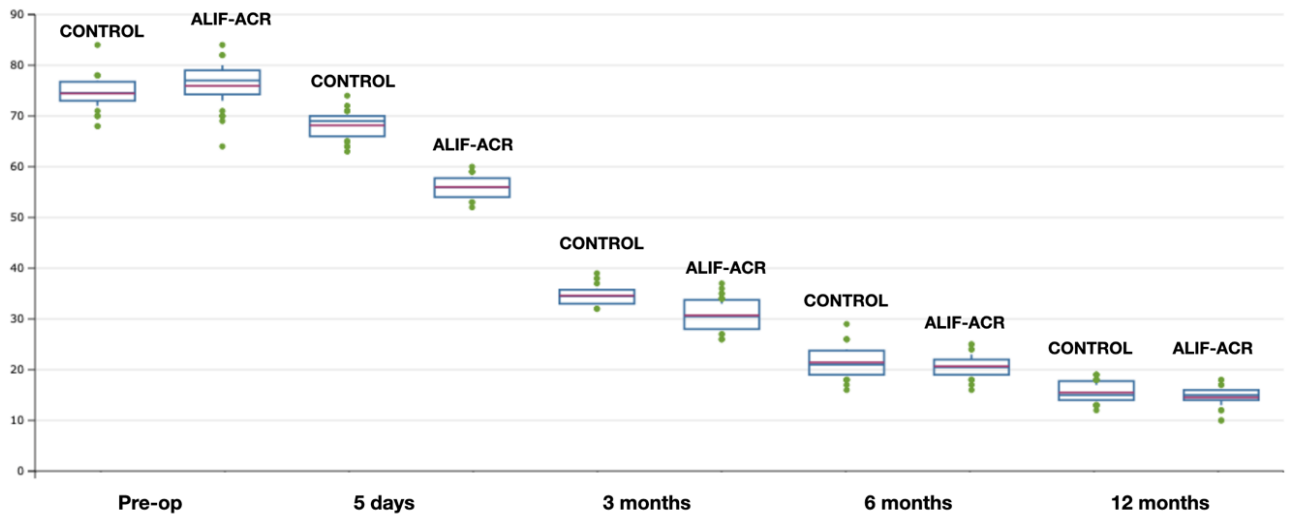


Рис. 4.7. График “box-plot” изменения значений шкалы Oswestry на разных сроках наблюдения в группах сравнения



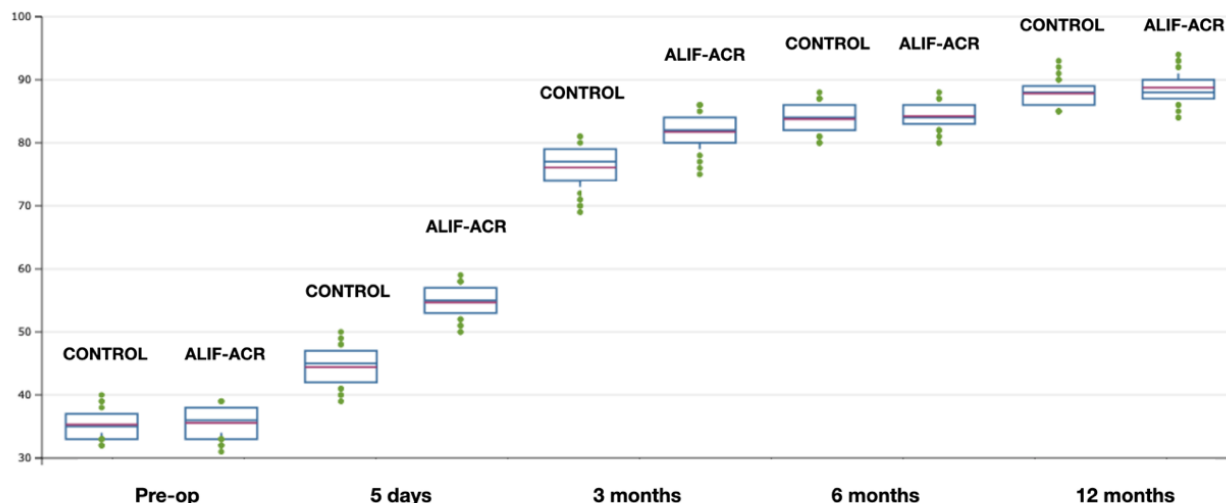


Рис. 4.8. График “box-plot” изменения значений опросника SRS-22 на разных сроках наблюдения в группах сравнения

В раннем послеоперационном периоде (5 дней) в группе пациентов, оперированных с помощью ALIF, отмечено достоверное снижение степени болевого синдрома ( $3,4 \pm 1,0$  и  $4,1 \pm 1,2$ ,  $p = 0,03$ ) и улучшение показателей по ODI ( $56,0 \pm 2,1$  и  $68,1 \pm 2,7$ ,  $p = 0,0000009$ ) и SRS-22 ( $54,6 \pm 2,5$  и  $44,4 \pm 2,8$ ,  $p = 0,0000000001$ ).

Через 3 месяца наблюдений группа пациентов, оперированная при помощи ALIF, показывала значительное уменьшение степени болевого синдрома ( $3,5 \pm 0,7$  и  $1,8 \pm 0,8$ ), улучшение значений ODI ( $54,8 \pm 2,1$  и  $27,8 \pm 1,3$ ) и SRS-22 ( $55,6 \pm 2,12$  и  $82,3 \pm 2,3$ ). В группе контроля также прослеживалась тенденция к уменьшению степени боли ( $4,4 \pm 1,2$  и  $1,8 \pm 0,8$ ) и улучшению показателей ODI ( $69,2 \pm 2,4$  и  $34,0 \pm 1,6$ ) и SRS-22 ( $45,4 \pm 3,2$  и  $79,6 \pm 1,2$ ), но в меньшей степени в сравнении с группой ALIF.

В периоде наблюдения от 6 до 12 месяцев статистически значимых различий по шкалам NRS, ODI, SRS-22 получено не было ( $p > 0,05$ ). При этом превосходство группы ALIF наблюдалось клинически и субъективно при опросе пациентов.

#### 4.5. Осложнения

Полученные послеоперационные осложнения были разделены на значительные и незначительные (табл. 4.6).

Таблица 4.6

Структура осложнений, наблюдаемых в группах сравнения

ОСЛОЖНЕНИЕ	ALIF	Тип осложнения	Лечение	Контроль	Тип осложнения	Лечение
Перелом замыкательной пластины	1	Значительное	Хирургическое	0	-	-
Инфекция мочевыводящих путей	3	Незначительное	Терапевтическое	2	Незначительное	Терапевтическое
Признаки нестабильности межтелового имплантата	1	Значительное	Хирургическое	0	-	-
Повреждение магистральных сосудов	2	Значительное	Хирургическое	0	-	-
Инфекции респираторного тракта	2	Незначительное	Терапевтическое	4	Незначительное	Терапевтическое
ИОХВ (поверхностная)	0	-	-	1	Значительное	Хирургическое
Расхождение краев раны	0	-	-	2	Значительное	Хирургическое

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛИЦЫ 4.6

РЖК	0	-	-	4	ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ	ХИРУРГИЧЕСКОЕ
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КИШЕЧНАЯ НЕПРОХОДИМОСТЬ	6	Незначительное	Терапевтическое	7	Незначительное	Терапевтическое
ПОВРЕЖДЕНИЕ ДУРАЛЬНОЙ ОБОЛОЧКИ	0	-	-	2	Значительное	Хирургическое
ПОСЛЕОПЕРАЦИОННАЯ АНЕМИЯ, ТРЕБУЮЩАЯ ПЕРЕЛИВАНИЯ КРОВИ	0	-	-	14	Незначительное	Терапевтическое
					<b>р значение*</b>	
ВСЕГО		15		36	0,00017	
ВСЕГО ХИРУРГИЧЕСКИХ		3		8	0,1112	
ВСЕГО СОМАТИЧЕСКИХ		11		27	0,00003	

Наибольшее количество осложнений наблюдалось в группе контроля, была получена статистически значимая разница между исследуемыми группами ( $p < 0.05$ ). При оценке хирургических осложнений в группах сравнения статистически значимой разницы обнаружено не было ( $p > 0.05$ ). Однако при оценке соматических осложнений значительное преобладание наблюдалось в группе контроля (36 случаев) по сравнению с группой ALIF (15 случаев) со статистически значимой разницей ( $p < 0,05$ ). Значительный вклад в структуру соматических осложнений внесли гематологические – 36,8% (14 случаев) и гастроэнтерологические осложнения – 34,2% (13 случаев).

В группе ALIF зарегистрировано 15 осложнений. Из них 36,3% (4 случая) относились к категории значительных (хирургических), 73,3% (11 случаев) – к категории незначительных (терапевтических). В структуре хирургических осложнений асептическое расшатывание кейджа наблюдалось у 1 пациента, перелом замыкательной пластинки – у 1 пациента. У 2 пациентов произошло повреждение ветвей общей подвздошной вены.

В группе контроля наблюдалось 36 осложнений. Из них 25% (9 случаев) относились к категории значительных (хирургических), 75% (27 случаев) – к категории незначительных (терапевтических).

Повреждение дуральной оболочки наблюдалось у 2 пациентов. Проксимальный переходный кифоз произошел у 4 пациентов группы контроля. Было 2 случая расхождения краев раны и 1 случай поверхностной инфекции области хирургического вмешательства.

Хирургическое вмешательство через задний доступ понадобилось 8 пациентам группы ALIF. Открытое заднее вмешательство выполнили при переломе замыкательной пластинки. В ходе оперативного вмешательства выполнялась ревизия невральных структур, фиксация продлевалась на смежные сегменты позвоночника. В 6 случаях в группе ALIF была проведена перкутанная транспендикулярная фиксация после первичного оперативного вмешательства. Оно выполнялось при потере коррекции на сроке 3 месяцев (2 пациента) и 6 месяцев (4 пациента).

В группе контроля дополнительное оперативное вмешательство понадобилось в 3 случаях РЖК. Ранение дуральной оболочки было ушито интраоперационно. При поверхностной инфекции области хирургического вмешательства выполняли хирургический дебридмент и повторное зашивание раны.

## ГЛАВА 5

# АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ. ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА ОПЕРАТИВНОГО ПОСОБИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА С УЧЕТОМ ВОЗМОЖНОСТИ УСТАНОВКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КЕЙДЖЕЙ ЧЕРЕЗ ВЕНТРАЛЬНЫЕ ДОСТУПЫ

### 5.1. Обсуждение полученных результатов

Проведенный анализ результатов лечения 60 пациентов с сагиттальным дисбалансом вследствие дегенеративного сколиоза позволил сделать ряд выводов и заключений, требующих обобщения и обсуждения.

Использование лордозизирующих и гиперлордозизирующих кейджей с техникой релиза передней продольной связки (ACR) представляет собой мощный, недавно введенный в практику минимально инвазивный способ лечения дегенеративного сколиоза взрослых, имеет большой потенциал для коррекции сагиттального дисбаланса и дает результаты, аналогичные полученным при использовании традиционной задней хирургии (Боков А.Е. с соавт., 2021; Godzik J. et al., 2020; Saigal R. et al., 2020).

Для успешного использования данной техники необходимо хорошо ориентироваться в анатомии забрюшинного пространства, а также быть готовым к контролю возможного кровотечения, которое может произойти в случае повреждения магистральных сосудов и их ветвей (Macki M. et al., 2022; Bortz C. et al., 2021).

Необходимо отметить важность предоперационной оценки анатомии пациента с помощью КТ или МРТ для обеспечения безопасного хирургического коридора, особенно анатомического расположения сосудистых структур. При неблагоприятном расположении сосудов необходимо рассмотреть альтернативный вариант вмешательства (задний доступ).

В данном исследовании у всех пациентов группы ALIF было благоприятное анатомическое расположение магистральных сосудов, что позволяет провести в полном объеме запланированное хирургическое вмешательство (Ahlquist S. et al., 2020).

Выбор опции ALIF без транспедикулярной фиксации возможен только при соблюдении строгих критериев. Мы считаем, что одним из них является отсутствие нестабильности в позвоночно-двигательных сегментах, что чаще наблюдается при первичном дегенеративном сколиозе взрослых, когда за счет гипертрофии фасеточных суставов и ригидности связочного аппарата создается «собственная» стабилизация, что позволяет иногда отказаться от дополнительной задней фиксации (Allain J. et al., 2020). Вторым условием является отсутствие неврологических симптомов в покое, в положении лежа. Данное условие является ключевым для проведения не прямой декомпрессии межтеловым устройством (Jacob K.C. et al., 2021)

При применении данной технологии у пациентов со спондилолистезами и нестабильностью в ПДС наблюдается большое количество хирургических осложнений и в дальнейшем необходимость ревизионного вмешательства (Ahlquist S. et al., 2020).

### **5.1.1. Периоперационные и рентгенологические результаты**

В группе ALIF время операции и средний период госпитализации были в 2 раза ниже в сравнении с группой контроля. При сравнении значений кровопотери разница между группами достигала 3,5 раза с меньшим значением в группе ALIF. Эта разница, без сомнения, объясняется сравнением минимально инвазивного вмешательства и традиционной техники из заднего доступа. Полученные результаты сопоставимы с зарубежными публикациями (Bassani R. et al., 2020; Nguyen A.Q. et al., 2023).

D.H. Lee с соавторами провели ретроспективный анализ 64 пациентов, перенесших ALIF по поводу стеноза центрального позвоночного канала с января

2015 по декабрь 2018 г. Средняя продолжительность операции составила  $254,8 \pm 60,8$  минут, а объем интраоперационного кровотока –  $179,8 \pm 119,3$  мл (Lee D.H. et al., 2021).

До обсуждения рентгенологических результатов необходимо отметить, что в группе ALIF не проводилась заднеколонная остеотомия до выполнения вентральной коррекции.

Принимая во внимание распространенность дегенеративного сколиоза у пациентов пожилого и старческого возраста, данный вариант считался более подходящим для коррекции сагиттального дисбаланса в этой когорте. Отсутствие повреждения заднего опорного комплекса обеспечивает быстрое восстановление и лучшие функциональные результаты в раннем послеоперационном периоде, что было доказано в данном исследовании. При этом достигается клинически значимая коррекция сагиттального баланса.

