

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
НЕЙРОХИРУРГИИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Н. Н. БУРДЕНКО»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*На правах рукописи*

Иванов Сергей Валерьевич

Минимально инвазивная хирургия спондилолистезов пояснично-крестцового  
отдела позвоночника

3.1.10. Нейрохирургия

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

академик РАН,

доктор медицинских наук Коновалов Николай Александрович

Москва - 2025

## Оглавление

Введение .....	4
Глава 1 Обзор литературы .....	13
1.1 Общая характеристика спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника, историческая справка .....	13
1.2 Эпидемиология .....	13
1.3 Этиология и патогенез .....	16
1.4 Классификация .....	17
1.5 Клиническая картина .....	22
1.6 Диагностика .....	24
1.7 Консервативное лечение спондилолистезов .....	27
1.8 Сагиттальный баланс .....	28
1.9 Хирургическое лечение спондилолистезов, историческая справка.....	29
1.10 Минимальная клинически значимая разница .....	33
Глава 2 Материалы и методы .....	37
2.1 Общая характеристика групп пациентов .....	37
2.2 Инструменты оценки клинических исходов .....	41
Глава 3 Методы хирургического лечения спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника .....	46
3.1 Декомпрессия нервных структур с трансфораминальной межтеловой и транспедикулярной стабилизацией межпозвоночного сегмента из традиционного срединного доступа.....	46
3.2 Декомпрессия нервных структур с минимально инвазивной трансфораминальной межтеловой и транспедикулярной стабилизацией межпозвоночного сегмента из двух парамедианных доступов.....	54

3.3 Применение интраоперационного компьютерного томографа с навигационной системой в хирургическом лечении спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника.....	71
3.4 Послеоперационное ведение пациентов.....	74
Глава 4 Сравнительный анализ исходов хирургического лечения пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника с применением традиционного и минимально инвазивного метода лечения.....	77
4.1 Оценка клинических данных.....	77
4.2 Оценка формирования спондилодеза.....	92
4.3 Хирургические осложнения и пути их устранения.....	95
4.4 Анализ возникших хирургических осложнений.....	96
4.5 Клинические наблюдения.....	98
Заключение.....	118
Выводы.....	128
Практические рекомендации.....	130
Список сокращений.....	131
Список литературы.....	132
Приложение А Патент РФ на изобретение, полученный в рамках проводимой работы.....	152
Приложение Б Визуальная аналоговая шкала оценки интенсивности боли.....	153
Приложение В Индекс функциональной дееспособности (Oswestry Disability Index) (Fairbank J., 2000).....	154
Приложение Г Шкала достижения целей.....	159

## Введение

Актуальность темы исследования

Спондилолистез пояснично-крестцового отдела позвоночника является одной из наиболее распространенных патологий позвоночника, сопровождающейся нарушением стабильности сегментов и выраженным болевым синдромом, что значительно ухудшает качество жизни пациентов [20, 46].

Большинство зарубежных и отечественных хирургов придерживаются «золотого» стандарта при лечении спондилолистезов. Это традиционный срединный доступ с широкой ламинэктомией и стабилизацией сегмента. Традиционные хирургические методы лечения часто ассоциируются с высокой травматичностью, значительной кровопотерей и длительным восстановлением [38, 67, 127]. Учитывая факт того, что большая часть пациентов со спондилолистезом в силу возраста имеют тяжелую сопутствующую патологию, вопрос минимизации риска оперативного лечения у данной категории больных стоит достаточно остро.

В последние годы активно развиваются минимально инвазивные хирургические техники, которые позволяют достичь аналогичных результатов при меньшей травматизации мягких тканей, сокращении времени операции и снижении послеоперационных осложнений [2]. Современные подходы включают использование интраоперационной навигации и компьютерной томографии, что повышает точность установки транспедикулярных винтов и снижает риски повреждения нервных структур [127]. Тем не менее, несмотря на доказанные преимущества минимально инвазивных методов, их эффективность в сравнении с традиционными техниками лечения спондилолистеза остается предметом активных научных дискуссий [19, 91, 108].

Настоящее исследование направлено на сравнительный анализ исходов традиционного и минимально инвазивного метода хирургического лечения спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью минимизации хирургических рисков

у пациентов с тяжелыми сопутствующими заболеваниями и поиска более безопасных и эффективных подходов к лечению спондилолистезов, что соответствует современным требованиям к улучшению качества оказания медицинской помощи [39].

#### Степень разработанности темы

Среди спинальных хирургов наиболее популярным методом лечения спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника остается межтеловая стабилизация с использованием трансфораминального поясничного межтелового спондилодеза из традиционного заднего срединного доступа. Тем не менее, даже при успешном выполнении спондилодеза хирурги сталкиваются с возможностью получения неудовлетворительных результатов лечения. Это связано с высокой травматичностью мягких тканей и паравертебральных мышц и, как следствие, стойкими послеоперационными болями из-за длительной мышечной тракции.

В хирургическом лечении спондилолистезов в последнее время стали активно применяться различные минимально инвазивные методики, результаты которых все более и более привлекают спинальных нейрохирургов. Нами была разработана собственная минимально инвазивная методика хирургического лечения спондилолистезов, которая была внедрена в практику ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.

При проведении анализа литературы, посвященной изучению хирургического лечения пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника, удалось сделать вывод о том, что данная тема остается дискуссионной и продолжает активно обсуждаться в современной мировой литературе [38, 39, 91]. Единого подхода в хирургическом лечении спондилолистезов пояснично-крестцового отдела нет. В различных клиниках используют передние, задние и боковые методики стабилизации позвоночно-двигательного сегмента. Также окончательно не определена роль минимально инвазивной микрохирургической техники в лечении спондилолистезов I-II

степени. Все изложенное выше и послужило основанием для выполнения нашего исследования.

### Цель работы

Провести сравнительный анализ исходов хирургического лечения пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника с применением традиционного и минимально инвазивного метода лечения.

### Задачи исследования

1. Разработать и обосновать оптимальную технику минимально инвазивного трансфораминального межтелового спондилодеза в сочетании с транспедикулярной фиксацией с применением интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы из двух парамедианных доступов.

2. Провести сравнительный анализ интенсивности болевого синдрома по визуальной аналоговой шкале и степени нетрудоспособности по индексу Освестри у пациентов, прошедших минимально инвазивное и традиционное лечение спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника, выявить статистически значимые различия и сравнить количество пациентов, достигших MCID, между группами пациентов.

3. На основании шкалы достижения целей рассчитать минимальную клинически значимую разницу для визуальной аналоговой шкалы и индекса Освестри на сроке 12 месяцев для пациентов, оперированных по поводу нестабильного спондилолистеза пояснично-крестцового отдела позвоночника.

4. Сравнить длительность хирургического вмешательства, объем интраоперационной кровопотери и койко-день при традиционном и минимально инвазивном методе лечения.

5. Сравнить динамику формирования спондилодеза при традиционном и минимально инвазивном методе лечения.

6. Провести анализ осложнений при применении традиционного и минимально инвазивного метода лечения спондилолистезов.

#### Новизна исследования

1. Впервые разработан и внедрен в клиническую практику минимально инвазивный трансфораминальный межтеловой спондилодез в сочетании с транспедикулярной фиксацией с применением интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы из двух парамедианных доступов. Получен патент РФ на изобретение (№2832968) – в официальном Бюллетене Федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ).

2. Впервые выполнен расчет минимального кожного разреза и межмышечного доступа, позволяющих минимизировать длину разреза и уменьшить травму параспинальных мышц.

3. Впервые с использованием интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы было определено оптимальное положение межтелового импланта, которое обеспечивает максимальное соприкосновение с телом смежного позвонка, что способствует быстрому формированию костного блока.

4. Проведен сравнительный анализ и дана оценка исходов хирургического лечения пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника с применением традиционного и минимально инвазивного метода лечения.

5. Впервые на основании шкалы достижения целей рассчитана минимальная клинически значимая разница для визуальной аналоговой шкалы и индекса Освестри на сроке 12 месяцев для пациентов, перенесших трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез.

6. Доказана эффективность использования предложенной методики в лечении пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника.

## Теоретическая и практическая значимость работы

Разработан и внедрен в клиническую практику минимально инвазивный трансфораминальный межтеловой спондилодез в сочетании с транспедикулярной фиксацией с применением интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы из двух парамедианных доступов.

Оценены исходы хирургического лечения пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника с применением традиционного и минимально инвазивного метода лечения, что позволило дифференцированно подойти к вопросу выбора метода хирургического лечения спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Использование интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы позволило точно планировать хирургический доступ, обеспечило точность установки имплантов, а также интраоперационно определять и контролировать объем выполненной декомпрессии.

Разработана последовательность этапов применения интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы в минимально инвазивной хирургии спондилолистезов.

## Методология и методы исследования

Исследование основано на современных принципах диагностики и лечения спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника, принятых в отечественной и зарубежной нейрохирургии. В ходе работы проводилось динамическое наблюдение пациентов, которым было проведено хирургическое лечение по поводу спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника. В исследование включены 224 пациента, которые находились на лечении в 10 нейрохирургическом отделении (спинальная нейрохирургия) ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России с апреля 2018 по март 2024 гг. включительно. В ретроспективную часть исследования были включены 131 пациент, прошедший операцию в период с апреля 2018 по январь 2023 года. В

проспективную группу вошли 93 пациента, прооперированных с февраля 2023 по март 2024 года.

Этическая экспертиза научного исследования проведена в Локальном этическом комитете ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России (протокол № 2023-12 от 23.01.2023).

В ходе исследования нами были сформированы две группы пациентов:

I группа – пациенты, которым выполнялась операция с использованием традиционного метода лечения – 104 (46 %) пациента,

II группа – пациенты, которым выполнялась операция с использованием минимально инвазивного метода лечения – 120 (54 %) пациентов.

В ходе работы были использованы общенаучные методы статистического и сравнительного анализ, табличные и графические приемы визуализации данных. Работа выполнена в соответствии с современными требованиями к научно-исследовательской работе.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Применение методики минимально инвазивного трансфораминального межтелового спондилодеза в сочетании с транспедикулярной фиксацией с применением интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы из двух парамедианных доступов позволяет улучшить функциональный исход и качество жизни пациентов, снизить риски интраоперационных осложнений, а также сократить время операции, объем кровопотери и сроки госпитализации.

2. Минимально инвазивный метод лечения спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника позволяет осуществить первично стабильную фиксацию позвоночно-двигательного сегмента 360° и минимизировать время формирования межтелового костного блока (спондилодеза).

3. Применение интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы повышает безопасность, обеспечивает точное планирование хирургического доступа с минимизацией травмы параспинальных

мышц, снижает кровопотерю, уменьшает время операции, повышает точность установки имплантов и позволяют своевременно оценить объем выполненной декомпрессии при хирургическом лечении спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника.

#### Степень достоверности исследования

Исследование обладает высокой степенью достоверности благодаря использованию репрезентативной выборки пациентов, которая была осуществлена в соответствии с целями и задачами исследования, а также применению статистических методов обработки данных. Результаты и выводы диссертации являются обоснованными и соответствуют принципам доказательной медицины. Авторские данные были сопоставлены с литературными исследованиями, проведенными в прошлом по данной тематике.

#### Апробация результатов исследования

Основные положения и результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на: Всероссийском Форуме молодых учёных «Медицинская наука: вчера, сегодня, завтра», посвященный 300-летию Российской академии наук и 80-летию отделения медицинских наук РАН (Москва, 18-19 апреля 2024 г.); Минимально инвазивная и эндоскопическая нейрохирургия (Санкт-Петербург, 23 мая 2024 г.); X съезде нейрохирургов России (Нижний Новгород, 10-13 сентября 2024 г.); Medical Global Forum vertebrology (Москва, 14 сентября 2024 г.); EANS 2024 (София, Болгария, 13-17 октября 2024 г.); 10th SNSS Annual Meeting with international participation Pediatric Neurosurgery in the 21st century: Challenges and opportunities (Белград, Сербия, 30 октября – 3 ноября 2024 г.); XI Всероссийском Приоровском Форуме, посвященном 100-летию профессора К.М. Сиваша (Москва, 13-14 декабря 2024 г.); The 14th Asian Congress of Neurological Surgeons (ACNS) (Каир, Египет, 18-20 декабря 2024 г.); IV Межрегиональной конференции «Непростые решения в нейрохирургии», приуроченной к 90-летию кафедры нейрохирургии РМАНПО (Москва, 15-16 мая 2025 г.); Минимально инвазивная и

эндоскопическая нейрохирургия (Москва, 19 мая 2025 г.); XIII съезде Российской Ассоциации хирургов-вертебрологов (Санкт-Петербург, 4-6 июня 2025 г.); Пятом Евразийском Ортопедическом Форуме (Москва, 19-21 июня 2025 г.); Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в ортопедии и травматологии. Нейрохирургия позвоночника. Новые методики и разработки» (Москва, 27 июня 2025 г.); IX съезде Ревматологов с международным участием (Москва, 3-5 июля 2025 г.); EANS 2025 (Вена, Австрия, 5-9 октября 2025 г.); расширенном заседании проблемной комиссии «Спинальная нейрохирургия и хирургия периферических нервов» ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России 11.07.2025 (протокол №02/25).

#### Публикации по теме диссертации

По материалам диссертации опубликовано 10 печатных работ, в которых отражены основные результаты диссертационного исследования. Из них 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки России; 4 статьи – в виде тезисов в материалах отечественных съездов и конференций; 1 статья в медицинском журнале; 1 патент РФ на изобретение (№2832968) – в официальном Бюллетене Федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ).

#### Внедрение в практику

Результаты диссертационной работы внедрены в практику 10 нейрохирургического отделения (спинальная нейрохирургия) ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.

#### Личный вклад автора

Материал получен, обобщен и проанализирован лично автором: определены цель, задачи исследования, изучены данные литературы, выполнен сбор материала, осуществлено хирургическое лечение пациентов в качестве ассистента, проанализированы полученные результаты и сформулированы выводы,

подготовлены при непосредственном участии автора публикации по теме диссертационной работы. Самостоятельно написан текст диссертации и автореферата.

#### Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 163 страницах машинописного текста, иллюстрирована 18 таблицами и 79 рисунками. Работа состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы и 4 приложений. Библиографический указатель содержит 157 источника (37 отечественных и 120 зарубежных).

## Глава 1 Обзор литературы

### 1.1 Общая характеристика спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника, историческая справка

Спондилолистез – это полиэтиологический патологический процесс, возникающий в позвоночнике, при котором происходит трансляция одного позвонка по отношению к другому в сагиттальной или фронтальной плоскости, вызывающая комплекс патофизиологических, патоморфологических, биохимических, биомеханических изменений в позвоночном двигательном сегменте, позвоночнике и опорно-двигательном аппарате в целом, который может протекать как бессимптомно, так с выраженными клиническими проявлениями [24].

Дегенеративный спондилолистез – смещение вышележащего позвонка по отношению к нижележащему, формирующееся за счёт дегенеративных изменений элементов позвоночного двигательного сегмента [25].

Истмический спондилолистез, при котором возникает смещение позвонка по отношению к нижележащему вследствие спондилолиза – дефекта (одно- или двустороннего) межсуставной части дуги позвонка [6, 147].

Первое упоминание о спондилолистезе сделал бельгийский акушер Herbinaux в 1782 году, отметив костную выпуклость, которая мешала процессу родов. Термин «спондилолистез» был предложен Kilian в 1854 году, объединив слова *spondylos* (греч. «позвонок») и *olysthesis* (греч. «соскальзывание»), что положило начало изучению этой проблемы [42, 140].

### 1.2 Эпидемиология

Дегенеративные заболевания позвоночника, а также сопутствующие им боли и неврологические проявления представляют собой одну из ключевых проблем современной медицины. Это связано с постоянно высоким числом пациентов

трудоспособного возраста, часто неудовлетворительными результатами консервативного лечения и частыми рецидивами болевого синдрома после хирургических вмешательств. Боли в спине ограничивают повседневную активность, ухудшают качество жизни пациентов и могут негативно влиять на их психическое состояние и поведение [35].

Каждый год до 80 % населения испытывают боли в спине [8]. По данным исследования Т.В. Дубининой и М.С. Елисеева, у 24,9 % пациентов, обратившихся за амбулаторной медицинской помощью, основной жалобой была боль в пояснично-крестцовом отделе позвоночника. Также установлено, что боли в спине являются основной причиной нетрудоспособности у 9 % населения [12].

В структуре заболеваемости среди взрослого населения нашей страны дегенеративно-дистрофические изменения составляют 48–52 %, что делает их ведущей причиной по количеству дней нетрудоспособности [10].

Пациенты с клинически значимыми проявлениями дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника составляют 51,2 на 1000 человек. Компрессионные и некомпрессионные формы этих изменений начинают выявляться в возрасте 15-19 лет (2,6 случая на 1000 человек в данной возрастной группе), а к 30 годам клинические проявления фиксируются у 1,1% населения. К 59 годам этот показатель увеличивается до 82,5% [37]. Патология позвоночника занимает 5-ое место среди причин госпитализации и 3-е место среди причин для операции [1].

По результатам проведенных многочисленных рентгенологических исследований спондилолистез встречается в популяции в 2,4-18,0 % случаев [92, 93]. Среди больных с дорсопатиями поясничной локализации, обращающихся за амбулаторной помощью, пациенты со спондилолистезом составляют порядка 20-23%, причем консервативная терапия у них зачастую оказывается неэффективной.

Согласно данным И.М. Митбрейта [33], среди молодых пациентов большинство составляют мужчины, тогда как в группе взрослых больных значительно преобладают женщины, и с возрастом это различие становится более выраженным. Дегенеративный спондилолистез чаще наблюдается у женщин. У

мужчин чаще фиксируются смещения I и III степени, в то время как у женщин – II и IV-V степени.

Средний возраст мужчин составляет 68 лет, а женщин — 71 год. При этом отмечается, что дегенеративный спондилолистез редко встречается у людей младше 50 лет. У мужчин данная патология наблюдается реже, в 2,7 % случаев, тогда как среди женщин ее распространенность составляет 8,4 % [66; 72]. Таким образом, соотношение по полу составляет 1:5-6.

Согласно нескольким публикациям, частота спондилолиза среди взрослого населения варьирует от 3 до 11,5 % [54, 71]. Однако наличие спондилолиза не всегда приводит к развитию спондилолистеза. Это мнение подтверждается исследованием Р.Т. McCunnif и его коллег, в котором было установлено, что у 21 % пациентов с двусторонним дефектом межсуставной части дуги позвонка не наблюдался истмический спондилолистез [100]. Т. Sakai с соавторами провели крупное исследование, в котором изучили 2 тыс. человек, выбранных случайным образом, и установили, что распространенность истмического спондилолистеза составляет 3,7 % [130].

Истмический спондилолистез чаще всего встречается на уровне L5 позвонка [32, 87, 88], в то время как количество пациентов с истмическим спондилолистезом на уровне L4 в 2–9 раз меньше [52, 142].

Около 80% случаев дегенеративного спондилолистеза наблюдаются на уровне позвонка L4. На втором месте находится позвонок L3, тогда как L5 имеет редкие случаи данной патологии. По мнению Н. Носое (2008), это связано с прочной фиксацией L5 к крестцу нижней частью подвздошно-поперечной связки. У женщин соотношение между L3 и L4 составляет 1:4-5, тогда как у мужчин — 1:2 [63, 66].

При возникновении спондилолистеза у взрослых смещение позвонка обычно не превышает I–II степени. Это смещение может вызывать деформацию костного скелета как выше, так и ниже уровня спондилолистеза [114].

### 1.3 Этиология и патогенез

В последние годы травматический фактор часто рассматривается как основной в развитии спондилолиза и последующего истмического спондилолистеза. Считается, что при определенных повторяющихся движениях в области межсуставной части дуги позвонка возникают микротравмы, которые со временем приводят к образованию дефекта и смещению позвонка. Травматическая теория генеза данной патологии объясняет повышенную частоту спондилолиза у людей, занимающихся активным спортом. Многие исследователи отмечают, что спондилолиз и истмический спондилолистез чаще наблюдаются у людей, занимающихся гимнастикой, футболом, борьбой, тяжелой атлетикой и другими видами спорта, которые включают повторяющиеся разгибательные и ротационные движения [51, 56, 62, 88, 89, 139, 148]. Тем не менее, точная этиология спондилолиза и истмического спондилолистеза продолжает оставаться предметом обсуждений. Исследователи согласны с тем, что данная патология имеет многофакторный этиопатогенез, в котором учитываются факторы роста и развития, наследственность, травмы, биомеханические характеристики, а также различные морфологические аспекты [91, 110, 137].

Как упоминалось ранее, главной особенностью дегенеративного спондилолистеза по сравнению с истмическим является сохранение задней арки позвонка, что означает отсутствие дефекта в межсуставной части дуги [111]. Наиболее распространенной в развитии дегенеративного спондилолистеза является инволютивная теория, согласно которой развитие инволютивных дегенеративных изменений в позвоночнике имеет генетическую предрасположенность, в то время как возникновение дегенерации как заболевания с соответствующими клиническими проявлениями обусловлено воздействием различных эндогенных и экзогенных факторов [22]. Дегенеративный процесс обычно начинается с межпозвонковых дисков. Развитие дегенерации межпозвонкового диска происходит, когда катаболизм белков матрикса начинает преобладать над их синтезом. Пульпозное ядро теряет свои гидростатические свойства, то есть утрачивает способность равномерно распределять вертикальные нагрузки по всему

объему и перестает защищать фиброзное кольцо от неподходящих для него компрессионных сил. В результате фиброзное кольцо подвергается постоянным механическим воздействиям, что приводит к патологическим изменениям: нарушению нормальной слоистой структуры из-за повреждения коллагенового матрикса, что вызывает появление трещин и разрывов в фиброзном кольце. При возникновении таких изменений межпозвонковый диск становится более уязвимым к разрушительному влиянию биомеханических факторов, возникающих при обычной физической активности человека. В результате снижения давления внутри диска уменьшается напряжение волокон фиброзного кольца, нарушаются его фиксирующие свойства, фасеточные суставы смещаются, возникает патологическая подвижность в позвоночно-двигательном сегменте, что может привести к развитию дегенеративного спондилолистеза [24, 25].

#### 1.4 Классификация

В настоящее время существует множество классификаций спондилолистезов. Степень смещения позвонка чаще всего определяется по клинико-рентгенологической классификации, предложенной Генри У. Мейердингом (H. W. Meyerding) в 1932 году. Он выделил четыре степени смещения в зависимости от положения задненижнего угла вышележащего позвонка относительно нижележащего:

- 1-я степень — при смещении от 0 до 25 %,
- 2-я степень — при смещении от 25 до 50 %,
- 3-я степень — при смещении от 50 до 75 %,
- 4-я степень — при смещении от 75 до 100 %.

Спондилоптоз, который представляет собой 5-ю степень смещения (более 100 %), был введен в 1956 году Х. Юнге (H. Junge) и П. Кюлем (P. Kuhl), а в 1957 году Э. Хаггард (G. E. Haggart) и его коллеги также внесли свой вклад в эту классификацию [44, 83].

Определение типа спондилолистеза стало важным шагом для разработки тактики лечения пациента. В 1976 году Л. Л. Уилтсе (L. L. Wiltse) предложил классификацию спондилолистеза, которая включает пять типов:

1) диспластический тип – возникает из-за врожденной дисплазии верхней части крестца и/или дуги позвонка L5 с ее элонгацией или со спондилолизом,

2) истмический тип – развивается вследствие дефекта межсуставной части дуги, спондилолиз может возникать как результат удлинения межсуставной части дуги или как остро возникающий дефект межсуставной части дуги,

3) дегенеративный тип – связан с дегенеративным остеоартрозом, при этом дефект межсуставной части дуги отсутствует,

4) посттравматический тип – формируется в результате перелома задних элементов позвонков, исключая межсуставную часть дуги,

5) патологический тип – связан с разрушением задних элементов позвонков из-за системных заболеваний, влияющих на костную систему.

Кроме того, в 1989 году L. L. Wiltse и G. Rothman выделили шестой тип – ятрогенный, который возникает из-за повреждения задних отделов позвонка во время операции [149].

Позже данная классификация была усовершенствована P.G. Marchetti, P. Bartolozzi (1997), которые разделили спондилолистез на следующие категории [43]:

1) врожденные:

- высокодиспластичные,
- низкодиспластичные (со спондилолизом или с элонгацией дуги позвонка),

2) приобретенные:

- травматические (острый перелом, стресс-перелом),
- послеоперационные (прямое и не прямое повреждение),
- патологические (локальные или системные патологии),
- дегенеративные (первичные или вторичные).

Выделяют 2 категории спондилолистезов:

- низкой степени (I, II степень или менее 50 % смещения тела позвонка); в данном случае при неэффективности консервативной терапии будет показана стабилизирующая операция, либо в отсутствие грубой нестабильности на функциональных рентгенограммах - декомпрессивное вмешательство,

- высокой степени (III-IV или более 50 % смещения тела позвонка); хирургическое лечение в данной ситуации будет заключаться в редукции позвонка с его последующей стабилизацией, либо стабилизацией без редукции [6, 60, 101].

Существует классификация дегенеративного спондилолистеза, разработанная O. Gille [57]. Основой для этой классификационной системы послужило определение типов повреждений, которые отражают биомеханическое состояние позвоночника. В зависимости от изменений сагиттального профиля выделяют три типа патологии (Таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Классификация дегенеративного спондилолистеза Gille

Тип	Описание	Параметры	Подтип	Описание подтипа
Тип 1	LL адаптирован к PI (гармоничный позвоночник)	PI - LL < 10°	1A	Сохраненный сегментарный лордоз (SL)
			1B	Измененный SL с сохраненным LL
Тип 2	Компенсированный дисбаланс	PI - LL > 10°	2A	Сохраненный глобальный баланс без тазовой компенсации (Pelvic tilt PT < 25°)
			2B	Сохраненный глобальный баланс с тазовой компенсацией (PT > 25°)
Тип 3	Измененный глобальный баланс (SVA > 40 мм)	SVA > 40 мм	3	

Тип 1 соответствует гармонизированному сагиттальному профилю, который определяется референсным значением параметра PI-LL<10°. Тип 1 была разделена

на 2 подгруппы в зависимости от сохранности сегментарного лордоза на уровне спондилолистеза.

Тип 2 авторы характеризуют как компенсированный дисбаланс, проявляющийся нарушением регионарного сагиттального профиля, при котором  $PI-LL > 10^\circ$ . Данный тип разделен на два подтипа в зависимости от включения или нет механизма компенсации в виде ретроверсии таза, показателем которого был модификатор PT с референсным значением в данной классификации в  $25^\circ$ .

И тип 3 классификации Gille характеризуется глобальным дисбалансом, наличие которого автор определил при значении  $SVA > 4$  см [5].

Однако, сами авторы отмечают, что классификация дегенеративного спондилолистеза Gille является радиологической и она не может быть использована как самостоятельный инструмент в лечении пациентов с дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника [57].

Классификация SDSG (spinal deformity study group) предложена для спондилолистеза L5 позвонка, применима только при диспластическом или истмическом (I и II типы по Wiltse) спондилолистезе. В данной классификации выделяют 6 типов [81].

Первые три типа относят к спондилолистезу легкой степени – low grade (Meyerding I, II):

- Тип 1 – низкие значения PI (менее  $45^\circ$ ).
- Тип 2 – средние значения PI ( $45 - 60^\circ$ ).
- Тип 3 – высокие значения PI (более  $60^\circ$ ).

Вторые три типа относят к спондилолистезу тяжелой степени – high grade (Meyerding III, IV):

- Тип 4 – сбалансированный таз (без включения компенсаторных механизмов).
- Тип 5 – включение компенсаторного механизма в виде ретроверсии таза, но без сагиттального дисбаланса.
- Тип 6 – сагиттальный дисбаланс.

Особенностью данной классификации является возможность оценки не только степени смещения позвонка, но и параметров сагиттального баланса. В зависимости от типа спондилолистеза по классификации SDSG определяется тактика оперативного вмешательства: фиксировать «in situ» или выполнять редукцию L5 позвонка с восстановлением позвоночно-тазовых взаимоотношений, а также оценивается риск прогрессирования спондилолистеза.

Клинические проявления у пациентов с дегенеративным спондилолистезом низкой степени, преимущественно среди людей старше 45 лет, характеризуются болевыми ощущениями в нижних конечностях и неврологическими нарушениями, что связано с развитием и прогрессированием поясничного спинального стеноза на данном и, в некоторых случаях смежных уровнях поясничного отдела позвоночника [116]. В связи с этим важно рассмотреть классификацию поясничного спинального стеноза.

Морфологическая классификация стеноза, основанная на оценке степени тяжести стеноза на основании морфологии содержимого позвоночного канала по аксиальным срезам магнитно-резонансной томографии (МРТ) в T2-режиме, стала весьма популярной среди спинальных хирургов (Schizas С., 2010).

Согласно данной морфологической классификации выделяют 4 степени дегенеративного стеноза (А, В, С, D):

– класс А: визуализируется спинномозговая жидкость и нервные корешки, однако их расположение неоднородно: А1 – корешки лежат дорзально и занимают не менее половины площади дурального мешка; А2 – корешки лежат дорзально, контактируя с твердой мозговой оболочкой и образуя форму подковы; А3 – корешки лежат дорзально и занимают более половины поперечного сечения дурального мешка; А4 – расположение корешков по центру дурального мешка, занимая большую его часть,

– класс В: нервные корешки занимают все пространство дурального мешка, однако они различимы, спинномозговая жидкость присутствует,

– класс С: визуализировать корешки не представляется возможным, т.к. они представляют единый конгломерат, спинномозговая жидкость отсутствует, дорзально имеется эпидуральный жир,

– класс D: корешки не визуализируются, спинномозговая жидкость и эпидуральный жир отсутствуют (Рисунок 1.1).

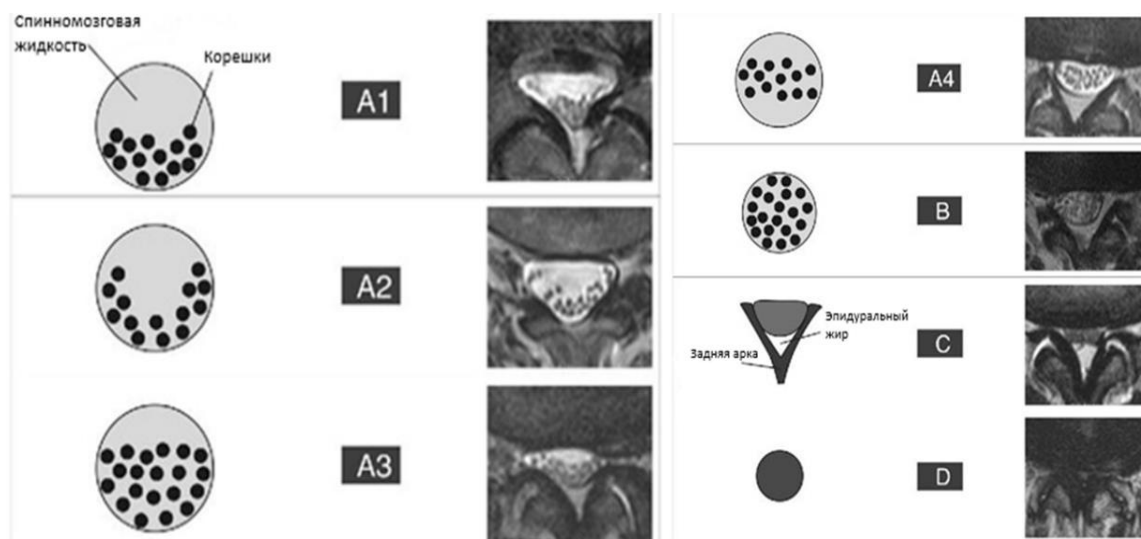


Рисунок 1.1 – Классификация стенозов позвоночного канала по данным МРТ (С. Schizas, 2010)

Эта классификация в настоящее время широко используется для оценки степени тяжести стеноза, выбора методов лечения и прогнозирования течения заболевания.

### 1.5 Клиническая картина

В большинстве случаев спондилолистез низкой степени является бессимптомным и обнаруживается у пациентов в ходе обследования других органов и систем, когда отсутствуют активные жалобы на поясничный отдел позвоночника [102, 123]. Прогрессирование спондилолистеза сопровождается развитием сегментарной нестабильности с клиническими проявлениями [66].

Согласно множеству исследований, наиболее распространенной и первой жалобой пациентов со спондилолистезом является боль в пояснично-крестцовом

отделе позвоночника. В анализе Т. М. Markwalder и его коллег указано, что этот симптом наблюдается у 96 % пациентов со спондилолистезом, обратившихся за медицинской помощью [103]. Ротт А. Н. и Курносенков В. В. отмечают, что жалобы усиливаются при выполнении сгибательных, разгибательных и ротационных движений, изменении положения тела, поворотах на постели, а также при поднятии и удержании прямой ноги в положении лежа на спине [36]. Источниками боли являются поврежденный межпозвонковый диск и фасеточные суставы. По мнению большинства исследователей, основным патогенетическим механизмом является нестабильность позвоночного двигательного сегмента, которая возникает в результате дегенеративного процесса, связанного с разрушением межпозвонкового диска, образованием трещин в фиброзном кольце и снижением давления внутри диска [49, 72, 123].

Смещение позвонка вперед и нестабильность позвоночно-двигательного сегмента со временем могут привести к гипертрофии межпозвонковых суставов и желтой связки, что, в свою очередь, становится причиной стеноза в межпозвонковых отверстиях и в позвоночном канале. В результате этого возникает синдром нейрогенной перемежающейся хромоты и корешковый компрессионный синдром.

Нейрогенная перемежающаяся хромота, также известная как синдром Дежерина, обусловлена механическим сжатием и ишемией нервных структур. Ишемия усиливается при вертикальном положении (в стоячем положении во время ходьбы). Во время ходьбы сегментарная ротация приводит к еще большему сужению позвоночного канала и ухудшению кровоснабжения спинного мозга и его компонентов. Этот синдром характеризуется клинической триадой в нижних конечностях: болью, нарушениями чувствительности и двигательной активности. Примечательно, что эти симптомы могут отсутствовать в покое, когда человек лежит, и при сгибании в позвоночнике вперед, но проявляются при вертикализации и ходьбе [24].

Корешковый компрессионный синдром проявляется в пределах конкретного дерматома:

- синдром корешка L4 – иррадиация болей в передневнутренние отделы бедра, голени и внутреннюю лодыжку, гипестезия на передней поверхности бедра, слабость четырёхглавой мышцы, снижение или утрата коленного рефлекса,

- синдром корешка L5 – иррадиация болей из верхней ягодичной области в наружные отделы бедра и голени, иногда с распространением на тыл стопы, на I–III пальцы, гипестезия в этой же зоне; слабость перонеальной группы мышц, возможна гипотрофия, слабость разгибателя I пальца стопы,

- синдром корешка S1 – иррадиация болей из средней ягодичной области в задненаружные или задние отделы бедра, голени, в пятку с переходом на наружный край стопы и IV–V пальцы, гипестезия в задненаружных отделах голени и наружных отделах стопы; гипотрофия большой ягодичной и икроножной мышц, слабость икроножной мышцы, снижение или отсутствие ахиллова и подошвенного рефлексов [24].

Также в редких случаях были зафиксированы ночные судороги в нижних конечностях [104]. На поздних стадиях могут возникать нарушения функции тазовых органов [65].

## 1.6 Диагностика

Общий осмотр пациента, безусловно, играет важную роль в процессе диагностики. Может обнаружиться патологическая поза с анталгическим (противоболевым) сколиозом [14, 24, 78, 90].

При наличии дегенеративного спондилолистеза наблюдается сглаживание поясничного лордоза с компенсаторным увеличением грудного кифоза и наклоном туловища вперед во время ходьбы. Эти изменения не характерны для пациентов с истмическим спондилолистезом, который проявляется скованностью и ограничением активных сгибательных движений в позвоночнике, а также гиперлордозом в поясничном отделе при физикальном осмотре [76].