Данные преимущества подтверждаются исследованием S.M. Kim с соавторами. Они сравнили 17 пациентов, которым было выполнено ACR-ALIF. Из них 10 пациентам было выполнено оперативное вмешательство без остеотомии и у 7 пациентов заднеколонная остеотомия предшествовала вентральному релизу передней продольной связки с установкой кейджа. Авторы пришли к выводу, что оба метода значительно улучшают общий сагиттальный баланс, выполнение остеотомии до вентральной коррекции кейджем и релиза передней продольной связки (ALIF-ACR) может дать более серьезную коррекцию, но не всегда необходима для достижения клинически значимой коррекции сагиттального профиля (Kim S.M. et al., 2022).

Восстановление целевого общего поясничного лордоза у пациентов и его правильное распределение являются основной задачей хирургической коррекции позвоночника (Heu H.W.D. et al., 2020). Как известно, поясничный лордоз распределяется по сегментам позвоночника неравномерно – ключевыми, основополагающими являются нижние две трети лордоза, а именно уровни L4-S1. Получение значительной коррекции в этих сегментах позвоночника по Россоули имеет первостепенное значение (Albayar A. et al., 2021; Kwan K.Y.H. et al., 2021).

Так, в группе ALIF подавляющее большинство ALIF были выполнены на уровне L4-S1 (60 уровней), что помогло создать более естественное распределение поясничного лордоза. Необходимо учитывать, что помимо применения индивидуально изготовленных титановых кейджей с углами лордоза от 15 до 25 градусов, был выполнен релиз передней продольной связки у всех пациентов группы ALIF. По мнению многих авторов, данная техника является мощным дополнительным инструментом вентральной коррекции, однако требуются исследования с долгим сроком послеоперационного наблюдения (Godzik J. et al., 2020; Lee K.Y. et al., 2020; Bergin S.M. et al., 2023).

В обеих группах получили значительные улучшения в LL, LL-PI, PT, SVA ( $p < 0,001$ ). Через 12 месяцев при межгрупповом сравнении общего поясничного лордоза группа ALIF показала большую степень коррекции лордоза по сравнению с контрольной группой (разница около  $11^\circ$ ,  $p < 0,001$ ). Это объясняется значительной потерей коррекции в группе контроля по сравнению с группой ALIF (9,4 и 4,2 соответственно). Необходимо отметить, что параметр LL претерпевал значительные изменения в обеих группах.

По остальным рентгенографическим показателям статистически значимой разницы обнаружено не было ( $p > 0,001$ ). Аналогичные результаты были получены О. Lai с соавторами. В своем исследовании 36 пациентам проспективной группы был выполнен передний спондилодез (LLIF) с передним релизом продольной связки (ACR) по поводу дегенеративного сколиоза взрослых (угол Cobb  $> 10^\circ$  и/или SVA  $> 5$  см). По полученным данным было проведено сравнение позвоночно-тазовых параметров с ретроспективной группой пациентов, прооперированных с применением задней остеотомии (SPO). Авторы доказали эквивалентность обеих техник в коррекции глобального баланса, одновременно позволяя корригировать фронтальный баланс (Lai O. et al., 2023).

Аналогичные результаты были получены М. Panico с соавторами. Они ретроспективно оценили 12 пациентов с выполненным ACR в 2014-2015 гг. Значение LL изменилось с  $20^\circ$  до  $51^\circ$ . Все пациенты достигли оптимальных значений SVA (менее 5 см), 82% имели PT в пределах нормы (менее  $20^\circ$ ).



Наблюдалось 2 серьезных осложнения: один пациент с перфорацией кишечника и один – с инфекцией области оперативного вмешательства (Panico M. et al., 2023).

Техника ACR также позволяет дать сопоставимый уровень коррекции, даже в сравнении с PSO (Pedicicle Subtraction Osteotomy), являющиеся более радикальной остеотомией для коррекции сагиттального баланса (Godzik J. et al., 2021).

### 5.1.2. Функциональные шкалы

Известно об имеющейся прямой взаимосвязи между параметрами сагиттального баланса и качеством жизни пациентов. Имеются исследования, доказывающие взаимосвязь между LL и выраженностью болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника (Elabd A.M. et al., 2021). В работе I. Karpiel удалось подтвердить четкую прямую корреляцию параметра LL и ODI при сколиозе de novo (Karpiel I. et al., 2021).

Сравнивая результаты функциональных шкал была получена статистически значимая разница по шкалам ODI, SRS-22 и NRS через 5 дней, 3 месяца ( $p < 0,05$ ), что, в свою очередь, обусловлено меньшей хирургической агрессией в группе ALIF, типом используемого хирургического доступа (отсутствие скелетирования параспинальных мышц) и значительно меньшей кровопотерей.

Такое концептуальное различие в применяемых методах позволило в группе переднего доступа с применением лордозизирующих кейджей провести раннюю активизацию больных, что не потребовало пользоваться дополнительными средствами опоры, а также позволило восстановить достаточное самообслуживание в раннем послеоперационном периоде. Полученные результаты являются схожими с полученными в другими исследованиях (Choi Kim Jo, 2020; Younus I. et al., 2024).

В дальнейшем, на сроках от 6 до 12 месяцев, статистически значимых различий по шкалам NRS, ODI, SRS-22 не было получено ( $p > 0,05$ ), но превосходство группы ALIF прослеживалось клинически. Была получена степень

улучшения по клиническим шкалам, сопоставимая с результатами других исследований (Choi M.K. et al., 2020; Lee D.H. et al., 2021).

Отсутствие статистической разницы объясняется завершением процесса первичного заживления послеоперационной раны и увеличением интенсивности проведения реабилитационных мероприятий в обеих группах, что к концу первого года после операции позволяет вернуться к достаточному уровню повседневной активности большинству пациентов.

В мировой литературе описаны единичные проспективные исследования с группами сравнения, но в большинстве случаев применение лордозизирующих и гиперлордозизирующих кейджей являлось дополнительным компонентом коррекции при дегенеративном сколиозе взрослых.

Х. Тао с соавторами сравнили рентгенологические и клинические исходы 42 пациентов, перенесших TLIF, и 42 сопоставимых пациентов контрольной группы, которым выполнен многоуровневый ALIF с дополнительной коррекцией сзади, минимальный период наблюдения составил 2 года. В когорте ALIF было более длительное время операции (595 против 485 минут,  $p=0,0007$ ), так как в данной группе пациентов выполнялся задний этап с установкой металлоконструкции. При этом авторы наблюдали меньшую кровопотерю (1281 мл по сравнению с 2011 мл,  $p=0,0002$ ). Пациенты обеих когорт испытали одинаковую частоту осложнений. Разница полученного общего поясничного лордоза в группе ALIF была больше, чем в когорте TLIF ( $6,9^\circ$  против  $-2,6^\circ$ ,  $p<0,0001$ ). В группе ALIF выявили более выраженное улучшение показателей SRS-22 (с 44,4 до 70,7 против 58,6 до 70,6;  $p=0,0043$ ) и аналогичные улучшения в показателях ODI (Тао Х. et al., 2023).

V. Singh с соавторами в своей работе проспективно проследили серию хирургических вмешательств у пациентов с дегенеративным поясничным сколиозом, которым была выполнена задняя инструментальная коррекция с применением ALIF или TLIF. За 38 месяцев послеоперационного наблюдения отмечалось улучшение показателей VAS и ODI в обеих группах. Между группами не наблюдалось существенных различий в восстановлении сагиттальных параметров и показателей функциональных шкал (Singh V. et al., 2023).

Остальные представленные работы представляют собой ретроспективные серии наблюдений, случаи из практики и систематические обзоры, подтверждающие рентгенографические и клинические улучшения у отдельных пациентов (Lak A.M., et al., 2021). Так, S. Haddad провел ретроспективное исследование на 39 пациентах, прооперированных при помощи ALIF-ACR с 2013 по 2015 г. Отмечалось значительное улучшение по функциональным шкалам VAS, ODI и SRS-22 в течение 12-месячного послеоперационного наблюдения (Haddad S. et al., 2022).

Интересная работа представлена P.V. Mummaneni с соавторами в 2021 г. Был выполнен ретроспективный обзор данных о минимально инвазивных вмешательствах (MIS) у пациентов с ASD, собранных за 5-летний период. Были проанализированы предпочтения 11 спинальных хирургов, и произведена оценка степени коррекции позвоночно-тазовых параметров выбранной ими тактики. Авторы отметили, что для сегментов L4-5 оперирующие врачи отдали предпочтение LLIF, TLIF и ALIF, при этом техника TLIF не смогла продемонстрировать какого-либо значительного восстановления лордоза. Для сегмента L5-S1 хирургическая бригада обычно предпочитала ALIF, когда желателен значительный сегментарный лордоз, и TLIF, если предоперационный сегментарный лордоз был в пределах нормы. Также было обнаружено статистически значимое улучшение в отношении поясничного лордоза (LL), PI-LL, фронтального баланса и индекса Oswestry в течение двухлетнего периода наблюдения во всех группах (Mummaneni V.P., et al., 2021).

### **5.1.3. Осложнения**

В историческом развитии передних оперативных вмешательств на позвоночнике существовал относительно высокий риск возникновения послеоперационных осложнений, включая инфекцию области хирургического вмешательства, образование послеоперационной грыжи и серомы. Смертность

после вентральной хирургии достигала 4% (Hamdan et al., 2008; Yunga Tigre J. et al., 2024).

Полученные осложнения обычно связаны либо с проведением доступа, либо с самой техникой вентральной коррекции. При обнажении и мобилизации подвздошных сосудов существует риск кровотечения, тромбоза, тромбоэмболии, повреждения нервных и мочеполовых структур, а также кишечника (Manunga J. et al., 2021). Однако развитие минимально инвазивных доступов в вентральной хирургии позвоночника позволило значительно снизить риск развития данных осложнений.

Так, N. Akıntürk с соавторами недавно оценили безопасность MIS хирургии при коррекции деформаций позвоночника, сравнив основные осложнения MIS как с гибридными, так и с открытыми оперативными вмешательствами. Они обнаружили отсутствие интраоперационных осложнений в группе MIS (0%) по сравнению с гибридной (5,3%) и открытой группами (25%,  $p < 0,03$ ) (Akıntürk N. et al., 2022).

В проведенном нами диссертационном исследовании наибольшее количество осложнений наблюдалось в группе контроля ( $p < 0,05$ ). В целом в обеих группах наибольшее число составляли соматические осложнения – 27 и 16 случаев соответственно ( $p < 0,05$ ).

В группе контроля в 14 случаях наблюдалась послеоперационная анемия, требующая переливания крови. Чрезмерная кровопотеря приводит к увеличению потребности в переливании крови, что увеличивает риск передачи гемотрансмиссивных инфекций, появлению аллергических реакций, а также TRALI синдрому (трансфузионно-ассоциированный респираторный дистресс-синдром), ведущему к сердечным, легочным и почечным осложнениям (Schömig F. et al., 2021).

Кроме того, кровопотеря и переливание компонентов крови связаны с увеличением случаев поздних инфекционных осложнений, также кровопотеря является частой причиной смертности при корригирующих операциях на позвоночнике (Bivona L.J. et al., 2022; Sugawara R. et al., 2021). По этим причинам

снижение кровопотери, связанное с проведением mini-open ALIF-ACR, является одним из основных преимуществ этой методики при коррекции деформации.

Так, М. Ishihara с соавторами опубликовали исследование с участием 85 пациентов, перенесших минимально инвазивные хирургические вмешательства по поводу дегенеративного сколиоза взрослых, показав, что процент значительных осложнений (40%) был больше в гибридных группах (открытый и передний доступ), чем в группах MIS stand-alone LLIF (29%) и 360° MIS (ALIF и задняя перкутанная фиксация) (14%) (Ishihara M. et al., 2022).

Сравнивая количество хирургических осложнений в группах сравнения, статистически значимой разницы обнаружено не было ( $p>0,05$ ). Однако количественное сравнение не является корректным, так как имеется значительная разница в структуре осложнений для каждой группы. Так, в группе ALIF имеются свои характерные для данной техники осложнения (Lak A.M. et al., 2021; Alhaug O.K. et al., 2024; Saigal R. et al., 2020; Akıntürk N. et al., 2022).

Следует отметить два осложнения связанные с установкой имплантата в группе ALIF. Первый из них – это перелом замыкательной пластинки, произошедший на третьем месяце послеоперационного наблюдения у одного пациента. Пациент страдал остеопорозом и в послеоперационном периоде не принимал антирезорбтивные препараты, рекомендованные при выписке. Это в последующем потребовало оперативного вмешательства из заднего доступа с установкой дополнительной металлоконструкции и заднего артродезирования (спондилодез 360°).

Это подчеркивает важность предоперационной оценки плотности костной ткани и последующего лечения для предотвращения любых осложнений, связанных с остеопорозом (Khalid S.I. et al., 2020; LeBoff M.S. et al., 2022).

Был выявлен один случай асептического расшатывания имплантата (3,3%) в группе ALIF. Это значительно меньше, чем в других опубликованных исследованиях (18,8%) (Sharma M. et al., 2023). Данное осложнение было связано с несовершенством дизайна первых моделей кейджей. В данном случае имплантат имел меньшие размер, форму, а лордозизирующий угол не учитывал поправку на

выполнение релиза передней продольной связки (ALL). С учетом релиза ALL был изменен дизайн имплантата, и у последующих пациентов мы не наблюдали подобных осложнений.

Известно, что одним из частых механических осложнений у пациентов с дегенеративным сколиозом *de novo* является развитие проксимального переходного кифоза (РЖ) (Scheer J.K. et al., 2021).

В группе контроля было зарегистрировано всего лишь 3 случая развития проксимального переходного кифоза. Факторы риска развития РЖ являются постоянно обсуждаемой темой. Такие общие факторы, как возраст (старше 65 лет), качество костной ткани, степень деформации, степень достигнутой коррекции являются основным фактором риска для развития РЖ (Clohisy J.C.F. et al., 2023). При этом повреждение заднего связочного комплекса, протяженность и жесткость конструкции, использование транспедикулярной фиксации можно отнести к типичным факторам риска для задней открытой хирургии позвоночника (Ogura Y. et al., 2021; Yagi M. et al., 2023).

В группе ALIF не было зарегистрировано ни одного случая развития проксимального переходного кифоза. При этом, согласно имеющимся данным зарубежных авторов, частота развития РЖ и РЖФ варьируется от 11% до 40% при применении ALIF-ACR (Zhao J. et al., 2021). Однако в данных работах всем пациентам выполнялась комбинированная (переднезадняя) хирургия, что является одним из важнейших факторов развития РЖ (Kim et al., 2022; Lee B.J. et al., 2023).

Нами было зарегистрировано два сосудистых осложнения в группе ALIF. В обоих случаях повреждение общей крестцовой вены произошло тракционно ретракторами, что потребовало лигирования сосудов. Данное осложнение не повлияло на дальнейшее восстановление пациентов. В группе контроля данного типа осложнений не наблюдалось.