При неврологическом осмотре у данных пациентов отмечается корешковый синдром. При этом чаще всего данные изменения обнаруживаются у пациентов, имеющих латеральный и фораминальный стеноз.

Тем не менее, с каждым годом инструментальные методы обследования становятся все более значимыми для выявления спондилолистеза. При наличии жалоб первым методом исследования обычно является рентгенография позвоночника [50, 150]. В боковой проекции можно установить степень спондилолистеза, измеряя процентное соотношение расстояния от задних отделов смещенного позвонка к общей длине замыкательной пластинки нижележащего позвонка [74]. Кроме того, анализ боковых рентгенограмм может дать основания для предположения о степени дегенерации межпозвонкового диска и нестабильности позвоночно-двигательного сегмента (ПДС). Признаки этих состояний включают уменьшение высоты диска, склероз соседних концевых пластин и образование остеофитов [151].

Функциональные рентгенограммы всё чаще применяются для оценки степени нестабильности спондилолистеза. Метод, включающий рентгенографию в положении сгибания и разгибания, является наиболее исследованным и широко используемым [29]. В настоящее время в литературе широко используются следующие критерии нестабильности: смещение тела позвонка более чем на 4 мм или более чем на 8 % от длины нижней замыкательной пластинки на уровнях L1–L5, или более чем на 6 % на уровне L5–S1 [50, 117].

Внедрение компьютерной томографии (КТ) в клиническую практику позволило не только с высокой точностью выявлять спондилолистез, но и определять их тип. При истмическом спондилолистезе КТ играет ключевую роль в определении дефекта межсуставной части дуги, а также позволяет точно установить размеры межпозвонкового отверстия и оценить степень компрессии корешка спинномозгового нерва [75]. Практически полное отсутствие ограничений у метода КТ, обширная информация о костной анатомии и возможность определения параметров смещения позвонков сделали это исследование

необходимым при планировании хирургического вмешательства по поводу спондилолистеза.

Данные предоперационного КТ используют для оценки минеральной плотности кости (МПК) позвонков уровня, подлежащего стабилизации. Для этого в трех аксиальных плоскостях (сразу ниже верхней замыкательной пластинки, среднеаксиальный срез и сразу выше нижней замыкательной пластинки) располагается овальная область (ROI) максимально большого размера без включения кортикальной кости. Значения единицы Хаунсфилда (HU – Hounsfield units) определяются программой автоматически, данные одного позвонка усредняются. Низкие значения минеральной плотности кости в единицах Хаунсфилда являются фактором риска для возникновения несостоятельности межтелового блока и проседания кейджа при выполнении одноуровневого спондилодеза. Пороговое значение HU для тел позвонков установлено на уровне 120 HU, 127 HU, 136 HU и 142 HU для тел L3, L4, L5, S1 позвонков соответственно [26].

МРТ обладает более высокой диагностической ценностью по сравнению с обычной рентгенографией и КТ, так как позволяет выявить непосредственные причины симптомов у пациента, определить тип стеноза (центральный, латеральный или фораминальный), степень компрессии нервных структур, а также оценить состояние межпозвонковых дисков, дугоотростчатых суставов и соседних краев тел позвонков. Кроме того, результаты МРТ могут косвенно указывать на уровень нестабильности сегмента. К преимуществам этого метода также следует отнести отсутствие лучевой нагрузки на организм человека [105, 151].

Международные клинические рекомендации указывают, что направлять пациентов на МРТ позвоночника следует только при подозрении на серьезные патологии, такие как дисцит, перелом или онкологический процесс, а также при ишиасе, если консервативная терапия не дает результатов в течение 6-8 недель [47, 79]. Тем не менее, благодаря широкому распространению МРТ в практике, этот метод становится все более обычным и часто применяемым.

## 1.7 Консервативное лечение спондилолистезов

Независимо от степени спондилолистеза и выраженности клинических проявлений, консервативное лечение является первым шагом к улучшению качества жизни пациента [19, 40]. С течением времени изменялись подходы к выбору методов лечения и рекомендации по ведению пациентов. В 1933 году В. Д. Чаклин применял позиционное лечение, при котором пациент в течение 2-4 недель находился в положении с согнутыми в тазобедренных суставах ногами и приподнятым туловищем. Эта методика помогала снизить болевой синдром и уменьшить радикулярные симптомы. Также использовались различные манипуляции по вытяжению, которые способствовали расширению межпозвонковых отверстий и даже редукции позвонков.

Чаще всего течение спондилолистезов благоприятное, и большинство пациентов успешно поддаются консервативному лечению. Хирургическое вмешательство требуется только у 10-15 % больных [118].

Существуют исследования, в которых сравниваются две группы пациентов со спондилолистезом: одна из них получала хирургическое лечение, а другая — комплексную консервативную терапию. Например, Н. Moller и его коллеги продемонстрировали, что хирургическое вмешательство значительно улучшает функциональные результаты и снижает интенсивность болевого синдрома по сравнению с консервативным методом. Также было установлено, что применение консервативной терапии более 6 месяцев нецелесообразно из-за её низкой эффективности [106].

Консервативное лечение при спондилолистезе низкой степени, проявляющейся болями в пояснице без неврологического дефицита, является предпочтительным методом, как и при других дегенеративно-дистрофических заболеваний позвоночника [132].

При преобладании корешковой симптоматики при спондилолистезе лечение должно быть аналогично с терапией поясничного спинального стеноза и включать следующие методы: ограничение физической активности, противовоспалительные

препараты, миорелаксанты, эпидуральные инъекции стероидов, физиотерапию и лечебную физкультуру [24, 59, 102, 131, 138].

В рандомизированном исследовании, проведенном J.N. Weinstein и др. (2007), было установлено, что применение эпидуральных стероидных блокад в сочетании с другими консервативными методами значительно уменьшает боль в пояснице и нижних конечностях на протяжении до двух лет [152].

Радиочастотная денервация фасеточных суставов как метод лечения хронической боли в спине при спондилолистезе приводит к снижению боли на 50% в течение трех месяцев в среднем у 65 % пациентов [77].

В настоящее время к показаниям для хирургического вмешательства чаще всего относят следующие факторы: отсутствие уменьшения болей в спине и/или радикулярной симптоматики после 3-4 месяцев комплексной консервативной терапии; ухудшение неврологического дефицита или возникновение нейрогенной перемежающейся хромоты; а также прогрессирование спондилолистеза.

### **1.8 Сагиттальный баланс**

Сагиттальный баланс является важным параметром при хирургическом лечении позвоночника, однако при одноуровневой стабилизации его значение существенно снижается. Систематический обзор, опубликованный Rhee C. и его коллегами в *Journal of Clinical Neuroscience*, которые проанализировали 1171 статью, убедительно показывают, что при одноуровневом спондилолистезе коррекция сагиттального баланса не приводит к значимым клиническим улучшениям [125].

Одноуровневый спондилолистез характеризуется минимальным влиянием на общий сагиттальный баланс. Исследование выявило, что коррекция сагиттального баланса не улучшает клинические результаты, о чем свидетельствует статистически недостоверная разница в показателях ODI (индекс нетрудоспособности Освестри) и VAS (визуальная аналоговая шкала) между группами пациентов. Отсутствует корреляции между рентгенологическими параметрами и клиническими исходами.

Компенсаторные механизмы, позволяют пациенту адаптироваться к незначительным изменениям сагиттального баланса [125].

Тау и соавт. провели ретроспективный обзор пациентов, перенесших операцию по поводу одноуровневого поясничного спондилолистеза низкой степени тяжести. Пациенты были разделены на группу с восстановлением и группу без восстановления сагиттального баланса на основании рентгенограмм, полученных непосредственно после операции. Рентгенографические параметры (угол смещения, сегментарный лордоз и общий поясничный лордоз) и клинические результаты (ODI, оценка нейрогенных симптомов по шкале NASS и SF-36) были измерены до операции и во время последующих послеоперационных посещений. Статистический анализ показал, что имелись значительные рентгенографические и клинические улучшения как в сбалансированных, так и в несбалансированных группах, но статистически значимой разницы между этими двумя группами не было [141].

Таким образом, при одноуровневом спондилолистезе коррекция сагиттального баланса не является обязательной и не требует дополнительных инвазивных манипуляций. Хирургу следует сосредоточиться на основных задачах оперативного вмешательства: декомпрессии нервных структур и стабилизации позвоночного сегмента [125, 141].

### **1.9 Хирургическое лечение спондилолистезов, историческая справка**

За столетний период хирургического лечения дегенеративного поражения пояснично-крестцового отдела позвоночника было предложено множество операций, многие из которых сегодня интересны лишь с исторической точки зрения. Первые попытки оперативной стабилизации при спондилолистезе проводились с использованием заднего спондилодеза. В 1915 году E.W. Ryerson произвел фиксацию позвоночника у пациента со спондилолистезом, внедряя трансплантат из большеберцовой кости между остистыми отростками [36]. В 1930 году Р. Р. Вреден предложил использовать трансплантат из малоберцовой кости,

располагая его перпендикулярно к оси позвоночника, чтобы концы упирались в подвздошные кости и передавали часть веса туловища на кости таза. A. Gibson (1931 год) использовал для заднего спондилодеза трансплантат из большеберцовой кости в форме буквы «Н», который укладывался между остистыми отростками. Немного позже, в 1946 году, R. Watson-Jones использовал металлические пластины для фиксации за остистые отростки.

В 1931 г. В.Д. Чаклин доказал, что у заднего спондилодеза есть альтернатива – передний спондилодез. Он первым в мире 28 июня 1931 г. внебрюшинным доступом к телам и межпозвонковым дискам пояснично-крестцовой области позвоночника выполнил операцию переднего спондилодеза у 17-летней пациентки с передним смещением L5 позвонка – спондилолистезом [28].

Поиск более надежных методов стабилизации привел к разработке заднебокового спондилодеза. M. Cleveland проводил фиксацию позвоночника с использованием костных ауто трансплантатов, размещаемых вдоль основания поперечных отростков [95]. H.W. Meyerding применял метод, заключающийся в укладке трансплантатов из большеберцовой кости с обеих сторон вдоль остистых отростков (от L3 до S1), а между ними вставляли фрагменты губчатой кости [96]. C. Rombolt и Z. Vozdech проводили ламинэктомию и заднебоковой спондилодез с использованием костных трансплантатов при спондилолистезе, сопровождающемся компрессией корешков [45, 121].

Следующий этап развития метода задней стабилизации позвоночника связан с применением металлических фиксаторов [33]. В 1944 году D. King предложил трансартикулярную фиксацию позвоночных суставов с помощью коротких винтов. R. Roy-Camille и его соавторы разработали метод задней фиксации позвоночника с использованием пластин, которые крепились винтами, вводимыми через корни дуг позвонков [122].

Внедрение метода винтовой фиксации через корни дуг позвонков стало революционной технологией в хирургическом лечении спондилолистеза и быстро привлекло множество сторонников. Были разработаны конструкции, которые позволяли проводить редукцию (транспедикулярная фиксация (ТПФ) с

редукционными винтами). Однако эта методика не решает проблему хирургического лечения спондилолистеза, так как обеспечивает лишь временную стабилизацию. Причина смещения остается нерешенной, а сама конструкция функционирует как внутренний корсет. Неудивительно, что данная технология часто приводит к неудовлетворительным результатам и осложнениям [83, 84, 109, 156]. Тем не менее, в сочетании с передним спондилодезом эта методика продемонстрировала хорошие результаты [9, 40, 70, 85, 135].

Анализ результатов лечения спондилолистеза с использованием заднего спондилодеза убедил ортопедов в его неэффективности, независимо от применяемых технологий. Появилось понимание, что успешность операции зависит от достижения межтелового сращения [11, 41, 68, 95, 97, 98].

Следующий этап в истории лечения спондилолистеза заключался в достижении переднего спондилодеза через задний оперативный доступ. В 1944 году Н. Briggs и его соавторы предложили использовать костную стружку для формирования костного блока в межтеловом промежутке после выполнения ламинэктомии [85]. R.W. Cloward, стремясь добиться межтелового сращения, производил выскабливание межпозвонкового диска через задний доступ и затем вводил костные трансплантаты из гребня крыла подвздошной кости в межтеловой промежуток [48].

Во второй половине XX века технологии фиксации смежных позвонков с помощью кейджевых систем стали особенно популярными. В 1953 году R.W. Cloward предложил метод PLIF (posterior lumbar interbody fusion) для хирургического лечения заболеваний дисков. С тех пор этот метод значительно усовершенствовался и занял свое место в практике [48, 157].

В 90-х годах была предложена технология трансфораминального поясничного межтелового спондилодеза как модификация устоявшейся техники задней стабилизации, которая предполагает доступ к межпозвонковому диску с заднебоковой стороны путем фасетэктомии, что помогает уменьшить множество рисков и ограничений, связанных с задним доступом [55, 86, 136, 154].

Ключевыми преимуществами данного метода являются: возможность эффективной декомпрессии нервных структур в межпозвонковом отверстии, снижение натяжения нервных корешков и, как следствие, уменьшение риска их итрогенного повреждения благодаря более латеральному доступу к дисковому пространству, а также сохранение задних срединных опорных структур позвонка [61].

Благодаря внедрению навигационных систем и усовершенствованию интраоперационных рентгеновских аппаратов, в хирургическую практику активно внедряются минимально инвазивные методы хирургического лечения позвоночника [13, 21, 128]. В статье, представленной R. Hartl, минимально инвазивная хирургия позвоночника определяется как совокупность технологий и методик, направленных на снижение местного повреждения тканей во время оперативного вмешательства и уменьшение общей хирургической нагрузки. Это позволяет пациентам быстрее возвращаться к привычной жизни и обеспечивает более благоприятные результаты по сравнению с традиционными методами. Hartl выделяет шесть ключевых элементов, формирующих основу минимально инвазивной хирургии позвоночника: 1. Цель: правильный выбор пациента и соответствующей процедуры. 2. Технология: специализированные технологии, способствующие безопасному и эффективному проведению операции. 3. Техника: хирургические навыки и периоперационные методики, обеспечивающие высокое качество вмешательства. 4. Обучение: адекватное обучение хирургов и их команд, а также стажеров, что является залогом успешного применения минимально инвазивной хирургии позвоночника. 5. Тестирование: критический анализ и оценка хирургических результатов через систематические исследования. 6. Талант: развитие хирургического таланта, что способствует совершенствованию навыков и повышению качества медицинской помощи. Эти шесть аспектов представляют собой важные элементы, способствующие успешному внедрению и развитию минимально инвазивных методик в хирургии позвоночника [64].

В последние годы активно применяется минимально инвазивный метод трансфораминального поясничного спондилодеза. Этот метод имеет ряд

преимуществ по сравнению с открытым вариантом трансфораминального поясничного спондилодеза. Оба подхода продемонстрировали свою клиническую эффективность в лечении дегенеративных заболеваний межпозвоночных дисков, однако минимально инвазивная стабилизация, по мнению В. Giovanni, обладает рядом преимуществ: меньшей интраоперационной кровопотерей, низким уровнем послеоперационной боли и сокращением времени госпитализации благодаря снижению травматичности для окружающих тканей. Тем не менее, до сих пор данный метод не получил широкого распространения из-за технической сложности, что приводит к увеличению продолжительности операции и повышенной радиационной нагрузке на хирурга [80, 108, 115, 129].

Анализ развития хирургических методов лечения спондилолистеза подтверждает необходимость проведения кругового (фиксация 360°) спондилодеза, который включает фиксацию патологического сегмента с использованием конструкции, а также удаление межпозвонкового диска и межтеловой спондилодез [9, 87, 99, 112, 146].

### **1.10 Минимальная клинически значимая разница**

Минимальная клинически значимая разница (MCID) представляет собой ключевую концепцию в клинических исследованиях, обеспечивающую понимание того, какие изменения в состоянии пациента после медицинского вмешательства можно считать клинически значимыми. В хирургии позвоночника, где результаты операций могут варьироваться от значительного улучшения до отсутствия эффекта, определение MCID становится особенно важным для оценки эффективности различных методов лечения.

MCID (Minimal Clinically Important Difference) — это минимально значимая клиническая разница, которая используется для оценки изменений в состоянии пациентов после медицинских вмешательств. Этот показатель помогает определить, насколько изменения в оценках состояния пациента (например, по

шкалам боли или функциональности) являются клинически значимыми и имеют реальное значение для пациента.

Параметр MCID был впервые введен в 1989 году как «наименьшее изменение параметра, которое может быть сочтено важным пациентом или врачом», то есть значение, указывающее на заметное изменение результата. С течением времени концепция MCID претерпела множество трансформаций и получила различные определения, такие как «минимальное значимое различие», «минимальное важное изменение», «минимальное обнаруживаемое различие» и другие [27, 73].

В клинической практике, помимо объективных метрических данных (градусы, сантиметры, проценты и т.д.), для оценки эффективности лечения активно используются количественные шкалы и опросники, в которых качественные показатели выражаются в условных числовых значениях — баллах. Между объективными и субъективными показателями не всегда имеется взаимосвязь. Например, получены статистически значимые различия между исследуемыми группами в температуре тела пациентов на момент поступления  $36,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $37,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $p < 0,001$ ), однако анализ показал отсутствие клинического значения, то есть пациенты никак не различали данную разницу [30]. Получение статистически значимого различия между группами, но непреодоление порогового значения MCID может ввести в заблуждение о значимости исследуемого параметра.

Выделяют несколько методов определения MCID, включая статистические подходы (например, анализ полученных данных с использованием стандартных отклонений) и методологии, основанные на восприятии пациентов (например, опросы о значимости изменений), либо используют данные литературы. При выборе значения MCID из литературы опираются на наиболее близкое значение нужной шкалы по патологии, выполняемому лечению и срокам наблюдения. При анализе литературных данных выяснилось, что MCID для ВАШ и индекса Освестри на сроке 12 месяцев для пациентов, перенесших трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез, не рассчитана.

Взгляд пациента на собственное здоровье, будь то улучшение, ухудшение или поддержание, является наиболее важным показателем результата в клинических испытаниях. Субъективное удовлетворение пациента результатами хирургического лечения порой не менее важно, чем положительная динамика объективных показателей.

При интерпретации результатов клинических исследований следует понимать, действительно ли полученный результат имеет клиническое значение для пациентов и соответствует ли метод оценки результата современным стандартам [27].

## **Резюме**

Спондилолистез пояснично-крестцового отдела позвоночника является актуальной проблемой в современной медицине, так как это заболевание может существенно влиять на качество жизни пациентов. Чаще всего спондилолистез наблюдается в поясничном отделе, особенно на уровнях L4-L5 и L5-S1, и его распространенность варьируется от 2,4 % до 18 % в зависимости от популяции и методов диагностики. Заболевание классифицируется по степени смещения позвонков и этиологии, включая истмический, дегенеративный, травматический и другие виды.

Причины развития спондилолистеза многофакторны. К ним относятся генетическая предрасположенность, механические нагрузки, связанные с физической активностью или профессиональной деятельностью, а также возрастные изменения, которые способствуют дегенерации межпозвонковых дисков и суставов. Клинические проявления заболевания могут быть разнообразными: от боли в поясничной области до иррадиирующей боли в нижних конечностях и ограниченной подвижности. В некоторых случаях наблюдаются неврологические симптомы, такие как онемение и слабость.

Диагностика спондилолистеза включает рентгенографию как начальный метод для оценки смещения позвонков, а также компьютерную томографию и магнитно-резонансную томографию для более детального изображения состояния

мягких тканей и возможных неврологических осложнений. Лечение может быть консервативным или хирургическим. Консервативные методы включают физиотерапию, медикаментозное лечение, использование ортопедических средств, тогда как хирургическое вмешательство показано при выраженных неврологических симптомах или неэффективности консервативной терапии.

Современные исследования сосредоточены на минимально инвазивных методах хирургического лечения. Спондилолистез представляет собой сложную проблему, требующую комплексного подхода к диагностике и лечению, и современные исследования открывают новые горизонты в понимании заболевания и его лечении, что позволяет улучшать качество жизни пациентов и снижать риск осложнений.

## Глава 2 Материалы и методы

### 2.1 Общая характеристика групп пациентов

Настоящее исследование проводилось на базе 10 нейрохирургического отделения (спинальная нейрохирургия) «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.

Данная научная работа по дизайну является ретроспективно-проспективным когортным исследованием. Нами проанализирован период с апреля 2018 по март 2024 гг. включительно.

Ретроспективно проведен анализ 428 историй болезни пациентов с диагнозом МКБ М43.1 Спондилолистез, оперированных в 10 нейрохирургическом отделении (спинальная нейрохирургия) с апреля 2018 по январь 2023 года.

Критерии включения в ретроспективное исследование:

- пациенты с диагнозом МКБ М43.1 Спондилолистез;
- спондилолистез I-II степени с нестабильностью позвоночно-двигательного сегмента (смещения позвонков относительно друг друга более 4 мм по данным функциональных спондилограмм);
- уровень поражения в промежутке L3-S1 позвонков;
- наличие дооперационных снимков МРТ, КТ и функциональных спондилограмм в электронном виде в базе ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России;
- наличие послеоперационных снимков (через 3, 6, 12 месяцев после операции) МРТ и КТ в электронном виде в базе ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России;
- наличие в электронной истории болезни следующих данных (болевого синдром по ВАШ до операции, через 2 часа после операции, на 3-и сутки, через 3, 6 и 12 месяцев; значения индекса Освестри до операции, через 3, 6 и 12 месяцев; данные по шкале достижения целей через 12 месяцев; длительность хирургического вмешательства; объем интраоперационной кровопотери; сроки

госпитализации);

- значения Т-критерия по данным рентгеноденситометрии в пределах  $+2,5$  SD и не ниже  $-1$  SD;

- значения минеральной плотности кости позвонков в единицах Хаунсфилда более 120.

Критерии невключения в ретроспективное исследование:

- возраст младше 18 лет;
- полисегментарное поражение;
- ранее оперированный сегмент;
- наличие сколиотической деформации любой этиологии более  $10^\circ$  во фронтальной плоскости.

Таким образом, после применения критериев, описанных ранее, в ретроспективную часть исследования были включены 131 пациент, прошедший операцию в период с апреля 2018 по январь 2023 года.

В проспективную группу вошли 93 пациента, прооперированных с февраля 2023 по март 2024 года.

Критерии включения в проспективное исследование:

- возраст 18 лет и старше;
- неэффективность консервативной терапии в течение 3-4 месяцев;
- болевой синдром в спине и в нижних конечностях;
- спондилолистез I-II степени с нестабильностью позвоночно-двигательного сегмента (смещения позвонков относительно друг друга более 4 мм по данным функциональных спондилограмм);

- уровень поражения в промежутке L3-S1 позвонков;
- моносегментарное поражение;
- отсутствие остеопороза (значения минеральной плотности кости позвонков в единицах Хаунсфилда более 120 и значения Т-критерия в пределах  $+2,5$  SD и не ниже  $-1$  SD);

- пациент подписал письменное информированное согласие на участие в

данном исследовании;

– пациент согласен придерживаться графика и требований последующего наблюдения (выполнение послеоперационных снимков МРТ и КТ через 3, 6 и 12 месяцев; заполнение шкал через 3, 6 и 12 месяцев).

Критерии невключения в проспективное исследование:

– отсутствие признаков нестабильности позвоночно-двигательного сегмента;

– наличие сколиотической деформации любой этиологии более  $10^\circ$  во фронтальной плоскости;

– ранее оперированный сегмент.

Тем самым в исследование вошли 224 пациента, которым было проведено хирургическое лечение по поводу спондилолистеза пояснично-крестцового отдела позвоночника в ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России с апреля 2018 по март 2024 гг. включительно.

В ходе исследования нами были сформированы две группы пациентов:

I группа – пациенты, которым выполнялась операция с использованием традиционного метода лечения – 104 (46 %) пациента,

II группа – пациенты, которым выполнялась операция с использованием минимально инвазивного метода лечения – 120 (54 %) пациентов (Рисунок 2.1).

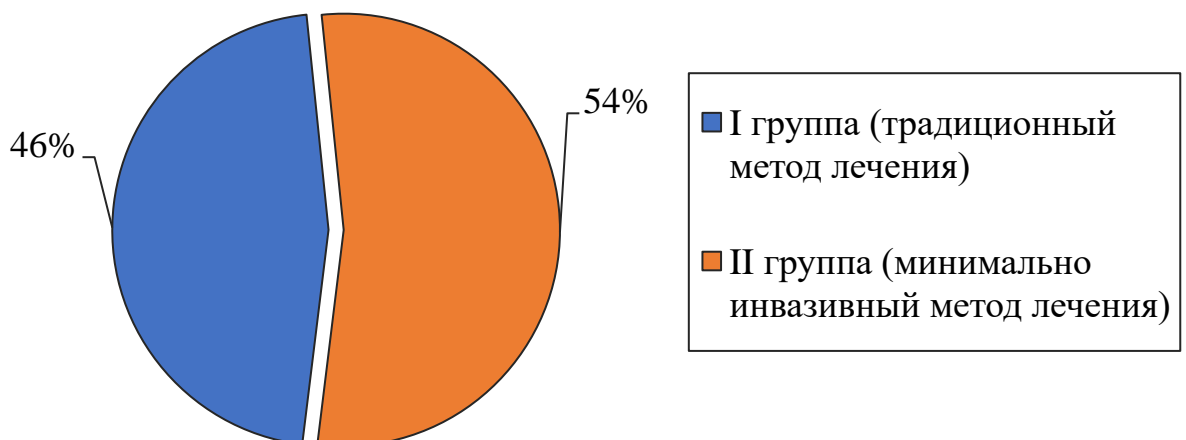


Рисунок 2.1 – Распределение пациентов по виду хирургического вмешательства

Показаниями для хирургического вмешательства были следующие критерии: продолжительность симптомов до операции и отсутствие положительного результата от консервативного лечения в течение 3 - 4 месяцев [15]. Все пациенты прошли комплексное предоперационное диагностическое обследование, которое включало сбор анамнеза, общеклиническое и неврологическое обследование, рентгенографию пояснично-крестцового отдела позвоночника с функциональными пробами стоя (сгибание/разгибание), а также МРТ, компьютерную томографию (КТ) и рентгеноденситометрию. Клиническое обследование проводилось с участием нейрохирурга, невролога, терапевта и других специалистов по мере необходимости. Рентгенография является обязательным методом для выявления спондилолистеза и должна включать обзорные снимки позвоночника в прямой и боковой проекциях в статическом положении пациента, стоя, а также с функциональными пробами: спондилограммой в боковой проекции на сгибание и разгибание. Эти рентгенологические исследования необходимы для определения стабильности или нестабильности ПДС. Спиральная компьютерная томография используется не только для оценки степени смещения, но и для выявления костных аномалий, для оценки минеральной плотности кости, а также изменений в анатомии костных структур пояснично-крестцового отдела (оссификация задних и передних продольных связок, степень возможного спондилодеза ПДС из-за остеофитов, деформация дугоотростчатых суставов, степень сужения позвоночного канала из-за костных разрастаний и т.д.). Магнитно-резонансная томография помогает определить степень смещения тел позвонков, анатомические изменения мягкотканного связочного аппарата ПДС, степень и класс стеноза, а также компрессию дурального мешка и нервных корешков. Рентгенологическими критериями включения пациентов в исследование стало наличие смещения позвонков относительно друг друга более 4 мм по данным функциональных спондилограмм. Рентгеноденситометрия позволяет оценить минеральную плотность кости (МПК). Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), диагностика остеопороза проводится на основании T-критерия: в пределах нормы находятся значения от +2,5 SD до -1 SD, значения от

$-1$  SD до  $-2,5$  SD считаются остеопенией, значения от  $-2,5$  SD и ниже классифицируются как остеопороз, и значения от  $-2,5$  SD и ниже с наличием хотя бы одного перелома позвонка или шейки бедра, а также других переломов, не соответствующих тяжести травмы, — как тяжелый остеопороз [23]. Дополнительно у всех пациентов была определена МПК позвонков в единицах Хаунсфилда (HU – Hounsfield units). Измерение HU производилась в теле позвонка L3 на уровне средне-аксиального среза [82]. В исследование включены пациенты с значениями HU более 120 и значениями Т-критерия в пределах  $+2,5$  SD и не ниже  $-1$  SD.

Основной и доминирующей жалобой пациентов обеих групп был болевой синдром в пояснично-крестцовом отделе позвоночника, а также боли в одной или обеих нижних конечностях. Кроме того, у большинства пациентов наблюдался синдром нейрогенной перемежающейся хромоты.

При проведении хирургического вмешательства пациентам I группы выполнялась декомпрессия и использовалась методика трансфораминального межтелового спондилодеза с транспедикулярной фиксацией с применением интраоперационного компьютерного томографа (иКТ) и навигационной системы из традиционного срединного доступа, а у пациентов II группы – декомпрессия и использовалась методика минимально инвазивного трансфораминального межтелового спондилодеза с транспедикулярной фиксацией с применением интраоперационного компьютерного томографа (иКТ) и навигационной системы из двух парамедианных доступов. Основными задачами исследования были изучение и проведение сравнительного анализа исходов хирургического лечения пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника с применением традиционного и минимально инвазивного методов лечения.

## **2.2 Инструменты оценки клинических исходов**

В нашем исследовании использовались контрольные точки для оценки состояния пациентов: до операции, через 2 часа после операции, на 3-и сутки после операции, через 3 месяца после операции, через 6 месяцев после операции, через 12 месяцев после операции. Оценка исходов проводилась с помощью следующих

стандартных шкал:

- визуальная аналоговая шкала (ВАШ),
- индекс определения нетрудоспособности Освестри (Oswestry Disability Index – ODI),
- шкала достижения целей (Goal Attainment Scaling – GAS),
- балльная шкала оценки сращения трансплантата/имплантата с ложем опорного позвонка (Баулин И.А. с соавт., 2015);

Визуальная аналоговая шкала (Visual Analog scale) использовалась для оценки уровня боли в пояснично-крестцовом отделе позвоночника и в нижних конечностях (Приложение Б), функциональный статус оценивался с использованием опросника для определения индекса нетрудоспособности Освестри (Oswestry Disability Index) (Приложение В). Кроме традиционных шкал, в нашем исследовании мы применили шкалу достижения целей (GAS, Goal Attainment Scale) — метод, позволяющий оценить, насколько пациент достиг своих индивидуальных лечебных целей (Приложение Г). Эта шкала предоставляет хирургу возможность предсказать результаты операции до её проведения. В последние десять лет наблюдается смена парадигмы в оказании медицинской помощи с проблемно ориентированной на целеполагающую – ориентированную на достижение цели (целей) [15, 31, 34]. Основное отличие шкалы достижения целей от других имеющихся индивидуализированных методов оценки заключается в том, что пациент самостоятельно оценивает успех в достижении поставленных целей, заполняя соответствующие пункты и выставляя баллы. Эта шкала предназначена для множества индивидуальных целей и, что особенно важно, включает формулу для расчета общего стандартного балла. Ключевые преимущества шкалы достижения целей включают в себя:

- мотивацию пациента,
- совместную работу различных специалистов и пациента,
- снижение риска разочарования как у пациента, так и у его родственников,
- активное участие пациента в процессе лечения,

- повышение удовлетворенности пациента,
- возможность прогнозирования результатов лечения,
- улучшение итоговых результатов лечения [4].

Для статистического анализа общее значение достижения цели (Т) считалось по формуле [34]:

$$T = 50 + \frac{10 \sum(w_i x_i)}{\sqrt{(0.7 \sum w_i^2 + 0.3(\sum w_i)^2)}}$$

где:

$w_i$  = вес (значимость) цели

$x_i$  = численное значение достижения каждой цели (между -2 и +2)

Средний балл достижения цели (Т) для исследуемой популяции составляет 50.

- При  $T > 50$  - пациент значительно превысил уровень достижения цели лечения.
- При  $T < 50$  – пациент не достиг цели лечения.

Для оценки формирования межтелового блока имеется несколько наиболее распространенных шкал. Это шкала Bridwell К.Н., предложенная автором в 1995 году, в этой шкале имеются 4 стадии: от полного сращения до полного несращения [43]. В 2002 году шведский хирург Vavruch представил свою шкалу, в которой им также определены 4 градации блока, отличающиеся вариантом локализации формирования костных мостиков либо через фиброзное кольцо, либо межтеловой промежуток [144]. Тан G.Н. в 2007 году определил развитие блока от полного сращения до биполярного псевдоартроза [134].

Наиболее приемлемая для оценки динамики формирования костного блока является балльная шкала, определяющая сращение трансплантата/имплантата с ложем опорного позвонка, предложенная Баулиным И.А. с соавт. [7]. Данную шкалу мы использовали для оценки формирования спондилодеза (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Балльная шкала оценки сращения трансплантата/имплантата с ложем опорного позвонка (Баулин И.А. с соавт., 2015)

Баллы	Правильность положения трансплантата/имплантата в зоне блокирования		Соприкасание трансплантата/имплантата с ложем блокируемых позвонков			
			величина диастаза между костным ложем и трансплантатом / имплантатом		переход костных балок между трансплантатом и ложем	
	сохранена	нарушена (вывих)	более 3 мм	3 мм и менее	контур размытый, не структурный	четкие костные балки
1		+				
2	+		+			
3	+			+		
4	+				+	
5	+					+

Оценка зоны спондилодеза проводилась в сагиттальной и коронарной проекции по данным КТ. На оптимальном КТ срезе позвоночника (срез, на котором лучше всего визуализировалась зона контакта между позвонком и трансплантатом/имплантатом) оценивали три легко контролируемых, воспроизводимых и однозначно трактуемых признака:

1. Наличие или отсутствие вывиха трансплантата. Смещение концов трансплантата/имплантата за пределы горизонтальных опорных площадок блокируемого позвонка расценивали как вывих (1 балл). При отсутствии вывиха уточняли следующие признаки - величина диастаза и переход костных балок в зоне непосредственного контакта трансплантата и реципиентного ложа.

2. Расстояние между блокируемой поверхностью позвонка и концом трансплантата/имплантата. Величину диастаза оценивали по прямой линии, соединяющей наиболее близкие точки в зоне контакта между ними. Величину диастаза, превышающую 3 мм, оценивали в 2 балла; величину равную или менее 3 мм - в 3 балла.

3. Структурирование зоны блока позвонка с трансплантатом/имплантатом. Отсутствие щели между ними с неоднородной структурой блока и зонами склероза оценивали в 4 балла; однородную структуру блока без участков склероза с визуализацией переходящих балок - в 5 баллов.

Статистическая обработка материала проводилась с использованием программ Microsoft Excel и RStudio на языке R version 4.4.1. Для обеспечения сопоставимости сравниваемых групп по исследуемым факторам был применен метод псевдорандомизации (PSM, propensity score matching). Распределение непрерывных и дискретных количественных переменных в выборке описывали с помощью средних значений, стандартного отклонения, медианы (Me), квартилей (IQR) и доверительных интервалов. Тестирование статистических гипотез о различии в распределении количественных переменных в независимых выборках проводили с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни. Различия в распределениях категориальных переменных тестировали с помощью критерия  $\chi^2$  и точного критерия Фишера.

Для оценки взаимосвязи между исходами и их предикторами проводили многомерный анализ с помощью бинарной логистической регрессии с 300-кратным ресэмплированием и размером обучающей выборки 75 % от исходной. Нулевую гипотезу в статистических тестах отклоняли при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ .

## Глава 3 Методы хирургического лечения спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника

### 3.1 Декомпрессия нервных структур с трансфораминальной межтеловой и транспедикулярной стабилизацией межпозвоночного сегмента из традиционного срединного доступа

Традиционным способом лечения нестабильного спондилолистеза является ламинэктомия с последующей стабилизацией сегмента [8, 93, 126]. Наиболее распространенным методом стабилизации среди спинальных хирургов является транспедикулярная фиксация с межтеловым спондилодезом из заднего доступа – так называемая ригидная фиксация 360° [21, 58, 113, 120, 143, 155]. В последние годы межтеловая стабилизация с применением технологий трансфораминального межтелового спондилодеза считается наиболее приемлемой и безопасной.

У всех пациентов в нашем исследовании в I группе на этапе межтелового спондилодеза применялся трансфораминальный доступ – TLIF.

Операция проводится под общим наркозом (внутривенный плюс эндотрахеальный). Пациент укладывается на животе на рентгенпрозрачной раме Wilson (Рисунок 3.1)



Рисунок 3.1 – Положение пациента

Затем определяется уровень вмешательства с помощью иКТ в режиме флюороскопии (Рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Интраоперационное КТ в режиме флюороскопии, отмечена область вмешательства на уровне L4-L5 позвонков

Следующим этапом устанавливаются рентгеноконтрастные самоклеящиеся маркеры (Feducial Markers) в количестве 8-10 штук с целью последующего выстраивания трехмерной модели зоны оперативного вмешательства в навигационной системе (Рисунок 3.3).

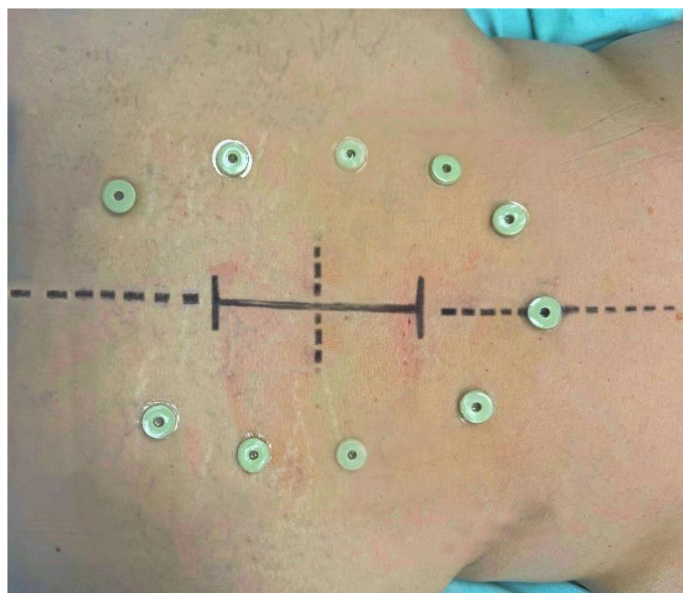


Рисунок 3.3 – Предоперационная разметка разреза кожи и мягких тканей, наклеены рентгеноконтрастные маркеры

Далее выполняется разрез кожи длиной около 10-12 см. Затем выполняется скелетирование задних структур (дужки позвонков, междужковые промежутки и фасеточные суставы оперируемого ПДС, скелетирование точек ввода транспедикулярных винтов). Устанавливается реечный ранорасширитель и за нижележащий остистый отросток крепится референсная рамка (Рисунок 3.4).

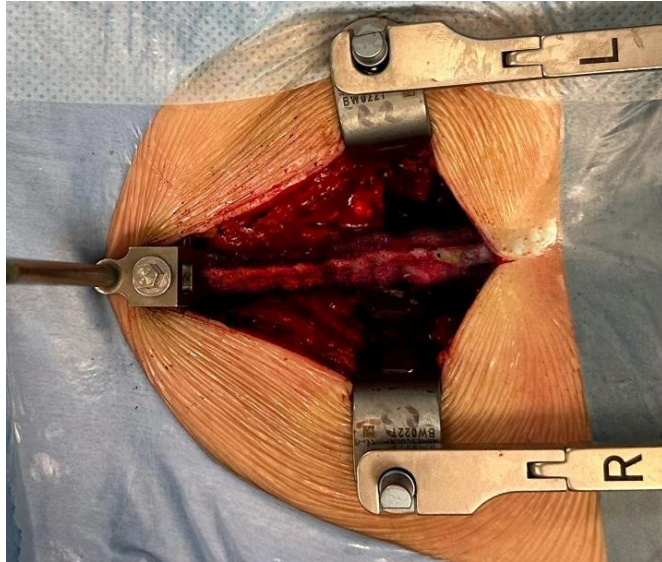


Рисунок 3.4 – Выполнен доступ, установлен реечный ранорасширитель, за остистый отросток нижележащего позвонка закреплена референсная рамка

Мы использовали реечный ранорасширитель, представленный на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – Вид реечного ранорасширителя

Затем выполняется интраоперационная компьютерная томография пояснично-крестцового отдела позвоночника, и полученные томографические изображения загружаются в навигационную систему. В данной навигационной системе регистрируются рентгеноконтрастные маркеры (Рисунок 3.6) и хирургические инструменты (навигационная указка, шило острое, поясничный зонд, метчик, отвертка, инструмент для установки межтелового импланта).

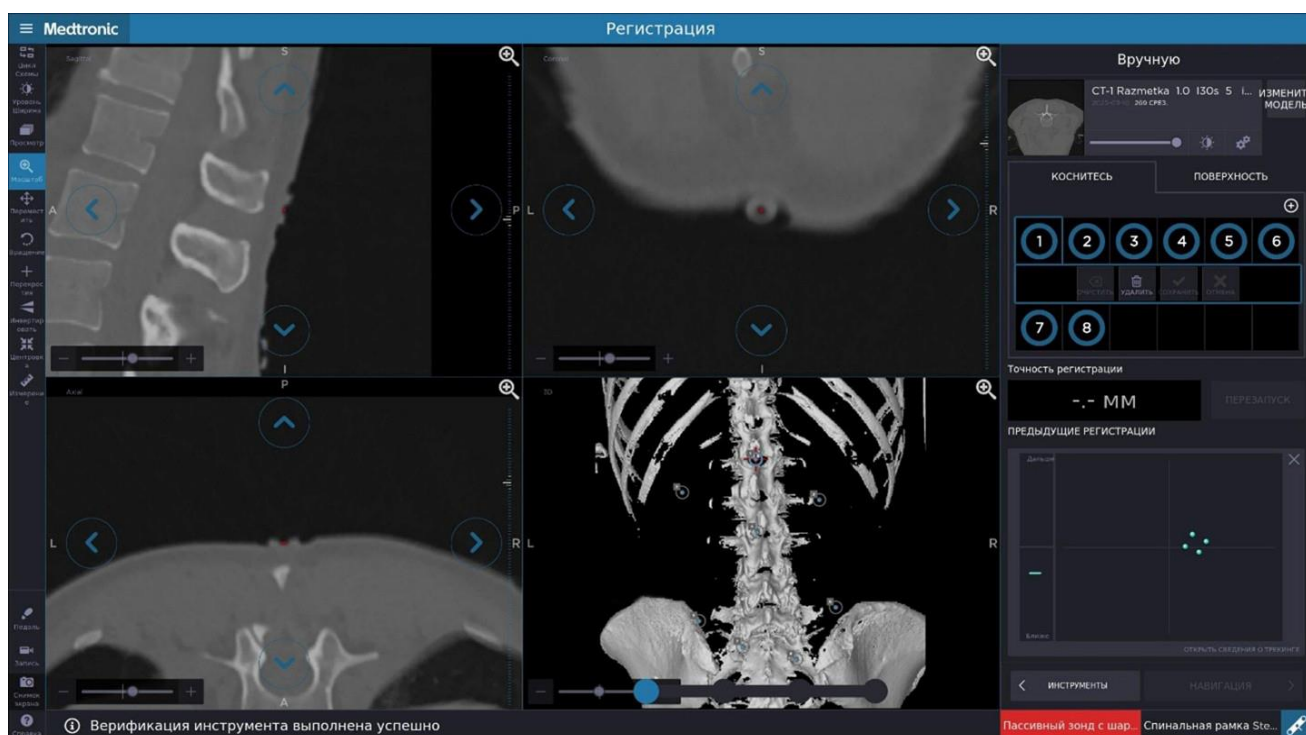


Рисунок 3.6 – Регистрация рентгеноконтрастных маркеров (Fiducial Markers) в навигационной системе для последующего выстраивания трехмерной модели зоны оперативного вмешательства

Далее под контролем навигационной системы выполняется установка транспедикулярных винтов (длина и диаметр определяется интраоперационно в навигационной системе) (Рисунок 3.7).

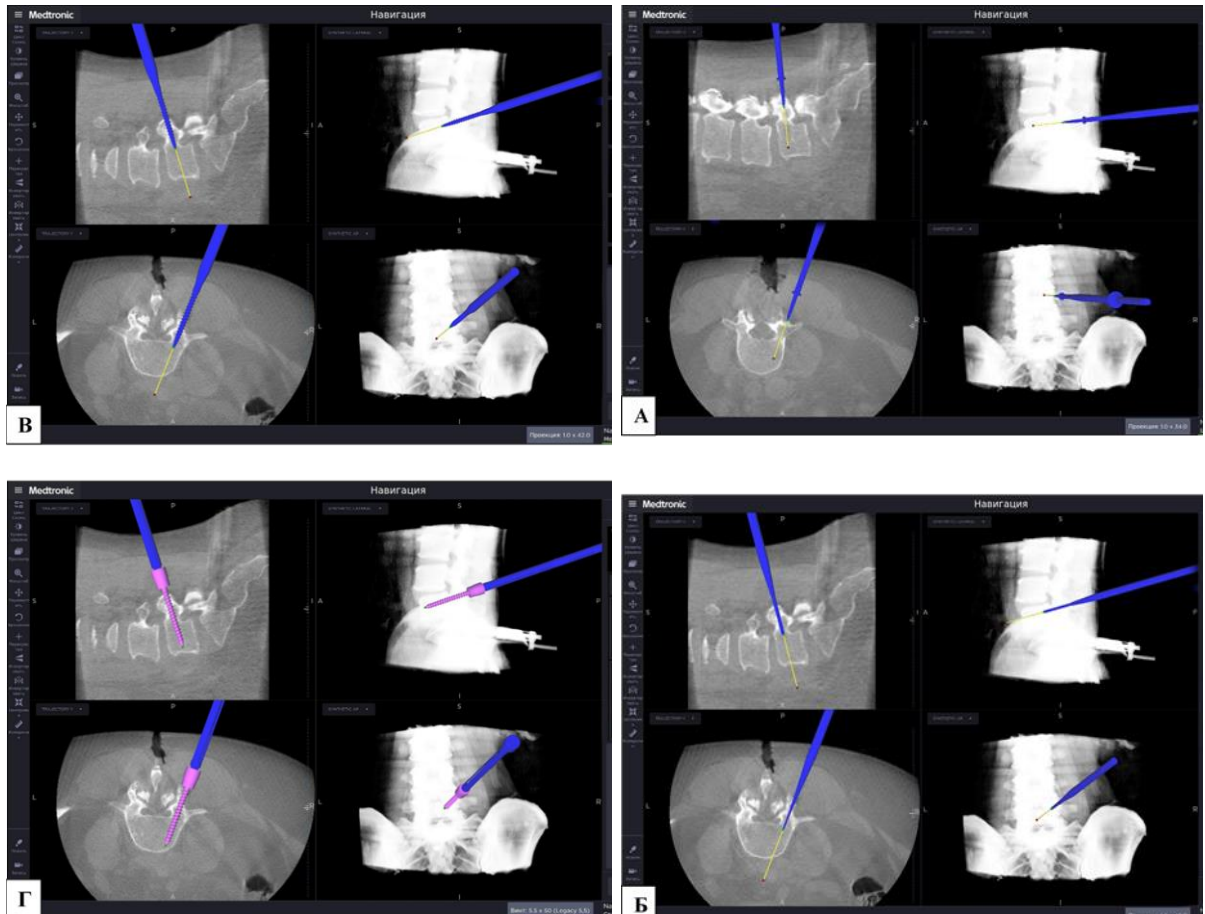


Рисунок 3.7 – Интраоперационный поэтапный контроль установки транспедикулярного винта в L5 позвонок с применением системы навигации: А – выбор оптимальной траектории введения транспедикулярного винта; Б, В – формирование костного канала для установки винта; Г – установка транспедикулярного винта под навигационным контролем

Мы использовали транспедикулярные винты системы «CD HORIZON Legacy» фирмы Medtronic (Рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Транспедикулярные винты системы «CD HORIZON Legacy» фирмы Medtronic

Затем с применением интраоперационного микроскопа OPMI Pentero 900 выполняется декомпрессивная ламинэктомия (если спондилолистез сочетается с циркулярным стенозом) или гемиламинэктомия (при отсутствии циркулярного стеноза). Далее удаляется гипертрофированная желтая связка, выполняется фасетэктомия, декомпрессия выходящего и проходящего нервного корешка с помощью высокоскоростного бора и костных кусачек Смита-Керрисона.

Микрохирургическим скальпелем вскрывается межпозвонковый диск, выполняется дискэктомия при помощи конхотома и кюретек. Затем при помощи пробника по размеру межтелового промежутка с помощью навигационной системы подбирается межтеловой имплант (Рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Интраоперационный контроль положения и соответствия размера пробника размеру межтелового промежутка с помощью навигационной системы

Затем полость межпозвонкового диска и сам межтеловой имплант заполняется остеостимулирующей биосинтетической костной пастой.

Мы использовали межтеловые импланты из материала PEEK «Capstone» фирмы Medtronic, которые заполняли биосинтетической костной пастой «ReproBone novo» (Рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 – Остеостимулирующая биосинтетическая костная паста «ReproBone novo»

Далее с помощью навигационной системы устанавливается межтеловой имплант (Рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 – Интраоперационный контроль положения межтелового импланта с помощью навигационной системы

Затем собирается система путем соединения транспедикулярных винтов отмоделированными стержнями и выполняется интраоперационная компьютерная томография с 3D-реконструкцией для контроля положения межтелового импланта и транспедикулярных винтов (Рисунок 3.12).

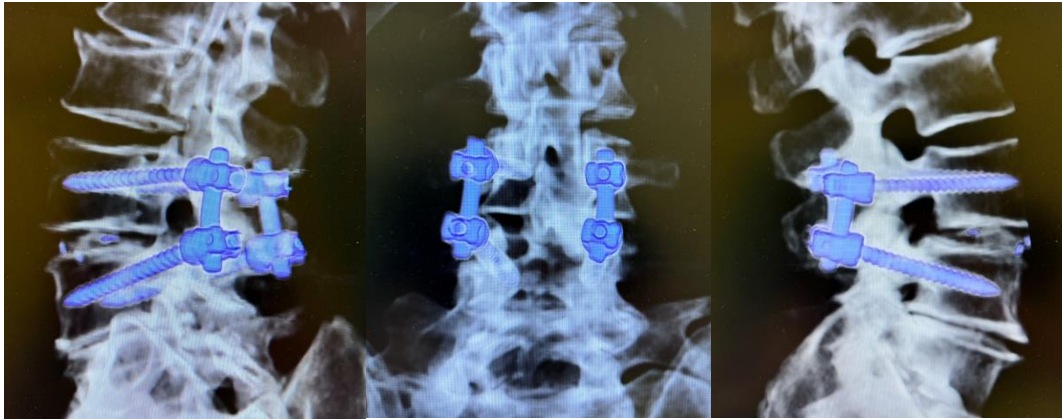


Рисунок 3.12 – Интраоперационный КТ-контроль с 3D-реконструкцией правильности установки межтелового импланта и транспедикулярных винтов

В случае корректного положения имплантов выполняется окончательный гемостаз, используется гемостатическая матрица «Surgiflo». Срываются головки гаек на транспедикулярных винтах и стержнях, удаляется референсная рамка. Рана ушивается узловыми швами на мышцы, апоневроз, подкожную клетчатку. Устанавливается активный субапоневротический дренаж. Накладывается внутрикожный шов на кожу. Вид послеоперационной раны представлен на рисунке 3.13.



Рисунок 3.13 – Вид послеоперационной раны

### **3.2 Декомпрессия нервных структур с минимально инвазивной трансфораминальной межтеловой и транспедикулярной стабилизацией межпозвоночного сегмента из двух парамедианных доступов**

Одной из главных тенденций современной хирургии является максимально эффективная и радикальная операция при минимальном травматическом воздействии.

В последние годы наблюдается значительное развитие методик минимально инвазивной хирургии позвоночника, что обусловлено стремлением уменьшить травматичность вмешательства, ускорить реабилитацию и снизить риск осложнений. Одним из перспективных направлений является использование интраоперационной компьютерной томографии (иКТ) и навигационных систем при лечении спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника [16].

Методика минимально инвазивного трансфораминального межтелового спондилодеза с транспедикулярной фиксацией с применением иКТ и навигационной системы из двух парамедианных доступов внедрена в практику ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России. По данной методике получен патент РФ на изобретение (№2832968) - в официальном Бюллетене Федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) (Приложение А).

На рисунке 3.14 представлена последовательность этапов применения иКТ и навигационной системы в минимально инвазивной хирургии спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника.



Рисунок 3.14 – Последовательность этапов применения интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы в минимально инвазивной хирургии спондилолистезов

Вмешательство осуществляется под общим наркозом (внутривенно-эндотрахеальный). Положение лежа на животе на рентгенпрозрачной раме Wilson (Рисунок 3.15). Пораженный уровень позвонков определяется с помощью интраоперационной КТ в режиме флюороскопии.

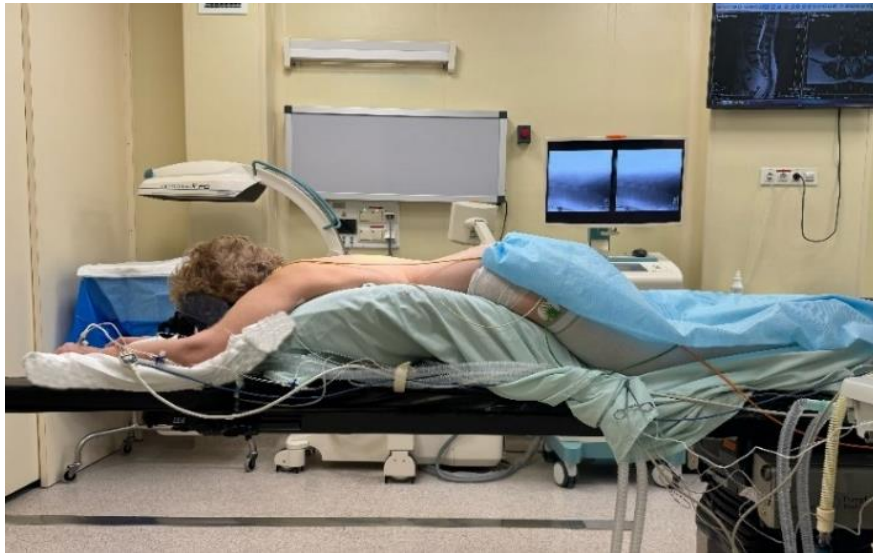
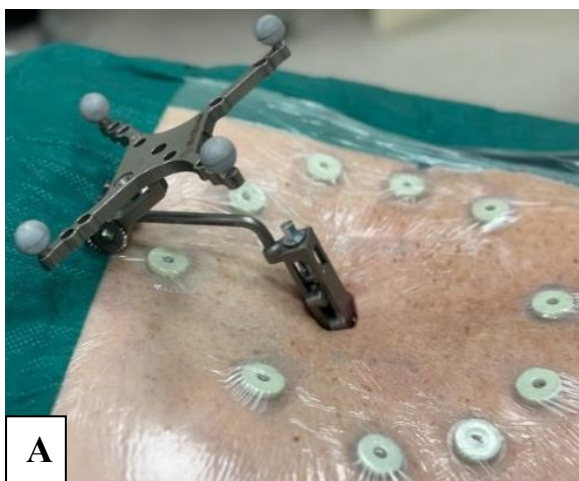


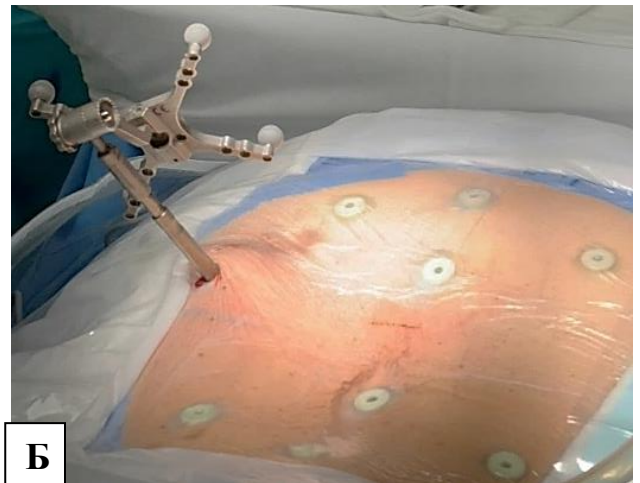
Рисунок 3.15 – Положение пациента

На коже располагаются самоклеящиеся рентгенконтрастные навигационные маркеры (Feducial Markers) вокруг зон предполагаемых разрезов. Достаточно 8 – 10 маркеров.

После антисептической обработки кожи в стерильных условиях устанавливается референсная рамка навигационной системы за остистый отросток нижележащего позвонка или за гребень подвздошной кости (Рисунок 3.16 и 3.17).



А



Б

Рисунок 3.16 – Установленная референсная рамка: А – за остистый отросток нижележащего позвонка; Б – за гребень подвздошной кости

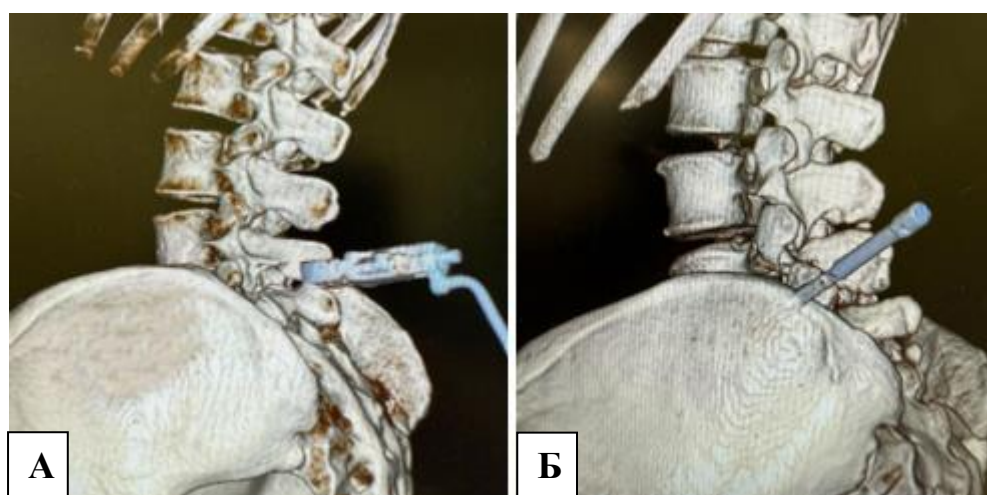


Рисунок 3.17 – Интраоперационный КТ-контроль с 3D-реконструкцией, установленной референсной рамки: А – за остистый отросток нижележащего позвонка; Б – за гребень подвздошной кости

Далее выполняется интраоперационная компьютерная томография пояснично-крестцового отдела позвоночника (Рисунок 3.18), и полученные томографические изображения загружаются в навигационную систему. В данной навигационной системе регистрируются рентгенконтрастные маркеры с целью выстраивания трехмерной модели зоны оперативного вмешательства и хирургические инструменты.



Рисунок 3.18 – Выполнение интраоперационной компьютерной томографии

С помощью навигационной системы определяется оптимальное направление введения транспедикулярных винтов (Рисунок 3.19) таким образом, чтобы:

- каждый винт проходил через ножку дуги позвонка,
- в аксиальной плоскости угол между осью винта и средней линией позвонка составлял от 18 до 35 градусов (Рисунок 3.20),
- дистальный конец винта располагался на треть от вентрального края тела позвонка,
- в сагиттальной плоскости винт располагался на отдалении от лежащего со стороны межпозвонкового диска края тела позвонка не менее чем на диаметр винта (Рисунок 3.21).



Рисунок 3.19 – Планирование угла хирургической атаки и траектории введения транспедикулярных винтов с помощью навигационной системы



Рисунок 3.20 – Ориентиры для введения винтов в аксиальной плоскости. Пунктиром обозначены средняя линия и граница между передней и средней третью тела позвонка; стрелкой - ось винта. Угол между осью винта и средней линией составляет от 18 до 35 градусов; траектория винта оканчивается по достижении границы между передней и средней третью тела позвонка



Рисунок 3.21 – Ориентиры для введения винтов в сагитальной плоскости. Пунктиром обозначен край тела позвонка со стороны межпозвонкового диска; стрелкой - ось винта. Расстояние между осью винта и краем тела позвонка составляет не менее чем на диаметр винта

Благодаря рассчитанной траектории введения транспедикулярных винтов и учитывая индивидуальное расположение параспинальных мышц (доступ выполнялся через интервал между длиннейшей и многораздельной мышцами) на проекции кожи определяются точки ввода транспедикулярных винтов в нижний (Рисунок 3.22) и верхний (Рисунок 3.23) позвонок, затем между двумя спланированными точками размечается разрез кожи (Рисунок 3.24). Аналогично размечается разрез кожи на противоположной стороне.

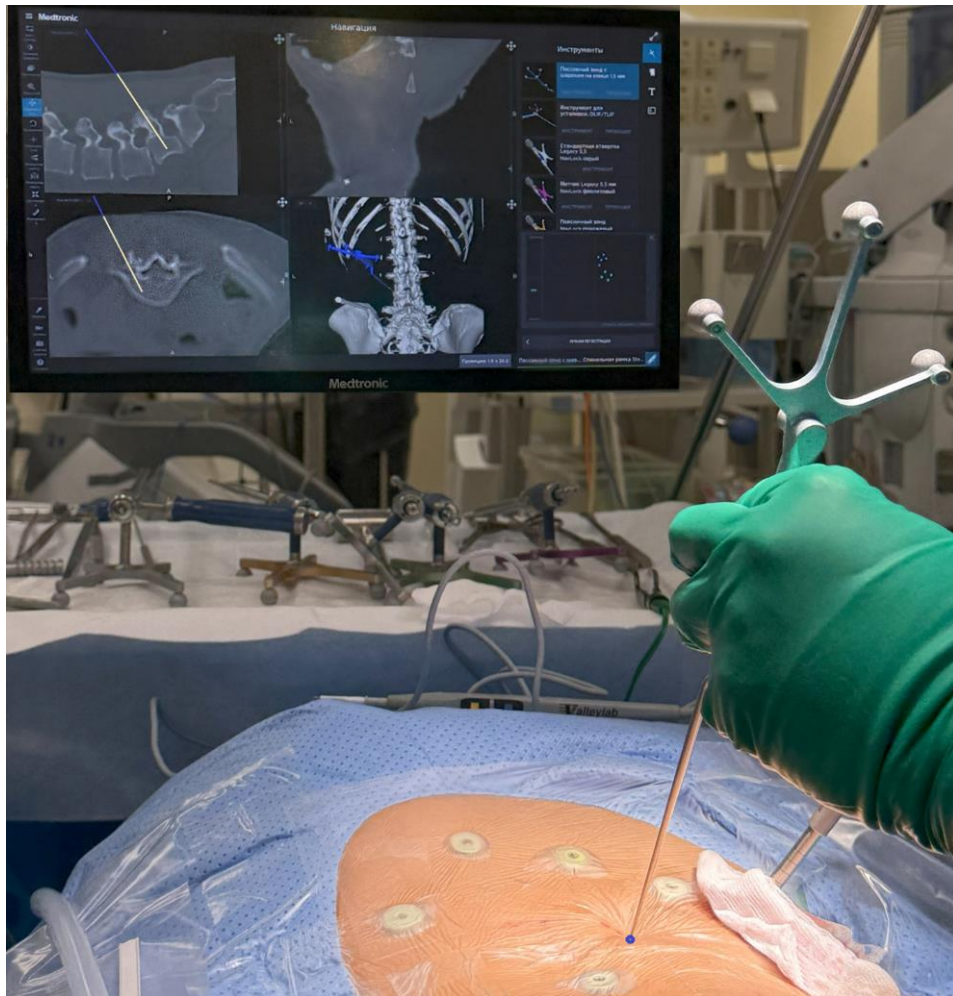


Рисунок 3.22 – Расчёт траектории введения транспедикулярного винта в L5 позвонок, на проекции кожи синей меткой отмечена точка ввода транспедикулярного винта

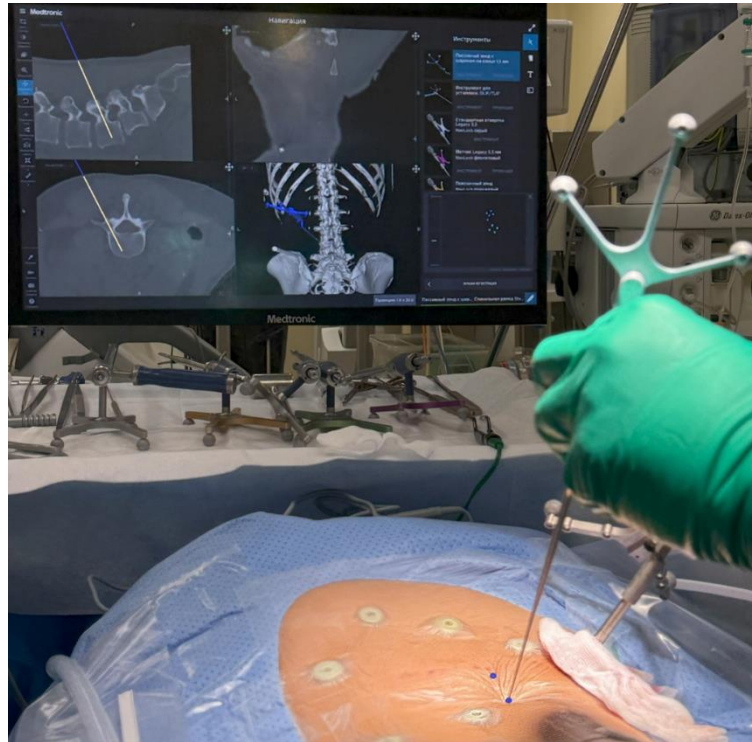


Рисунок 3.23 – Расчёт траектории введения транспедикулярного винта в L4 позвонок, на проекции кожи синей меткой отмечены точки ввода транспедикулярных винтов

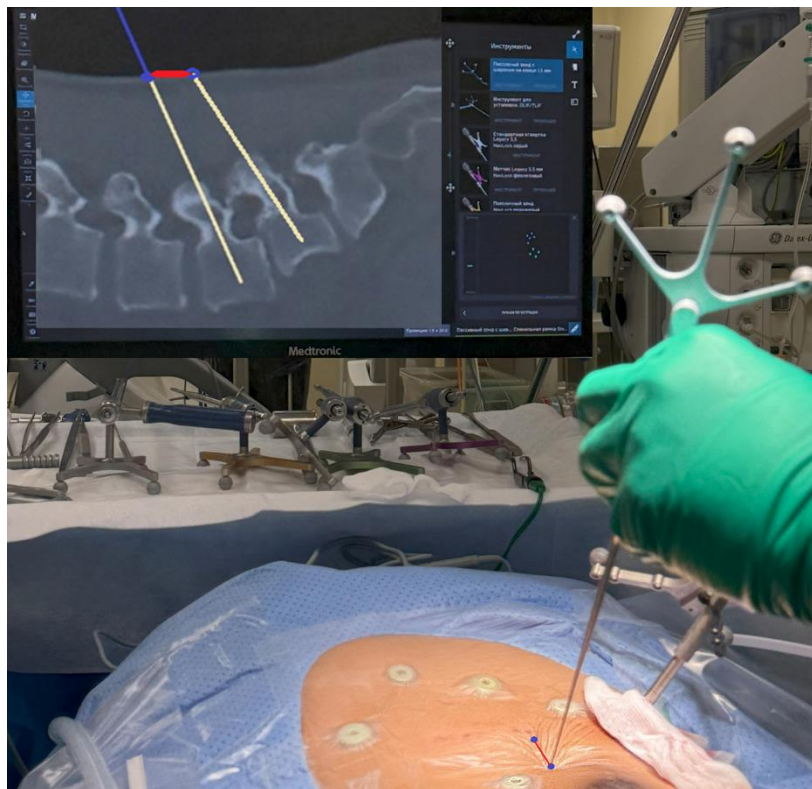


Рисунок 3.24 – Между двумя спланированными точками ввода транспедикулярных винтов в L4 и L5 позвонок красной линией размечен разрез кожи

Далее выполняются два парамедианных разреза кожи 2,5 - 3 см каждый (Рисунок 3.25). Длина разреза зависит от угла расположения ножек позвонков.

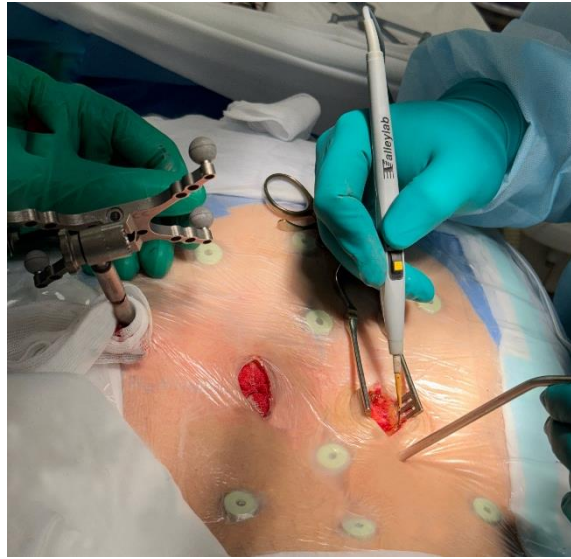


Рисунок 3.25 – Два парамедианных разреза мягких тканей с учётом выполненных расчётов

На стороне, противоположной радикулопатии, выполняется линейный разрез фасции и далее выполняется доступ через интервал между длиннейшей и многораздельной мышцами путем тупой мобилизации, затем производится скелетирование точек ввода транспедикулярных винтов оперируемого позвоночно-двигательного сегмента и устанавливается ранорасширитель (Рисунок 3.26).



Рисунок 3.26 – Установка ранорасширителя

Мы использовали ранорасширитель Caspar (Aescular, Германия) (Рисунок 3.27).



Рисунок 3.27 – Вид ранорасширителя Caspar

Далее под контролем навигационной системы устанавливаются винты системы "CD HORIZON Legacy" фирмы Medtronic через ножки дужек позвонков по заданной траектории и глубине (Рисунок 3.28).

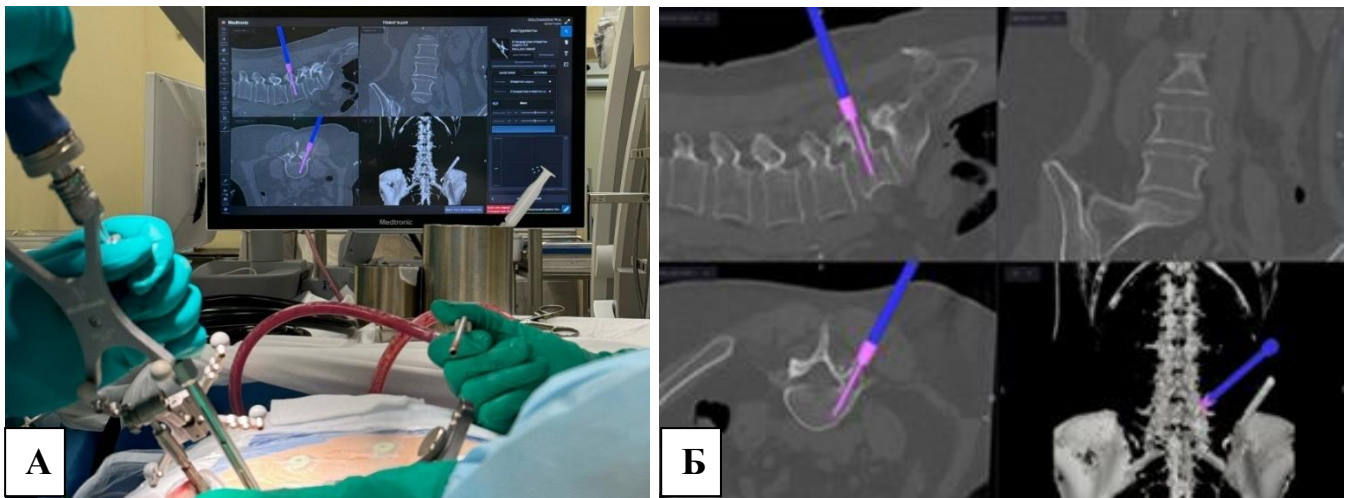


Рисунок 3.28 – Установка транспедикулярных винтов: А – вид на действия хирурга; Б – интраоперационный контроль положения и правильности подбора размера транспедикулярных винтов с помощью навигационной системы

Следующим этапом выполняется доступ на стороне радикулопатии, скелетируются задние структуры (дужки позвонков поражённого уровня, междужковый промежуток, фасеточные суставы и точки ввода транспедикулярных винтов) и устанавливается тубулярный ретрактор. Далее под контролем навигационной системы устанавливаются транспедикулярные винты по заданной траектории и глубине.