Это подчеркивает необходимость соблюдения тщательной хирургической техники и обязательного проведения предоперационного планирования для оценки анатомии магистральных сосудов (на КТ, МРТ). По этой причине, если выполнение хирургического коридора для имплантации кейджа ALIF не может быть выполнено

без широкой диссекции сосудов на протяжении, то лучше отказаться от данной процедуры, чтобы не компрометировать технику ALIF-ACR и не получить нежелательные осложнения (Maski M. et al., 2022).

Повреждение дуральной оболочки в нашем исследовании было зарегистрировано у 2 пациентов группы контроля (6,6%). Полученные данные соответствуют результатам зарубежных авторов. Так, в среднем частота повреждения дуральной оболочки при выполнении корригирующих операций при дегенеративном сколиозе взрослых варьируется от 3,4 до 10,8% (Albayar A. et al., 2024; McNeill I.T. et al., 2023; Tosi G. et al., 2023).

В группе ALIF данного типа осложнений зарегистрировано не было. Поверхностная инфекция области хирургического вмешательства (1 случай) и расхождение раны (2 случая) наблюдались в группе контроля (10%). Хирургическая инфекция является довольно частым осложнением у пациентов, перенесших оперативное вмешательство на позвоночнике. Частота ИОХВ (поверхностных и глубоких) может варьировать от 0,2% до 16,7% в зависимости от ряда факторов, связанных с пациентом, патологией и процедурой (Ogihara S. et al., 2020; Ogihara S. et al., 2021).

На развитие инфекционных осложнений в области хирургического вмешательства отчасти влияет выбор доступа. Так, комбинированный переднезадний или только задний доступ является фактором риска для развития ИОХВ по сравнению с передним доступом (Norheim E.P. et al., 2021; Zhou J. et al., 2020). В группе ALIF нашего исследования не было зарегистрировано ни одного осложнения в области послеоперационной раны. Данный факт, вероятно, объясняется также выбором минимально инвазивного доступа, что, по данным литературы, снижает риск развития ИОХВ (Ying H. et al., 2022; Godolias P. et al., 2023).

Подводя итог обсуждения полученных результатов, можно заключить, что клинически значимое улучшение сагиттальных рентгенологических параметров может быть достигнуто с помощью обоих методов. Преимущества минимального инвазивного доступа заключаются в меньшей травматизации тканей, что приводит

к низкой кровопотере, сокращению времени оперативного вмешательства и срока госпитализации.

Неповрежденные задние элементы при выполнении ALIF с релизом передней продольной связки обеспечивают быстрое восстановление и лучшие функциональные результаты в раннем послеоперационном периоде, что можно считать решающим фактором для взрослых и пожилых пациентов с сагиттальным дисбалансом с учетом соматических заболеваний и сниженной толерантностью к послеоперационной анемии. Необходимо отметить, что благодаря проведенной рандомизации пациентов, наличию жестких критериев включения в проспективный этап исследования, 60 пациентов были распределены в две репрезентативные группы случайным образом, что позволяет говорить о достаточно высокой статистической и клинической значимости полученных результатов.

## **5.2. Совершенствование алгоритма тактики коррекции сагиттального дисбаланса у пациентов с дегенеративным сколиозом взрослых с использованием лордозизирующих индивидуальных кейджей из минимально инвазивного вентрального доступа**

Отбор пациентов для минимально инвазивной хирургии является ключевым фактором получения удовлетворительных результатов. Нужно отметить, что не все пациенты являются подходящими кандидатами для данного типа хирургического вмешательства. Процесс принятия решений должен включать в себя тщательный анализ клинических и рентгенологических параметров для возможного применения не прямой декомпрессии нервных структур, восстановления и поддержания баланса позвоночника аналогично традиционным открытым методам.

Попытки систематизации выбора оперативной техники для данной патологии не прекращаются по сегодняшний день и представляют большой



интерес. Проведя анализ зарубежной литературы, можно представить сложившийся хирургический подход (рис. 5.1).

	Легкая	Средняя	Тяжелая
CCA	<30°	>30	>30
PI-LL	<20°	20° - 30°	>30°
SVA	<5cm	5 - 9cm	>10cm
PT	<25°	25-30°	>30°
Лечение	Изолированные MIS-LIF, при PT<20 ±Перекутанная фиксация	Стандартная методика или MIS-LIF ±Перекутанная фиксация и фасетэктомия	Предпочтительна стандартная методика. Возможно применение гибридной MISS

Рис. 5.1. Алгоритм выбора метода коррекции дегенеративного сколиоза взрослых (Chan A.K. et al., 2021; Anand N. et al., 2022; Younus I. et al., 2024)

Однако в предложенном подходе имеется множество недостатков, о чем будет сказано далее. Так, А.К. Chan с соавторами на основании собственного опыта апробировали свои рекомендации по выбору оперативного метода коррекции на основании рентгенографических параметров (Chan A.K. et al., 2021). Пациенты с адекватным сагиттальным балансом (SVA <5 см) и позвоночно-тазовой гармонией (PI-LL <20 ° и PT <25 °) были помещены в группу легких нарушений и считались подходящими для использования минимально инвазивного спондилодеза с/без короткой фиксации. Пациентам с умеренным сагиттальным дисбалансом (SVA 5–9 см, PI-LL 20–30° и/или PT 25–30°) выполнялся межтеловой спондилодез через передний минимально инвазивный доступ с задней фиксацией и релиз передней продольной связки (ACR) или осуществлялась фасетэктомия на протяжении для получения адекватной коррекции. Наконец, пациентам с тяжелой степенью сагиттального дисбаланса (SVA>10 см с ригидной дугой, PT>30° и/или PI-LL>30°) выполнялась традиционная задняя открытая хирургия с выполнением всего спектра спондилотомий. Также рассматривалось выполнение гибридных операций с многоуровневым релизом передней продольной связки (ACR) для получения соответствующей коррекции при технической возможности. По заключению самих

авторов, не всем пациентам удалось применить данный алгоритм. Так, пациенты перемещались из одной группы в другую в основном из-за сопутствующей соматической патологии, противопоказаний к вмешательству, смены целей оперативного вмешательства.

Один из наиболее распространенных алгоритмов был предложен P.V. Mummaneni с соавторами. Данный алгоритм был создан для тех пациентов, у которых неоперативные методы лечения (медикаментозные блокады, радиочастотная денервация суставов) не принесли положительных результатов. В новой версии MISDEF рассматриваемые хирургические подходы варьировались от минимально инвазивных методов до традиционных открытых методов (Mummaneni P.V. et al., 2020) (рис 5.2).

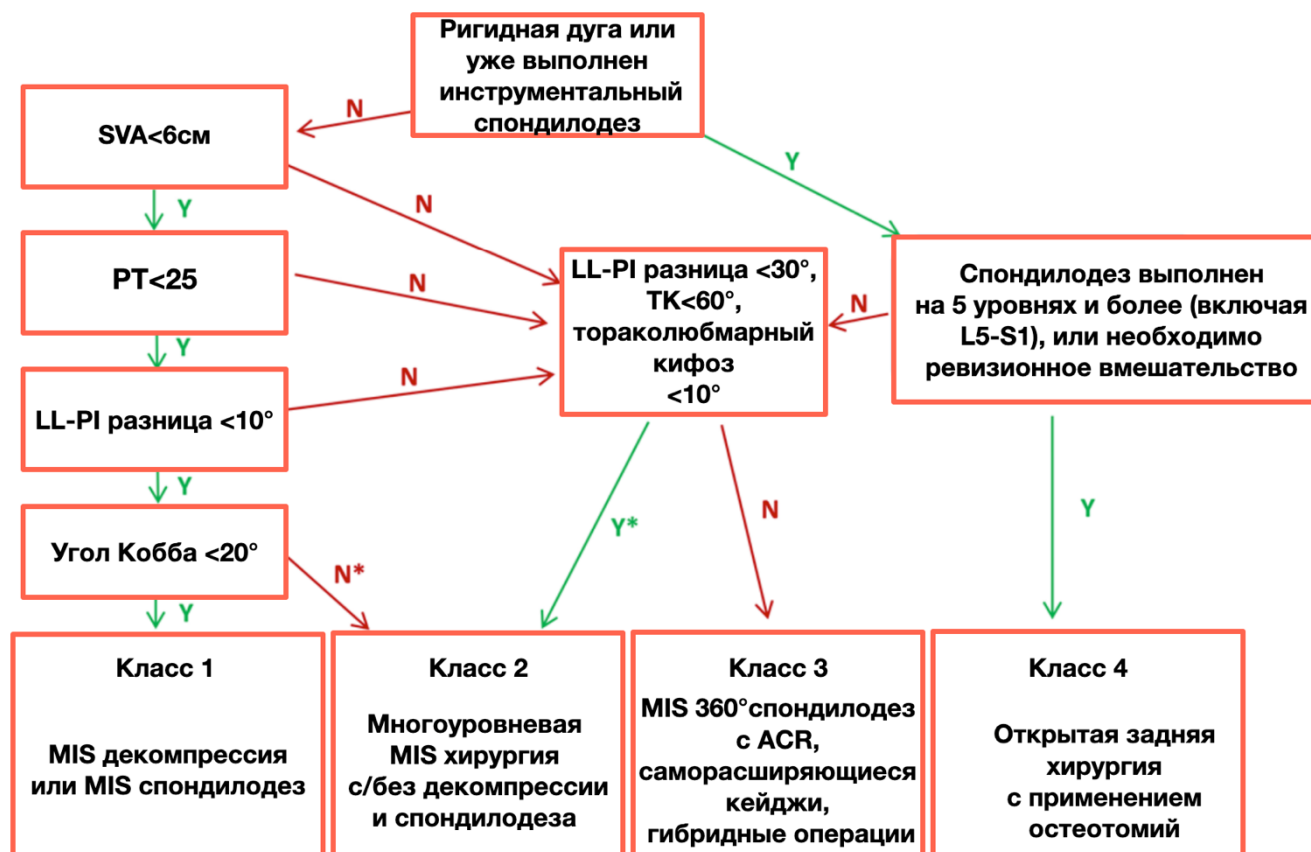


Рис. 5.2. Алгоритм выбора метода оперативного вмешательства для лечения дегенеративного сколиоза взрослых MISDEF (Mummaneni P.V. et al., 2020)

После внедрения новых малоинвазивных технологий таких как саморасширяющиеся кейджи, mini-open остеотомии, 360° MIS спондилодез, данный алгоритм претерпел некоторые изменения (Li B. et al., 2021).

Как и в исходном алгоритме, позвоночно-тазовые параметры являются ключевыми переменными, используемыми для определения наиболее подходящей хирургической тактики. Процесс разработки данного алгоритма включал опыт большого количества хирургов с опытом минимально инвазивной и традиционной открытой хирургии коррекции сколиотических деформаций.

Предложенные подходы и разработанные алгоритмы в основном ориентированы на применение позвоночно-тазовых параметров при выборе хирургической тактики, не учитываются остальные факторы, определяющие выбор подходящего оперативного вмешательства. Это означает, что разработка алгоритма должна базироваться прежде всего на определении цели оперативного вмешательства (исправление деформации, купирование болевого синдрома, улучшение качества жизни), имеющейся соматической патологии и в последнюю очередь – на данные рентгенологических измерений.

На основании результатов, полученных в ходе диссертационного исследования, а также представленных выше алгоритмов и обобщенного подхода, обозначенных ключевых факторов, описанных ниже, предложен собственный алгоритм выбора хирургической тактики (рис. 5.3).

Одним из ведущих факторов выбора является отсутствие противопоказаний к не прямой декомпрессии. Показанием к не прямой декомпрессии является отсутствие неврологических симптомов в покое или ее значительное снижение в положении лежа, отсутствие значимых задних остеофитов на теле позвонков. Данное условие является ключевым для проведения не прямой декомпрессии межтеловым устройством (Jacob K.C. et al., 2021).

В противном случае, при увеличении высоты диска межтеловым устройством произойдет вторичная компрессия нерва костными выступами, что потребует проведения ревизионного вмешательства.

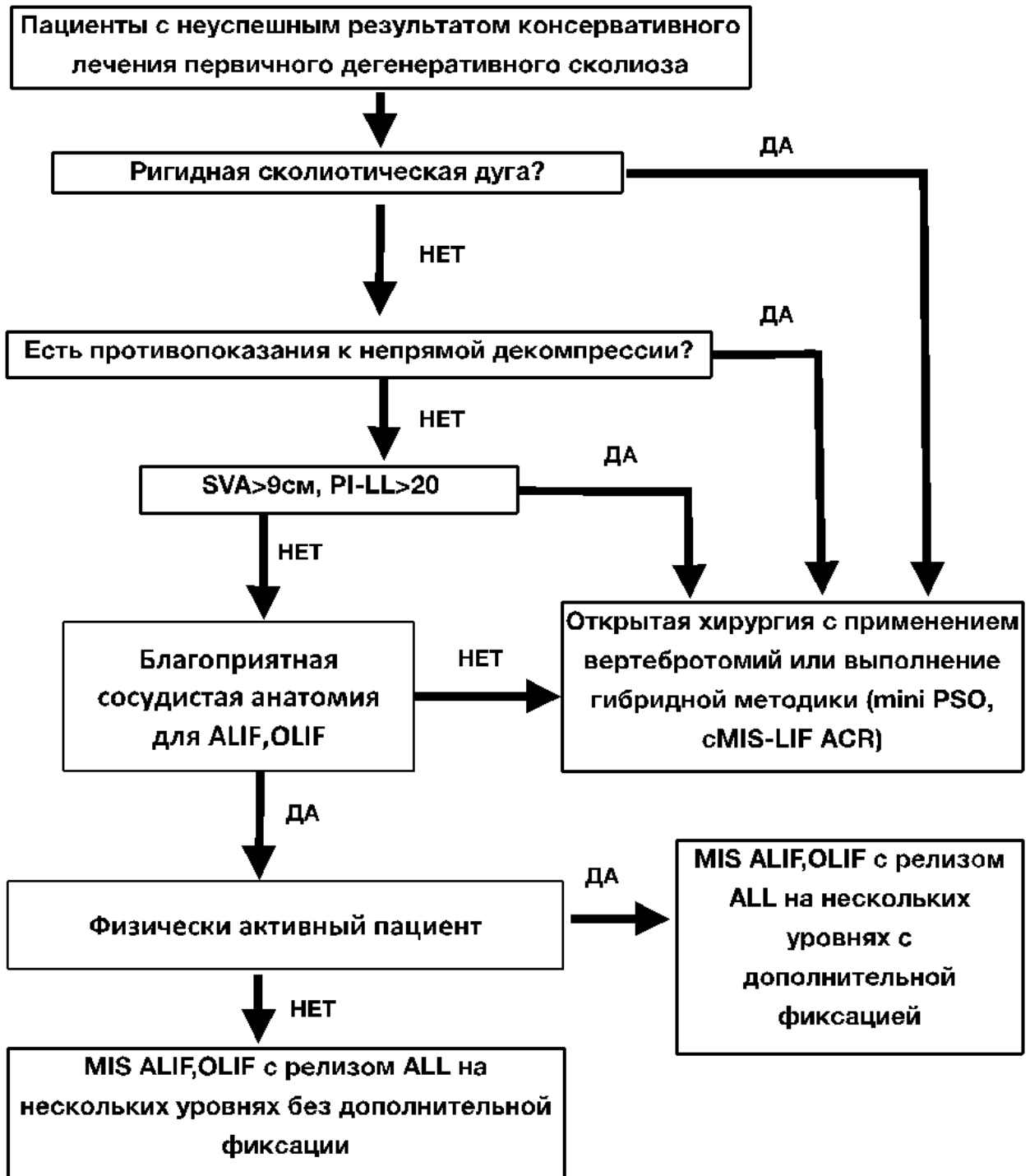


Рис. 5.3. Предложенный алгоритм выбора метода оперативного вмешательства у пациентов с дегенеративным сколиозом взрослых

Следующим ведущим фактором является благоприятное расположение магистральных сосудов для выполнения ALIF, OLIF, иначе пациентам предлагается выполнить LLIF или TLIF.