Затем с применением интраоперационного микроскопа OPMI Pentero 900 (Carl Zeiss, Германия) выполняется фасетэктомия, флавэктомия, декомпрессия выходящего и проходящего нервных корешков с помощью высокоскоростного бора и костных кусачек Смита-Керрисона.

Если спондилолистез сочетается с циркулярным стенозом, то выполняется двусторонняя декомпрессия через односторонний «over-the-top» доступ. Для этого выполняется наклон стола вместе с пациентом в сторону, противоположную от хирурга, на 10–20°, разворачивается ранорасширитель, меняя таким образом угол хирургической атаки на противоположную сторону для выполнения декомпрессии на контралатеральной стороне. Последовательно шаг за шагом с помощью высокоскоростного бора с алмазным наконечником и костными кусачками Смита-Керрисона производится подпиливание и резекция основания остистого отростка с последующим удалением гипертрофированной желтой связки на противоположной стороне.

После этого открывается латеральная часть позвоночного канала с контралатеральной стороны, выполняется декомпрессия, удаляется медиальная часть гипертрофированного фасеточного сустава. Декомпрессия латеральных отделов позвоночного канала противоположной стороны и межпозвонкового отверстия достигается при прямом визуальном контроле (Рисунок 3.29 и 3.30)

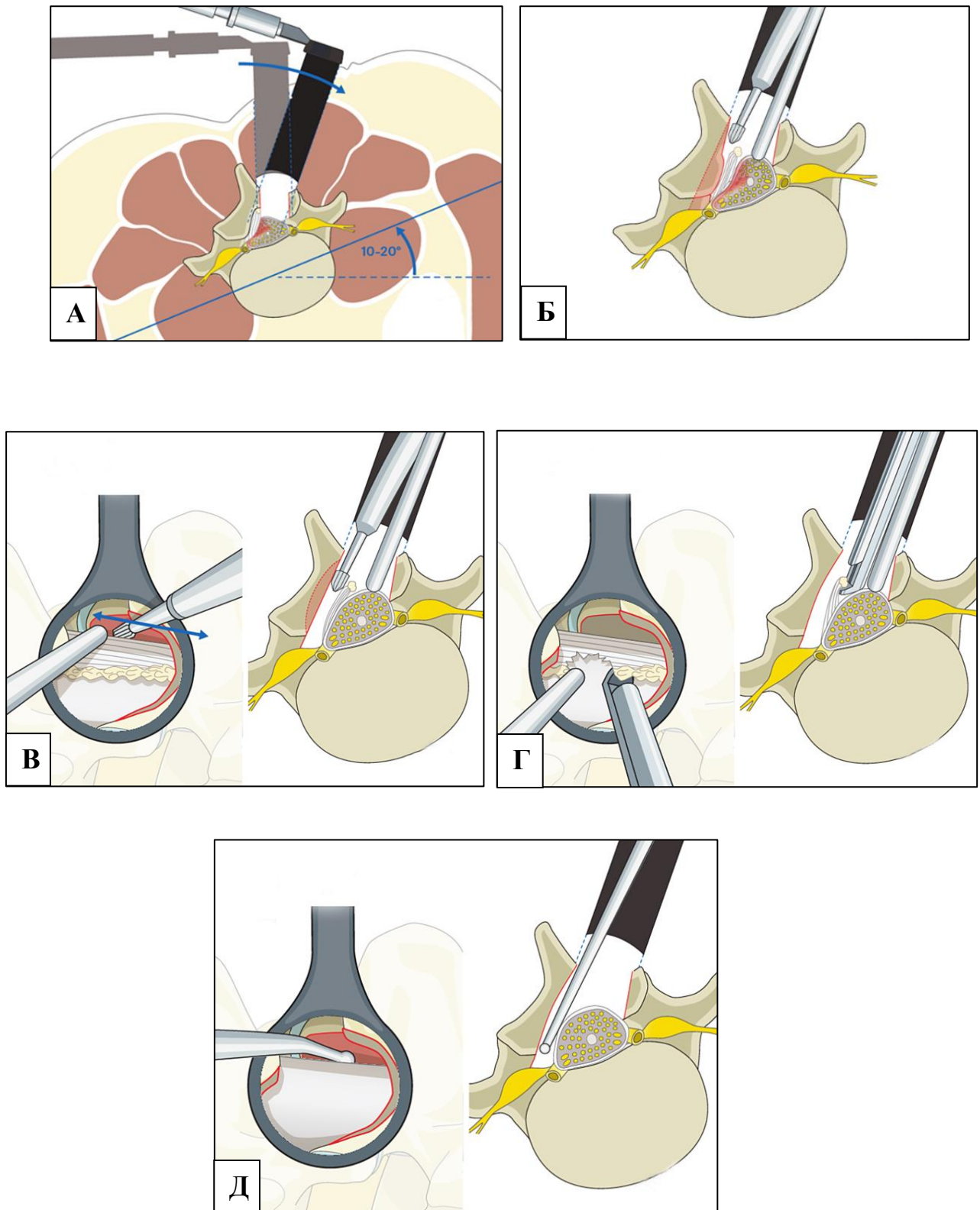


Рисунок 3.29 – Схематическое изображение выполнения двусторонней декомпрессии через односторонний «over-the-top» доступ: А – наклон стола вместе с пациентом в сторону, противоположную от хирурга, на 10–20°, наклон тубулярного ретрактора более латерально; Б, В, Г – декомпрессия нервных структур на контралатеральной стороне; Д – зондирование контралатеральной стороны, латерального кармана, ножки позвонка и межпозвонкового отверстия с помощью тупого пуговчатого зонда

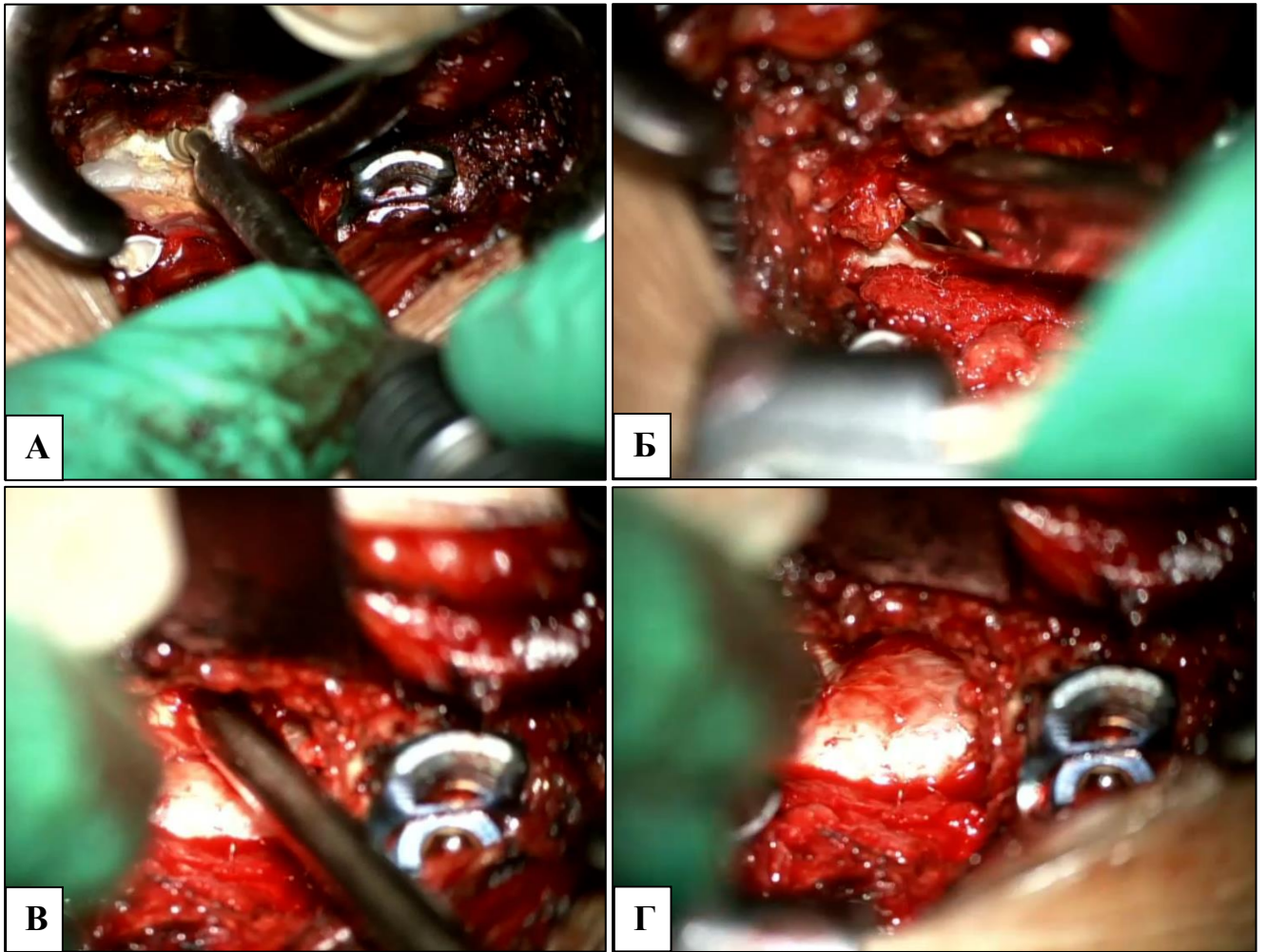


Рисунок 3.30 – Хирургические этапы выполнения двусторонней декомпрессии через односторонний «over-the-top» доступ: А – подпиливание основания остистого отростка; Б, В – удаление гипертрофированной желтой связки на противоположной стороне; Г – вид декомпримированного дурального мешка после декомпрессии на контралатеральной стороне

Затем вскрывается межпозвонковый диск микрохирургическим скальпелем, при помощи конхотома и кюретек выполняется дискэктомия, далее проводится полный кюретаж пульпозного ядра и хрящевых краевых пластин (Рисунок 3.31)

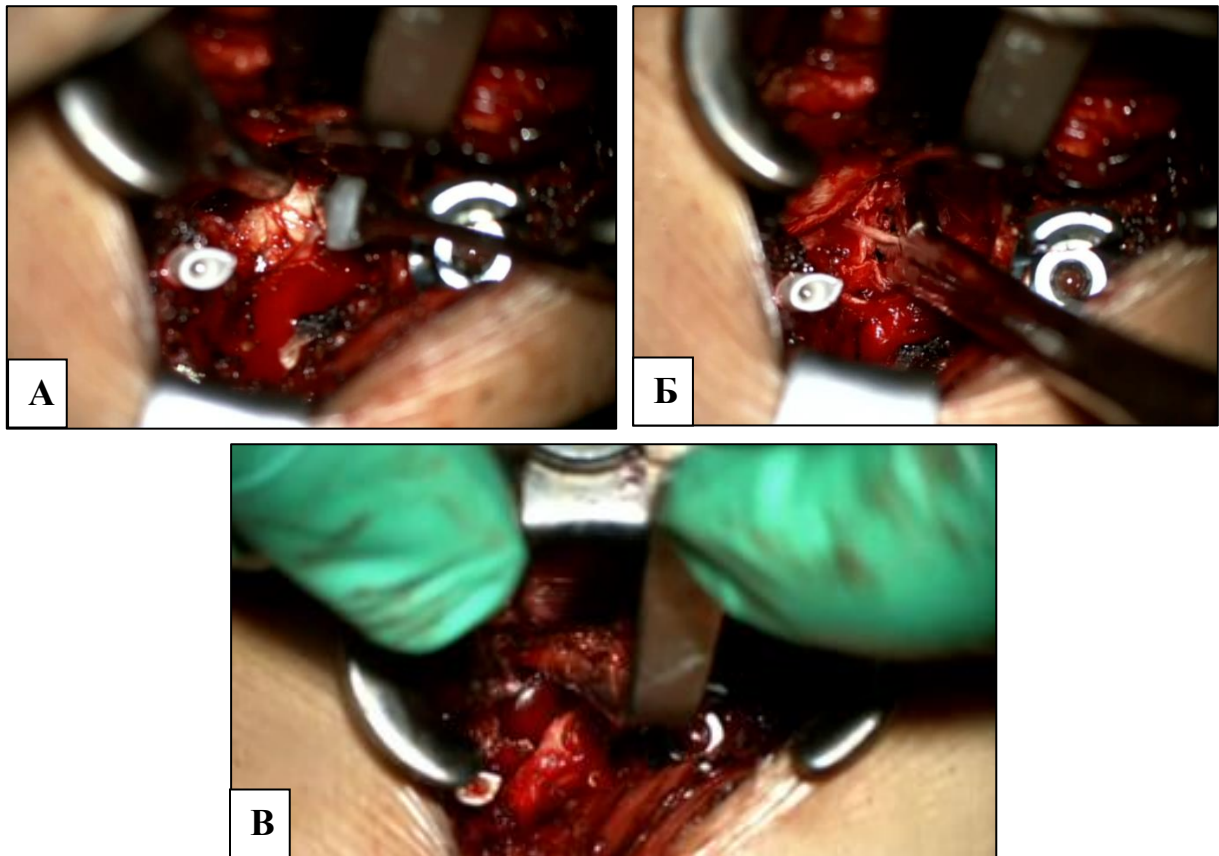


Рисунок 3.31 – Подготовительный этап трансфораминальной установки межтелового импланта: А – вскрытие межпозвонкового диска микрохирургическим скальпелем; Б – дискэктомия при помощи конхотома; В – вид подготовленного межтелового пространства под установку импланта

Далее с помощью навигационной системы определяется оптимальное положение и размер межтелового импланта таким образом, чтобы:

- в аксиальной плоскости имплант был выровнен по средней линии позвонка,
- в сагиттальной плоскости имплант не выходил за передний и задний края тела позвонка.

Затем полость межпозвонкового диска заполняется до 2 мл остеостимулирующим материалом («ReproBone novo»), который способствует скорейшему образованию спондилодеза. Также сам межтеловой имплант заполняется остеостимулирующим материалом до 1 мл (Рисунок 3.32).

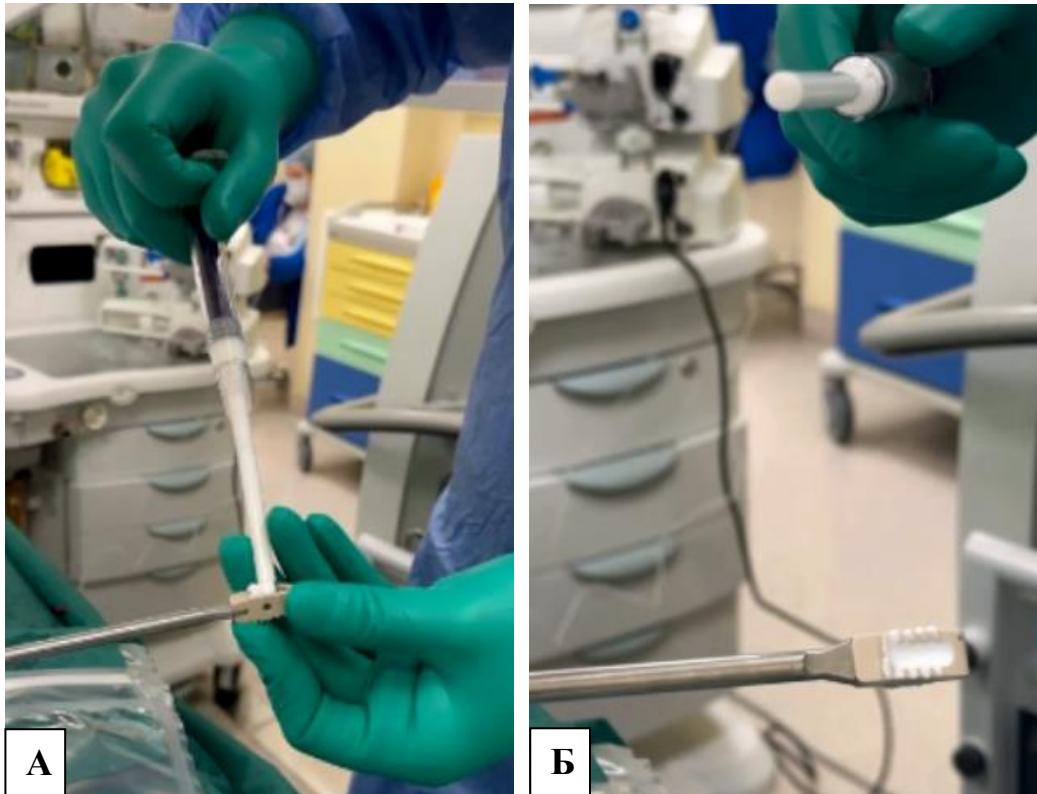


Рисунок 3.32 – Межтеловой имплант: А – заполняется остеостимулирующим материалом до 1 мл; Б – подготовлен для введения в межтеловой промежуток

Далее под контролем навигационной системы устанавливается межтеловой имплант (из материала РЕЕК «Carstone» фирмы Medtronic) (Рисунок 3.33 и 3.34). Собирается система путем соединения транспедикулярных винтов отмоделированными стержнями.

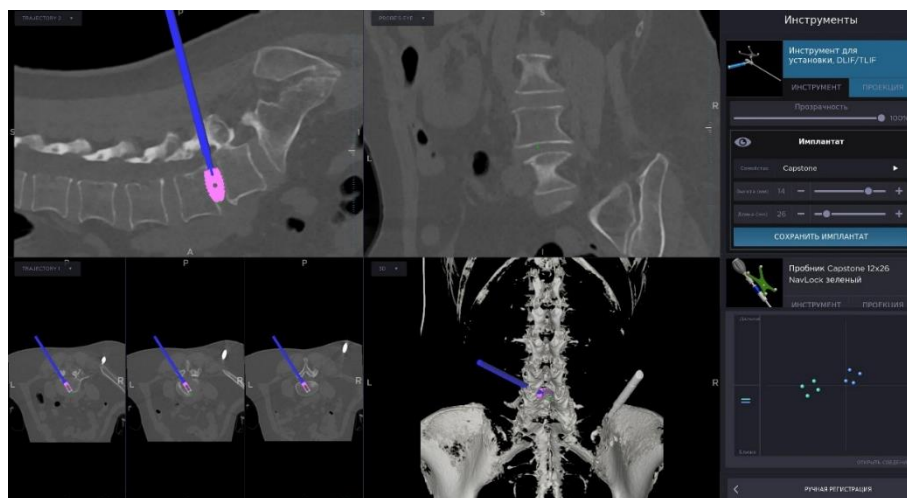


Рисунок 3.33 – Интраоперационный контроль положения и правильности подбора размера межтелового импланта с помощью навигационной системы

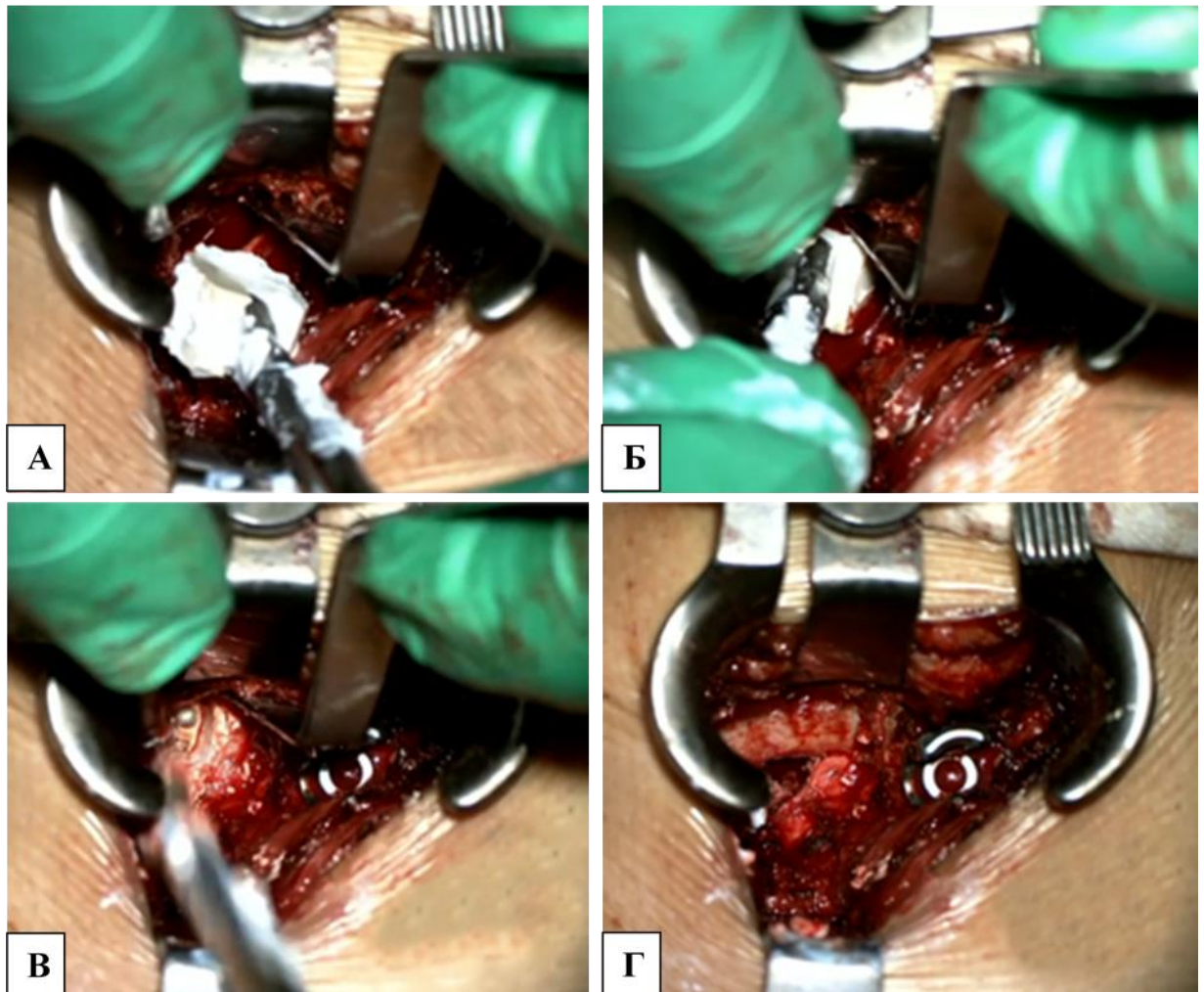


Рисунок 3.34 – Трансфораминальная установка межтелового импланта: А, Б – установка межтелового импланта, заполненного остеогенным материалом; В – межтеловой имплант установлен в полость диска; Г – окончательный вид после установки межтелового импланта

Редукция спондилолистеза осуществляется за счет расширения межпозвонкового промежутка путем установки межтелового импланта высотой на 2 мм больше высоты межпозвонкового диска и подтягивания смещённого позвонка вверх с помощью транспедикулярных винтов, которые устанавливаются на смещённый позвонок. Дополнительно выполняется сильное сближение по задним отделам транспедикулярных винтов для создания лордотического угла на уровне операции.

Затем выполняется интраоперационная компьютерная томография с 3D-реконструкцией для контроля положения межтелового импланта и транспедикулярных винтов, а также для оценки объема выполненной декомпрессии (Рисунок 3.35).

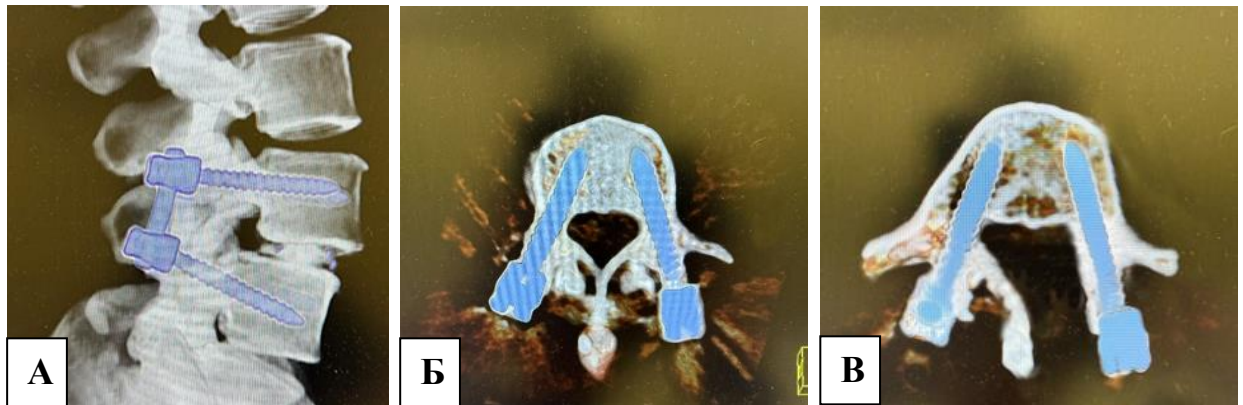


Рисунок 3.35 – Интраоперационный КТ-контроль с 3D-реконструкцией правильности установки межтелового импланта и транспедикулярных винтов: А – сагиттальная проекция; Б, В – аксиальная проекция транспедикулярных винтов в телах L4 и L5 позвонков

В случае корректного положения имплантов выполняется окончательный гемостаз с помощью биполярной электрокоагуляции, костным воском и гемостатической матрицей «Surgiflo» (Рисунок 3.36)



Рисунок 3.36 – Гемостатическая матрица «Surgiflo»

Затем срываются головки гаек на транспедикулярных винтах и стержнях, удаляется референсная рамка, послойно герметично ушивается рана с накладыванием внутрикожных швов и удаляются навигационные маркеры [16, 17]. Вид послеоперационной раны представлен на рисунке 3.37.

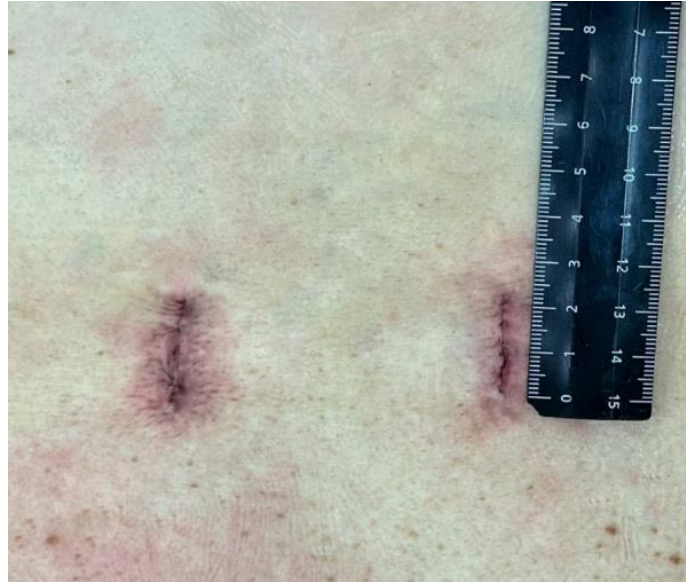


Рисунок 3.37 – Вид послеоперационной раны

### **3.3 Применение интраоперационного компьютерного томографа с навигационной системой в хирургическом лечении спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника**

С сентября 2017 года в ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России инсталлирован интраоперационный 128-срезовый спиральный компьютерный томограф «SOMATOM Definition Edge» (Siemens, Германия), который совмещался с системой навигации «StealthStation S7» до августа 2022 года, а с сентября 2022 года используется совместно с «StealthStation S8» (Medtronic) (Рисунок 3.38).



Рисунок 3.38 – Интраоперационный спиральный компьютерный томограф (А) и система навигации (Б)

Для интраоперационной визуализации КТ может использоваться в двух операционных благодаря особенностям проектирования операционного блока и системе рельсового перемещения – для нужд функциональной (операционная №1) и спинальной нейрохирургии (операционная №2) [18] (Рисунок 3.39).

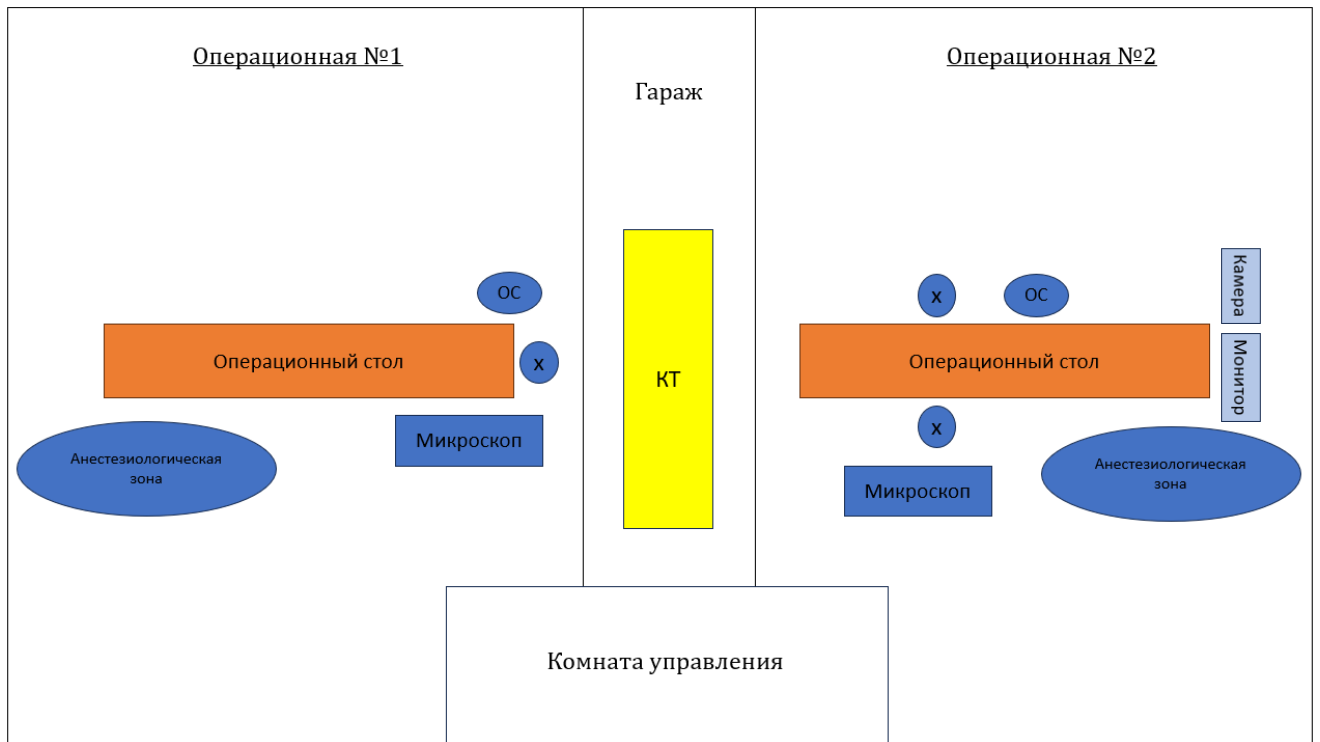


Рисунок 3.39 – План размещения оборудования в двух операционных, оснащенных иКТ с рельсовым перемещением: Х – хирург; ОС – операционная медсестра

На рисунке 3.40 представлена схема примерного расположения оборудования и персонала во время хирургического вмешательства на пояснично-крестцовом отделе позвоночника. Данное расположение операционной бригады вокруг операционного стола позволяет слаженно выполнять работу и уменьшает время хирургического вмешательства.

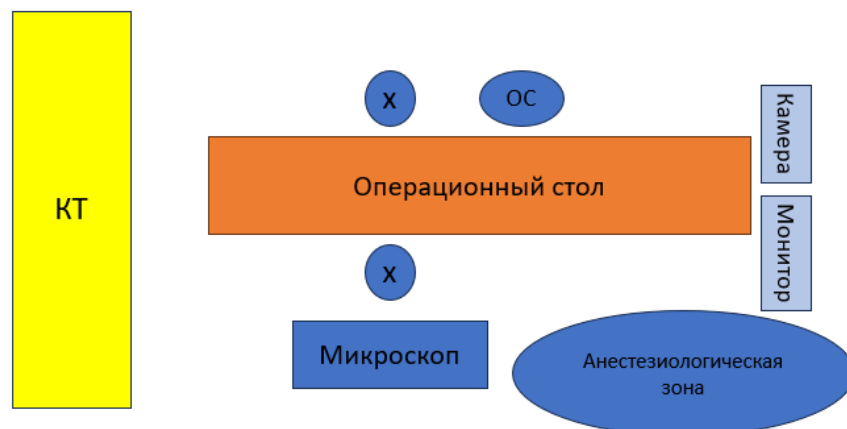


Рисунок 3.40 – План размещения оборудования в спинальной операционной: Х – хирург; ОС – операционная медсестра

Расположение интраоперационного 128-срезового спирального компьютерного томографа «SOMATOM Definition Edge» и системы навигации в спинальной операционной представлено на рисунке 3.41.



Рисунок 3.41 – Расположение оборудования при хирургических вмешательствах на пояснично-крестцовом отделе позвоночника в спинальной операционной

### 3.4 Послеоперационное ведение пациентов

*Послеоперационное ведение пациентов после традиционного метода лечения (I группа)*

Размеры послеоперационных ран в первой группе пациентов обычно составляют 10–12 см. Накладываются узловые швы на мышцы, фасцию, подкожную клетчатку. Кожа зашивается внутрикожным швом, на дно раны через контрапертуру устанавливается трубчатый дренаж. В первые 3–5 суток производится 2–3-кратное введение нестероидных противовоспалительных препаратов с дальнейшим переходом на пероральный прием препаратов до 2 раз в сутки; перевязка раны осуществляется с интервалом в один день, что позволяет обеспечить оптимальные условия для заживления и предотвращения инфекционных осложнений. Удаление активного дренажа осуществляется на 2–3-е сутки.

В раннем послеоперационном периоде через 3–5 часов после проведенной операции начинается ранняя активизация пациентов – вертикализация в полужестком ортопедическом корсете в первые дни, по необходимости с ходунками, под присмотром и контролем методистов и реабилитологов, а на 7–14-е сутки (в среднем – через 9 дней) пациент выписывается из стационара на амбулаторное лечение по месту жительства. Критерии выписки из стационара: достижения болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника и в нижних конечностях по ВАШ 5 баллов и менее; удовлетворительное состояние послеоперационной раны без признаков воспаления и отделяемого; отсутствие признаков инфекционных осложнений; отсутствие нарастания неврологического дефицита; готовность пациента к выписке.

Пациент выписывается из стационара под дальнейшее наблюдение и амбулаторное лечение у невролога, хирурга по месту жительства с рекомендациями: в течение 2 месяцев (исключение осевых, статических, ротационных и динамических нагрузок на позвоночник), необходимостью носить ортопедический полужесткий корсет в течение 2 месяцев с последующим постепенным отказом от него.

*Послеоперационное ведение пациентов после минимально инвазивного метода лечения (II группа)*

Размеры послеоперационных ран после минимально инвазивного метода лечения составляют 2,5–3,0 см; они зашиваются несколькими узловыми швами на апоневроз и подкожную клетчатку. На кожу накладывается внутрикожный шов. В течение первых 3 суток обычно достаточно 2-кратного внутримышечного введения нестероидных противовоспалительных препаратов; перевязка раны осуществляется с интервалом в один день.

В раннем послеоперационном периоде через 2–3 часа после операции производится активизация пациента – вертикализация в полужестком ортопедическом корсете. Выписка из стационара происходит обычно на 3–7-е сутки (в среднем – через 4 дня) под дальнейшее наблюдение и амбулаторное лечение у невролога, хирурга поликлиники по месту жительства с рекомендациями: в течение

3–4 недель (исключение осевых, статических, ротационных и динамических нагрузок на позвоночник), необходимостью ношения полужесткого ортопедического корсета в течение 4 недель с последующим постепенным отказом от него. Критерии выписки из стационара: достижения болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника и в нижних конечностях по ВАШ 5 баллов и менее; удовлетворительное состояние послеоперационной раны без признаков воспаления и отделяемого; отсутствие признаков инфекционных осложнений; отсутствие нарастания неврологического дефицита; готовность пациента к выписке.

## Глава 4 Сравнительный анализ исходов хирургического лечения пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника с применением традиционного и минимально инвазивного метода лечения

### 4.1 Оценка клинических данных

Средний возраст наблюдаемых пациентов составил 59 лет – от 18 до 89 лет (Рисунок 4.1).

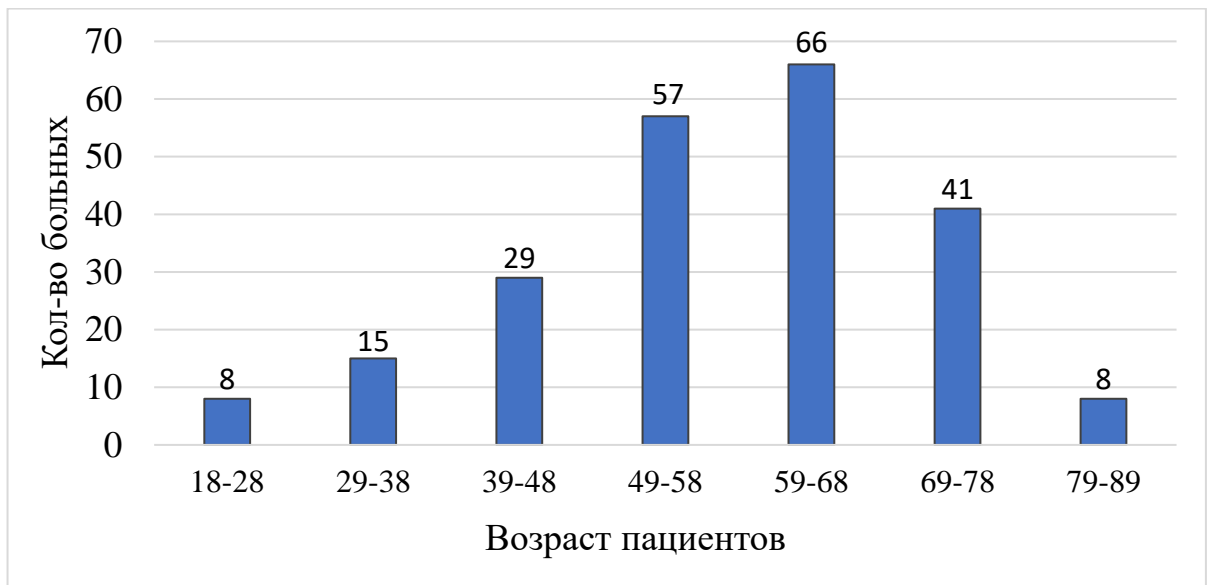


Рисунок 4.1 – Распределение пациентов по возрасту

В исследование вошли 74 (33 %) мужчины и 150 (67 %) женщин (Рисунок 4.2).

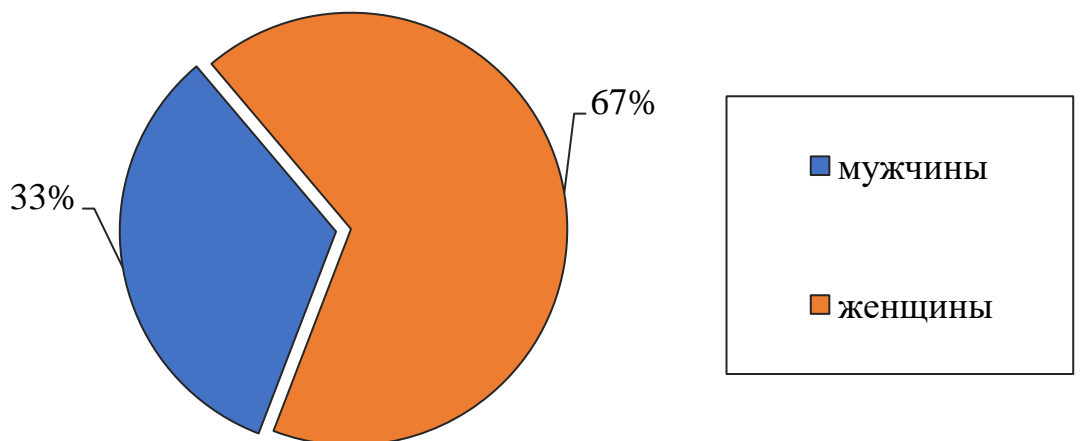


Рисунок 4.2 – Распределение пациентов по полу

Таблица 4.1 – Описательная статистика для категориальных переменных

Характеристика	N = 224 <sup>1</sup>
Пол	
Мужской	74 (33 %)
Женский	150 (67 %)
Уровень	
L3-L4	16 (7,1 %)
L4-L5	154 (69 %)
L5-S1	54 (24 %)
Операция	
I группа	104 (46 %)
II группа	120 (54 %)
Вид	
Геми	149 (67 %)
Ламина	75 (33 %)
Дренаж	
Нет	120 (54 %)
Да	104 (46 %)
Тазовые до операции	
Да	3 (1,3 %)
Нет	221 (99 %)
<sup>1</sup> n (%)	

Нами были отобраны основные признаки, которые характерны для пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника. Клинические признаки пациентов I и II групп представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Характеристики и признаки оценки состояния пациентов I и II групп

№	Признаки/симптомы	Результаты (I группа)	Результаты (II группа)
1	Наличие сопутствующих заболеваний	Да – 74,1 % Нет – 25,9 %	Да – 68,3 % Нет – 31,7 %
2	Длительность заболевания	32 мес.	35 мес.
3	Болевой синдром в спине	Да – 100 % Нет – 0 %	Да – 100 % Нет – 0 %
4	Болевой синдром в ноге/ногах	Да – 100 % Нет – 0 %	Да – 100 % Нет – 0 %
5	Нейрогенная перемежающаяся хромота	Да – 81,2 % Нет – 18,8 %	Да – 84,4 % Нет – 15,6 %
6	Субъективная слабость в ногах	Да – 87,6 % Нет – 12,4 %	Да – 91,1 % Нет – 8,9 %
7	Затруднения при ходьбе	Да – 100 % Нет – 0 %	Да – 100 % Нет – 0 %
8	Чувствительные нарушения в ногах	Да – 77,5 % Нет – 24,5 %	Да – 84,5 % Нет – 15,5 %
9	Парез в ноге/ногах	Да – 36,2 % Нет – 63,8 %	Да – 25,8 % Нет – 74,2 %
10	Нарушение функции тазовых органов	Да – 1,9 % Нет – 98,1 %	Да – 0,8 % Нет – 99,2 %
<b>Рентгенологические признаки</b>			
11	Снижение высоты диска	Да – 100 % Нет – 0 %	Да – 100 % Нет – 0 %
12	Нестабильность позвоночного сегмента	Да – 100 % Нет – 0 %	Да – 100 % Нет – 0 %
13	Стеноз позвоночного канала	Да – 85,8 % Нет – 14,2 %	Да – 89,4 % Нет – 10,6 %
14	Спондилолистез	Да – 100 % Нет – 0 %	Да – 100 % Нет – 0 %
15	Сколиоз	Да – 0 % Нет – 100 %	Да – 0 % Нет – 100 %

Пациенты I и II группы не имели существенных различий по основным характеристикам и признакам оценки их состояния (Таблица 2.2). Средний возраст: в I группе - 61 [18; 83], во II группе - 58 [19; 89]; пол: в I группе - 30 мужской (29 %) и 74 женский (71 %), во II группе - 44 мужской (37 %) и 76 женский (63 %); болевой синдром по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника до операции: в I группе – 8,0 [6,0; 10,0], во II группе – 8,0 [7,0; 10,0]; болевой синдром по ВАШ в нижних конечностях до операции: в I группе – 9,0 [8,0; 10,0], во II группе – 9,0 [7,0; 10,0]; Освестри до операции (%): в I группе – 74,0 [68,0; 80,0], во II группе – 76,0 [66,0; 82,0]. Критерием включения в исследование было наличие у пациента моносегментарного спондилолистеза I-II степени с признаками нестабильности ПДС на уровне L3-S1 позвонков.

Уровни хирургического вмешательства пациентов представлены в таблице 4.3. Наиболее вовлеченным уровнем в нашем исследовании был уровень L4–L5.

Таблица 4.3 – Уровни хирургического вмешательства у пациентов I и II групп

Уровни операции	Количество пациентов I группы		Количество пациентов II группы	
	абс.	%	абс.	%
L3–L4	10	9 %	6	5 %
L4–L5	81	78 %	73	61 %
L5–S1	13	13 %	41	34 %

При анализе интенсивности болевого синдрома до операции по шкале ВАШ у пациентов обеих групп мы получили следующие данные. В I группе (104 пациента) интенсивность болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника составила 8,00 [6,00; 10,00], в нижних конечностях – 9,00 [8,00; 10,00]. Во II группе (120 пациентов) интенсивность болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника составила 8,00 [7,00; 10,00], в нижних конечностях – 9,00 [7,00; 10,00].

На момент выписки в обеих группах пациентов отмечено статистически значимое уменьшение интенсивности болевого синдрома по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника и в нижних конечностях, сохраняющегося в

отдаленном периоде. В раннем послеоперационном периоде (через 2 часа после операции) у большинства пациентов отмечен полный или частичный регресс корешкового болевого синдрома, однако выраженность болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника значительно ниже у больных, которым выполнялась операция с использованием минимально инвазивного метода лечения (ВАШ через 2 часа после операции в I группе – 9,00 [6,00; 10,00] и во II группе – 5,00 [4,00; 6,00] ( $p < 0,001$ )). Оценка послеоперационной динамики болевого синдрома в контрольных точках через 2 часа, на 3-и сутки, через 3, 6 и 12 месяцев после операции показала стойкое снижение интенсивности боли в нижних конечностях в обеих группах пациентов (Таблица 4.4). Преодоление порогового значения MCID на сроке 12 месяцев для ВАШ в 2 балла в I группе отмечено в 89 (85,6 %) случаях, во II группе – в 116 (96,7 %) случаях.

Таблица 4.4 – Динамика интенсивности болевого синдрома по ВАШ. Среднее значение [мин; макс]

Группы	До операции	Через 2 часа	На 3-и сутки	Через 3 месяца	Через 6 месяцев	Через 12 месяцев
<b>Интенсивность болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника</b>						
I группа	8,00 [6,00; 10,0]	9,00 [6,00; 10,0]	7,00 [5,00; 9,00]	4,00 [3,00; 7,00]	3,00 [2,00; 5,00]	2,00 [0,00; 4,00]
II группа	8,00 [7,00; 10,0]	5,00 [4,00; 6,00]	4,00 [3,00; 5,00]	2,00 [1,00; 3,00]	2,00 [0,00; 3,00]	1,00 [0,00; 3,00]
p	0,2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<b>Интенсивность болевого синдрома в нижних конечностях</b>						
I группа	9,00 [8,00; 10,0]	3,00 [1,00; 4,00]	2,00 [0,00; 5,00]	2,00 [0,00; 4,00]	1,00 [0,00; 3,00]	1,00 [0,00; 3,00]
II группа	9,00 [7,00; 10,0]	2,00 [0,00; 3,00]	2,00 [0,00; 3,00]	1,00 [0,00; 3,00]	1,00 [0,00; 3,00]	0,00 [0,00; 3,00]
p	0,8	<0,001	0,7	<0,001	0,002	<0,001

При анализе оценки дееспособности пациентов по индексу Освестри до операции у пациентов обеих групп мы получили следующие данные. В I группе (104 пациента) индекс Освестри составил 74,00 % [68,00 %; 80,00 %]; во II группе (120 пациентов) индекс Освестри составил 76,00 % [66,00 %; 82,00 %] ( $p < 0,001$ ).

Полученные и приведённые выше данные говорят о высоком нарушении дееспособности пациентов до операции.

В отдаленном периоде в контрольных точках наблюдения мы получили постепенное уменьшение индекса Освестри в обеих группах. Тем не менее индекс функциональной дееспособности (ODI) статистически значимо ниже во II группе пациентов, которым выполнялась операция с использованием минимально инвазивного метода лечения ( $p < 0,001$ ) (Таблица 4.5). Преодоление порогового значения MCID на сроке 12 месяцев для индекса Освестри в 18 % (9 баллов) в I группе отмечено в 89 (85,6 %) случаях, во II группе – в 116 (96,7 %) случаях.

Таблица 4.5 – Динамика индекса Освестри (%). Среднее значение [мин; макс]

Группы	До операции	Через 3 месяца	Через 6 месяцев	Через 12 месяцев
I группа	74,00 [68,00; 80,00]	28,00 [18,00; 32,00]	18,00 [14,00; 22,00]	16,00 [10,00; 22,00]
II группа	76,00 [66,00; 82,00]	18,00 [14,00; 24,00]	12,00 [10,00; 20,00]	8,00 [6,00; 20,00]
p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Анализ отдаленных исходов лечения (через 12 месяцев после операции) проводился по шкале достижения целей (Приложение Г).

Для статистического анализа общее значение достижения цели (Т) считалось по формуле:

$$T = 50 + \frac{10 \sum(w_i x_i)}{\sqrt{(0.7 \sum w_i^2 + 0.3(\sum w_i)^2)}}$$

где:

$w_i$  = вес (значимость) цели

$x_i$  = численное значение достижения каждой цели (между -2 и +2)

Средний балл достижения цели (Т) для исследуемой популяции составляет 50.

- При  $T > 50$  - пациент значительно превысил уровень достижения цели лечения.
- При  $T < 50$  – пациент не достиг цели лечения.

В качестве клинического примера приводим расчет по данной формуле двух пациентов:

Клинический пример 1. Пациент В., результаты по шкале достижения целей: цель 1: 0, цель 2: +1, цель 3: +1, цель 4: 0, цель 5: 0, цель 6: 0, цель 7: -1, цель 8: 0, цель 9: 0, цель 10: +1.

Вычисление по формуле:

$$\sum (w_i x_i) = 10 \cdot 0 + 9 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 5 \cdot 0 + 6 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 2 \cdot (-1) + 4 \cdot 0 + 3 \cdot 0 + 7 \cdot 1 = 22$$

$$\sum w_i^2 = 100 + 81 + 64 + 25 + 36 + 1 + 4 + 16 + 9 + 49 = 385$$

$$(\sum w_i)^2 = (10 + 9 + 8 + 5 + 6 + 1 + 2 + 4 + 3 + 7)^2 = (55)^2 = 3025$$

Таким образом,  $T = 50 + 10 \cdot 22 / \sqrt{0,7 \cdot 385 + 0,3 \cdot 3025} = 50 + 220 / \sqrt{269,5 + 907,5} = 56,4$

*Заключение:* пациент значительно превысил уровень достижения цели лечения.

Клинический пример 2. Пациент Г., результаты по шкале достижения целей: цель 1: -1, цель 2: 0, цель 3: -1, цель 4: -1, цель 5: -2, цель 6: 0, цель 7: -2, цель 8: -1, цель 9: -2, цель 10: -2.

Вычисление по формуле:

$$\sum (w_i x_i) = 10 \cdot 0 + 9 \cdot 0 + 8 \cdot (-1) + 5 \cdot 0 + 6 \cdot (-1) + 1 \cdot 0 + 2 \cdot (-1) + 4 \cdot (-1) + 3 \cdot (-2) + 7 \cdot 0 = -26$$

$$\sum w_i^2 = 100 + 81 + 64 + 25 + 36 + 1 + 4 + 16 + 9 + 49 = 385$$

$$(\sum w_i)^2 = (10 + 9 + 8 + 5 + 6 + 1 + 2 + 4 + 3 + 7)^2 = (55)^2 = 3025$$

Таким образом,  $T = 50 + 10 \cdot (-26) / \sqrt{0,7 \cdot 385 + 0,3 \cdot 3025} = 50 + (-260) / \sqrt{269,5 + 907,5} = 42,4$

*Заключение:* пациент не достиг цели лечения.

Анализ отдаленных исходов лечения уровня достижения целей лечения пациентов через 12 месяцев после операции в обеих группах показал следующие результаты, представленные в таблице 4.6. Во II группе пациентов, которым выполнялась операция с использованием минимально инвазивного метода лечения, был получен лучший результат (достижение цели лечения составило 96,7 %, при 85,6 % в I группе). Цель лечения не была достигнута: в I группе – у 15 (14,4 %) пациентов, во II группе – у 4 (3,3 %).

Таблица 4.6 – Уровень достижения цели лечения в динамике ( $p < 0,001$ )

Категории пациентов		Группа пациентов	
		I группа	II группа
Достигшие цели лечения	Количество пациентов, n (%)	89 (85.6 %)	116 (96.7 %)
	Средний балл, T	53±2	57±2
Не достигшие цели лечения	Количество пациентов, n (%)	15 (14.4 %)	4 (3.3 %)
	Средний балл, T	44±2	47±2

На основании шкалы достижения целей рассчитана минимальная клинически значимая разница (MCID) для ВАШ и индекса Освестри. Выполнено сопоставления данных ВАШ, индекса Освестри и данных шкалы достижения целей у 19 пациентов (15 пациентов – I группы и 4 пациента – II группы), которые не достигли цели лечения (Таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Сопоставление данных ВАШ, индекса Освестри и данных шкалы достижения целей

Пациент	ВАШ спина	ВАШ нога	Индекс Освестри (% (баллы))	Уровень достижения цели
1	3	3	20 % (10 баллов)	44
2	4	3	20 % (10 баллов)	45
3	4	3	20 % (10 баллов)	44
4	3	3	22 % (11 баллов)	45
5	3	4	22 % (11 баллов)	44
6	3	3	20 % (10 баллов)	45
7	4	3	22 % (11 баллов)	44
8	3	4	22 % (11 баллов)	44
9	3	3	22 % (11 баллов)	45
10	3	3	22 % (11 баллов)	44
11	4	3	20 % (10 баллов)	45
12	3	4	22 % (11 баллов)	44
13	3	3	20 % (10 баллов)	45
14	4	4	20 % (10 баллов)	44
15	3	3	20 % (10 баллов)	44
16	3	3	20 % (10 баллов)	45
17	3	3	20 % (10 баллов)	47
18	3	3	20 % (10 баллов)	49
19	3	3	20 % (10 баллов)	47

У 19 пациентов, которые не достигли цели лечения по шкале достижения целей, значение индекса Освестри составило 20 % (10 баллов) и более, значение интенсивность болевого синдрома по ВАШ составило 3 балла и более. У 205 пациентов, которые достигли цели лечения по шкале достижения целей, значение индекса Освестри составило 18 % (9 баллов) и менее, интенсивность болевого синдрома по ВАШ составило 2 балла и менее.

Таким образом впервые на основании шкалы достижения целей рассчитана MSID для пациентов, оперированных по поводу нестабильного спондилолистеза пояснично-крестцового отдела позвоночника на сроке 12 месяцев, и она составляет: для индекса Освестри – 18 % (9 баллов), для ВАШ – 2 балла.

При анализе длительности хирургического вмешательства выявлено, что продолжительность хирургических вмешательств с применением минимально инвазивного метода лечения была значительно ниже (в 1,4 раза), чем при традиционном методе лечения ( $p < 0,001$ ). Для I группы составила в среднем 200 мин, для II группы – 145 мин ( $p < 0,001$ ) (Таблица 4.8; Рисунок 4.3).

Таблица 4.8 – Сравнительная характеристика длительности хирургического вмешательства. Среднее значение [мин; макс]

Группы пациентов	Длительность операции, мин
I группа	200 [160; 230]
II группа	145 [115; 170]

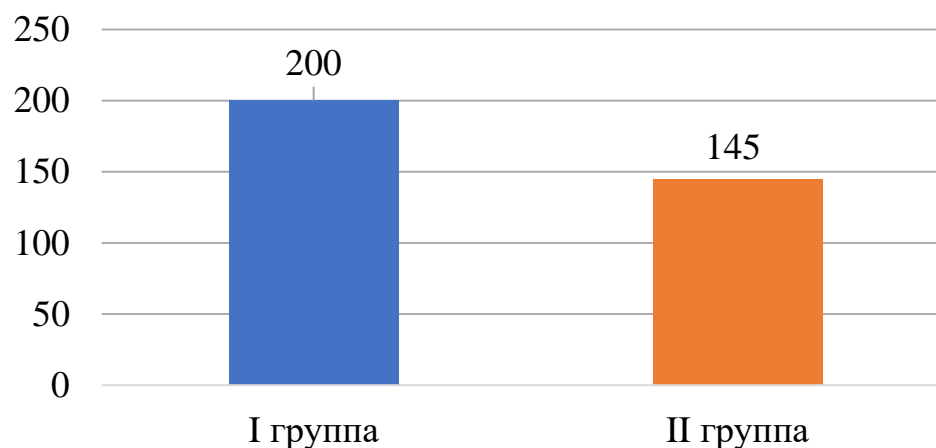


Рисунок 4.3 – Средняя длительность хирургического вмешательства в группах (мин)

Основная интраоперационная кровопотеря наблюдается на этапе доступа (при традиционном методе лечения – это обширное скелетирование мышц, большой объем костной резекции (ламинэктомия или гемиламинэктомия) при котором происходит повреждение эпидуральных вен. В результате внедрения минимально инвазивного метода лечения удалось существенно снизить уровень интраоперационной кровопотери. В среднем объем кровопотери во II группе составил 140,0 мл. В I группе, при традиционном методе лечения, интраоперационная кровопотеря составила 400,0 мл ( $p < 0,001$ ) (Таблица 4.9, Рисунок 4.4).

Таблица 4.9 – Сравнительная характеристика объема интраоперационной кровопотери. Среднее значение [мин; макс]

Группы пациентов	Объем кровопотери, мл
I группа	400 [200; 1000]
II группа	140 [80; 400]

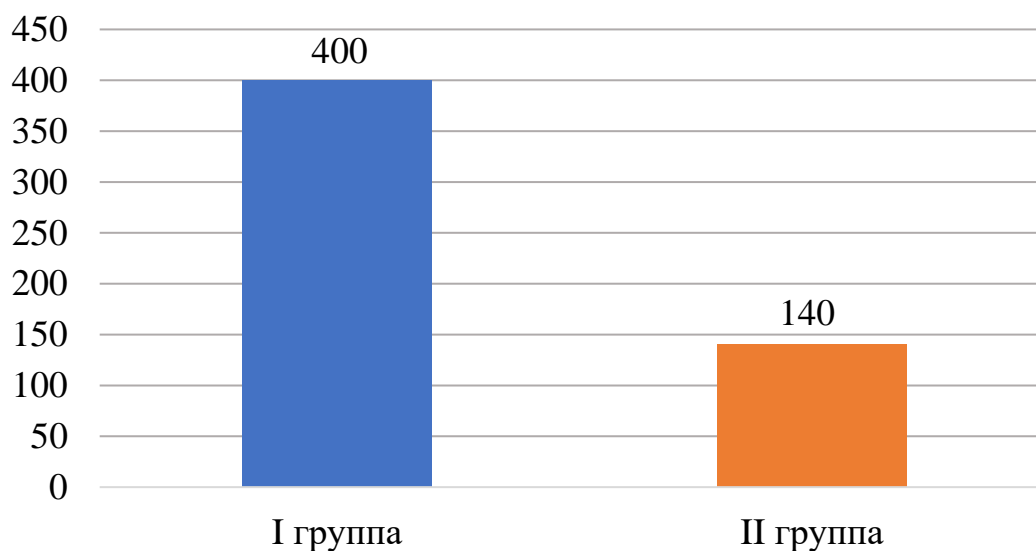


Рисунок 4.4 – Средний объем кровопотери в группах (мл)

Сроки госпитализации в обеих группах пациентов также имели статистически значимые различия. В I группе средняя длительность госпитализации составила 9 дней, во II группе – 4 дня ( $p < 0,001$ ) (Таблица 4.10,

Рисунок 4.5). Выписка пациентов осуществлялась при достижении следующих критериев: уровень болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника и в нижних конечностях по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) составляет 5 баллов и менее; удовлетворительное состояние послеоперационной раны, отсутствие признаков воспаления и выделений; отсутствие признаков инфекционных осложнений; отсутствие нарастания неврологического дефицита; готовность пациента к выписке.

Таблица 4.10 – Сравнительная характеристика сроков госпитализации. Среднее значение [мин; макс]

Группы пациентов	Сроки госпитализации, дни
I группа	9,0 [7,0; 14,0]
II группа	4,0 [3,0; 7,0]

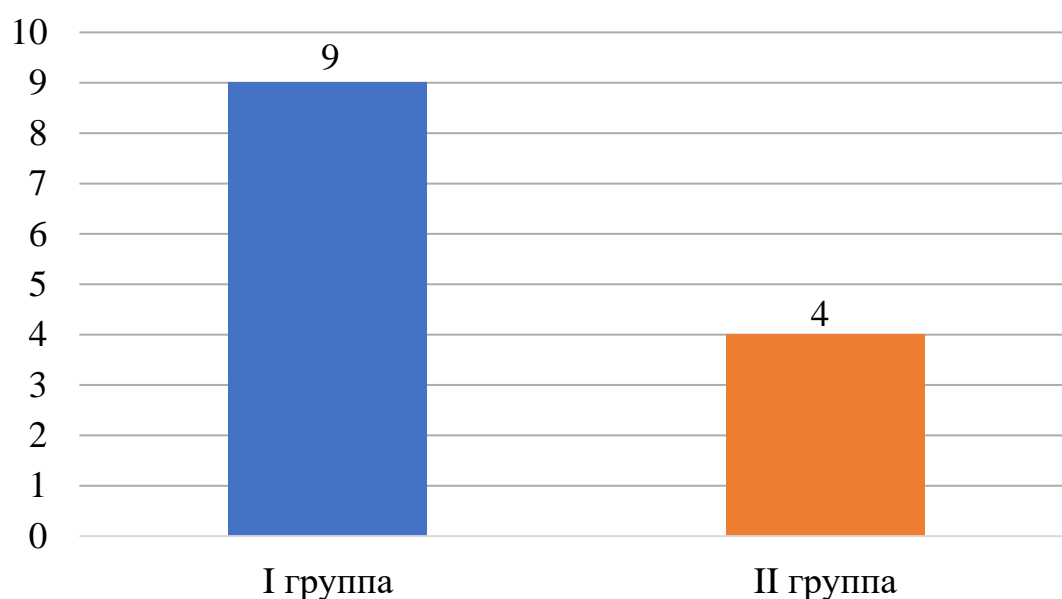


Рисунок 4.5 – Средняя длительность госпитализации в группах (дни)

Детальный статистический анализ представлен в Таблице 4.11 – 4.14.

Таблица 4.11 – Описательная статистика для числовых переменных (рассчитано на 224 пациента)

Параметр	Медиана	Q1	Q3	Минимум	Максимум
Возраст	59	49,0	68	18	89
Длительность операции	165	140,0	200	115	230
Кровопотеря	180	136,5	400	80	1000
Койко-дней	7	4,0	9	3	14
СПИНА ВАШ до операции	8	8,0	8	6	10
СПИНА ВАШ через 2 часа п/о	6	5,0	9	4	10
СПИНА ВАШ На 3-и сутки п/о	5	4,0	7	3	9
СПИНА ВАШ через 3 мес.	3	2,0	4	1	7
СПИНА ВАШ через 6 мес.	2	2,0	3	0	5
СПИНА ВАШ через 12 мес.	1	1,0	2	0	4
НОГА ВАШ до операции	9	9,0	9	7	10
НОГА ВАШ через 2 часа п/о	3	2,0	3	0	4
НОГА ВАШ На 3-и сутки п/о	2	2,0	2	0	5
НОГА ВАШ через 3 мес.	1	1,0	2	0	4
НОГА ВАШ через 6 мес.	1	1,0	1	0	3
НОГА ВАШ через 12 мес.	1	1,0	1	0	3
ОСВЕСТРИ до операции (%)	76	72,0	76	66	82
ОСВЕСТРИ через 3 мес. (%)	20	18,0	28	14	32
ОСВЕСТРИ через 6 мес. (%)	14	12,0	18	10	22
ОСВЕСТРИ через 12 мес. (%)	10	8,0	16	6	22
ШКАЛА ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ	55	53,0	57	42	59

Таблица 4.12 – Сравнение двух групп с разными видами оперативного вмешательства

Параметр	I группа, N = 104 Среднее значение [мин; макс]	II группа, N = 120 Среднее значение [мин; макс]	p-value <sup>1</sup>
Возраст	61 [18; 83]	58 [19; 89]	0,021
Длительность операции	200 [160; 230]	145 [115; 170]	<0,001
Кровопотеря	400 [200; 1000]	140 [80; 400]	<0,001
Койко-дней	9,00 [7,00; 14,00]	4,00 [3,00; 7,00]	<0,001
СПИНА ВАШ до операции	8,00 [6,00; 10,00]	8,00 [7,00; 10,00]	0,2
СПИНА ВАШ через 2 часа п/о	9,00 [6,00; 10,00]	5,00 [4,00; 6,00]	<0,001
СПИНА ВАШ На 3-и сутки п/о	7,00 [5,00; 9,00]	4,00 [3,00; 5,00]	<0,001
СПИНА ВАШ через 3 мес.	4,00 [3,00; 7,00]	2,00 [1,00; 3,00]	<0,001
СПИНА ВАШ через 6 мес.	3,00 [2,00; 5,00]	2,00 [0,00; 3,00]	<0,001
СПИНА ВАШ через 12 мес.	2,00 [0,00; 4,00]	1,00 [0,00; 3,00]	<0,001
НОГА ВАШ до операции	9,00 [8,00; 10,00]	9,00 [7,00; 10,00]	0,8
НОГА ВАШ через 2 часа п/о	3,00 [1,00; 4,00]	2,00 [0,00; 3,00]	<0,001
НОГА ВАШ На 3-и сутки п/о	2,00 [0,00; 5,00]	2,00 [0,00; 3,00]	0,7
НОГА ВАШ через 3 мес.	2,00 [0,00; 4,00]	1,00 [0,00; 3,00]	<0,001
НОГА ВАШ через 6 мес.	1,00 [0,00; 3,00]	1,00 [0,00; 3,00]	0,002
НОГА ВАШ через 12 мес.	1,00 [0,00; 3,00]	0,00 [0,00; 3,00]	<0,001
ОСВЕСТРИ до операции (%)	74,00 [68,00; 80,00]	76,00 [66,00; 82,00]	<0,001
ОСВЕСТРИ через 3 мес. (%)	28,00 [18,00; 32,00]	18,00 [14,00; 24,00]	<0,001
ОСВЕСТРИ через 6 мес. (%)	18,00 [14,00; 22,00]	12,00 [10,00; 20,00]	<0,001
ОСВЕСТРИ через 12 мес. (%)	16,00 [10,00; 22,00]	8,00 [6,00; 20,00]	<0,001
ШКАЛА ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ	53,0 [42,0; 55,0]	57,0 [45,0; 59,0]	<0,001

<sup>1</sup>Wilcoxon rank sum test; Pearson's Chi-squared test; Fisher's exact test

Таблица 4.13 – Сравнение двух групп с разными видами оперативного вмешательства

Параметр	I группа, N = 104 <sup>1</sup> Median (IQR)	II группа, N = 120 <sup>1</sup> Median (IQR)	p-value <sup>2</sup>
Возраст	61 (54; 71)	58 (45; 66)	0,021
Длительность операции	200 (190; 210)	145 (130; 150)	<0,001
Кровопотеря	400 (350; 500)	140 (109; 150)	<0,001
Койко-дней	9,00 (8,00; 10,00)	4,00 (4,00; 5,00)	<0,001
СПИНА ВАШ до операции	8,00 (8,00; 8,00)	8,00 (7,00; 8,00)	0,2
СПИНА ВАШ через 2 часа п/о	9,00 (9,00; 10,00)	5,00 (5,00; 5,00)	<0,001
СПИНА ВАШ На 3-и сутки п/о	7,00 (7,00; 7,00)	4,00 (4,00; 4,00)	<0,001
СПИНА ВАШ через 3 мес.	4,00 (4,00; 4,00)	2,00 (2,00; 2,00)	<0,001
СПИНА ВАШ через 6 мес.	3,00 (2,75; 3,00)	2,00 (2,00; 2,00)	<0,001
СПИНА ВАШ через 12 мес.	2,00 (2,00; 2,00)	1,00 (1,00; 2,00)	<0,001
НОГА ВАШ до операции	9,00 (9,00; 9,00)	9,00 (9,00; 9,25)	0,8
НОГА ВАШ через 2 часа п/о	3,00 (3,00; 4,00)	2,00 (2,00; 2,25)	<0,001
НОГА ВАШ На 3-и сутки п/о	2,00 (2,00; 2,00)	2,00 (2,00; 3,00)	0,7
НОГА ВАШ через 3 мес.	2,00 (2,00; 2,00)	1,00 (1,00; 1,00)	<0,001
НОГА ВАШ через 6 мес.	1,00 (1,00; 2,00)	1,00 (1,00; 1,00)	0,002
НОГА ВАШ через 12 мес.	1,00 (1,00; 1,00)	0,00 (1,00; 1,00)	<0,001
ОСВЕСТРИ до операции (%)	74,00 (74,00; 74,00)	76,00 (76,00; 76,00)	<0,001
ОСВЕСТРИ через 3 мес. (%)	28,00 (28,00; 30,00)	18,00 (18,00; 18,00)	<0,001
ОСВЕСТРИ через 6 мес. (%)	18,00 (18,00; 20,00)	12,00 (12,00; 14,00)	<0,001
ОСВЕСТРИ через 12 мес. (%)	16,00 (14,00; 16,00)	8,00 (8,00; 14,00)	<0,001
ШКАЛА ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ	53,0 (52,0; 54,0)	57,0 (56,0; 58,0)	<0,001
<sup>1</sup> Median (IQR)			
<sup>2</sup> Wilcoxon rank sum test; Pearson's Chi-squared test; Fisher's exact test			

Таблица 4.14 – Сравнение двух групп с разными видами оперативного вмешательства

Параметр	I группа, N = 104 <sup>1</sup> n (%)	II группа, N = 120 <sup>1</sup> n (%)	p-value <sup>2</sup>
Пол			0,2
Мужской	30 (29 %)	44 (37 %)	
Женский	74 (71 %)	76 (63 %)	
Уровень			<0,001
L3-L4	10 (9 %)	6 (5 %)	
L4-L5	81 (78 %)	73 (61 %)	
L5-S1	13 (13 %)	41 (34 %)	
Вид			<0,001
Геми	29 (28 %)	120 (100 %)	
Ламина	75 (72 %)	0 (0 %)	
Дренаж			<0,001
Нет	0 (0 %)	120 (100 %)	
Да	104 (100 %)	0 (0 %)	
Тазовые до операции			0,6
Да	2 (1,9 %)	1 (0,8 %)	
Нет	102 (98 %)	119 (99 %)	
Повреждение ТМО			0,048
Да	8 (7,7 %)	2 (1,7 %)	
Нет	96 (92 %)	118 (98 %)	
Заживление раны вторичным натяжением			0,15
Да	6 (5,8 %)	2 (1,7 %)	
Нет	98 (94 %)	118 (98 %)	
Нарастание неврологического статуса			0,2
Да	2 (1,9 %)	0 (0 %)	
Нет	102 (98 %)	120 (100 %)	
Гематома			0,5
Да	1 (1,0 %)	0 (0 %)	
Нет	103 (99 %)	120 (100 %)	
Миграция костной пасты			>0,9
Да	0 (0 %)	1 (0,8 %)	
Нет	104 (100 %)	119 (99 %)	
<sup>1</sup> n (%)			
<sup>2</sup> Wilcoxon rank sum test; Pearson's Chi-squared test; Fisher's exact test			

## 4.2 Оценка формирования спондилодеза

Мы провели ретроспективный анализ данных КТ (через 3, 6, и 12 месяцев после операции) 30 пациентов путем случайной выборки: 15 пациентов из I группы, которым выполнялась операция с использованием традиционного метода лечения

и 15 пациентов из II группы, которым выполнялась операция с использованием минимально инвазивного метода лечения.