В случае выбора ALIF, OLIF без транспедикулярной фиксации необходимо учитывать профиль пациента, его уровень и степень физической активности, вид трудовой деятельности (у трудоспособных пациентов).

Так, большая частота появления псевдоартроза и нестабильности имплантата после выполнения ALIF наблюдается у курильщиков и работников физического труда (Manzur M. et al., 2020). Хотя применение самоблокирующихся кейджей позволяет произвести заднюю стабилизацию, но ее степень гораздо меньше, чем при использовании транспедикулярной фиксации (Maski M. et al., 2021). Так, в проведенном нами исследовании у 6 пациентов, работников тяжелого физического труда, наблюдались признаки нестабильности имплантата. Поэтому использование самоблокирующихся индивидуальных кейджей не рекомендовано у пациентов со значительной физической активностью.

В предложенном алгоритме выделены 3 группы хирургических тактик. Первые 2 группы являются выбором только в случае отсутствия противопоказаний к проведению не прямой декомпрессии.

В первой группе предлагается использовать переднюю коррекцию лордозизирующими кейджами с выполнением релиза передней продольной связки без дополнительной фиксации. Основной категорией пациентов для данного оперативного вмешательства является низкая физическая активность пациента.

Во второй группе рекомендуется осуществлять прежнюю тактику с дополнением транспедикулярной фиксации. Бенефициарами данной группы являются пациенты, у которых преобладает в основном тяжёлый физический труд, либо в повседневной жизни имеется высокая физическая активность.

Третья группа представлена стандартными открытыми методиками с проведением всего спектра спондилотомий, а также объединяет собой гибридные методы. Является методом выбора при необходимости проводить ревизионные вмешательства, либо если выполнен ранее спондилодез на пяти и более уровнях. Также открытое оперативное вмешательство выполняется при наличии противопоказаний у пациента к не прямой декомпрессии нервных структур.

Таким образом, предложенный и подробно представленный в настоящем разделе алгоритм выбора хирургического вмешательства у больных с

сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза взрослых основан на результатах собственных исследований и данных литературы. В нем учтены наличие показаний и противопоказаний к проведению не прямой декомпрессии, соматический и функциональный статус пациента, клинически важные рентгенографические параметры.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее диссертационное исследование было проведено с целью обоснования и разработки рационального подхода к выбору метода хирургического лечения для пациентов с сагиттальным дисбалансом вследствие дегенеративного сколиоза взрослых. Основой для указанных обоснований стали критический анализ профильных научных публикаций и анализ результатов хирургического лечения 123 пациентов с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза взрослых в ретроспективных и проспективных группах.

Ретроспективный сравнительный анализ рентгенологических параметров был проведен в двух основных группах (63 человека), вполне сопоставимых по количеству больных, их возрастному составу, а также по предоперационным рентгенологическим параметрам.

В первую из этих групп вошли 30 больных, которым был выполнен передний спондилодез лордозизирующими кейджами из минимально инвазивного переднего доступа (MIS ALIF), а во вторую – 33 пациента, перенесших спондилодез стандартными кейджами из заднего доступа (TLIF) с задней остеотомией позвоночника и транспедикулярной фиксацией. В ходе исследования изучены степень сегментарного лордоза и общего поясничного лордоза между группами. Количественные показатели были подвергнуты статистическому анализу. Полученные данные использовались для формирования необходимой выборки пациентов для проспективного этапа исследования.

Проспективный сравнительный анализ был проведен в двух основных рандомизированных клинических группах (60 человек), сопоставимых по количеству больных, их возрастному и половому составу, а также по предоперационным рентгенологическим параметрам. В первую из этих групп вошли 30 пациентов, которым была выполнена операция с использованием межтелового спондилодеза кейджами из минимально инвазивного переднего доступа без дополнительной фиксации, а во вторую – 30 больных, которым было выполнено оперативное вмешательство через задний стандартный доступ с

остеотомией позвоночника, коррекцией деформации с транспедикулярной фиксацией.

В перечисленных клинических группах и подгруппах проводилось комплексное клинико-инструментальное обследование посредством оценки демографических и рентгенологических параметров, а также объективного, неврологического и ортопедического статуса пациентов. Также проводился сбор данных о ранних результатах хирургического лечения и осложнений, оценивались функциональные результаты в послеоперационном периоде. Полученные данные сравнивались между собой. Результаты анализа собственного клинического материала послужили, наряду с данными научной литературы, основой для обоснования алгоритма выбора минимально инвазивной коррекции деформации позвоночника на основании рентгенологической и клинической оценки результатов у пациентов с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза взрослых.

Для реализации цели диссертационного исследования были поставлены пять задач, решения которых последовательно представлены далее по тексту заключения.

При решении первой задачи, предполагавшей ретроспективный анализ рентгенологических результатов оперативного лечения больных с дегенеративными деформациями позвоночника с применением индивидуальных титановых кейджей методикой ALIF, были получены сведения о степени коррекции сегментарного лордоза и общего поясничного. В частности было установлено, что применение лордозизирующих кейджей является эффективной хирургической методикой коррекции локальной деформации позвоночного столба.

Так, при внутригрупповом сравнении во всех исследуемых группах послеоперационные значения сегментарного лордоза значительно превосходили их предоперационные значения ( $p < 0,001$ ), что говорит об обоюдной эффективности рассматриваемых методик.

Однако при межгрупповом сравнении значительное превосходство в увеличении сегментарного лордоза наблюдалось в группе, где применялись



лордозизирующие кейджи для ALIF. Разница полученной коррекции достигала на уровне L3-L4 – 8°;  $p=0,000005$ ; L4-L5 – на 7°;  $p=0,000002$ ; L5-S1 – на 7°;  $p=0,0004$ .

При проведении межгруппового сравнения общего поясничного лордоза в дооперационном периоде статистически значимой разницы между группами не было найдено ( $p>0,001$ ). В послеоперационных значениях группа ALIF показала большую степень коррекции лордоза по сравнению с группой, где применялись стандартные кейджи для трансфораминального спондилодеза (29,1 в сравнении с 22,5 соответственно;  $p=0,00005$ ;  $p<0,001$ ). Полученные данные свидетельствуют о том, что применение лордозизирующих кейджей через вентральный доступ позволяет достичь большей степени коррекции, как сегментарного, так и общего лордоза.

Выполнение второй задачи диссертационной работы предполагало оценить необходимое количество пациентов, необходимых для проспективного этапа исследования. Был проведен расчет выборки для каждой группы при помощи  $t$ -критерия в программной среде R. Принимая во внимание разницу в полученном эффекте (поясничного лордоза) на ретроспективном этапе в 7°, было получено оптимальное значение численности пациентов для каждой когорты – 26 человек. При этом в расчете на вероятное негармоничное распределение исследуемых признаков в данных группах сравнения к окончательной выборке суммировалось 15% возможных потерь, часто встречающихся в проспективных исследованиях. В результате расчетный размер выборки составил 30 пациентов в каждой группе для демонстрации статистических различий.

Таким образом, было сформировано одно из ключевых требований для проведения проспективного этапа диссертационного исследования.

Для решения третьей и четвертой задач был проведен сравнительный анализ результатов корригирующих вмешательств стандартными методами с использованием транспедикулярной фиксации, вертебротомий из заднего доступа с результатами лечения у пациентов проспективной группы с использованием межтелового спондилодеза кейджами из переднего минимально инвазивного доступа.

Было выявлено, что интраоперационная кровопотеря была значительно выше в группе контроля и составила  $753 \pm 277$  мл, в то время как в группе ALIF  $193 \pm 68$  мл ( $p < 0,05$ ). Время оперативного вмешательства, также значительно различалось. Так, в группе ALIF она составила  $120 \pm 2$  мин, в группе контроля –  $230 \pm 3$  мин ( $p < 0,05$ ). Такая же тенденция наблюдалась в сравнении количества койко-дней. В группе ALIF она составила  $8 \pm 2$  койко-дня, в группе контроля –  $17 \pm 5$  ( $p < 0,05$ ).

При оценке рентгенологических показателей в обеих группах наблюдалась статистически значимая разница в значениях общего поясничного лордоза (LL). Так, группа ALIF показала большую степень коррекции лордоза по сравнению с контрольной группой ( $22 \pm 10,3$  против  $33 \pm 7,6$  соответственно;  $p < 0,001$ ). При оценке остальных рентгенологических параметров статистически значимой разницы обнаружено не было ( $p < 0,001$ ).

Оценка по функциональным шкалам также показала значительное превосходство группы ALIF в сравнении с группой контроля на ранних послеоперационных сроках. На 5-е сутки отмечено достоверное снижение болевого синдрома по шкале NRS ( $p = 0,03$ ), улучшение по ODI ( $p = 0,0000009$ ) и SRS-22 ( $p = 0,000000001$ ). Схожая тенденция наблюдалась через 3 месяца: NRS ( $p = 0,002$ ), улучшение по ODI ( $p = 0,00004$ ) и SRS-22 ( $p = 0,000003$ ). В сроки наблюдения от 6 до 12 месяцев статистически значимых различий по шкалам NRS, ODI, SRS-22 между группами получено не было ( $p > 0,05$ ).

Значительный вклад в структуру соматических осложнений внесли гематологические 36,8% (14 случаев) и гастроэнтерологические осложнения 34,2% (13 случаев). Наибольшее количество осложнений наблюдалось в группе контроля, была получена статистически значимая разница между исследуемыми группами ( $p < 0,05$ ). При оценке хирургических осложнений в группах сравнения статистически значимой разницы обнаружено не было ( $p > 0,05$ ).

Оценка факторов хирургической эффективности ALIF, ее малая травматичность и низкие риски возможных осложнений позволили определить показания для ее использования у изучаемой категории пациентов и дать рекомендации по оптимальному применению методики. Одним из ведущих

факторов выбора является отсутствие противопоказаний к не прямой декомпрессии. Показанием к не прямой декомпрессии является отсутствие неврологических симптомов в покое или ее значительное снижение в положении лежа и отсутствие значимых задних остеофитов тела позвонка. Данное условие является ключевым для проведения не прямой декомпрессии межтеловым устройством (Jacob K.S. et al., 2021). В противном случае из-за увеличения высоты диска межтеловым кейджем произойдет вторичная компрессия нерва.

Следующим ведущим фактором выбора малоинвазивного вентрального хирургического вмешательства является благоприятное расположение магистральных сосудов для выполнения ALIF, OLIF, в противном случае пациентам предлагается выполнить оперативное вмешательство из заднего или бокового доступа LLIF или TLIF. В случае выбора ALIF, OLIF без транспедикулярной фиксации необходимо учитывать профиль пациента, его уровень и степень физической активности, вид трудовой деятельности (у трудоспособных пациентов). Так, большая частота появления псевдоартроза и нестабильности имплантата после выполнения ALIF наблюдается у постоянных курильщиков и у работников физического труда (Manzur M. et al., 2020).

Хотя применение самоблокирующихся кейджей позволяет произвести заднюю стабилизацию, но ее степень гораздо меньше, чем при использовании транспедикулярной фиксации (Maski M., et al., 2021). Так, в данном исследовании у 6 пациентов, работников тяжелого физического труда, наблюдались признаки нестабильности имплантата. Поэтому использование самоблокирующихся индивидуальных кейджей не рекомендовано у пациентов со значительной физической активностью.

Заключительным этапом исследования стало формирование алгоритма выбора хирургического вмешательства у больных с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза взрослых. Он основан на результатах собственных исследований и данных литературы. Нами были учтены показатели эффективности и травматичности существующих методик коррекции и стабилизации позвоночника из заднего и вентрального доступов, наличие показаний и противопоказаний к проведению не прямой декомпрессии, соматический и

функциональный статус пациента, клинически важные рентгенографические параметры.

Алгоритм четко определяет место изолированной коррекции деформации вентральными лордозирующими кейджами без дополнительной фиксации в структуре оперативных вмешательств у данной категории пациентов.

## ВЫВОДЫ

1. Применение лордозирующих кейджей, установленных через вентральный доступ, позволяет достичь большей степени коррекции общего поясничного лордоза по сравнению со стандартной методикой из заднего доступа в 1,5 раза (на  $11^\circ$ ,  $p = 0,00005$ ,  $p < 0,001$ ). Применение лордозирующих кейджей позволяет значительно увеличить сегментарный лордоз (L3-L4 – на  $8^\circ$ ;  $p=0,0005$ ; L4-L5 – на  $7^\circ$ ;  $p=0,0002$ ; L5-S1 – на  $7^\circ$ ;  $p=0,0001$ ).

2. Определение необходимого количества пациентов для проспективного исследования на основании данных ретроспективного этапа при помощи статистических методов (30 пациентов в каждой группе) дает право обоснованно использовать результаты проведенного исследования в практических рекомендациях.