Положительная динамика формирования спондилодеза статистически значимо отмечена в обеих группах ( $p < 0,01$ ). Тем не менее при минимально инвазивном методе лечения наблюдается раннее формирование костного блока на всех сроках наблюдения ( $p < 0,01$ ) (Таблица 4.15).

Таблица 4.15 – Оценка формирования спондилодеза по балльной шкале оценки сращения трансплантата/имплантата с ложем опорного позвонка по системе Баулина

Группы	Через 3 месяца	Через 6 месяцев	Через 12 месяцев
I группа	2,3	3,3	4,5
II группа	2,7	3,9	4,7
p	<0,01	<0,01	<0,01

По нашему мнению, более раннее формирование костного блока при минимально инвазивном методе лечения связано с положением межтелового имплантата относительно ложа блокируемых позвонков: при традиционном методе лечения спондилолистеза – межтеловой имплант располагался латерально, а при минимально инвазивном методе – межтеловой имплант имел медиальное расположение с конвергенцией к центру (Рисунок 4.6). При втором варианте расположения достигается максимальное соприкосновение межтелового имплантата с телами смежных позвонков, что и способствует скорейшему формированию костного блока.

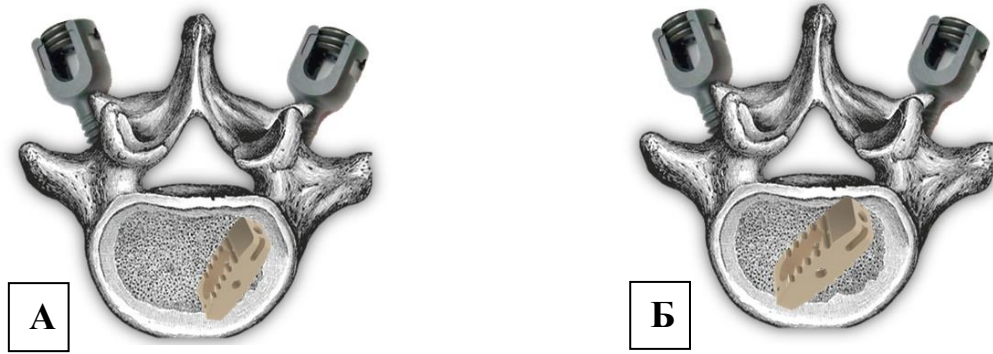


Рисунок 4.6 – Схематическое положение межтелового импланта относительно ложа блокируемых позвонков: А – при традиционном методе лечения; Б – при минимально инвазивном методе лечения

На рисунке 4.7 показаны контрольные снимки КТ пояснично-крестцового отдела позвоночника через 3, 6 и 12 месяцев после оперативного вмешательства.

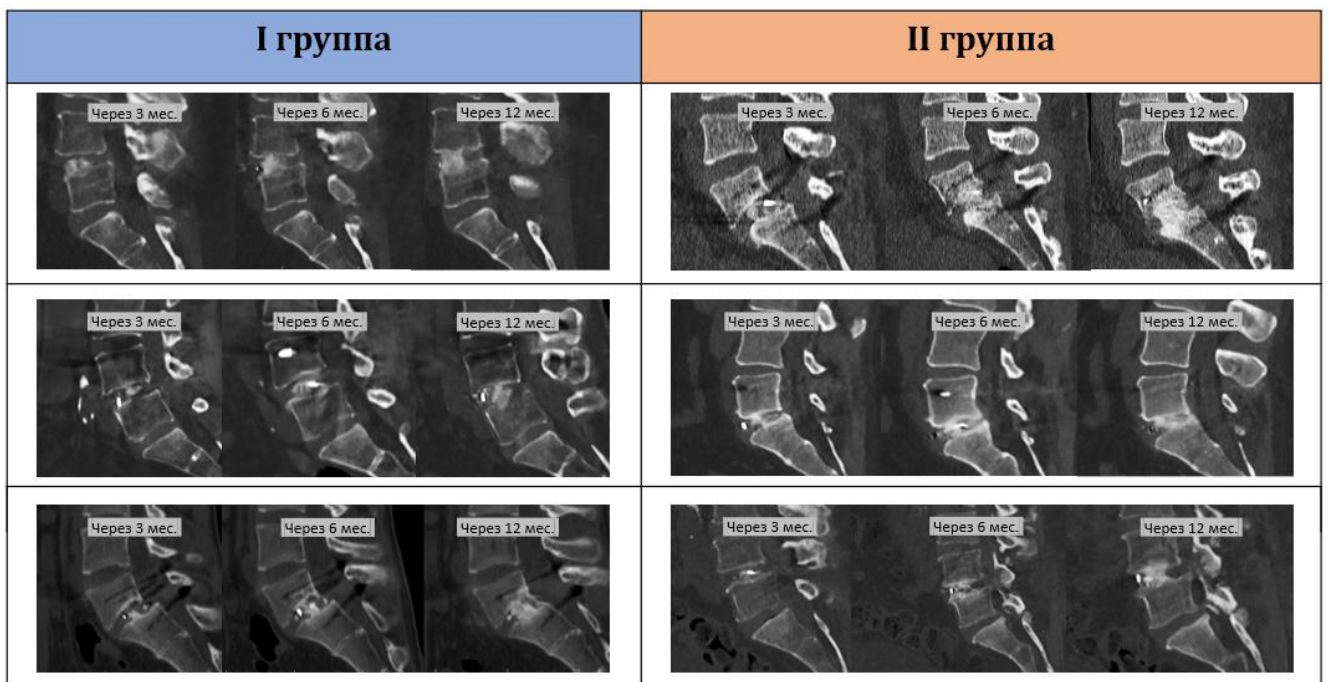


Рисунок 4.7 – Контрольные снимки КТ пояснично-крестцового отдела позвоночника через 3, 6 и 12 месяцев после оперативного вмешательства

### 4.3 Хирургические осложнения и пути их устранения

В нашем исследовании мы выделили три основные группы хирургических осложнений:

1. осложнения, которые могут возникать при выполнении декомпрессии позвоночного канала и которые не связаны с использованием имплантов: повреждение твердой мозговой оболочки (ТМО), гематома послеоперационной раны, повреждение нервного корешка, и как следствие нарастание неврологического дефицита,

2. осложнения, которые могут возникнуть при установке имплантов: некорректная установка имплантов, миграция имплантов, мальпозиции транспедикулярных винтов, миграция костной пасты,

3. длительное заживление ран, их инфекционные осложнения.

Ряд приведенных осложнений нуждается в интраоперационном их решении, а в случаях их выявления после операции – в повторном хирургическом вмешательстве с последующим консервативным лечением. Ниже приведем наиболее важные из них.

При повреждении ТМО методом профилактики послеоперационной ликвореи является тщательная герметизация дуральной оболочки на заключительном этапе операции после выполненной декомпрессии позвоночного канала. В таких случаях производится ушивание твердой мозговой оболочки нитью 6,0 с дополнительной пластикой материалом «Тахокомб». При возникновении сложных дефектов нами выполнялись дополнительная герметизация и укрепление клеем Duraseal Хаст.

Углубление пареза конечностей, нарушение чувствительности и мочеиспускания возникают как правило вследствие послеоперационного отека корешков спинного мозга, формирования гематомы послеоперационной раны, инфекционных процессов и миграции или некорректного положения имплантов.

В случае послеоперационного отека корешков спинного мозга для устранения последнего, пациентам назначается противоотечная терапия (дексаметазон) в

дозировках и по длительности, которые зависели от выраженности клинической симптоматики, возраста пациента и его соматического состояния.

Профилактикой образования гематом является тщательный гемостаз в ходе операции. При формировании гематомы послеоперационной раны, вызывающей компрессию корешков спинного мозга, выполняется пункция послеоперационной раны в условиях перевязочной. При неэффективности вышеописанных мероприятий производят ревизионную операцию с целью удаления гематомы и проведения более тщательного гемостаза.

Для профилактики некорректного положения имплантов, а также их возможной миграции перед хирургическим вмешательством необходимо проводить анализ особенностей структур позвонков (ножек, дужек, тел и кортикальных пластинок) и костной ткани по данным КТ-исследований. Все стабилизирующие операции должны выполняться под контролем и с применением средств интраоперационной нейровизуализации (электронно-оптический преобразователь, иКТ, навигационная система), обеспечивающих контроль точности установки и положения имплантов. При возникновении данных осложнений тактика ведения диктуется выраженностью клинических проявлений и рентгенологических данных. При выявлении некорректной позиции имплантов во время оперативного вмешательства производится их переустановка с последующим интраоперационным КТ контролем. В случае выявления некорректной установки имплантов после операции зачастую требуется повторное хирургическое вмешательство с целью достижения хорошего клинического и рентгенологического результата, а также восстановления желаемого сегментарного взаимоотношения в условиях фиксации.

#### **4.4 Анализ возникших хирургических осложнений**

Ниже представлены следующие хирургические осложнения в обеих исследуемых группах пациентов (Таблица 4.16).

Таблица 4.16 – Частота и характер хирургических осложнений, n (%)

Характер осложнений	I группа	II группа	p
Повреждение твердой мозговой оболочки	8 (7,7 %)	2 (1,7 %)	0.048
Нарастание неврологической симптоматики	2 (1,9 %)	0 (0 %)	0.2
Заживление послеоперационной раны вторичным натяжением	6 (5,8 %)	2 (1,7 %)	0.15
Гематома послеоперационной раны	1 (1,0 %)	0 (0 %)	0.5
Миграция костной пасты в позвоночный канал	0 (0 %)	1 (0,8 %)	>0,9

Осложнений, связанных с установкой транспедикулярных винтов и межтеловых имплантов (некорректная установка, миграция, мальпозиция), не было, что мы связываем тщательным анализом данных КТ и рентгеноденситометрии позвоночника до операции, а также использованием интраоперационных средств нейровизуализации (иКТ и навигационной системы).

В одном случае во II группе имела место миграция биосинтетической костной пасты «ReproBone novo» в позвоночный канал, которое потребовало повторную операцию. Данное осложнение подробно описано в Разделе 4.5 Клинические наблюдения (Клиническое наблюдение 4). С целью дальнейшего предотвращения подобного осложнения мы разработали оптимальное количество остеостимулирующего биосинтетического костного материала «ReproBone novo» – это до 2 мл заполняется полость межпозвонкового диска и до 1 мл сам межтеловой имплант. Используя подобное количество биосинтетической костной пасты, было прооперировано более 130 пациентов, подобного осложнения больше не наблюдалось.

У 1 (1 %) пациента в I группе на 2 сутки после операции сформировалась гематома послеоперационной раны, которая успешно была эвакуирована в

условиях перевязочной. Данное осложнение мы связываем с нерабочим активным дренажем в послеоперационном периоде.

Интраоперационное повреждение ТМО имело место у 8 (7,7 %) пациентов I группы и у 2 (1,7 %) пациентов II группы. Интраоперационно выполнено тщательное ушивание и герметизация твердой мозговой оболочки вышеописанными методами на заключительном этапе операции.

У 2 (1,9 %) пациентов I группы отмечалось нарастание неврологического дефицита в виде углубления пареза на 1 балл, в связи с чем потребовалась более длительная госпитализация для проведения консервативной терапии. Неврологический дефицит у этих пациентов постепенно регрессировал к моменту выписки до дооперационного уровня.

Заживление послеоперационной раны вторичным натяжением отмечено у 6 (5,8 %) пациентов I группы и у 2 (1,7 %) пациентов II группы. Это потребовало в раннем послеоперационном периоде, на 2 – 4-е сутки после операции, наложения отсроченных швов на кожу, которые были сняты после формирования состоятельного рубца (на 10 – 12-е сутки после операции).

## **4.5 Клинические наблюдения**

### **Клиническое наблюдение 1**

Пациент М., 63 года. Жалобы на выраженные боли в поясничном отделе позвоночника, иррадиирующие в правую нижнюю конечность по заднебоковой поверхности бедра и голени. Боли усиливаются при смене положения тела и движении. Консервативная терапия – без эффекта.

Данные по шкалам до операции: болевой синдром по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 7 баллов; болевой синдром по ВАШ в нижних конечностях – 8 баллов; индекс Освестри – 72 %.

По данным МРТ: спондилолистез II степени на уровне L4-L5 позвонков, стеноз Schizas C (Рисунок 4.8).

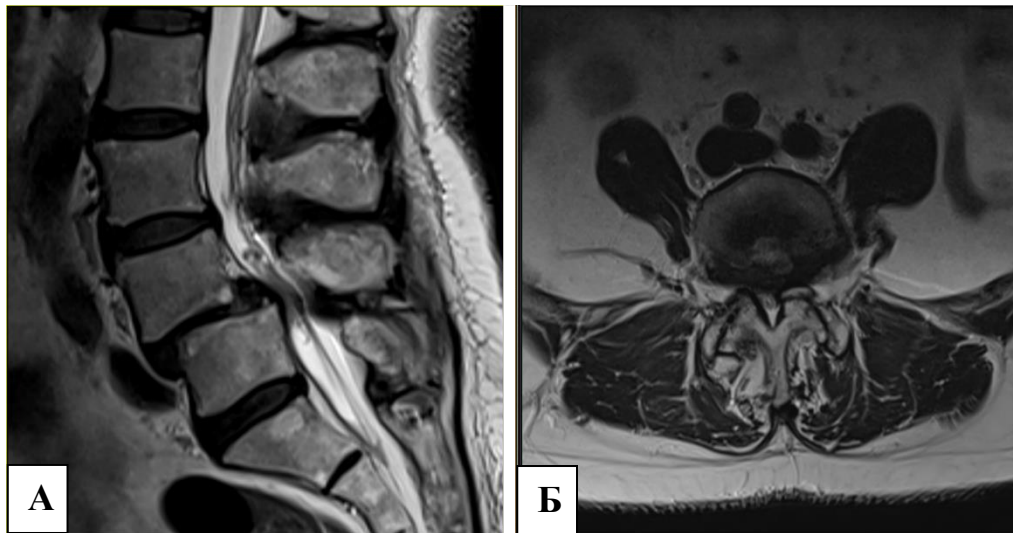


Рисунок 4.8 – Предоперационные МРТ – спондилолистез II степени на уровне L4-L5 позвонков, стеноз Schizas C: А – сагиттальная проекция; Б – аксиальная проекция

По данным КТ: спондилолистез II степени на уровне L4-L5 позвонков (Рисунок 4.9).



Рисунок 4.9 – Предоперационные КТ – спондилолистез II степени на уровне L4-L5 позвонков: А – сагиттальная проекция; Б – аксиальная проекция

По данным функциональных спондилограмм: выявляется нестабильность сегмента L4-L5, смещение позвонков относительно друг друга более 4 мм (Рисунок 4.10).

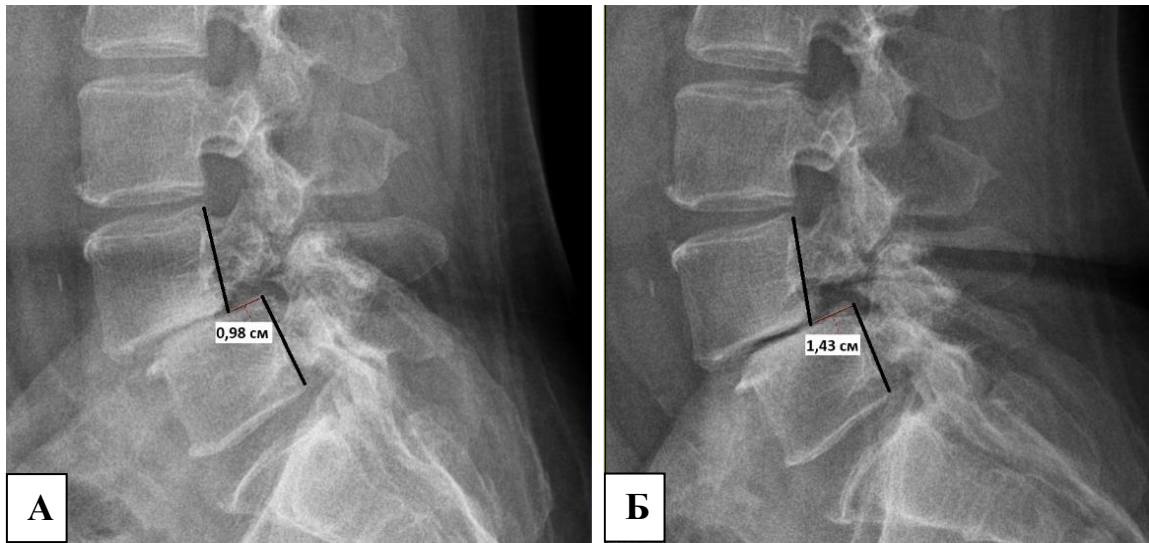


Рисунок 4.10 – Предоперационные функциональные спондилограммы – нестабильность сегмента L4-L5 позвонков: А – сгибание; Б – разгибание

Определение МПК позвонков в единицах Хаунсфилда (HU) в теле L3 позвонка на уровне средне-аксиального среза. Значение HU у пациента > 120 (прочная костная ткань) (Рисунок 4.11).

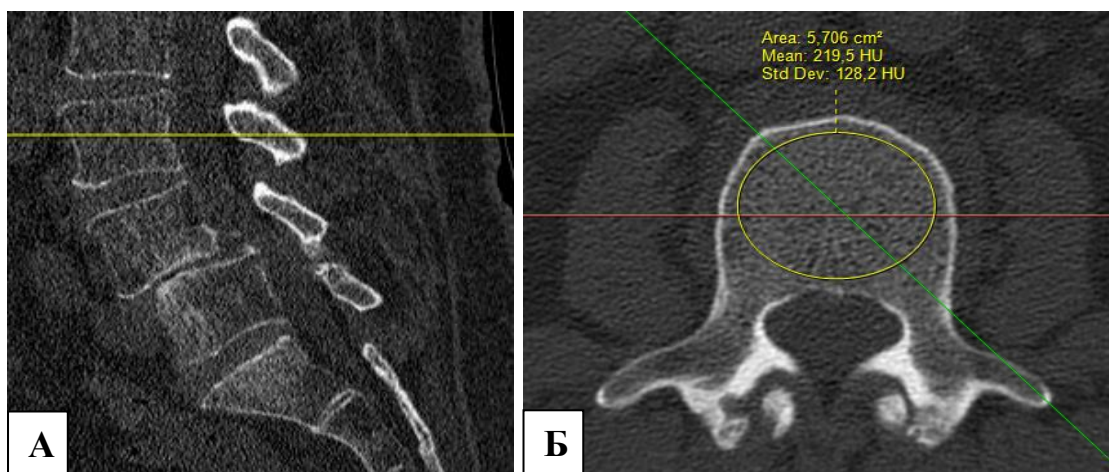


Рисунок 4.11 – Оценка значения HU по данным предоперационных КТ: А – средне-аксиальный срез на уровне L3 позвонка; Б – значение HU = 219,5

Диагноз: спондилолистез II степени на уровне L4-L5 позвонков со стенозом позвоночного канала на данном уровне (Schizas C), нестабильность сегмента L4-L5.

Проведена операция: Микрохирургическая декомпрессия позвоночного канала на уровне L4-L5 позвонков справа с трансфораминальной межтеловой и транспедикулярной стабилизацией межпозвоночного сегмента из традиционного срединного доступа с применением иКТ и навигационной системы.

По данным КТ, выполненной в послеоперационном периоде, отмечается полная редукция спондилолистеза (Рисунок 4.12).



Рисунок 4.12 – КТ: А – до операции: спондилолистез II степени; Б – после операции: полная редукция спондилолистеза

Пациент выписан на 9 сутки после операции домой в удовлетворительном состоянии. Болевой синдром по данным ВАШ на момент выписки в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 5 баллов; ВАШ в нижних конечностях – 3 балла.

По данным МРТ, выполненной через 3 месяца после операции, отмечается полное расправление дурального мешка на уровне L4-L5 позвонков, признаков компрессии нервных структур нет (Рисунок 4.13).

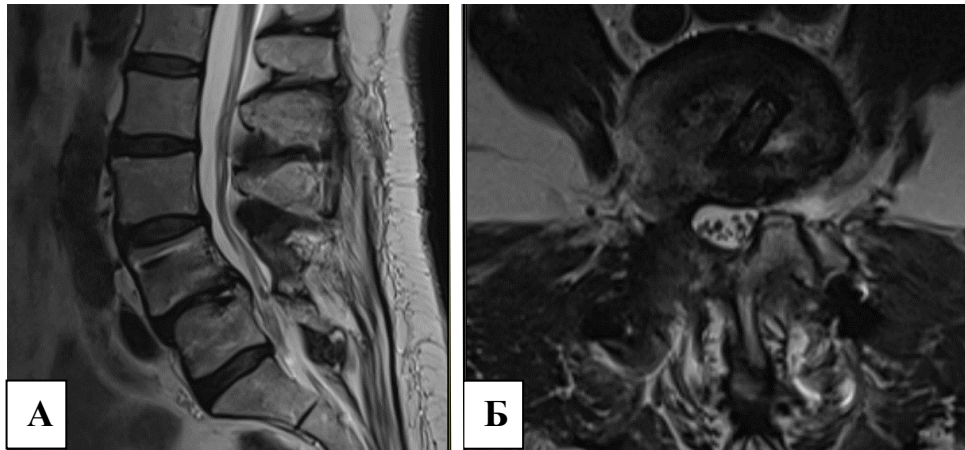


Рисунок 4.13 – МРТ через 3 месяца после операции – полное расправление дурального мешка на уровне L4-L5, признаков компрессии нервных структур нет: А – сагиттальная проекция; Б – аксиальная проекция

Оценка динамики формирования костного блока по шкале Баулина по данным КТ через 3 месяца – 2 балла; через 6 месяцев – 3 балла; через 12 месяцев – 4 балла (Рисунок 4.14).



Рисунок 4.14 – Оценка динамики формирования костного блока по данным КТ: А – через 3 месяца; Б – через 6 месяцев; В – через 12 месяцев

Результаты оценки данных по шкалам через 12 месяцев: болевой синдром по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 2 балла; болевой синдром по ВАШ в нижних конечностях – 0 баллов; индекс Освестри – 18 %; отдаленные исходы лечения по шкале достижения цели – 55.

## Клиническое наблюдение 2

Пациент А., 55 лет. Обратился с выраженными болями в поясничном отделе позвоночника, иррадиирующими в правую нижнюю конечность по заднебоковой поверхности бедра и переднебоковой поверхности голени. Боли беспокоят длительное время. Однако в последнее время стало сложно передвигаться: пациент может пройти около 50 метров с последующей обязательной остановкой для отдыха. Консервативная терапия – без эффекта.

Данные по шкалам до операции: болевой синдром по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 7 баллов; болевой синдром по ВАШ в нижних конечностях – 7 баллов; индекс Освестри – 70 %.

По данным МРТ: спондилолистез I степени на уровне L4-L5 позвонков, дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне L4-L5 позвонков (Schizas D) (Рисунок 4.15).

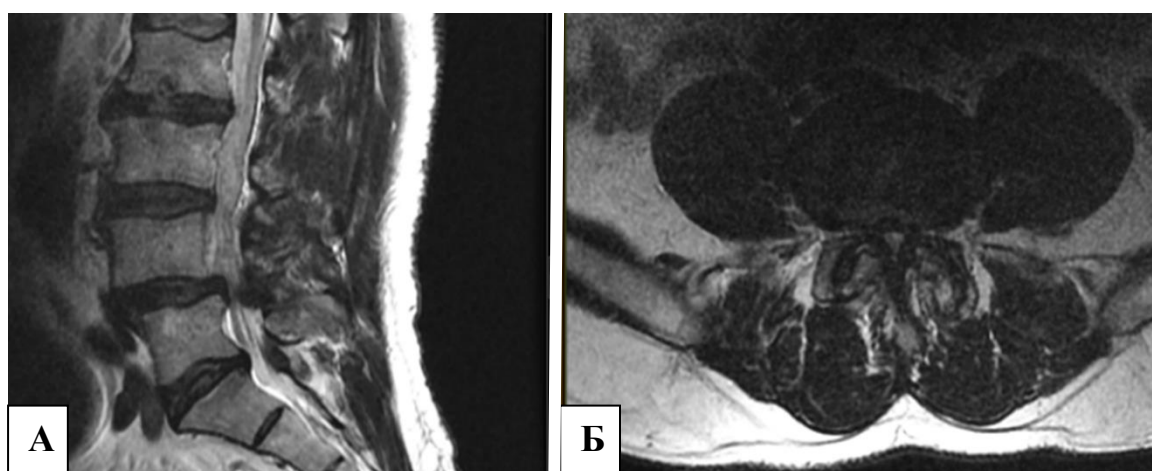


Рисунок 4.15 – Предоперационные МРТ с признаками дегенеративного стеноза на уровне L4-L5 позвонков: А – сагиттальная проекция; Б – аксиальная проекция

По данным КТ: спондилолистез I степени на уровне L4-L5 позвонков (Рисунок 4.16).

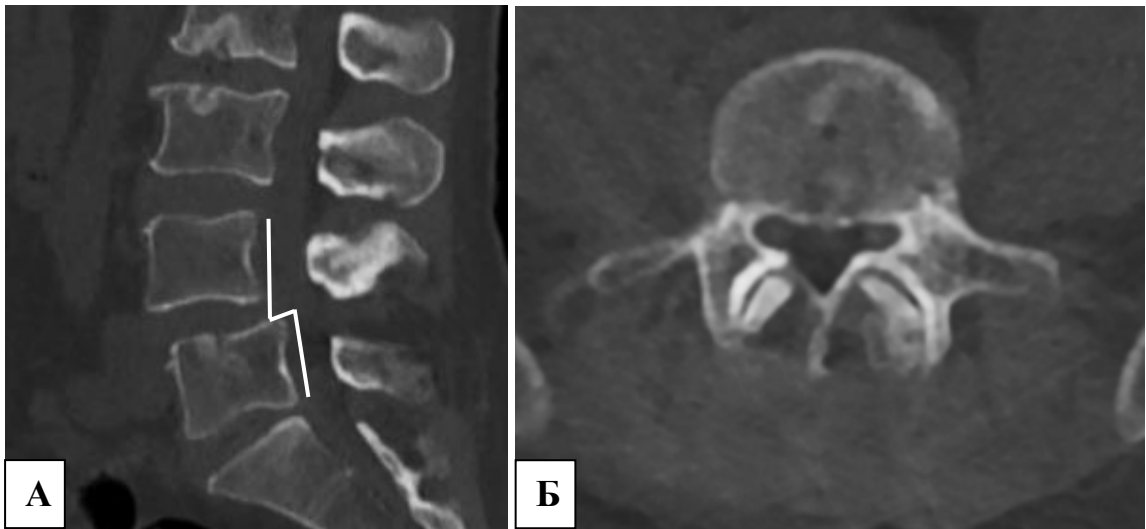


Рисунок 4.16 – Предоперационные КТ – спондилолистез I степени на уровне L4-L5 позвонков: А – сагиттальная проекция; Б – аксиальная проекция

По данным функциональных спондилограмм выявляется нестабильность сегмента L4-L5, смещение позвонков относительно друг друга более 4 мм (Рисунок 4.17).

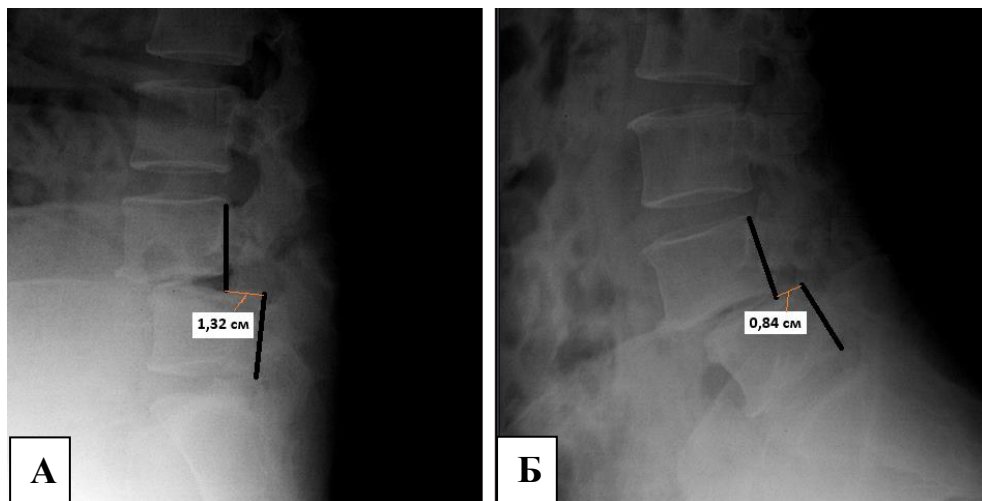


Рисунок 4.17 – Предоперационные функциональные спондилограммы – нестабильность сегмента L4-L5 позвонков: А – сгибание; Б – разгибание

Определение МПК позвонков в единицах Хаунсфилда (HU) в теле L3 позвонка на уровне средне-аксиального среза. Значение HU у пациента > 120 (прочная костная ткань) (Рисунок 4.18).

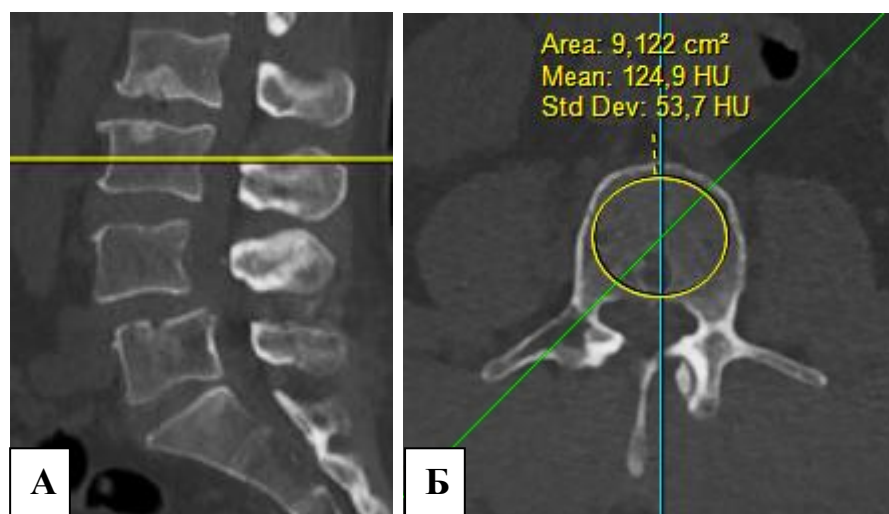


Рисунок 4.18 – Оценка значения HU по данным предоперационных КТ: А – средне-аксиальный срез на уровне L3 позвонка; Б – значение HU = 124,9

Диагноз: спондилолистез I степени с дегенеративным стенозом позвоночного канала (Schizas D) на уровне L4-L5 позвонков, нестабильность сегмента L4-L5.

Учитывая выраженный циркулярный стеноз, который неврологически проявляется перемежающейся хромотой, было принято решение о выполнении следующего хирургического лечения в объеме: Микрохирургическая декомпрессия позвоночного канала на уровне L4-L5 позвонков справа с последующей декомпрессией контрлатеральной стороны методом "over-the-top", межтеловая и транспедикулярная стабилизация на уровне L4-L5 позвонков из двух парамедианных доступов с применением иКТ и навигационной системы.

3D-контроль установленной межтеловой и транспедикулярной стабилизации. Транспедикулярные винты установлены корректно, отмечается полная редукция спондилолистеза, декомпрессия позвоночного канала выполнена в полном объеме (Рисунок 4.19).

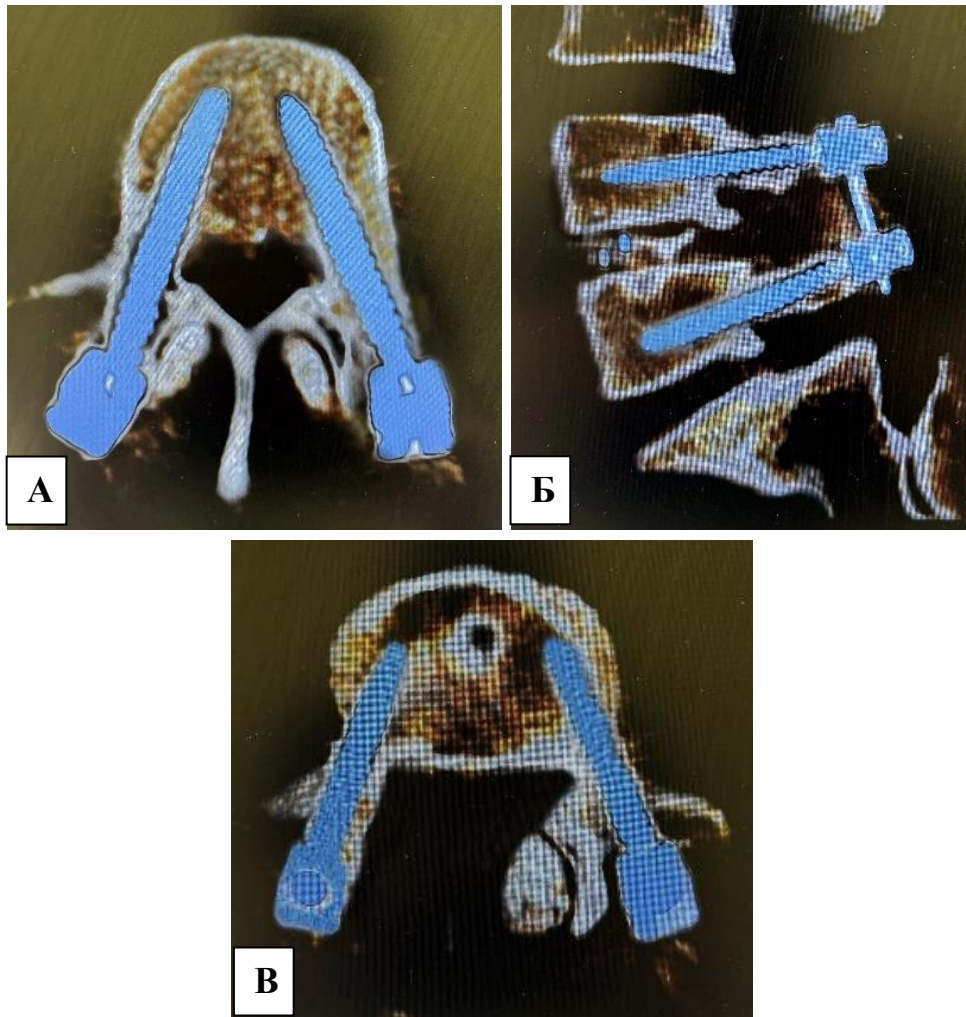


Рисунок 4.19 – Контрольные интраоперационные компьютерные томограммы правильности установки межтелового импланта и транспедикулярных винтов, а также с оценкой объема выполненной декомпрессии: А – аксиальная проекция L4; Б – сагиттальная проекция; В – аксиальная проекция L5

Пациент выписан на 4 сутки после операции домой в удовлетворительном состоянии. Болевой синдром по данным ВАШ на момент выписки в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 3 балла; ВАШ в нижних конечностях – 1 балл.