3. Несмотря на одинаковую степень восстановления сагиттального баланса, применение спондилодеза индивидуальными лордозирующими кейджами через вентральные доступы снижает недостатки, связанные с задней открытой техникой. Позволяет снизить кровопотерю в 3 раза ( $p < 0,05$ ), сократить время оперативного вмешательства в 1,7 раз ( $p < 0,05$ ), сократить количество дней госпитализации в 2 раза ( $p < 0,05$ ), снизить общую частоту возникновения осложнений в 2 раза ( $p=0,0002$ ;  $p < 0,05$ ).

4. Показаниями для выбора малоинвазивного переднего спондилодеза индивидуальными кейджами являются наличие благоприятного расположения магистральных сосудов, отсутствие противопоказаний к непрямой декомпрессии и отсутствие необходимости проведения ревизионных вмешательств. Неповрежденные задние элементы при выполнении переднего спондилодеза лордозирующими кейджами обеспечивают быстрое восстановление и лучшие функциональные результаты в раннем послеоперационном периоде – с 5 суток до 3 месяцев ( $p < 0,05$ ), что является одним из решающих факторов при выборе малоинвазивной методики для взрослых и пожилых пациентов.

5. Усовершенствованный алгоритм позволяет оптимизировать выбор тактики оперативного лечения, в том числе с использованием аддитивных технологий, и определяет место малоинвазивных вентральных вмешательств с

использованием индивидуальных кейджей у пациентов с дегенеративными деформациями поясничного отдела позвоночника.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Решение об оперативном лечении сагиттального дисбаланса на фоне дегенеративного сколиоза взрослых должно приниматься в первую очередь с учетом общего состояния пациента и при отсутствии положительного эффекта от консервативного лечения.

2. При выборе наиболее подходящего метода хирургического лечения у пациентов с сагиттальным дисбалансом на фоне дегенеративного сколиоза взрослых рекомендуется использовать предложенный алгоритм, предполагающий три возможных варианта хирургических вмешательств в зависимости от наличия противопоказаний к непрямой декомпрессии, а также соматического и физического статуса пациента.

3. Для использования малоинвазивного переднего доступа необходимы тщательное соблюдение хирургической техники и обязательное проведение предоперационного планирования для оценки анатомии магистральных сосудов (на КТ, МРТ). Если хирургический доступ для имплантации лордозизирующего кейджа не может быть выполнен без широкой диссекции сосудов на протяжении, лучше отказаться от данной процедуры во избежание нежелательных осложнений.

4. Передний спондилодез лордозизирующими кейджами без дополнительной задней стабилизации показан для коррекции сагиттального профиля у пациентов с незначительным изменением фронтального баланса, при отсутствии противопоказаний к непрямой декомпрессии и низкой физической активности больных.

5. В случае появления признаков асептического расшатывания межтелового имплантата, потери коррекции на послеоперационном этапе выполнение перкутанной фиксации транспедикулярными винтами не влияет на дальнейший срок реабилитации и функциональный результат.

**СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

ГОП – грудной отдел позвоночника

ДДЗП – дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника

КТ – компьютерная томография

МРТ – магнитно-резонансная томография

ПДС – позвоночно-двигательный сегмент

ПОП – поясничный отдел позвоночника

РДСВ – респираторный дистресс-синдром взрослых

ТЭЛА – тромбоэмболия легочной артерии

ШОП – шейный отдел позвоночника

ЭОП – электронно-оптический преобразователь

ADS – adult degenerative scoliosis (дегенеративный сколиоз у взрослых)

CSA – central sacrum axis (центральная крестцовая ось)

SS – sacral slope (наклон крестца к горизонтали)

ADS – adult degenerative scoliosis (дегенеративный сколиоз взрослых)

ASA – American Society of Anaesthesiologists (Американская ассоциация анестезиологов)

CSVL – central sacral vertical line (вертикальная линия из центра крестца)

ODI – Oswestry Disability Index (индекс нарушения жизнедеятельности Освестри)

PSO – pedicle subtraction osteotomy (остеотомия ножки позвонка)

SRS – Scoliosis research society (Общество исследования сколиоза)

SPO – Smith-Peterson osteotomy (остеотомия Смит-Петерсона)

VAS – Visual Analog Score (визуально-аналоговая шкала)

NRS – Numeric Rating Scale (числовая-аналоговая шкала)

LL – lumbal lordosis (поясничный лордоз)

PI – pelvic incidence (тазовый наклон)

PT – pelvic tilt (наклон таза к вертикали)

SVA – sagittal vertical axis (сагиттальная вертикальная ось)

TK – thoracic kyphosis (грудной кифоз)



TLIF – transforaminal lumbar interbody fusion (трансфораминальный межтеловой спондилодез поясничного отдела)

ACR – anterior column realignment (коррекция передней колонны)

ALL – anterior longitudinal ligament (передняя продольная связка)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алейник, А.Я. Влияние локального лордозизирующего трансфораминального межтелового спондилодеза на смежные сегменты и позвоночно-тазовые отношения. Рентгенологическое исследование / А.Я. Алейник, С.Г. Млявых, А.Е. Боков, М.В. Тарамженин // Гений ортопедии. – 2018. – Т. 24, № 3. – С. 341-348.
2. Басанкин, И.В. Анализ причин развития проксимального переходного кифоза после инструментальной фиксации на фоне дефицита минеральной плотности костной ткани / И.В. Басанкин, В.А. Порханов, Д.А. Пташников [и др.] // Гений ортопедии. – 2019. – Т. 25, №1. – С. 65-70.
3. Боков, А.Е. Сравнительный анализ результатов применения прямого латерального и трансфораминального поясничного межтелового спондилодеза у пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника / А.Е. Боков, А.А. Булкин, С.Я. Калинина [и др.] // Инновационная медицина Кубани. – 2021. – Т. 23, № 3. – С. 12-18.
4. Бурцев, А.В. Компьютерное 3D-моделирование с изготовлением индивидуальных лекал для навигирования введения винтов в шейном отделе позвоночника / А.В. Бурцев, О.М. Павлова, С.О. Рябых [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2018. – Т. 15, № 2. – С. 33-38.
5. Губин, А.В. Клиническая апробация русскоязычной версии анкеты SRS-22 для взрослых пациентов / А.В. Губин, О.Г. Прудникова, В.В. Камышева [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2017. – Т. 14, № 2. – С. 31-40.
6. Климов, В.С. Влияние сочетанной патологии на результаты хирургического лечения пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративным стенозом позвоночного канала на поясничном уровне / В. С. Климов, Р. В. Халепа, Е. В. Амелина [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2020. – Т. 17, № 2. – С. 31-42.
7. Коваленко, Р.А. Сравнительный анализ результатов имплантации транспедикулярных винтов в грудном отделе позвоночника с использованием

индивидуальных навигационных матриц и методики free hand / Р.А. Коваленко, Д.А. Пташников, В.Ю. Черebilло [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2020. – Т. 26, № 3. – С. 49-60.

8. Крутько, А.В. Минимально-инвазивной технологии в хирургическом лечении дегенеративного поясничного сколиоза взрослых / А.В. Крутько, П. Дурни, А.И. Васильев [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2014. – Т. 11, № 4. – С. 49-56.

9. Кулешов, А.А. Аддитивные технологии в хирургии деформаций позвоночника / А.А. Кулешов, М.С. Ветрилэ, А.Н. Шкарубо [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2018. – Т. 25, № 3-4. – С. 19-29.

10. Лебедев, В.Б. Мини-инвазивная реконструкция позвоночного канала при дегенеративном поясничном стеноза / В.Б. Лебедев, Д.С. Епифанов, Г.В. Костенко [и др.] // Хирургия позвоночника. – 2017. – Т. 14, N 3. – С. 67-73.

11. Михайлов, Д.А. Результаты лечения пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративными деформациями и нестабильностью позвоночника / Д.А. Михайлов, Д.А. Пташников, С.В. Масевнин [и др.] // Травматология и ортопедия России. – 2017. – Т. 23, № 2. – С. 15-26.

12. Млявых, С.Г. Открытые и минимально-инвазивные технологии в хирургическом лечении стабильных симптоматических стенозов поясничного отдела позвоночника / С.Г. Млявых, А.Е. Боков, А.Я. Алейник [и др.] // Современные технологии в медицине. – 2019. – № 4. – С. 135-145.

13. Пелеганчук, А.В. Декомпрессивно-стабилизирующие оперативные вмешательства с использованием индивидуальных кейджей, изготовленных методом 3D-печати / А.В. Пелеганчук, В.А. Базлов, А.В. Крутько // Хирургия позвоночника. – 2018. – Т. 15, №1. – С. 65-70.

14. Прудникова, О.Г. Хирургия деформаций позвоночника у взрослых: актуальные проблемы и подходы к лечению (обзор литературы) / О.Г. Прудникова // Гений ортопедии. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 94-102.

15. Шибалков, И.П. Дифференциация удовлетворенности качеством жизни у пожилых людей в России / И.П. Шибалков, О.П. Недоспасова, И.А. Павлова, В.А. Бойков // Успехи геронтологии. – 2022. – Т. 35, № 6. – С. 900-910.
16. Aebi, M. The adult scoliosis / M. Aebi // Eur. Spine J. – 2005. – Vol. 14, N 10. – P. 925-948.
17. Ahlquist, S. Implications of sagittal alignment and complication profile with stand-alone anterior lumbar interbody fusion versus anterior posterior lumbar fusion / S. Ahlquist, R.Thommen, H.Y. Park [et al.] // J. Spine Surg. – 2020. – Vol. 6, N 4. – P. 659-669.
18. Ahmed Attari, M.B. Comparative Analysis of Outcomes in Acute Organophosphate Poisoning With and Without N-acetyl Cysteine Intervention / M.B. Ahmed Attari, T. Zaman, A. Amjad [et al.] // Cureus. – 2024. – Vol. 16, N 1. – P. e53155.
19. Akıntürk, N. Complications of adult spinal deformity surgery: A literature review / N. Akıntürk, M.Zileli, O.Yaman [et al.] // J. Craniovertebr. Junction Spine. – 2022. – Vol. 13, N 1. – P. 17-26.
20. Albayar, A. Incidental Durotomy Repair in Lumbar Spine Surgery: Institutional Experience and Review of Literature / A. Albayar, M. Spadola, R. Blue [et al.] // Global Spine J. – 2024. – Vol. 14, N 4. – P. 1316-1327.
21. Albayar, A. Postoperative Sagittal Spinal Alignment Changes Following Corrective Surgery in Adult Spinal Deformity / A. Albayar, A. Ramayya, P.Z. Sullivan [et al.] // Int. J. Spine Surg. – 2021. – Vol. 15, N 6. – P. 1082-1089.
22. Alhaug, O.K. Long-term comparison of anterior (ALIF) versus transforaminal (TLIF) lumbar interbody fusion: a propensity score-matched register-based study / O.K. Alhaug, F.C. Dolatowski, A.M. Thyraug [et al.] // Eur. Spine J. – 2024. – Vol. 33, N 3. – P. 1109-1119.
23. Allain, J. Anterior lumbar fusion techniques: ALIF, OLIF, DLIF, LLIF, IXLIF / J. Allain, T. Dufour // Orthop. Traumatol. Surg. Res. – 2020. – Vol. 106, N 1. – P. 149-S157.

24. Alvarez Reyes, A. Complications in the Elderly Population Undergoing Spinal Deformity Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis / A. Alvarez Reyes, A.S. Jack, R.J. Hurlbert [et al.] // *Global Spine J.* – 2022. – Vol. 12, N 8. – P. 1934-1942.
25. Amjad, F. Urdu version of Oswestry disability index; a reliability and validity study / F. Amjad, M.A. Mohseni-Bandpei, S.A. Gilani [et al.] // *BMC Musculoskelet. Disord.* – 2021. – Vol. 22, N 1. – P. 311.
26. Anand, N. Management of severe adult spinal deformity with circumferential minimally invasive surgical strategies without posterior column osteotomies: a 13-year experience / N. Anand, A. Alayan, C. Kong [et al.] // *Spine Deform.* – 2022. – Vol. 10, N 5. – P. 1157-1168.
27. Atisook, R. Validity and Utility of Four Pain Intensity Measures for Use in International Research / R. Atisook, P. Euasobhon, A. Saengsanon [et al.] // *J. Pain Res.* – 2021. – Vol. 14, N 1. – P. 1129-1139.
28. Austevoll, I.M. Comparative Effectiveness of Microdecompression Alone vs Decompression Plus Instrumented Fusion in Lumbar Degenerative Spondylolisthesis / I.M. Austevoll, R.Gjestad, T. Solberg [et al.] // *JAMA Netw. Open.* – 2020. – Vol. 3, N 9. – P. e2015015.
29. Bains, R.R. Are there differences in the reoperation rates for operative adjacent-segment disease between ALIF+PS, PLIF+PS, TLIF+PS, and LLIF+PS? An analysis of a cohort of 5291 patients / R.R. Bains, K.E. Royse, J. Fennessy [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2024. – Vol. 40, N 6. – P. 733-740.
30. Bassani, R. Functional and radiological outcome of anterior retroperitoneal versus posterior transforaminal interbody fusion in the management of single-level lumbar degenerative disease / R. Bassani, C. Morselli, A.M. Querenghi [et al.] // *Neurosurg. Focus.* – 2020. – Vol. 49, N 3. – P. 1–9.
31. Batheja, D. Lateral lumbar interbody fusion in adult spine deformity – A review of literature / D. Batheja, B. Dhamija, A. Ghodke [et al.] // *J. Clin. Orthop. Trauma.* – 2021. – Vol. 22. – P. 101597.
32. Bergin, S.M. Surgical technique of combined minimally invasive anterior column realignment at L1-L2 with open extension of prior fusion / S.M. Bergin,

C.F. Dibble, H.J. Lee [et al.] // *J. Spine Surg.* – 2023. – Vol. 9, N 3. – P. 288-293.

33. Bivona, L.J. Spinal deformity surgery is accompanied by serious complications: report from the Morbidity and Mortality Database of the Scoliosis Research Society from 2013 to 2020 / L.J. Bivona, J. France, C.S. Daly-Seiler [et al.] // *Spine Deform.* – 2022. – Vol. 10, N 6. – P. 1307-1313.

34. Body, A.M. Retrograde ejaculation following anterior lumbar surgery: a systematic review and pooled analysis / A.M. Body, Z.J. Plummer, B.M. Krueger [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2021. – Vol. 35, N 4. – P. 427-436.

35. Bortz, C. Frequency and Implications of Concurrent Complications Following Adult Spinal Deformity Corrective Surgery / C. Bortz, K.E. Pierce, A. Brown [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2021. – Vol. 46, N 21. – P. E1155-E1160.