По данным МРТ, выполненной через 3 месяца после операции, отмечается полное распрямление дурального мешка на уровне L4-L5 позвонков, признаков компрессии нервных структур нет (Рисунок 4.20).

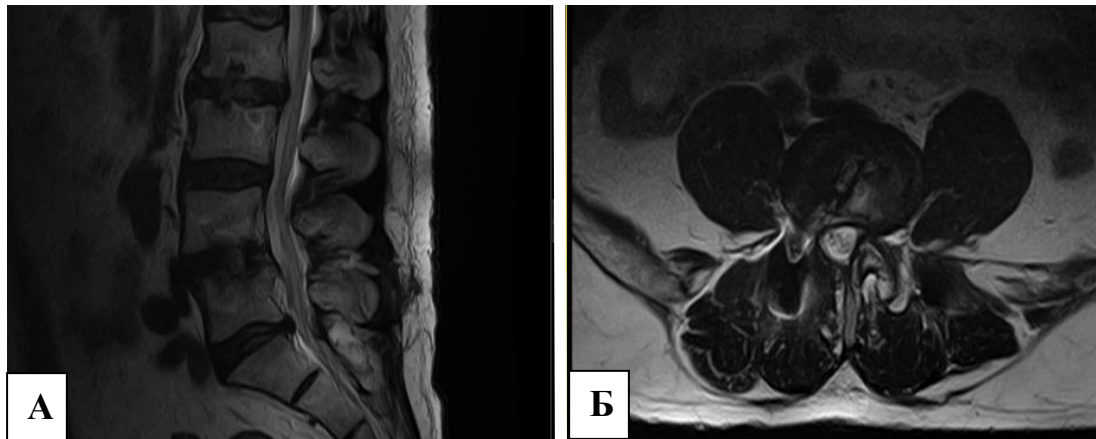


Рисунок 4.20 – МРТ через 3 месяца после операции – полное распрямление дурального мешка на уровне L4-L5, признаков компрессии нервных структур нет: А – сагиттальная проекция; Б – аксиальная проекция

Результаты оценки данных по шкалам через 12 месяцев: болевой синдром по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 1 балла; болевой синдром по ВАШ в нижних конечностях – 0 баллов; индекс Освестри – 10 %; отдаленные исходы лечения по шкале достижения цели – 57.

### **Клиническое наблюдение 3**

Пациент В., 62 года. Жалобы на выраженные боли в поясничном отделе позвоночника, иррадиирующие в нижние конечности по заднебоковой поверхности бедра и голени (больше справа). Боли усиливаются при смене положения тела и движении. Консервативная терапия – без эффекта.

Данные по шкалам до операции: болевой синдром по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 7 баллов; болевой синдром по ВАШ в нижних конечностях – 8 баллов; индекс Освестри – 78 %.

По данным МРТ: спондилолистез I степени на уровне L5-S1 позвонков, компрессия L5 корешка с двух сторон (Рисунок 4.21).

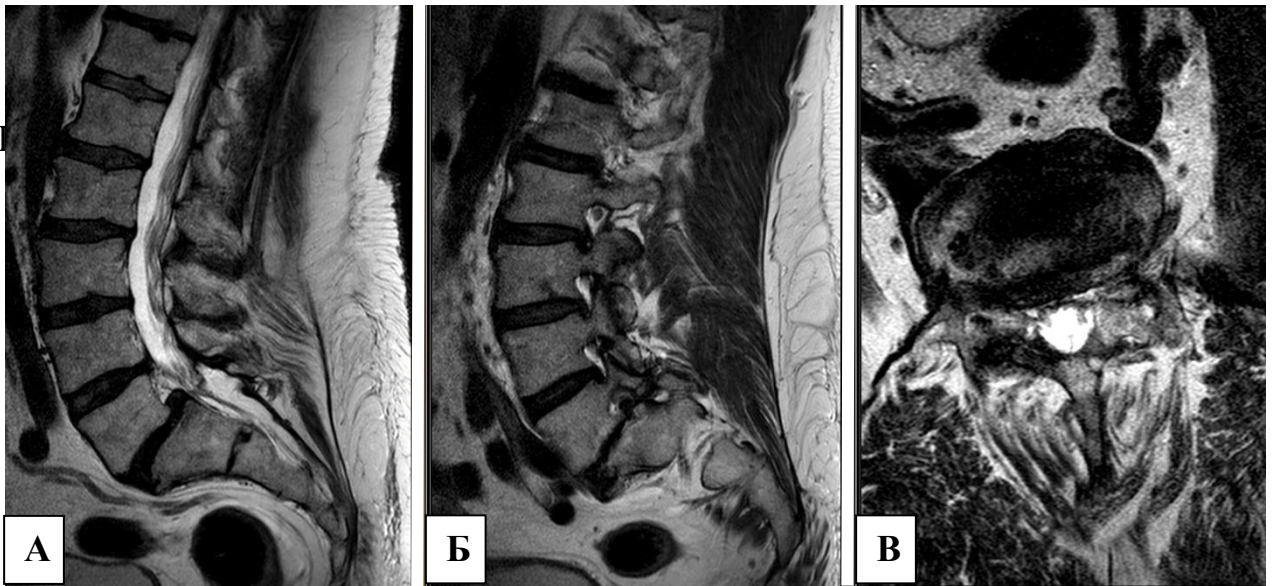


Рисунок 4.21 – Предоперационные МРТ – спондилолистез I степени на уровне L5-S1 позвонков, фораминальный стеноз: А, Б – сагиттальная проекция; В – аксиальная проекция

По данным КТ: спондилолистез I степени на уровне L5-S1 позвонков (Рисунок 4.22).

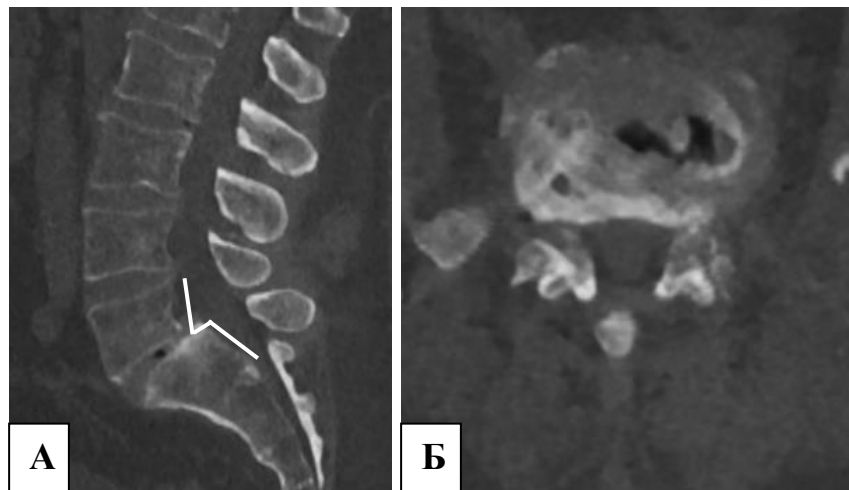


Рисунок 4.22 – Предоперационные КТ – спондилолистез I степени на уровне L5-S1 позвонков: А – сагиттальная проекция; Б – аксиальная проекция

По данным функциональных спондилограмм: выявляется нестабильность сегмента L5-S1, смещение позвонков относительно друг друга более 4 мм (Рисунок 4.23).

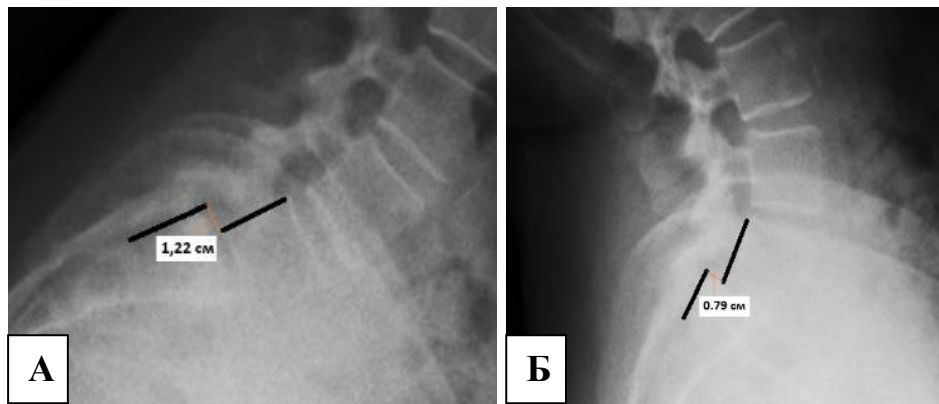


Рисунок 4.23 – Предоперационные функциональные спондилограммы – нестабильность сегмента L5-S1 позвонков: А – сгибание; Б – разгибание

Определение МПК позвонков в единицах Хаунсфилда (HU) в теле L3 позвонка на уровне средне-аксиального среза. Значение HU у пациента > 120 (прочная костная ткань) (Рисунок 4.24).

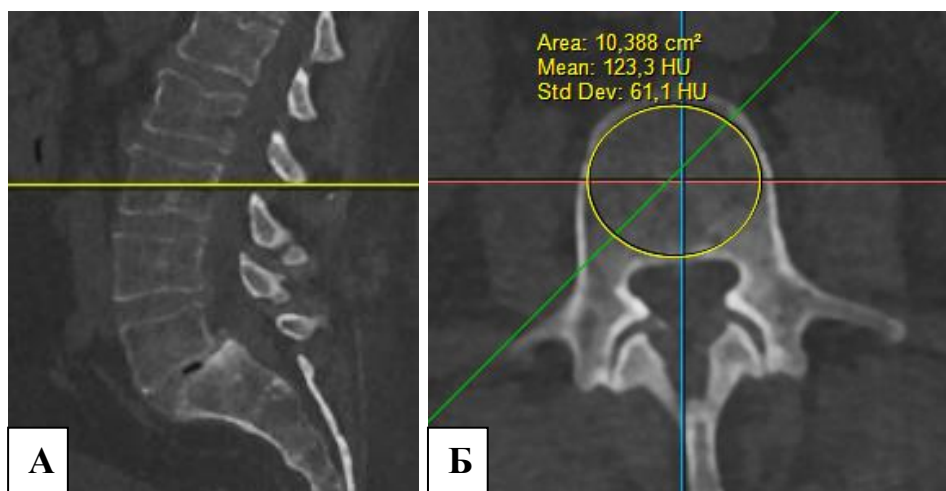


Рисунок 4.24 – Оценка значения HU по данным предоперационных КТ: А – средне-аксиальный срез на уровне L3 позвонка; Б – значение HU = 123,3

Диагноз: спондилолистез I степени на уровне L5-S1 позвонков с фораминальным стенозом L5 корешка с двух сторон, нестабильность сегмента L5-S1.

Проведена операция: Микрохирургическая декомпрессия позвоночного канала на уровне L5-S1 позвонков справа с межтеловой и транспедикулярной стабилизацией межпозвоночного сегмента на уровне L5-S1 позвонков их двух парамедианных доступов с применением иКТ и навигационной системы.

Интраоперационная компьютерная томография положения ранорасширителя Caspar относительно костным структурам (Рисунок 4.25).

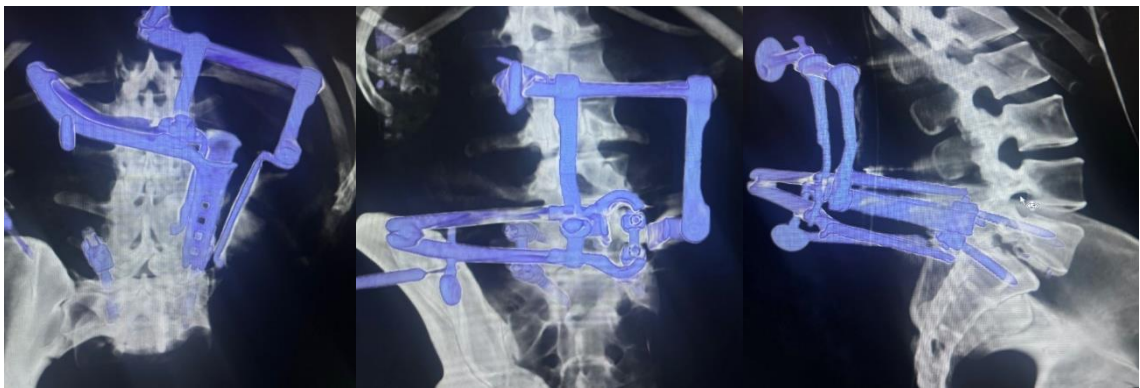


Рисунок 4.25 – иКТ: положение ранорасширителя Caspar

3D-контроль установленной межтеловой и транспедикулярной стабилизации. Транспедикулярные винты установлены корректно (Рисунок 4.26).

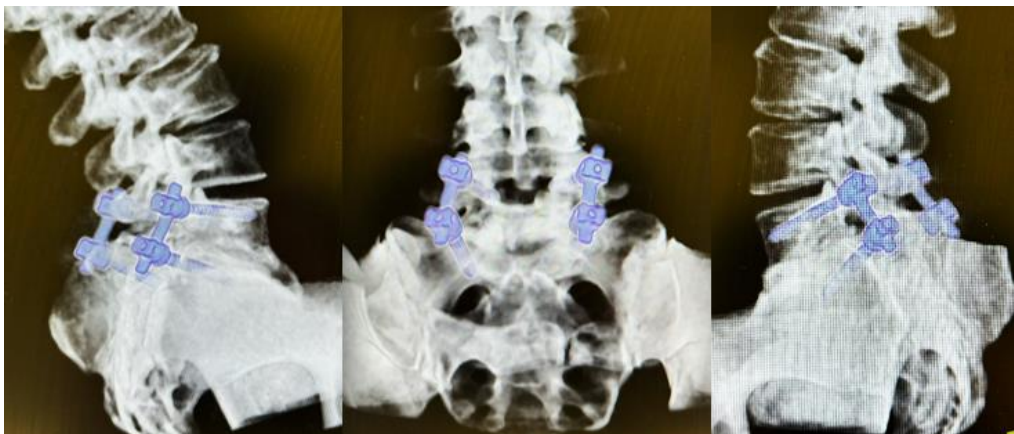


Рисунок 4.26 – Контрольные интраоперационные компьютерные томограммы в 3D режиме правильности установки межтелового импланта и транспедикулярных винтов

По данным КТ, выполненной в послеоперационном периоде, отмечается полная редукция спондилолистеза (Рисунок 4.27)

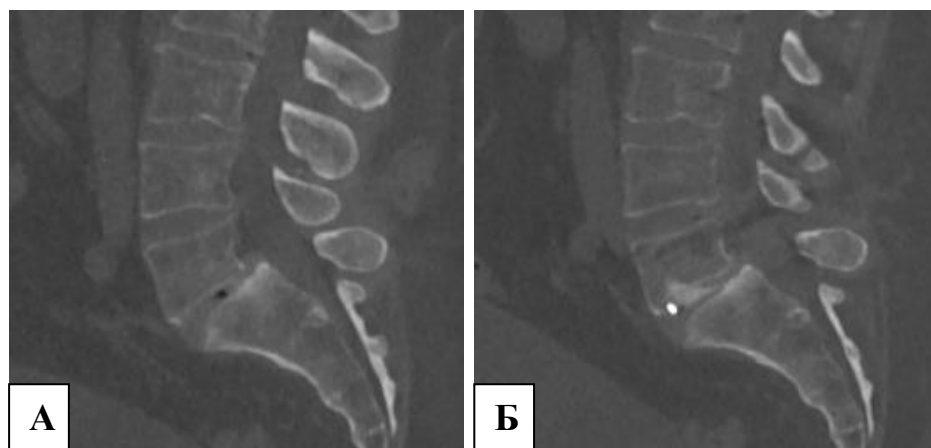


Рисунок 4.27 – КТ: А – до операции: спондилолистез I степени; Б – после операции: полная редукция спондилолистеза

Пациент выписан на 3 сутки после операции домой в удовлетворительном состоянии. Болевой синдром по данным ВАШ на момент выписки в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 2 балла; ВАШ в нижних конечностях – 1 балл.

Результаты оценки данных по шкалам через 12 месяцев: болевой синдром по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 0 баллов; болевой синдром по ВАШ в нижних конечностях – 0 баллов; индекс Освестри – 6 %; отдаленные исходы лечения по шкале достижения цели – 59.

#### **Клиническое наблюдение 4**

Пациент Г., 58 лет. Жалобы на выраженные боли в поясничном отделе позвоночника, иррадиирующие в нижние конечности по передней поверхности бедра (хуже справа). Боли усиливаются при смене положения тела и движении. Ограничение пешего расстояния. Консервативная терапия – без эффекта.

Данные по шкалам до операции: болевой синдром по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 8 баллов; болевой синдром по ВАШ в нижних конечностях – 9 баллов; индекс Освестри – 80 %.

По данным МРТ: спондилолистез I степени на уровне L3-L4 позвонков, дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне L3-L4 позвонков (Schizas C) (Рисунок 4.28).

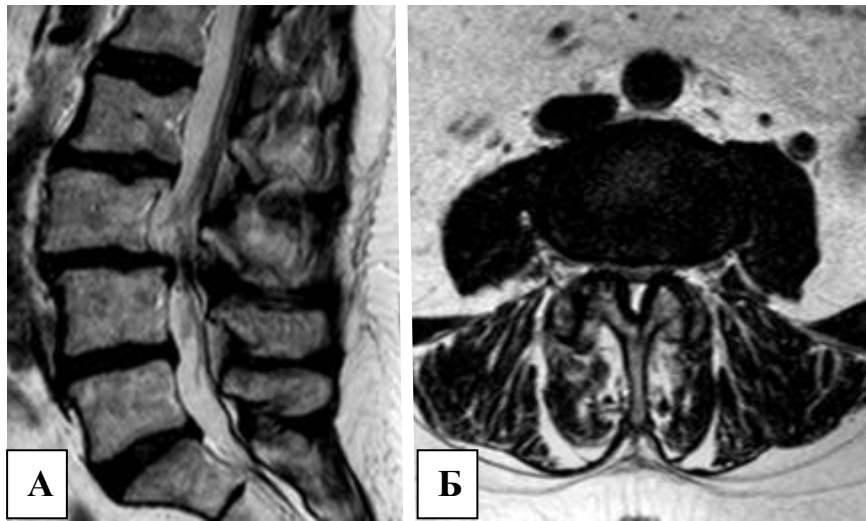


Рисунок 4.28 – Предоперационные МРТ с признаками дегенеративного стеноза на уровне L3-L4 позвонков: А – сагиттальная проекция; Б – аксиальная проекция

По данным КТ: спондилолистез I степени на уровне L3-L4 позвонков (Рисунок 4.29).



Рисунок 4.29 – Предоперационные КТ – спондилолистез I степени на уровне L3-L4 позвонков: А – сагиттальная проекция; Б – аксиальная проекция

По данным функциональных спондилограмм выявляется нестабильность сегмента L3-L4, смещение позвонков относительно друг друга более 4 мм (Рисунок 4.30).

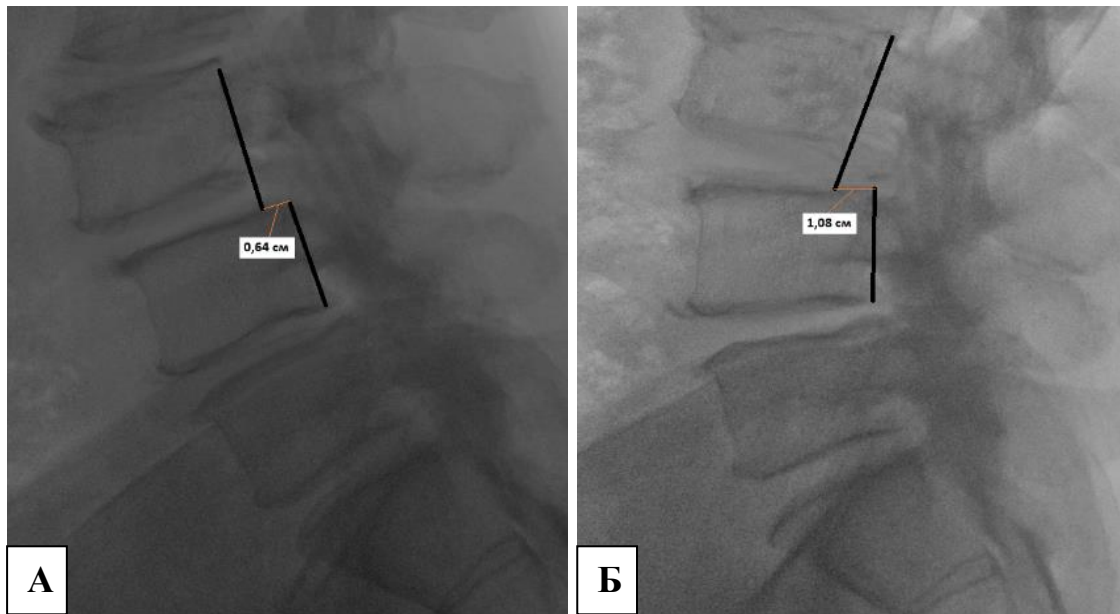


Рисунок 4.30 – Предоперационные функциональные спондилограммы – нестабильность сегмента L3-L4 позвонков: А – сгибание; Б – разгибание

Определение МПК позвонков в единицах Хаунсфилда (HU) в теле L3 позвонка на уровне средне-аксиального среза. Значение HU у пациента > 120 (прочная костная ткань) (Рисунок 4.31).

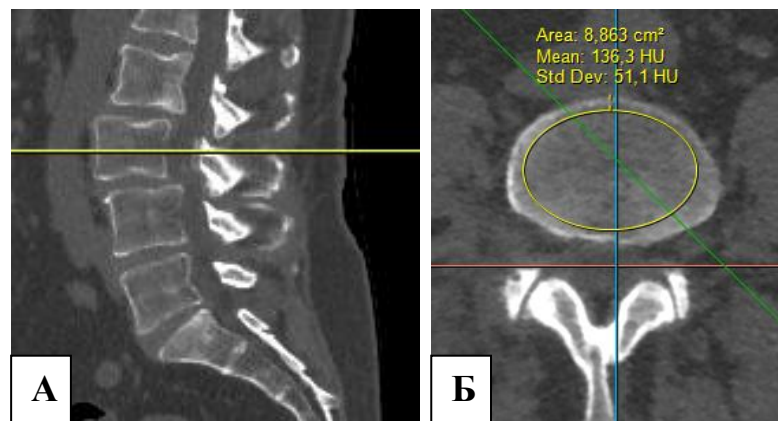


Рисунок 4.31 – Оценка значения HU по данным предоперационных КТ: А – средне-аксиальный срез на уровне L3 позвонка; Б – значение HU = 136,3

Диагноз: спондилолистез I степени и дегенеративный стеноз позвоночного канала (Schizas C) на уровне L3-L4 позвонков, нестабильность сегмента L3-L4.

Проведена операция: Микрохирургическая декомпрессия позвоночного канала на уровне L3-L4 позвонков справа с последующей декомпрессией контрлатеральной стороны методом "over-the-top", межтеловая и транспедикулярная стабилизация на уровне L3-L4 позвонков из двух парамедианных доступов с применением иКТ и навигационной системы

По данным КТ, выполненной в послеоперационном периоде, отмечается полная редукция спондилолистеза (Рисунок 4.32)

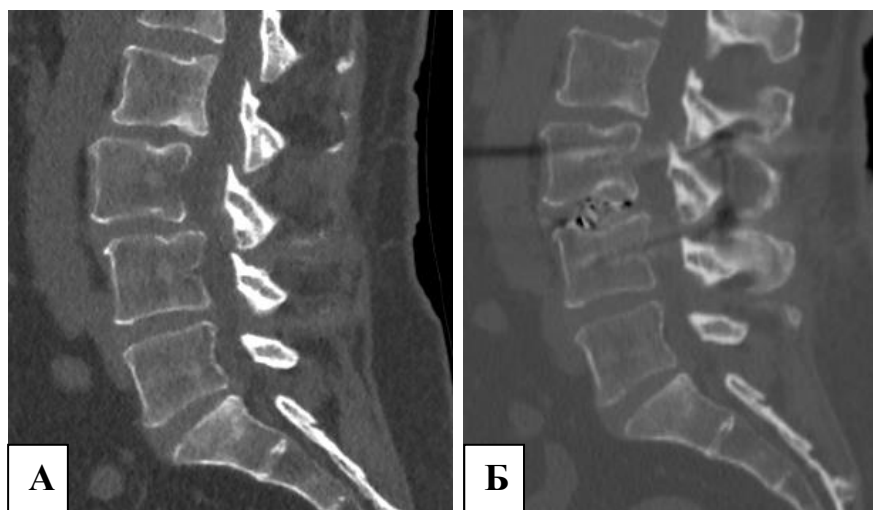


Рисунок 4.32 – КТ: А – до операции: спондилолистез I степени; Б – после операции: полная редукция спондилолистеза

Пациент выписан на 5 сутки после операции домой в удовлетворительном состоянии. Болевой синдром по данным ВАШ на момент выписки в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 3 балла; ВАШ в нижних конечностях – 1 балл.

Однако через 5 дней после выписки из стационара у пациента появились боли в правой нижней конечности (болевой синдром по ВАШ в правой нижней конечности – 9 баллов).

По данным КТ, выполненной через 10 дней после операции – корректное положение транспедикулярных винтов и межтелового импланта, отмечается

миграция костной пасты в позвоночный канал, компрессия L4 корешка справа (Рисунок 4.33).



Рисунок 4.33 – КТ через 10 дней после операции: А – правильное положение транспедикулярных винтов и межтелового импланта; Б – миграция костной пасты в позвоночный канал на сагиттальной проекции; В – миграция костной пасты в позвоночный канал на аксиальной проекции

Пациент был взят на ревизию, в ходе операции подтвердилась миграция костной пасты, которая при помощи аспиратора была удалена (Рисунок 4.34).

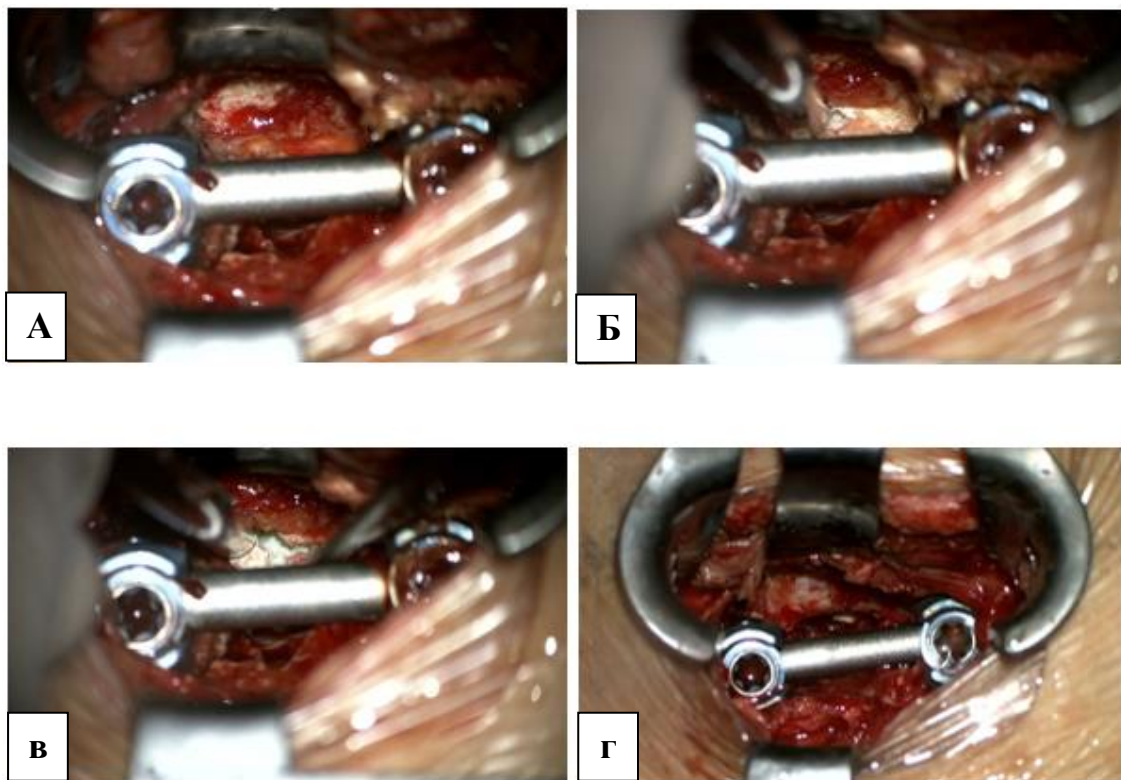


Рисунок 4.34 – Хирургические этапы выполнения ревизии: А – костная паста в позвоночном канале; Б, В – удаления костной пасты с помощью аспиратора; Г – окончательный вид

На контрольных снимках КТ после ревизии отмечается полное удаление костной пасты из позвоночного канала (Рисунок 4.35).

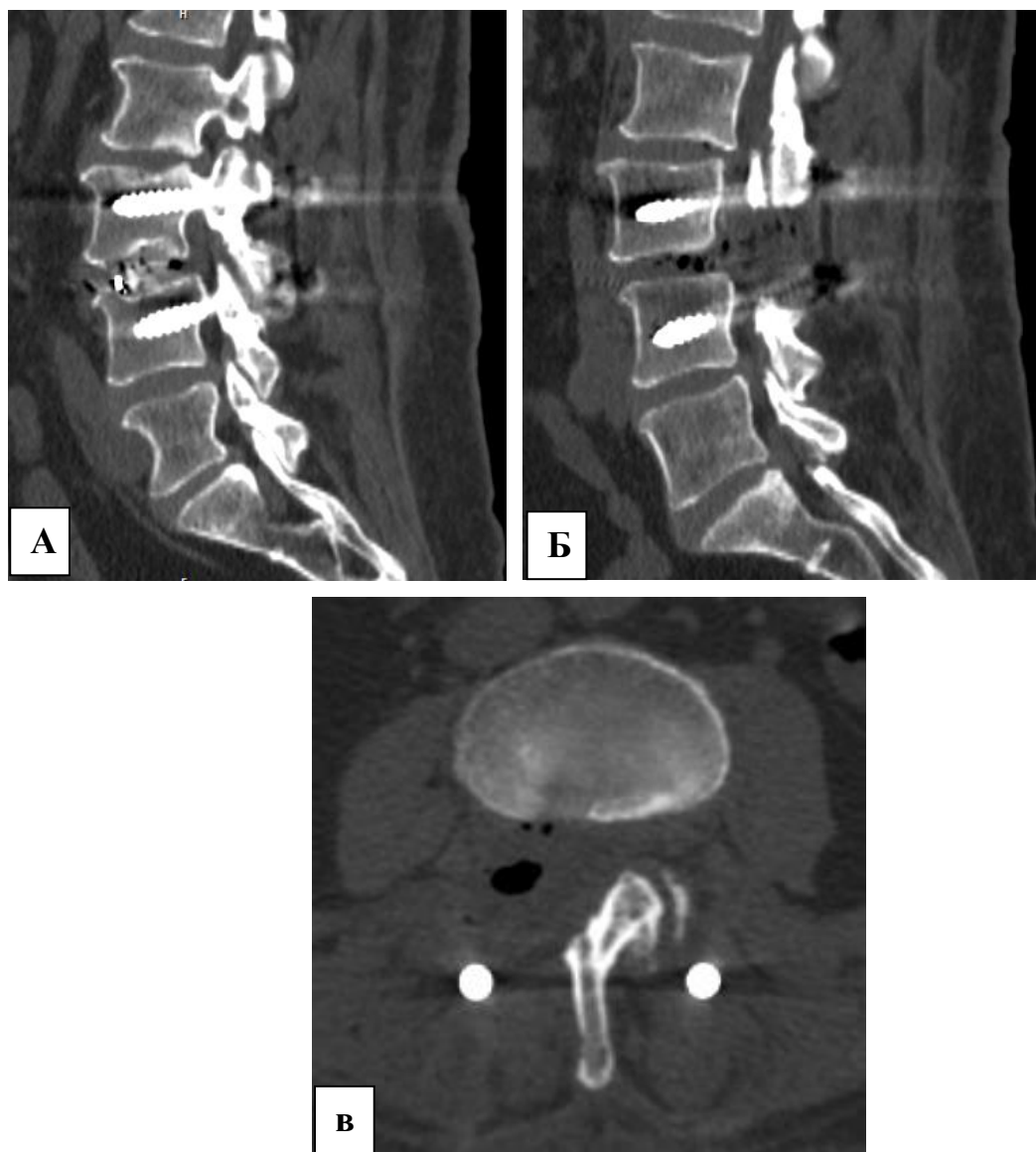


Рисунок 4.35 – КТ после ревизии – полное удаление костной пасты: А, Б – сагиттальная проекция; В – аксиальная проекция;

Пациент выписан на 4 сутки после операции домой в удовлетворительном состоянии. Болевой синдром по данным ВАШ на момент выписки в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 3 балла; ВАШ в нижних конечностях – 2 балла.

По данным МРТ, выполненной через 3 месяца после операции, отмечается полное распраправление дурального мешка на уровне L3-L4 позвонков, признаков компрессии нервных структур нет (Рисунок 4.36).

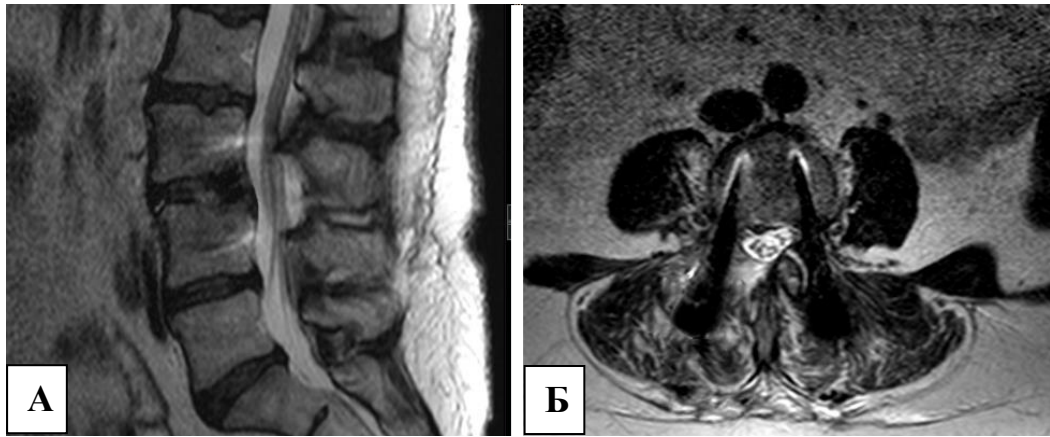


Рисунок 4.36 – МРТ через 3 месяца после операции – полное расправление дурального мешка на уровне L3-L4, признаков компрессии нервных структур нет: А – сагиттальная проекция; Б – аксиальная проекция

Результаты оценки данных по шкалам через 12 месяцев: болевой синдром по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 1 балла; болевой синдром по ВАШ в нижних конечностях – 0 баллов; индекс Освестри – 8 %; отдаленные исходы лечения по шкале достижения цели – 55.

## Заключение

Спондилолистез представляет собой полиэтиологический патологический процесс, характеризующийся смещением одного позвонка относительно другого. Это может привести к нестабильности позвоночного сегмента, болевому синдрому, ограничению движений и неврологическим нарушениям. Спондилолистез является одной из наиболее частых причин хронической боли в пояснице и требует хирургического вмешательства в случаях нестабильности или неэффективности консервативного лечения.