36. Bourghli, A. Radiographic outcomes and complications after L4 or L5 pedicle subtraction osteotomy for fixed sagittal malalignment in 102 adult spinal deformity patients with a minimum 2-year follow-up / A. Bourghli, L. Boissiere, T. Chevillotte [et al.] // *Eur Spine J.* – 2022. – Vol. 31, N 1. – P. 104-111.

37. Brunner, R. Development and conservative treatment of spinal deformities in cerebral palsy / R. Brunner // *J. Child Orthop.* – 2020. – Vol. 14, N 1. – P. 2-8.

38. Buckland, A.J. Spinal exposure for anterior lumbar interbody fusion (ALIF) in the lateral decubitus position: anatomical and technical considerations / A.J. Buckland, C. Leon, K. Ashayeri [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2022. – Vol. 31, N 9. – P. 2188-2195.

39. Buell, T.J. Multicenter assessment of outcomes and complications associated with transforaminal versus anterior lumbar interbody fusion for fractional curve correction / T.J. Buell, C.I. Shaffrey, S. Bess [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2021. – Vol. 35, N 6. – P. 729-742.

40. Byun, C.W. Effect of overcorrection on proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity: analysis by age-adjusted ideal sagittal alignment / C.W. Byun, J.H. Cho, C.S. Lee [et al.] // *Spine J.* – 2022. – Vol. 22, N 4. – P. 635-645.

41. Chan, A.K. Two- and three-year outcomes of minimally invasive and hybrid correction of adult spinal deformity / A.K. Chan, R.K. Eastlack, R.G. Fessler [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2021. – Vol. 36, N 4. – P. 595-608.

42. Cheung, J.P.Y. Predictive factors for successful non-operative treatment and achieving MCID improvement in health-related quality of life in adult spinal deformity / J.P.Y. Cheung, H.L.Wong, P.W.H. Cheung // *BMC Musculoskelet. Disord.* – 2022. – Vol. 23, N 1. – P. 802.
43. Cheung, J.P.Y. The importance of sagittal balance in adult scoliosis surgery / J.P.Y. Cheung // *Ann. Transl. Med.* – 2020. – Vol. 8, N 2. – P. 35.
44. Cho, K.J. Pedicle Subtraction Osteotomy in Adult Spinal Deformity: Comparing Fixed Versus Flexible Sagittal Imbalance / K.J. Cho, K.T. Kim, Y.H. Youn, J.S. Song // *Clin Spine Surg.* – 2022. – Vol. 35, N 3. – P. E394-E399.
45. Choi, M.K. Anterior lumbar interbody fusions combined with posterior column osteotomy in patients who had sagittal imbalance associated with degenerative lumbar flat-back deformity: a retrospective case series / M.K. Choi, S.M. Kim, D.J. Jo // *Neurosurg. Rev.* – 2020. – Vol. 43, N 4. – P. 1117-1125.
46. Clohisy, J.C.F. Revision Surgery for Proximal Junctional Kyphosis and the Role for Addressing Residual Deformity / J.C.F. Clohisy, H.J. Kim // *Int. J. Spine Surg.* – 2023. – Vol. 17, N 2. – P. S65-S74.
47. Cofano, F. Clinical and radiographic performance of indirect foraminal decompression with anterior retroperitoneal lumbar approach for interbody fusion (ALIF) / F. Cofano, F. Langella, S. Petrone [et al.] // *Clin. Neurol. Neurosurg.* – 2021. – Vol. 209, N 1. – P. 106946.
48. Cristante, A.F. Adult Degenerative Scoliosis / A.F. Cristante, R.T.E. Silva, G.H.R.D. Costa [et al.] // *Rev. Bras. Ortop.* – 2021. – Vol. 56, N 1. – P. 1-8.
49. Dalbayrak, S. Clinical and radiological outcomes after correction of degenerative lumbar scoliosis with dynamic stabilization (with the help of a rigid rod); and describing an alternative technique / S. Dalbayrak, A. Öğrenci, E. Akar [et al.] // *J. Clin. Neurosci.* – 2020. – Vol. 79, N 1. – P. 123-128.
50. Deville, R. Readmission rate after adult scoliosis surgery on primary cases over 45 years-old with long term follow-up / R. Deville, M. Khalifé, M.E. Rollet [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2024. Online ahead of print. PMID: 39147908.

51. Doyle, D.J. American Society of Anesthesiologists Classification / D.J. Doyle, J.M. Hendrix, E.H. Garmon // StatPearls (Internet). – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. – 2024. – Url: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441940/>
52. Echt, M. Decompression Alone in the Setting of Adult Degenerative Lumbar Scoliosis and Stenosis: A Systematic Review and Meta-Analysis / M. Echt, R. De la Garza Ramos, E. Geng [et al.] // Global Spine J. – 2023. – Vol. 13, N 3. – P. 861-872.
53. Elabd, A.M. Relationships between forward head posture and lumbopelvic sagittal alignment in older adults with chronic low back pain / A.M. Elabd, O.M. Elabd // J. Bodyw. Mov. Ther. – 2021. – Vol. 28, N 1. – P. 150-156.
54. Emami, A. Comparing clinical and radiological outcomes between single-level OLIF and XLIF: A systematic review and meta-analysis / A. Emami, N. Patel, D. Coban [et al.] // N. Am. Spine Soc. J. – 2023. – Vol. 14, N 1. – P. 100216.
55. Euasobhon, P. Reliability and responsivity of pain intensity scales in individuals with chronic pain / P. Euasobhon, R. Atisook, K. Bumrungchatudom [et al.] // Pain. – 2022. – Vol. 163, N 12. – P. e1184-e1191.
56. Fanous, A.A. Kambin's triangle: Definition and new classification schema / A.A. Fanous, L.M. Tumialán, M.Y. Wang // J. Neurosurg. Spine. – 2020. – Vol. 32, N 3. – P. 390-398.
57. Farshad, M. Template guided cervical pedicle screw instrumentation / M. Farshad, J.M.Spirig, E. Winkler [et al.] // N. Am. Spine Soc. J. – 2022. – Vol. 10. – P. 100120.
58. Ferrero, E. Relationships between radiographic parameters and spinopelvic muscles in adult spinal deformity patients / E. Ferrero, W. Skalli, V. Lafage [et al.] // Eur. Spine J. – 2020. – Vol. 29, N 6. – P. 1328-1339.
59. Formica, M. Lateral Lumbar Interbody Fusion: What Is the Evidence of Indirect Neural Decompression? A Systematic Review of the Literature / M. Formica, E. Quarto, A. Zanirato [et al.] // HSS J. – 2020. – Vol. 16, N 2. – P. 143-154.
60. Früh, A. Decompression with or without fusion in degenerative adjacent segment stenosis after lumbar fusions / A. Früh, P. Leißa, D. Tkatschenko [et al.] // Neurosurg Rev. – 2022. – Vol. 45, N 6. – P. 3739-3748.



61. Fujii, T. 10-year Longitudinal MRI Study of Intervertebral Disk Degeneration in Patients With Lumbar Spinal Canal Stenosis After Posterior Lumbar Decompression Surgery / T. Fujii, K. Daimon, M. Ozaki [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2023. – Vol. 48, N 12. – P. 815-824.
62. Fujishiro, T. Adult spinal deformity surgical decision-making score. Part 2: development and validation of a scoring system to guide the selection of treatment modalities for patients above 40 years with adult spinal deformity / T. Fujishiro, L. Boissière, D.T. Cawley [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2020. – Vol. 29, N 1. – P. 45-53.
63. Fukuda, K. Minimally invasive anteroposterior combined surgery using lateral lumbar interbody fusion without corpectomy for treatment of lumbar spinal canal stenosis associated with osteoporotic vertebral collapse / K. Fukuda, H. Katoh, Y. Takahashi [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2021. – Vol. 35, N 2. – P. 154-162.
64. Gadjradj, P.S. Decompression alone versus decompression with fusion in patients with lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis: a systematic review and meta-analysis / P.S. Gadjradj, M. Basilious, J.L. Goldberg [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2023. – Vol. 32, N 3. – P. 1054-1067.
65. García-Ramos, C.L. Lumbar degenerative spondylolisthesis II: treatment and controversies / C.L. García-Ramos, J. Valenzuela-González, V.B. Baeza-Álvarez [et al.] // *Acta Ortop. Mex.* – 2020. – Vol. 34, N 6. – P. 433-440.
66. Ge, R.L. The influencing factors on the spinal sagittal alignment and global balance status of degenerative thoracolumbar kyphosis / R.L. Ge, Y. Liang, S. Xu // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* – 2024. – Vol. 104, N 13. – P. 1036-1042.
67. Geng, Z. Bibliometric Analysis of the Development, Current Status, and Trends in Adult Degenerative Scoliosis Research: A Systematic Review from 1998 to 2023 / Z. Geng, J. Wang, J. Liu [et al.] // *J. Pain Res.* – 2024. – Vol. 17, N 1. – P. 153-169.
68. Glassman, S.D. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity / S.D. Glassman, K. Bridwell, J.R. Dimar [et al.] // *Spine (Phila. Pa. 1976)*. – 2005. – Vol. 30, N 18. – P. 2024-2029.

69. Godolias, P. Complication rates following stand-alone lateral interbody fusion: a single institution series after 10 years of experience / P. Godolias, Z.L. Tatarzyn, S. Frieler [et al.] // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* – 2023. – Vol. 33, N 5. – P. 2121-2127.
70. Godzik, J. Biomechanics of open versus minimally invasive deformity correction: comparison of stability and rod strain between pedicle subtraction osteotomy and anterior column realignment / J. Godzik, B. de Andrada Pereira, A.G.U. Sawa [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2021. – Vol. 35, N 3. – P. 347-355.
71. Godzik, J. Minimally Invasive Anterior Longitudinal Ligament Release for Anterior Column Realignment / J. Godzik, B.A. Pereira, C. Hemphill [et al.] // *Glob. Spine J.* – 2020. – Vol. 10, N 2. – P. 101S-110S.
72. Gupta, A. Osteoporosis increases the likelihood of revision surgery following a long spinal fusion for adult spinal deformity / A. Gupta, T. Cha, J. Schwab [et al.] // *Spine J.* – 2021. – Vol. 21, N 1. – P. 134-140.
73. Haddad, S. Combined anterior-posterior versus all-posterior approaches for adult spinal deformity correction: a matched control study / S. Haddad, A. Vila-Casademunt, Ç. Yilgor [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2022. – Vol. 31, N 7. – P. 1754-1764.
74. Hadzik, J. Fractal Dimension and Texture Analysis in the Assessment of Experimental Laser-Induced Periodic Surface Structures (LIPSS) Dental Implant Surface-In Vitro Study Preliminary Report / J. Hadzik, P. Kubasiewicz-Ross, W. Simka [et al.] // *Materials (Basel).* – 2022. – Vol. 15, N 8. – P. 2713.
75. Hamdan, A.D. Vascular injury during anterior exposure of the spine / A.D. Hamdan, J.Y. Malek, M.L. Schermerhorn [et al.] // *J. Vasc. Surg.* – 2008. – Vol. 48, N 3. – P. 650-654.
76. Hey, H.W.D. Characterization of Sagittal Spine Alignment With Reference to the Gravity Line and Vertebral Slopes: An Analysis of Different Roussouly Curves / H.W.D. Hey, K.A. Tan, V.N. Thadani [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2020. – Vol. 45, N 9. – P. E481-E488.

77. Hirase, T. Anterior column realignment (ACR) for focal kyphotic spinal deformity using an anterior to psoas approach and anterior longitudinal ligament release / T. Hirase, S.M. Vemu, C. Shin [et al.] // *J. Spine Surg.* – 2023. – Vol. 9, N 4. – P. 422-433.
78. Hohenberger, C. Incidence of medical and surgical complications after elective lumbar spine surgery / C. Hohenberger, R. Albert, N.O. Schmidt [et al.] // *Clin. Neurol. Neurosurg.* – 2022. – Vol. 220, N 1. – P. 107348.
79. Horvath, B. The Evolution, Current Value, and Future of the American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification System / B. Horvath, B. Kloesel, M.M. Todd [et al.] // *Anesthesiology.* – 2021. – Vol. 135, N 5. – P. 904-919.
80. Hurtado-Avilés, J. Validity and reliability of a computer-assisted system method to measure axial vertebral rotation / J. Hurtado-Avilés, V.J. León-Muñoz, Sanz-J.M. Mengibar [et al.] // *Quant. Imag. Med. Surg.* – 2022. – Vol. 12, N 3. – P. 1706-1715.
81. Im, S.K. Proximal Junctional Kyphosis in Degenerative Sagittal Deformity After Under- and Overcorrection of Lumbar Lordosis: Does Overcorrection of Lumbar Lordosis Instigate PJK? / S.K. Im, J.H. Lee, K.C. Kang [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2020. – Vol. 45, N 15. – P. E933-E942.
82. Ishihara, M. Conditions for Achieving Postoperative Pelvic Incidence-Lumbar Lordosis  $< 10^\circ$  in Circumferential Minimally Invasive Surgery for Adult Spinal Deformity / M. Ishihara, S. Taniguchi, T. Adachi [et al.] // *J. Clin. Med.* – 2022. – Vol. 11, N 6. – P. 1586.
83. Issa, T.Z. The impact of cage positioning on lumbar lordosis and disc space restoration following minimally invasive lateral lumbar interbody fusion / T.Z. Issa, Y. Lee, M.J. Lambrechts [et al.] // *Neurosurg. Focus.* – 2023. – Vol. 54, N 1. – P. E7.
84. Jacob, K.C. The Effect of the Severity of Preoperative Back Pain on Patient-Reported Outcomes, Recovery Ratios, and Patient Satisfaction Following Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (MIS-TLIF) / K.C. Jacob, M.R. Patel, A.W.Parsons [et al.] // *World Neurosurg.* – 2021. – Vol. 156, N 1. – P. e254-e265.
85. Jeon, C.H. Prospective investigation of Oswestry Disability Index and short form 36 subscale scores related to sagittal and coronal parameters in patients with

degenerative lumbar scoliosis / C.H. Jeon, N.S. Chung, H.W. Chung [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2021. – Vol. 30, N 5. – P. 1164–1172.

86. Jing, X. Comparison of Intraoperative Endplate Injury between Mini-Open Lateral Lumbar Interbody Fusion (LLIF) and Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF) and Analysis of Risk Factors: A Retrospective Study / X. Jing, Z. Gong, N. Zhang [et al.] // *J. Invest. Surg.* – 2023. – Vol. 36, N 1. – ID 2285787.

87. Jun, L. Comparison of the effects between oblique lateral interbody fusion (OLIF) and minimally invasive transforaminal interbody fusion (MIS-TLIF) in the treatment of adult degenerative lumbar scoliosis / L. Jun, T. Zou, J.J. Wei [et al.] // *J. Orthop.* – 2024. – Vol. 58. – P. 58-65.

88. Kapustka, B. Anterior lumbar interbody fusion (ALIF): biometrical results and own experiences / B. Kapustka, G.Kiwic, P. Chodakowski [et al.] // *Neurosurg. Rev.* – 2020. – Vol. 43, N 2. – P. 687-693.

89. Karpiel, I. A Survey of Methods and Technologies Used for Diagnosis of Scoliosis / I. Karpiel, A. Ziębiński, M. Kluszczynski [et al.] // *Sensors (Basel)*. – 2021. – Vol. 21, N 24. – P. 8410.

90. Khalid, S.I. Association of osteopenia and osteoporosis with higher rates of pseudarthrosis and revision surgery in adult patients undergoing single-level lumbar fusion / S.I. Khalid, R.S.Nunna, S. Maasarani [et al.] // *Neurosurg. Focus.* – 2020. – Vol. 49, N 2. – P. E6.

91. Kim, H.J. Adult Spinal Deformity: A Comprehensive Review of Current Advances and Future Directions / H.J. Kim Yang J.H., Chang D.G. [et al.] // *Asian Spine J.* – 2022. – Vol. 16, N 5. – P. 776-788.

92. Kim, H.J. Proximal Junctional Kyphosis in Adult Spinal Deformity: Definition, Classification, Risk Factors, and Prevention Strategies / H.J. Kim, J.H. Yang, D.G. Chang [et al.] // *Asian Spine J.* – 2022. – Vol. 16, N 3. – P. 440-450.

93. Kim, S.M. Surgical sequence in anterior column realignment with posterior osteotomy is important for degree of adult spinal deformity correction: advantages and indications for posterior to anterior sequence / S.M. Kim, Y.C. Kim, K.T. Kim [et al.] // *BMC Musculoskelet. Disord.* – 2022. – Vol. 23, N 1. – P. 1004.

94. Kim, W.J. Sarcopenia and Back Muscle Degeneration as Risk Factors for Degenerative Adult Spinal Deformity with Sagittal Imbalance and Degenerative Spinal Disease: A Comparative Study / W.J. Kim, H.M. Shin, J.S. Lee [et al.] // *World Neurosurg.* – 2021. – Vol. 148, N 1. – P. e547-e555.
95. Knebel, A. Sagittal spinal alignment measurements and evaluation: Historical perspective / A. Knebel, M. Daher, M. Singh [et al.] // *N. Am. Spine Soc. J.* – 2024. – Vol. 19. – P. 100519.
96. Kumar, B.S. Lateral access minimally invasive spine surgery in adult spinal deformity / B.S. Kumar, M. Tanaka, S. Arataki [et al.] // *J. Orthop.* – 2023. – Vol. 45. – P. 26-32.
97. Kuo, C.C. Risk factors of early complications after thoracic and lumbar spinal deformity surgery: a systematic review and meta-analysis / C.C. Kuo, M.A.R. Soliman, A.O. Aguirre [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2023. – Vol. 32, N 3. – P. 899-913.
98. Kwan, K.Y.H. Are Higher Global Alignment and Proportion Scores Associated With Increased Risks of Mechanical Complications After Adult Spinal Deformity Surgery? An External Validation / K.Y.H. Kwan, L.G. Lenke, C.I. Shaffrey [et al.] // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2021. – Vol. 479, N 2. – P. 312-320.
99. Kwon, O. A Complement Type to SRS-Schwab Adult Spinal Deformity Classification: The Failure of Pelvic Compensation / O. Kwon, S.Lee, S.M. Park [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2022. – Vol. 47, N 18. – P. 1295-1302.
100. Kyrölä, K. Psychometric Properties of the Scoliosis Research Society Questionnaire (Version 22r) Domains Among Adults With Spinal Deformity: A Rasch Measurement Theory Analysis / K. Kyrölä, S. Hiltunen, M.M. Uimonen [et al.] // *Neurospine.* – 2022. – Vol. 19, N 2. – P. 422-433.
101. Lacroix, M. Scoliosis / M. Lacroix, M. Khalifé, E. Ferrero [et al.] // *Semin. Musculoskelet. Radiol.* – 2023. – Vol. 27, N 5. – P. 529-544.
102. Lai, O. Comparison of staged LLIF combined with posterior instrumented fusion with posterior instrumented fusion alone for the treatment of adult degenerative lumbar scoliosis with sagittal imbalance / O. Lai, H. Li, Q. Chen [et al.] // *BMC Musculoskelet. Disord.* – 2023. – Vol. 24, N 1. – P. 260.

103. Lak, A.M. Minimally invasive versus open surgery for the correction of adult degenerative scoliosis: a systematic review / A.M. Lak, N. Lamba, F. Pompilus [et al.] // *Neurosurg. Rev.* – 2021. – Vol. 44, N 2. – P. 659–668.
104. LeBoff, M.S. The clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis / M.S. LeBoff, S.L. Greenspan, K.L. Insogna [et al.] // *Osteoporos Int.* – 2022. – Vol. 33, N 10. – P. 2049-2102.
105. Lee, B.J. Proximal Junctional Kyphosis or Failure After Adult Spinal Deformity Surgery – Review of Risk Factors and Its Prevention / B.J. Lee, S.S. Bae, H.Y. Choi [et al.] // *Neurospine.* – 2023. – Vol. 20, N 3. – P. 863-875.
106. Lee, D.H. Clinical and radiological results of indirect decompression after anterior lumbar interbody fusion in central spinal canal stenosis / D.H. Lee, D.G. Lee, J.S. Hwang [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2021. – Vol. 34, N 4. – P. 564–572.
107. Lee, J.S. Surgical outcome of minimal invasive oblique lateral interbody fusion with percutaneous pedicle screw fixation in the treatment of adult degenerative scoliosis / J.S. Lee, D.W. Son, S.H. Lee [et al.] // *Medicine (Baltimore).* – 2022. – Vol. 101, N 48. – P. e31879.
108. Lee, K.Y. Minimally invasive multilevel lateral lumbar interbody fusion with posterior column osteotomy compared with pedicle subtraction osteotomy for adult spinal deformity / K.Y. Lee, D.W. Son, S.H. Lee [et al.] // *Spine J.* – 2020. – Vol. 20, N 6. – P. 925-933.
109. Leveque, J.A. The Impact of Surgical Approach on Sagittal Plane Alignment in Patients Undergoing One- or Two-Level Fusions for Degenerative Pathology: A Multicenter Radiographic Evaluation 6 Months Following Surgery / J.A. Leveque, C.E. Drolet, V. Nemani [et al.] // *World Neurosurg.* – 2022. – Vol. 164, N 1. – P. e311-e317.
110. Li, B. Utility of the MISDEF2 Algorithm and Extent of Fusion in Open Adult Spinal Deformity Surgery With Minimum 2-Year Follow-up / B. Li, G. Hawryluk, P.V. Mummaneni [et al.] // *Neurospine.* – 2021. – Vol. 18, N 4. – P. 824-832.

111. Li, W.W. Importance of the accurate diagnosis and treatment of patients with lumbar degenerative scoliosis / W.W. Li, Z.R. Sun // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* – 2024. – Vol. 10, N 13. – P. 981-984.
112. Lightsey, H.M. ALIF Versus TLIF for L5-S1 Isthmic Spondylolisthesis: ALIF Demonstrates Superior Segmental and Regional Radiographic Outcomes and Clinical Improvements Across More Patient-reported Outcome Measures Domains / H.M. Lightsey 4<sup>th</sup>, A.J. Pisano, B.M. Striano [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2022. – Vol. 47, N 11. – P. 808-816.
113. Liu, C. Compensatory Mechanism of Maintaining the Sagittal Balance in Degenerative Lumbar Scoliosis Patients with Different Pelvic Incidence / C. Liu, F.Q. Hu, W.H. Hu [et al.] // *Orthop. Surg.* – 2020. – Vol. 12, N 6. – P. 1685-1692.
114. Lovecchio, F.C. Does interbody cage lordosis impact actual segmental lordosis achieved in minimally invasive lumbar spine fusion? / F.C. Lovecchio, A.S. Vaishnav, M.E. Steinhaus [et al.] // *Neurosurg. Focus.* – 2020. – Vol. 49, N 3. – P. 1-8.
115. Macki, M. Evolution of Complex Spine Surgery in Neurosurgery: From Big to Minimally Invasive Surgery for the Treatment of Spinal Deformity / M. Macki, F. La Marca // *Adv. Tech. Stand. Neurosurg.* – 2022. – Vol. 45, N 1. – P. 339-357.
116. Macki, M. Expandable Cage Technology-Transforaminal, Anterior, and Lateral Lumbar Interbody Fusion / M. Macki, F. La Marca // *Oper. Neurosurg. (Hagerstown).* – 2021. – Vol. 21, N 1. – P. S69-S80.
117. Manunga, J. Technical approach, outcomes, and exposure-related complications in patients undergoing anterior lumbar interbody fusion / J. Manunga, C. Alcala, J. Smith [et al.] // *J. Vasc. Surg.* – 2021. – Vol. 73, N 3. – P. 992-998.
118. Manzur, M. Fusion rate for stand-alone lateral lumbar interbody fusion: a systematic review / M. Manzur, M.E. Steinhaus, S.S. Virk [et al.] // *Spine J.* – 2020. – Vol. 20, N 11. – P. 1816-1825.
119. Mazurek, M. Factors Predisposing to The Formation of Degenerative Spondylolisthesis-A Narrative Review / M. Mazurek, B. Kulesza, N. Gołębiowska [et al.] // *Medicina (Kaunas).* – 2023. – Vol. 59, N 8. – P. 1430.

120. McAviney, J. The prevalence of adult de novo scoliosis: A systematic review and meta-analysis / J. McAviney, C. Roberts, B. Sullivan [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2020. – Vol. 29, N 12. – P. 2960-2969.
121. McCloskey, K. Standardizing Lumbar Interbody Fusion Nomenclature / K. McCloskey, S. Singh, H.S. Ahmad [et al.] // *Clin. Spine Surg.* – 2023. – Vol. 36, N 5. – P. 217-219.
122. McNeill, I.T. Comparative Analysis of Early Outcomes and Complications of PSO Among Neurosurgeons and Orthopedic Surgeons / I.T. McNeill, S.N. Neifert, B.C. Deutsch [et al.] // *Clin. Spine Surg.* – 2023. – Vol. 36, N 5. – P. E174-E179.
123. Melcher, C. Lumbar spinal stenosis – surgical outcome and the odds of revision-surgery: Is it all due to the surgeon? / C. Melcher, A.C. Paulus, B.P. Roßbach [et al.] // *Technol. Health Care.* – 2022. – Vol. 30, N 6. – P. 1423-1434.
124. Mirzashahi, B. Outcome of Posterior-Only Approach for Severe Rigid Scoliosis: A Retrospective Report / B. Mirzashahi, M. Moosavi, M. Rostami // *Int. J. Spine Surg.* – 2020. – Vol. 14, N 2. – P. 232-238.
125. Mittal, S. Deformity Correction with Interbody Fusion Using Lateral versus Posterior Approach in Adult Degenerative Scoliosis: A Systematic Review and Observational Meta-analysis / S. Mittal, P.V. Sudhakar, K. Ahuja [et al.] // *Asian Spine J.* – 2023. – Vol. 17, N 2. – P. 431-451.
126. Mohanty, S. Patient and procedural risk factors for decline in lower-extremity motor scores following adult spinal deformity surgery / S. Mohanty, F.M. Hassan, L.G. Lenke [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2023. – Vol. 39, N 2. – P. 157-167.
127. Mummaneni, P.V. The minimally invasive interbody selection algorithm for spinal deformity / P.V. Mummaneni, I. Hussain, C.I. Shaffrey [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2021. – Vol. 34, N 5. – P. 741–748.
128. Mummaneni, P.V. The MISDEF2 algorithm: An updated algorithm for patient selection in minimally invasive deformity surgery / P.V. Mummaneni, P. Park, C.I. Shaffrey [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2020. – Vol. 32, N 2. – P. 221-228.



129. Nasto, L.A. Ponte osteotomies for treatment of spinal deformities: they are not all made equal / L.A. Nasto, S.H. Mousavi Nasab, A. Sieczak [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2024. – Vol. 33, N 7. – P. 2787-2793.

130. Nguyen, A.Q. Increased cage angle effects on radiographic outcomes after stand-alone anterior lumbar interbody fusion / A.Q. Nguyen, C. Ukogu, J.P. Harvey [et al.] // *J. Neurosurg Spine.* – 2023. – Vol. 39, N 2. – P. 254-262.

131. Nojiri, H. Elimination of Lumbar Plexus Injury by Changing the Entry Point and Traction Direction of the Psoas Major Muscle in Transpsoas Lateral Lumbar Spine Surgery / H. Nojiri, T.Okuda, H. Takano [et al.] // *Medicina (Kaunas).* – 2023. – Vol. 59, N 4. – P. 730.

132. Norheim, E.P. PLF+PS or ALIF+PS: which has a lower operative nonunion rate? Analysis of a cohort of 2,061 patients from a National Spine Registry / E.P. Norheim, K.E. Royse, H.S. Brara [et al.] // *Spine J.* – 2021. – Vol. 21, N 7. – P. 1118-1125.

133. O'Brien, M. Aids to the examination of the peripheral nervous system: 6th edition / M. O'Brien // *Pract. Neurol.* – 2023. – Vol. 23, N 3. – P. 263-264.

134. O'Connor, B. The impact of interbody approach and lumbar level on segmental, adjacent, and sagittal alignment in degenerative lumbar pathology: a radiographic analysis six months following surgery / B. O'Connor, C.E. Drolet, J.A. Leveque [et al.] // *Spine J.* – 2022. – Vol. 22, N 8. – P. 1318-1324.

135. Ogihara, S. Risk Factor Analysis of Deep Surgical Site Infection After Posterior Instrumented Fusion Surgery for Spinal Trauma: A Multicenter Observational Study / S. Ogihara, T. Yamazaki, M. Shiibashi [et al.] // *World Neurosurg.* – 2020. – Vol. 134. – P. e524-e529.

136. Ogihara, S. Risk factors for deep surgical site infection after posterior cervical spine surgery in adults: a multicentre observational cohort study / S. Ogihara, T. Yamazaki, M. Shiibashi [et al.] // *Sci. Rep.* – 2021. – Vol. 11, N 1. – P. 7519.

137. Ogura, Y. Incidence of Proximal Junctional Kyphosis With Pedicle Screws at Upper Instrumented Vertebrae in Posterior Spinal Fusion for Adolescent Idiopathic Scoliosis / Y. Ogura, S.D. Glassman, D. Sucato [et al.] // *Global Spine J.* – 2021. – Vol. 11, N 7. – P. 1019-1024.
138. Palacios, P. Efficacy and Safety of the Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF) Technique in Spine Surgery: Meta-Analysis of 1409 Patients / P. Palacios, I. Palacios, A. Palacios [et al.] // *J. Clin. Med.* – 2024. – Vol. 13, N 4. – P. 960.
139. Pan, A. The Value of Three-Dimensional Printing Spine Model in Severe Spine Deformity Correction Surgery / A. Pan, H. Ding, Y. Hai [et al.] // *Global Spine J.* – 2023. – Vol. 13, N 3. – P. 787-795.
140. Panico, M. Does the anterior column realignment technique influence the stresses on posterior instrumentation in sagittal imbalance correction? A biomechanical, finite-element analysis of L5-S1 ALIF and L3-4 lateral ACR / M. Panico, M. Bertoli, T.M.T. Villa [et al.] // *Spine Deform.* – 2023. – Vol. 11, N 1. – P. 41-47.
141. Passias, P.G. Identifying Subsets of Patients With Adult Spinal Deformity Who Maintained a Positive Response to Nonoperative Management / P.G. Passias, W. Ahmad, P. Tretiakov [et al.] // *Neurosurgery.* – 2023. – Vol. 93, N 2. – P. 480-488.
142. Passias, P.G. Improved Surgical Correction Relative to Patient-Specific Ideal Spinopelvic Alignment Reduces Pelvic Nonresponse for Severely Malaligned Adult Spinal Deformity Patients / P.G. Passias, C. Bortz, H. Alas [et al.] // *Int. J. Spine Surg.* – 2022. – Vol. 16, N 3. – P. 530-539.
143. Passias, P.G. Natural history of adult spinal deformity: how do patients with suboptimal surgical outcomes fare relative to nonoperative counterparts? / P.G. Passias, R. Joujon-Roche, J.M. Mir [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2023. – Vol. 39, N 1. – P. 92-100.
144. Passias, P.G. Patient-related and radiographic predictors of inferior health-related quality-of-life measures in adult patients with nonoperative spinal deformity / P.G. Passias, H. Alas, S. Bess [et al.] // *J. Neurosurg. Spine.* – 2021. – Vol. 34, N 6. – P. 907-913.

145. Patel, R.V. Advances and Evolving Challenges in Spinal Deformity Surgery / R.V. Patel, A.G. Yearley, H. Isaac [et al.] // *J. Clin. Med.* – 2023. – Vol. 12, N 19. – P. 6386.
146. Qi, H. Normal spinopelvic parameters and correlation analysis in 217 asymptomatic children / H. Qi, Z. Zhao, X. Gao [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2024. – Vol. 33, N 7. – P. 2569-2576.
147. Rathbone, J. A systematic review of anterior lumbar interbody fusion (ALIF) versus posterior lumbar interbody fusion (PLIF), transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF), posterolateral lumbar fusion (PLF) / J. Rathbone, M. Rackham, D. Nielsen [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2023. – Vol. 32, N. 6. – P. 1911-1926.
148. Rojc, M. Slovenian version of the scoliosis research society instrument-22 revised (SRS-22r) in adolescents and adults: Psychometric properties and some implications / M. Rojc, K.G. Sršen, J. Mohar [et al.] // *J. Pediatr. Rehabil. Med.* – 2023. – Vol. 16, N 2. – P. 351-359.
149. Roussouly, P. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position / P. Roussouly, S. Gollogly, E. Berthonnaud [et al.] // *Spine (Phila. Pa. 1976).* – 2005. – Vol. 30, N 3. – P. 346–353.
150. Ruiz, J.N.M. Selective Thoracic Fusion for Idiopathic Scoliosis: A Comparison of Three Surgical Techniques with Minimum 5-year Follow-up / J.N.M. Ruiz, P. Kandwal, L.L. Lau [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976).* – 2022. – Vol. 47, N 7. – P. E272-E282.
151. Saigal, R. Anterior Column Realignment: Analysis of Neurological Risk and Radiographic Outcomes / R. Saigal, B.A. Akbarnia, R.K. Eastlack [et al.] // *Neurosurgery.* – 2020. – Vol. 87, N 3. – P. E347-E354.
152. Scheer, J.K. Alignment, Classification, Clinical Evaluation, and Surgical Treatment for Adult Cervical Deformity: A Complete Guide / J.K. Scheer, D. Lau, J.S. Smith [et al.] // *Neurosurgery.* – 2021. – Vol. 88, N 4. – P. 864-883.
153. Schömig, F. Intraoperative blood loss as indicated by haemoglobin trend is a predictor for the development of postoperative spinal implant infection-a matched-pair analysis / F. Schömig, J. Bürger, Z. Hu [et al.] // *J. Orthop. Surg. Res.* – 2021. – Vol. 16, N 1. – P. 393.

154. Schoutens, C. Outcomes of Nonsurgical Treatments for Symptomatic Adult Degenerative Scoliosis: A Systematic Review / C. Schoutens, D.M. Cushman, Z.L. McCormick [et al.] // *Pain Med. (United States)*. – 2020. – Vol. 21, N 6. – P. 1263-1275.
155. Sebaaly, A. Transforaminal lumbar interbody fusion using banana-shaped and straight cages: meta-analysis of clinical and radiological outcomes / A. Sebaaly, G. Kreichati, J. Tarchichi [et al.] // *Eur. Spine J.* – 2023. – Vol. 32, N. 9. – P. 3158-3166.
156. Segi, N. Vertebral Endplate Concavity in Lateral Lumbar Interbody Fusion: Tapered 3D-Printed Porous Titanium Cage versus Squared PEEK Cage / N. Segi, H. Nakashima, R. Shinjo [et al.] // *Medicina (Kaunas)*. – 2023. – Vol. 59, N 2. – P. 372.
157. Shafshak, T.S. The Visual Analogue Scale Versus Numerical Rating Scale in Measuring Pain Severity and Predicting Disability in Low Back Pain / T.S. Shafshak, R. Elnemr // *JCR J. Clin. Rheumatol.* – 2021. – Vol. 27, N 7. – P. 282-285.
158. Shao, Z. Comparison of Open Surgery Versus Minimally Invasive Surgery in Nonsevere Adult Degenerative Scoliosis: A Systematic Review and Meta-Analysis / Z. Shao, H. Liang, S. Li [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2024. – Vol. 49, N 14. – P. E210-E220.
159. Sharma, M. Trends of Different Surgical Approaches in Patients With Single-Level Lumbar Isthmic Spondylolisthesis: A National Registry Analysis / M. Sharma, N. Jain, D. Wang [et al.] // *Cureus*. – 2023. – Vol. 15, N. 1. – P. e34194.
160. Silva, F.E. Adult degenerative scoliosis: evaluation and management / F.E. Silva, L.G. Lenke // *Neurosurg. Focus.* – 2010. – Vol. 28, N 3. – E1. doi: 10.3171/2010.1.FOCUS09271.
161. Singh, V. L5-S1 Pseudoarthrosis Rate with ALIF Versus TLIF in Adult Spinal Deformity Surgeries: A Retrospective Analysis of 100 Patients / V. Singh, M. Oppermann, N. Evaniew [et al.] // *World Neurosurg.* – 2023. – Vol. 175, N. 1. – P. e1265-e1276.
162. Sugawara, R. The complication trends of pediatric spinal deformity surgery in Japan – The Japanese Scoliosis Society Morbidity and Mortality survey from 2012 to 2017 / R. Sugawara, K. Takeshita, J. Takahashi [et al.] // *J. Orthop. Sci.* – 2021. – Vol. 26,

N. 5. – P. 744-749.

163. Takami, M. Lateral interbody release for fused vertebrae via transpoas approach in adult spinal deformity surgery: a preliminary report of radiographic and clinical outcomes / M. Takami, S. Tsutsui, Y. Yukawa [et al.] // *BMC Musculoskelet. Disord.* – 2022. – Vol. 23, N 1. – P. 245.

164. Tao, X. TLIF is Associated With Lower Rates of Adjacent Segment Disease and Complications Compared to ALIF: A Matched-Cohort Analysis / X. Tao, A.V. Matur, S. Khalid [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2023. – Vol. 48, N 19. – P. 1335-1341.

165. Terran, J. The SRS-Schwab adult spinal deformity classification: assessment and clinical correlations based on a prospective operative and nonoperative cohort / J. Terran, F. Schwab, C.I. Shaffrey [et al.] // *Neurosurgery*. – Vol. 73, N 4. – P. 559–568.

166. Toci, G. Incidence, Risk Factors, and Outcomes of Incidental Durotomy during Lumbar Spine Decompression with or without Fusion / G. Toci, M.J. Lambrechts, T. Issa [et al.] // *Asian Spine J.* – 2023. – Vol. 17, N 4. – P. 647-655.

167. Toluse A. Posterior-Only Approach for the Correction of Severe Post-tubercular Kyphosis / A. Toluse, T. Adeyemi, S. Samuel [et al.] // *Cureus*. – 2023. – Vol. 15, N 2. – P. e34685.

168. van Royen, B.J.B. Understanding the Lenke Classification for Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) / B.J.B. van Royen // *Curr. Probl. Diagn. Radiol.* – 2023. – Vol. 52, N 4. – P. 233-236.

169. Varshneya, K. Risk Factors for Revision Surgery After Primary Adult Thoracolumbar Deformity Surgery / K. Varshneya, M.N. Stienen, Z.A. Medress [et al.] // *Clin. Spine Surg.* – 2022. – Vol. 35, N 1. – P. E94-E98.

170. Vergari, C. Spine slenderness is not an early sign of progression in adolescent idiopathic scoliosis / C. Vergari, W. Skalli, K. Abelin-Genevois [et al.] // *Med. Eng. Phys.* – 2022. – Vol. 108, N 1. – P. 103879.

171. Walter, N. Evolution of implants and advancements for osseointegration: A narrative review / N. Walter, T. Stich, D. Docheva [et al.] // *Injury*. – 2022. – Vol. 53, N 3. – P. S69-S73.
172. Wang, Z. The postoperative clinical effects of utilizing 3D printed (Ti6Al4V) interbody fusion cages in posterior lumbar fusion: A retrospective cohort study / Z. Wang, D. Zhang, Z. Zhang [et al.] // *Medicine (Baltimore)*. – 2024. – Vol. 103, N 25. – P. e38431.
173. Wert, W.G. Jr. Identifying Risk Factors for Complications During Exposure for Anterior Lumbar Interbody Fusion / W.G. Wert Jr., W. Sellers, D. Mariner [et al.] // *Cureus*. – 2021. – Vol. 13, N 7. – P. e16792.
174. Xi, Z. Anterior lumbar compared to oblique lumbar interbody approaches for multilevel fusions to the sacrum in adults with spinal deformity and degeneration / Z. Xi, D. Chou, P.V. Mummaneni [et al.] // *J. Neurosurg. Spine*. – 2020. – Vol. 33, N 4. – P. 461-470.
175. Yagi, M. Proximal Junctional Failure in Adult Spinal Deformity Surgery: An In-depth Review / M. Yagi, D. Chou, P.V. Mummaneni [et al.] // *Neurospine*. – 2023. – Vol. 20, N 3. – P. 876-889.
176. Ying, H. Incidences and reasons of postoperative surgical site infection after lumbar spinal surgery: a large population study / H. Ying, Z.W. Luo, A.F. Peng [et al.] // *Eur Spine J*. – 2022. – Vol. 31, N. 2. – P. 482-488.
177. Younus, I. Combined Anterior-Posterior vs. Posterior-Only Approach in Adult Spinal Deformity Surgery: Which Strategy Is Superior? / I. Younus, H. Chanbour, J.W. Chen [et al.] // *J. Clin. Med*. – 2024. – Vol. 13, N 3. – P. 682.
178. Yu, E.M. Validation of a Russian Language Oswestry Disability Index Questionnaire / Yu E.M., E.V. Nosova, Y. Falkenstein [et al.] // *Global Spine J*. – 2016. – Vol. 6, N 7. – P. 636-639.
179. Yucekul, A. Relationship between pelvic incidence-adjusted relative spinopelvic parameters, global sagittal alignment and lower extremity compensations / A. Yucekul, A. Ozpinar, F.D.B. Kilickan [et al.] // *Eur. Spine J*. – 2023. – Vol. 32, N 10. – P. 3599-3607.
180. Yunga Tigre, J. Risk factors for vascular injuries in anterior lumbar interbody fusion: a single-institution retrospective study / J. Yunga Tigre, K. Berry, A.J. Kloehn [et al.] // *J. Neurosurg. Spine*. – 2024. – Vol. 41, N 1. – P. 17-23.

181. Zaina, F. Measuring Quality of Life in Adults with Scoliosis: A Cross-Sectional Study Comparing SRS-22 and ISYQOL Questionnaires / F. Zaina, I. Ferrario, A. Caronni [et al.] // *J. Clin. Med.* – 2023. – Vol. 12, N 15. – P. 5071.
182. Zhang, Y. Clinical and radiographic outcomes of stand-alone oblique lateral interbody fusion in the treatment of adult degenerative scoliosis: a retrospective observational study / Y. Zhang, C. Liu, X. Ge // *BMC Musculoskelet. Disord.* – 2022. – Vol. 23, N 1. – P. 1133.
183. Zhao, J. Incidence and risk factors of proximal junctional kyphosis after internal fixation for adult spinal deformity: a systematic evaluation and meta-analysis / J. Zhao, K. Chen, X. Zhai [et al.] // *Neurosurg. Rev.* – 2021. – Vol. 44, N 2. – P. 855-866.
184. Zheng, B. Radiographic analysis of neuroforaminal and central canal decompression following lateral lumbar interbody fusion / B. Zheng, O.P. Leary, D.D. Liu [et al.] // *N. Am. Spine Soc. J.* – 2022. – Vol. 10, N 1. – P. 100110.
185. Zhou, J. Incidence of Surgical Site Infection After Spine Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis / J. Zhou, R. Wang, X. Huo [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2020. – Vol. 45, N 3. – P. 208-216.
186. Zhuang, Q. How to select the lowest instrumented vertebra in Lenke type 5 adolescent idiopathic scoliosis patients? / Q. Zhuang, J. Zhang, S. Wang [et al.] // *Spine J.* – 2021. – Vol. 21, N 1. – P. 141-149.