Традиционно основным методом хирургического лечения спондилолистезов являлась открытая хирургия, включающая ламинэктомию, фасетэктомию, транспедикулярную и межтеловую фиксацию. Однако этот метод связан с большой интраоперационной кровопотерей, длительной госпитализацией, высоким уровнем послеоперационной боли и риском осложнений.

Современные технологии позволили разработать минимально инвазивные методы лечения спондилолистезов, которые обеспечивают меньшую травматизацию мягких тканей, снижение кровопотери, сокращение сроков реабилитации и снижение уровня послеоперационной боли. Минимально инвазивные методы лечения, получили широкое распространение и демонстрируют преимущества перед открытыми операциями в ряде клинических ситуаций [94, 95, 111].

Целью нашего исследования было проведение сравнительного анализа исходов хирургического лечения пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника с применением традиционного и минимально инвазивного метода лечения.

Для достижения поставленной цели нами были сформированы следующие задачи: провести сравнительный анализ эффективности традиционного и минимально инвазивного метода лечения спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника по шкале ВАШ, индексу Освестри, по шкале

достижения целей через 12 месяцев; на основании шкалы достижения целей рассчитать минимальную клинически значимую разницу (MCID) для ВАШ и индекса Освестри на сроке 12 месяцев для пациентов, перенесших трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез; сравнить длительность хирургического вмешательства, объем интраоперационной кровопотери и койко-день; оценить динамику формирования спондилодеза при традиционном и минимально инвазивном методе лечения; провести анализ осложнений при применении традиционного и минимально инвазивного метода лечения спондилолистезов.

Настоящее исследование проводилось на базе 10-го нейрохирургического отделения ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России. Данная научная работа по дизайну является ретроспективно-проспективным когортным исследованием. Был проанализирован период с апреля 2018 по март 2024 гг. включительно. В исследование включены 224 пациента, которым было проведено хирургическое лечение по поводу спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника. В ретроспективную часть исследования были включены 131 пациент, прошедший операцию в период с апреля 2018 по январь 2023 года. В проспективную группу вошли 93 пациента, прооперированных с февраля 2023 по март 2024 года.

В ходе исследования нами были сформированы две группы пациентов:

I группа – 104 (46 %) пациента, которым выполнялась операция с использованием традиционного метода лечения,

II группа – 120 (54 %) пациентов, которым выполнялась операция с использованием минимально инвазивного метода лечения.

Пациенты I и II группы не имели существенных различий по основным характеристикам и признакам оценки их состояния (Таблица 2.2). Средний возраст: в I группе - 61 [18; 83], во II группе - 58 [19; 89]; пол: в I группе - 30 мужской (29 %) и 74 женский (71 %), во II группе - 44 мужской (37 %) и 76 женский (63 %); болевой синдром по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника до операции: в I группе – 8,0 [6,0; 10,0], во II группе – 8,0 [7,0; 10,0]; болевой синдром по ВАШ в

нижних конечностях до операции: в I группе – 9,0 [8,0; 10,0], во II группе – 9,0 [7,0; 10,0]; Освестри до операции (%): в I группе – 74,0 [68,0; 80,0], во II группе – 76,0 [66,0; 82,0]. Критерием включения в исследование было наличие у пациента моносегментарного спондилолистеза I-II степени с признаками нестабильности ПДС на уровне L3-S1 позвонков.

Основными показаниями к хирургическому вмешательству являлись прогрессирующий синдром нейрогенной перемежающейся хромоты с укорочением дистанции безболевой ходьбы, а также неврологические нарушения (чувствительные и двигательные, нарушения функция тазовых органов) при отсутствии эффекта консервативного лечения в течение 3-4 месяцев. Хирургическое лечение выполняли при четком соответствии клинической картины с данными нейровизуализации (МРТ, КТ, функциональные спондилограммы). Наиболее вовлеченным был уровень L4–L5: у 78 % пациентов в I группе и 61 % пациентов во II группе.

При анализе интенсивности болевого синдрома до операции по шкале ВАШ у пациентов обеих групп мы получили следующие данные. В I группе (104 пациента) интенсивность болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника составила 8,00 [6,00; 10,00], в нижних конечностях – 9,00 [8,00; 10,00]. Во II группе (120 пациентов) интенсивность болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника составила 8,00 [7,00; 10,00], в нижних конечностях – 9,00 [7,00; 10,00].

На момент выписки в обеих группах пациентов отмечено статистически значимое уменьшение интенсивности болевого синдрома по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника и в нижних конечностях, сохраняющегося в отдаленном периоде. В раннем послеоперационном периоде (через 2 часа после операции) у большинства пациентов отмечен полный или частичный регресс корешкового болевого синдрома, однако выраженность болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника значительно ниже у больных, которым выполнялась операция с использованием минимально инвазивного метода лечения (ВАШ через 2 часа после операции в I группе – 9,00 [6,00; 10,00] и во II группе –

5,00 [4,00; 6,00] ( $p < 0,001$ )). Оценка послеоперационной динамики болевого синдрома в контрольных точках через 2 часа, на 3-и сутки, через 3, 6 и 12 месяцев после операции показала стойкое снижение интенсивности боли в нижних конечностях в обеих группах пациентов. Преодоление порогового значения MCID на сроке 12 месяцев для ВАШ в 2 балла в I группе отмечено в 89 (85,6 %) случаях, во II группе - в 116 (96,7 %) случаях.

При анализе оценки дееспособности пациентов по индексу Освестри до операции у пациентов обеих групп мы получили следующие данные. В I группе (104 пациента) индекс Освестри составил 74,00 % [68,00 %; 80,00 %]; во II группе (120 пациентов) индекс Освестри составил 76,00 % [66,00%; 82,00 %] ( $p < 0,001$ ). Полученные и приведённые выше данные говорят о высоком нарушении дееспособности пациентов до операции.

В отдаленном периоде в контрольных точках наблюдения мы получили постепенное уменьшение индекса Освестри в обеих группах. Тем не менее индекс функциональной дееспособности (ODI) статистически значимо ниже во II группе пациентов, которым выполнялась операция с использованием минимально инвазивного метода лечения ( $p < 0,001$ ). Преодоление порогового значения MCID на сроке 12 месяцев для индекса Освестри в 18 % (9 баллов) в I группе отмечено в 89 (85,6 %) случаях, во II группе - в 116 (96,7 %) случаях.

Анализ отдаленных исходов уровня достижения целей лечения пациентов через 12 месяцев после операции в обеих группах показал следующие результаты. Во II группе пациентов, которым выполнялась операция с использованием минимально инвазивного метода лечения был получен лучший результат (достижение цели лечения составило 96,7 %, при 85,6 % в I группе). Цель лечения не была достигнута: в I группе – у 15 (14,4 %) пациентов, во II группе – у 4 (3,3 %). Lu Z. и его коллеги провели сравнительное исследование различных методик лечения пациентов со спондилолистезом, и они выявили более быстрое восстановление и лучшие функциональные результаты у пациентов, перенесших минимально инвазивные методы лечения [91].

На основании шкалы достижения целей рассчитана минимальная клинически значимая разница (MCID) для ВАШ и индекса Освестри. Выполнено сопоставления данных ВАШ, индекса Освестри и данных шкалы достижения целей у 19 пациентов (15 пациентов – I группы и 4 пациента – II группы), которые не достигли цели лечения.

У 19 пациентов, которые не достигли цели лечения по шкале достижения целей, значение индекса Освестри составило 20 % (10 баллов) и более, значение интенсивность болевого синдрома по ВАШ составило 3 балла и более. У 205 пациентов, которые достигли цели лечения по шкале достижения целей, значение индекса Освестри составило 18 % (9 баллов) и менее, интенсивность болевого синдрома по ВАШ составило 2 балла и менее.

При анализе литературных данных выяснилось, что минимальная клинически значимая разница (MCID) для ВАШ и индекса Освестри на сроке 12 месяцев для пациентов, перенесших трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез, не рассчитана. Таким образом впервые на основании шкалы достижения целей рассчитана MCID: для индекса Освестри - 18 % (9 баллов), для ВАШ - 2 балла.

При анализе длительности хирургического вмешательства выявлено, что продолжительность хирургических вмешательств с применением минимально инвазивного метода лечения была значительно ниже (в 1,4 раза), чем при традиционном методе лечения ( $p < 0,001$ ). Для I группы составила в среднем 200 мин, для II группы – 145 мин ( $p < 0,001$ ).

Основная интраоперационная кровопотеря наблюдается на этапе доступа (при традиционном методе лечения – это обширное скелетирование мышц, большой объем костной резекции (ламинэктомия или гемиламинэктомия) при котором происходит повреждение эпидуральных вен. В результате внедрения минимально инвазивного метода лечения удалось существенно снизить уровень интраоперационной кровопотери. В среднем объем кровопотери во II группе составил 140,0 мл. В I группе, при традиционном методе лечения, интраоперационная кровопотеря составила 400,0 мл ( $p < 0,001$ ). Maswan I.

продемонстрировал, что минимально инвазивные методы лечения спондилолистезов снижает объем кровопотери на 50 % в сравнении с традиционными методами лечения, что соответствует нашим данным [58].

Сроки госпитализации в обеих группах пациентов также имели статистически значимые различия. В I группе средняя длительность госпитализации составила 9 дней, во II группе – 4 дня ( $p < 0,001$ ). Выписка пациентов осуществлялась при достижении следующих критериев: уровень болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника и в нижних конечностях по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) составляет 5 баллов и менее; удовлетворительное состояние послеоперационной раны, отсутствие признаков воспаления и выделений; отсутствие признаков инфекционных осложнений; отсутствие нарастания неврологического дефицита; готовность пациента к выписке. В систематическом обзоре Munazzam S.W. было показано, что минимально инвазивные методы лечения спондилолистезов приводят к сокращению госпитализации на 2 дня по сравнению с традиционными методами лечения [108].

При оценке формирования межтелового блока выявлено, что положительная динамика формирования спондилодеза статистически значимо отмечена в обеих группах ( $p < 0,01$ ). Тем не менее при минимально инвазивном методе лечения наблюдается раннее формирование костного блока ( $p < 0,01$ ). По нашему мнению, более раннее формирование костного блока при минимально инвазивном методе лечения связано с положением межтелового импланта относительно ложа блокируемых позвонков: при традиционном методе лечения спондилолистеза – межтеловой имплант располагался латерально, а при минимально инвазивном методе – межтеловой имплант имел медиальное расположение с конвергенцией к центру. При втором варианте расположения достигается максимальное соприкосновение межтелового импланта с телом смежного позвонка, что и способствует скорейшему формированию костного блока.

При анализе хирургических осложнений были выявлено, что у 2 (1,9 %) пациентов I группы отмечалось нарастание неврологического дефицита в виде

углубления пареза на 1 балл, в связи с чем потребовалась более длительная госпитализация для проведения консервативной терапии. Неврологический дефицит у этих пациентов постепенно регрессировал к моменту выписки до дооперационного уровня. Неврологические осложнения во II группе пациентов не наблюдались, что согласуется с данными Ahmed A. и его коллег [39].

Осложнений, связанных с установкой транспедикулярных винтов и межтеловых имплантов (некорректная установка, миграция, мальпозиция), не было, что мы связываем тщательным анализом данных КТ и рентгеноденситометрии позвоночника до операции, а также использованием интраоперационных средств нейровизуализации (иКТ и навигационной системы). В одном случае во II группе имела место миграция биосинтетической костной пасты «ReproBone novo» в позвоночный канал. Данный пациент был повторно прооперирован и выписан домой на 4-ые сутки с значительным регрессом болевого синдрома (ВАШ на момент выписки в пояснично-крестцовом отделе позвоночника – 3 балла; ВАШ в нижних конечностях – 2 балла). С целью дальнейшего предотвращения подобного осложнения мы разработали оптимальное количество остеостимулирующего биосинтетического костного материала «ReproBone novo» – это до 2 мл заполняется полость межпозвонкового диска и до 1 мл сам межтеловой имплант. Используя подобное количество биосинтетической костной пасты, было прооперировано более 130 пациентов, подобного осложнения больше не наблюдалось.

У 1 (1 %) пациента в I группе на 2 сутки после операции сформировалась гематома послеоперационной раны, которая успешно была спунктирована в условиях перевязочной. Данное осложнение мы связываем с нерабочим активным дренажем в послеоперационном периоде.

Интраоперационное повреждение ТМО имело место у 8 (7,7 %) пациентов I группы и у 2 (1,7 %) пациентов II группы. Интраоперационно выполнено тщательное ушивание и герметизации твердой мозговой оболочки. Полученные наши результаты согласуются с выводами Ali E. и его коллег, которые также отметили меньшую частоту интраоперационных повреждений ТМО при

минимально инвазивных методах лечения [38]. В систематическом обзоре Munazzam S.W. было показано, что минимально инвазивный метод лечения спондилолистезов приводит к 45 % снижению осложнений по сравнению с традиционным методом лечения [108].

Заживление послеоперационной раны вторичным натяжением отмечено у 6 (5,8 %) пациентов I группы и у 2 (1,7 %) пациентов II группы. Это потребовало в раннем послеоперационном периоде, на 2 – 4-е сутки после операции, наложения отсроченных швов на кожу, которые были сняты после формирования состоятельного рубца (на 10 – 12-е сутки после операции).

Анализ результатов хирургического лечения пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника проведен на большом клиническом материале; в анализ были включены наиболее распространенный традиционный метод лечения спондилолистеза – декомпрессия нервных структур с трансфораминальной межтеловой и транспедикулярной стабилизацией межпозвоночного сегмента из традиционного срединного доступа, а также разработанный нами метод, декомпрессия нервных структур с минимально инвазивной трансфораминальной межтеловой и транспедикулярной стабилизацией межпозвоночного сегмента из двух парамедианных доступов. В данном исследовании имеются и определенные ограничения: не был учтен сагиттальный баланс, большая часть пациентов из ретроспективной группы (131 пациент), а также отсутствует процесс рандомизации.

Сравнительный анализ результатов хирургического лечения пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника с применением традиционного и минимально инвазивного метода лечения показал, что операция с применением минимально инвазивного метода лечения сопряжена с меньшей травматизацией мягких тканей, сниженным объемом кровопотери и длительностью операции, меньшим количеством койко-дней и нежелательных явлений, а также с быстрым восстановлением трудоспособности пациентов. Все вышеперечисленное обуславливает предпочтительность использования минимально инвазивного

метода при лечении пациентов со спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Полученные в данном исследовании результаты подтверждают преимущества минимально инвазивных методов лечения спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника по сравнению с традиционными методами лечения. Так, исследования Park P. и Villavicencio A. показали, что минимально инвазивные техники обеспечивают значительное снижение болевого синдрома, меньшую кровопотерю и более короткий период госпитализации, что соответствует нашим данным [119, 145]. Кроме того, в работе Wong A. и Rajasekaran S. отмечено, что применение навигационных систем и интраоперационной компьютерной томографии в минимально инвазивной хирургии позволяет снизить риск интраоперационных осложнений, что также нашло подтверждение в настоящем исследовании [124, 153].

Однако в отличие от некоторых исследований, в которых показатели функционального восстановления (индекс Освестри) через 12 месяцев после операции у минимально инвазивной и традиционной групп различались незначительно, в нашем исследовании минимально инвазивный метод показал более выраженное улучшение функционального состояния, что может быть связано с меньшей травматизацией тканей и ускоренной реабилитацией [107, 133].

Применение декомпрессия нервных структур с минимально инвазивной трансфораминальной межтеловой и транспедикулярной стабилизацией межпозвоночного сегмента из двух парамедианных доступов возможна у всех пациентов с моносегментарным спондилолистезом I-II степени с признаками нестабильности ПДС на уровне L3-S1 позвонков. Обязательным условием для использования данной методики является опыт хирурга и наличие соответствующего оборудования.

Таким образом, результаты нашего исследования подтверждают, что минимально инвазивный метод хирургического лечения пациентов со спондилолистезом обеспечивает лучшие клинические исходы, включая снижение болевого синдрома, улучшение функционального состояния, уменьшение объема

кровопотери, сокращение времени госпитализации и операции, по сравнению с традиционным методом. Эти данные подчеркивают важность внедрения современных технологий в практику нейрохирургии для повышения качества оказания медицинской помощи.

## Выводы

1. Разработанный способ минимально инвазивного трансфораминального межтелового спондилодеза в сочетании с транспедикулярной фиксацией с применением интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы из двух парамедианных доступов позволяет планировать доступ к позвоночнику через минимальный кожный разрез в межмышечном промежутке, имплантировать транспедикулярные винты в соответствии с индивидуальной анатомией, располагать межтеловой имплант в межтеловом промежутке с максимальной опорой на тела смежных позвонков для скорейшего формирования костного блока.

2. Стойкое снижение интенсивности болевого синдрома по ВАШ в пояснично-крестцовом отделе позвоночника и в нижних конечностях, уменьшение степени нетрудоспособности по индексу Освестри отмечается как после традиционного, так и после минимально инвазивного методов лечения спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника. В раннем послеоперационном периоде выраженность болевого синдрома в пояснично-крестцовом отделе позвоночника значительно ниже у пациентов, которым выполнялась операция с использованием минимально инвазивного метода лечения (ВАШ через 2 часа после операции в I группе – 9,00 [6,00; 10,00], во II группе – 5,00 [4,00; 6,00] ( $p < 0,001$ )). В отдаленном послеоперационном периоде индекс функциональной дееспособности Освестри статистически значимо ниже также среди пациентов после минимально инвазивного метода лечения (ODI через 12 месяцев после операции в I группе – 16,00 % [10,00 %; 22,00 %], во II группе – 8,00 % [6,00 %; 20,00 %] ( $p < 0,001$ )). Преодоление порогового значения MCID на сроке 12 месяцев для ВАШ и индекса Освестри в I группе отмечено в 89 (85,6 %) случаях, во II группе – в 116 (96,7 %) случаях.

3. Через 12 месяцев после операции достижение цели лечения во II группе пациентов, которым выполнялась операция с использованием минимально

инвазивного метода лечения, составило 96,7 %, против 85,6 % в I группе. Цель лечения не была достигнута: в I группе – у 15 (14,4 %) пациентов, во II группе – у 4 (3,3 %). Рассчитанная минимальная клинически значимая разница для пациентов, оперированных по поводу нестабильного спондилолистеза пояснично-крестцового отдела позвоночника на сроке 12 месяцев, составляет: для индекса Освестри – 18 % (9 баллов), для ВАШ – 2 балла.

4. При оценке длительности хирургического вмешательства выявлено, что продолжительность хирургических вмешательств с применением минимально инвазивного метода лечения была в 1,4 раза ниже, чем при традиционном методе лечения ( $p < 0,001$ ). При выполнении операции с применением минимально инвазивного метода лечения достоверно меньше объем интраоперационной кровопотери (в среднем – 140,0 мл, не превышает 400 мл), по сравнению с традиционным методом лечения (в среднем – 400,0 мл) ( $p < 0,001$ ). Койко-день в группе пациентов, перенесших операцию с использованием традиционного метода лечения, был выше, чем при минимально инвазивном методе лечения ( $p < 0,001$ ), составив в среднем 9,0 и 4,0 суток соответственно.

5. Положительная динамика формирования спондилодеза статистически значимо отмечена в обеих группах ( $p < 0,01$ ). Тем не менее при минимально инвазивном методе лечения наблюдается раннее формирование костного блока ( $p < 0,01$ ).

6. Минимально инвазивный метод лечения спондилолистезов минимизирует риски интраоперационного повреждения твердой мозговой оболочки и невралных структур. Частота интраоперационных осложнений при минимально инвазивном методе лечения достоверно ниже (1,7 %), чем при традиционном методе лечения (7,7 %) ( $p < 0,048$ ).

## Практические рекомендации

1. Применение минимально инвазивной трансфораминальной межтеловой и транспедикулярной стабилизации межпозвоночного сегмента их двух парамедианных доступов рекомендовано у пациентов с моносегментарным спондилолистезом I-II степени пояснично-крестцового отдела позвоночника, так как данная методика имеет ряд преимуществ перед традиционным методом лечения: позволяет улучшить функциональный исход и качество жизни пациентов, снизить риски интраоперационных осложнений, минимизировать травматичность мягких тканей, а также сократить время операции, объем кровопотери и сроки госпитализации.

2. Целесообразно использование в структуре одной операционной интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы, применение которых обеспечивает точное планирование хирургического доступа с минимизацией травмы параспинальных мышц, позволяет снизить кровопотерю и уменьшить время операции, способствует значительно повысить точность установки имплантов и устранить лучевую нагрузку на оперирующую бригаду, дает возможность оценить объем выполненной декомпрессии, минимизировать риски развития интраоперационных осложнений и улучшить качество хирургического лечения.

3. Рекомендовано использовать разработанную последовательность этапов применения интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы в минимально инвазивной хирургии спондилолистезов.

4. Рекомендовано при планировании доступа при минимально инвазивном методе хирургического лечения пациентов со спондилолистезом в первую очередь рассчитать траекторию введения транспедикулярных винтов, учитывая индивидуальное расположение параспинальных мышц. Затем на проекции кожи следует определить точки ввода данных винтов в нижний и верхний позвонок, и после этого между двумя спланированными точками необходимо разметить разрез кожи и выполнить доступ.

## Список сокращений

ВАШ – визуальная аналоговая шкала

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

иКТ – интраоперационный компьютерный томограф

КТ – компьютерная томография

МРТ – магнитно-резонансная томография

МПК – минеральная плотность кости

ПДС – позвоночно-двигательный сегмент

ТМО – твердая мозговая оболочка

ТПФ – транспедикулярная фиксация

GAS – шкала достижения целей (англ. Goal Attainment Scale)

HU – значения единицы Хаунсфилда (англ. Hounsfield units)

MIS-TLIF – минимально инвазивный трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез (англ. Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion)

MCID – минимальная клинически значимая разница (англ. Minimal Clinically Important Difference)

ODI – индекс определения нетрудоспособности Освестри (англ. Oswestry Disability Index)

PLIF – задний поясничный межтеловой спондилодез (англ. Posterior Lumbar Interbody Fusion)

SD – стандартное отклонение

TLIF – трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез (англ. Transforaminal Lumbar Interbody Fusion)

## Список литературы

1. Арестов, С.О. Особенности техники и отдаленные результаты портальных эндоскопических вмешательств при грыжах межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника / С.О. Арестов, А.О. Гуца, А.А. Кашеев // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко. – 2011. – № 1. – С. 27 – 33.
2. Аганесов, А.Г. Стеноз позвоночного канала: сравнительный анализ малоинвазивной двусторонней декомпрессии из унилатерального доступа и ламинэктомии / А.Г. Аганесов, М.М. Алексанян, Э.Г. Гемджян // Хирургия позвоночника. – 2024. – № 1. – С. 35 – 43. – DOI: 10.14531/ss2024.1.35-43.
3. Ахметьянов, Ш.А. Минимально инвазивные декомпрессивно-стабилизирующие методы хирургического лечения моносегментарного стеноза поясничного отдела позвоночника: дис. ... канд. мед. наук : 14. 01. 18 / Шамиль Альфирович Ахметьянов. – Н., 2016. – С. 169.
4. Бринюк, Е. С. Сравнительный анализ исходов хирургического лечения пациентов с дегенеративным стенозом пояснично-крестцового отдела позвоночника с применением декомпрессии со стабилизацией и минимально инвазивной микрохирургической декомпрессии: дис. ... канд. мед. наук : 3. 1. 10 / Евгений Сергеевич Бринюк. – М., 2022. – С. 124.
5. Байков, Е.С. Совершенствование оказания специализированной хирургической помощи пациентам с дегенеративно-дистрофическими поражениями пояснично-крестцового отдела позвоночника: дис. ... докт. мед. наук : 3. 1. 8., 3. 1. 10 / Евгений Сергеевич Байков. – М., 2024. – С. 351.
6. Булатов, А.В. Хирургическое лечение спондилолистезов низкой степени градации: современное состояние проблемы / А.В. Булатов, В.С. Климов, А.В. Евсюков // Хирургия позвоночника. – 2016. – №3. – С. 68 – 77. – DOI: 10.14531/ss2016.3.68-77. . – М., 2022. – С. 124.
7. Баулин, И.А. Лучевой анализ формирования костного блока при использовании различных материалов для переднего спондилодеза у пациентов с

- инфекционным спондилитом / И.А. Баулин, П.В. Гаврилов, Н.А. Советова, А.Ю. Мушкин // Хирургия позвоночника. – 2015. – № 1. – С. 83 – 89. – DOI: 10.14531/ss2015.1.83-89
8. Бывальцев, В.А. Оптимизация результатов лечения пациентов с сегментарной нестабильностью поясничного отдела позвоночника при использовании малоинвазивной методики спондилодеза / В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, Е.Г. Белых, В.А. Сороковиков, В.В. Шепелев // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко. – 2015. – № 3. – С. 45 – 54. – DOI: 10.17116/neiro201579345-54.
9. Ветрилэ, М.С. Оперативное лечение спондилолистеза с применением транспедикулярных фиксаторов: дис. ... канд. мед. наук : 14. 01. 18 / Марчел Степанович Ветрилэ – М., 2004. – С. 164.
10. Войтенко, Р.М. Справочник по медико-социальной экспертизе и реабилитации / Р.М. Войтенко, И. А. Дубинина, М.В. Коробов. – Санкт-Петербург: Гиппократ, 2003. — С. 856.
11. Дулаев, А. К. Сравнительная характеристика эффективности применения различных методов хирургической стабилизации позвоночника при травмах / А.К. Дулаев, В.П. Орлов, К. А. Надулич // Повреждения и заболевания позвоночника и суставов : Материалы научно-практической конференции травматологов-ортопедов Республики Беларусь. – Минск, 1998. – С. 169 – 171.
12. Дубинина, Т.В. Боль в нижней части спины: распространенность, причины, диагностика, лечение / Т. В. Дубинина, М. С. Елисеев // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2011. – №3. – С. 22 – 26.
13. Коновалов, Н.А. Результаты хирургического лечения нестабильности позвоночно-двигательного сегмента поясничного отдела позвоночника / Н. А. Коновалов, А.Г. Назаренко, А.В. Крутько, Д.Л. Глухих, П. Дурни, М. Дурис, О. Король, Д.С. Асютин, А.В. Соленкова, М. А. Мартынова // Вопросы нейрохирургии имени Н. Н. Бурденко. – 2017. – № 6. – С. 69 – 80. – DOI: 10.17116/neiro201781669-80.

14. Красавина, Д.А. Оценка боли и мышечного тонуса в шкалах, тестах и таблицах (у детей и взрослых) / Д.А. Красавина, О.Р. Орлова, С.Е. Хатькова, И.В. Фальковский. – Санкт-Петербург : СпецЛит, 2018. — С. 335.
15. Коновалов, Н.А. Новые технологии и алгоритмы диагностики и хирургического лечения заболеваний поясничного отдела позвоночника: дис. ... докт. мед. наук : 14.01.18 / Коновалов Николай Александрович. – М., 2010. – С. 387.
16. Коновалов, Н. А. Опыт применения интраоперационного компьютерного томографа и навигационной системы в минимально инвазивной хирургии спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника / Н.А. Коновалов, С.В. Иванов, Н. Ильинский, Е.С. Бринюк, Р.А. Оноприенко, Б.А. Закиров, С. В. Капровой // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. – 2024. – № 9. – С. 1145 – 1158. – DOI: 10.33920/med-01-2409-08.
17. Коновалов, Н. А. Способ хирургического лечения спондилолистеза на пояснично-крестцовом уровне / Н. А. Коновалов, С. В. Иванов, Б. А. Закиров, Е. С. Бринюк // Патент №2832968. Заявка №202414077 от 23.05.2024. Опубликовано 13.01.2025 Бюл. № 2 – 22.
18. Коновалов, Н. А. Опыт применения интраоперационного спирального компьютерного томографа и современной системы навигации в хирургическом лечении заболеваний позвоночника и спинного мозга / Н.А. Коновалов, А. Г. Назаренко, Е.С. Бринюк, С.В. Капровой, Д.С. Асютин, М.А. Шульц, Р.А. Оноприенко, А.В. Соленкова // Вопросы нейрохирургии имени Н. Н. Бурденко. – 2021. – № 3. – С. 15. – DOI: – 28. 10.17116/neiro20218503115
19. Коновалов, Н.А. Минимально инвазивная хирургия спондилолистезов пояснично-крестцового отдела позвоночника: систематический обзор / Н.А. Коновалов, С.В. Иванов, Е.С. Бринюк, Б.А. Закиров // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. – 2024. – № 7. – С. 854 – 860. – DOI: 10.33920/med-01-2407-06.
20. Коновалов, Н. А. Сравнительный анализ результатов хирургического лечения пациентов с спондилолистезом пояснично-крестцового отдела позвоночника с применением традиционного и минимально инвазивного метода лечения / Н.А.

- Коновалов, С.В. Иванов, Н. Ильинский, Е.С. Бринюк, Р.А. Оноприенко, Б.А. Закиров, С.В. Капровой // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. – 2025. – № 2. – С. 208 – 215. – DOI: 10.33920/med-01-2502-09.
21. Коновалов, Н. А. КТ-навигируемая технология прямого бокового межтелового спондилодеза (DLIF) / Н.А. Коновалов, А.Г. Назаренко, Д.С. Асютин, М.А. Мартынова // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2018. – № 3. – С. 92 – 105.
22. Калашникова, Е. В. К вопросу этиологии остеохондроза позвоночника. Новые аспекты остеохондроза / Е.В. Калашникова, А.М. Зайдман, Н.Г. Фомичев, Т.И. Аксенович. – Санкт-Петербург : МОРСАРАВ; 2002. — С. 43 – 49.
23. Клинические рекомендации. Остеопороз 2021.
24. Клинические рекомендации. Дегенеративные заболевания позвоночника 2024.
25. Луцик, А. А. Дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника / А.А. Луцик, М.А. Садовой, А.В. Крутько, А.Г. Епифанцев, Г.Ю. Бондаренко. – Новосибирск : Наука, 2012. – С. 264.
26. Леонова, О. Н. Плотность костной ткани позвонков в единицах Хаунсфилда как предиктор несостоятельности межтелового блока и проседания имплантата при круговом поясничном спондилодезе / О.Н. Леонова, Е.С. Байков, А.В. Пелеганчук, А.В. Крутько // Хирургия позвоночника. – 2022. – № 3. – С. 57 – 65. – DOI: 10.14531/ss2022.3.57-65.
27. Леонова, О.Н. Минимальная клинически значимая разница как способ оценки эффективности лечения в хирургии позвоночника по шкалам и опросникам: несистематический обзор литературы / О.Н. Леонова, Е.С. Байков, А.В. Крутько // Хирургия позвоночника. – 2022. – № 4. – С. 60 – 67. – DOI: 10.14531/ss2022.4.60-67.
28. Митбрейт, И.М. Передний спондилодез В.Д. Чаплина / И.М. Митбрейт, Д.И. Глазырин // Хирургия позвоночника. – 2017. – № 1. – С. 91 – 99. – DOI: 10.14531/ss2016.4.91-99.

29. Мураби, З. Сегментарная нестабильность поясничного отдела позвоночника. Обзор зарубежной литературы / З. Мураби, Д.А. Пташников, С.В. Масевнин, Д.А. Михайлов, Н.С. Заборовский, И.В. Волков, Лэ Ян // Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. – 2017. – № 4. – С. 59 – 65. – DOI: 10.17816/mechnikov20179459-65.
30. Мушкин, М.А. Прогнозирование исходов неотложных декомпрессивно стабилизирующих операций при деструктивных опухолевых и инфекционных поражениях позвоночника: дис. ... канд. мед. наук. : 00. 00. 00 / Михаил Александрович Мушкин – СПб., 2022. – С. 145.
31. Мартынова, М. А. Сравнительный анализ исходов хирургического лечения пациентов с нестабильностью позвоночно-двигательного сегмента поясничного отдела позвоночника с применением технологий трансфораминального межтелового (TLIF) и прямого бокового спондилодеза (DLIF): дис. ... канд. мед. наук : 14. 01. 18 / Мартынова Мария Андреевна – М., 2016. – С. 172.
32. Миронов, С.П. Оперативное лечение спондилолистеза позвонка L5 с применением транспедикулярных фиксаторов / С.П. Миронов, С.Т. Ветрилэ, М.С. Ветрилэ, А.А. Кулешов // Хирургия позвоночника. – 2004. – № 1. – С. 39 – 46.
33. Митбрейт, И.М. Спондилолистез / И.М. Митбрейт. – М. : Медицина, 1978. – С. 324.
34. Назаренко, А. Г. Выбор оптимальной хирургической тактики при дегенеративных заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника с использованием информационноаналитической системы и компьютерного моделирования: дис. ... докт. мед. наук : 14.01.18 / Назаренко Антон Герасимович. – М., 2012. – С. 236.
35. Подчуфарова, Е. В. Хронические болевые синдромы пояснично-крестцовой локализации: значение структурных скелетно-мышечных расстройств и психологических факторов / Е.В. Подчуфарова, Н.Н. Яхно, В.В. Алексеев, А.С. Аведисова, К.О. Чахава, Е.М. Ершова, Т.В. Протасенко // Боль. – 2003. – №1. – С. 38 – 43.

36. Ротт, А.Н. Хирургическое лечение спондилолистеза: история и современное состояние проблемы (обзор литературы) / А.Н. Ротт, В.В. Курносенков // Травматология и ортопедия России. – 2011. – № 2. – С. 199 – 205.
37. Чертков, А.К. Лечение остеохондроза поясничного отдела позвоночника протезированием межпозвонковых дисков функциональными эндопротезами / А.К. Чертков, С. М. Кутепов, В.А. Мухачев // Травматология из Ортопедия России. – 2000. – №3. – С. 58 – 62.
38. Ali, E.M. Minimally invasive versus mini-open transforaminal lumbar interbody fusion in managing low-grade degenerative spondylolisthesis / E.M. Ali, M. Abdeen, M.K. Saleh // Acta Neurochir (Wien). – 2024. – Vol. 166, № 3 – P. 689 – 696. – DOI: 10.1007/s00701-024-06231-7.
39. Ahmed, A. K. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a perspective on complications / A.K. Ahmed, Z.A. Smith, R.G. Fessler // Neurosurg Focus. – 2024. – Vol. 46, № 5 – P. 1-7.
40. Aunoble, S. Video-assisted ALIF with cage and anterior plate fixation for L5-S1 spondylolisthesis / S. Aunoble, D. Hoste, P. Donkersloot, F. Ligois // J. Spinal Disord. Tech. – 2006. – Vol. 19, № 7. – P. 471 – 476.
41. Bridwell, K. H. Anterior fresh frozen structural allografts in the thoracic and lumbar spine. Do they work if combined with posterior fusion and instrumentation in adult patients with kyphosis or anterior column defects? / K.H. Bridwell, L.G. Lenke, K.W. McEneaney, C. Baldus, K. Blanke // Spine. – 1995. – Vol. 20, № 12. – P. 1410 – 1418.
42. Bernard, F. History of degenerative spondylolisthesis: From anatomical description to surgical management / F. Bernard, E. Mazerand, C. Gallet, L. Troude, S. Fuentes // Neurochirurgie. – 2019. – Vol. 65, № 2. – P. 75 – 82.
43. Bridwell, K. H. Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment / K. H. Bridwell, R. L. DeWald, K. W. Hammerberg. – Philadelphia: Lippincott–Raven, 1997. – P. 1254.
44. Burton, M. R. Isthmic Spondylolisthesis / M. R. Burton, T. J. Dowling, F. B. Mesfin. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2020. – P. 520.

45. Bozdech, Z. Nectere problemy spondylolistezy a jezech feseni posterolateralni spondylodezou / Z. Bozdech, O. Vlach // *Acta Chir. Orthop. Traum. Cech.* – 1972. – Vol. 39, № 2. – P. 109 – 113.
46. Chan, A. K. Summary of Guidelines for the Treatment of Lumbar Spondylolisthesis / A. K. Chan, V. Sharma, L. C. Robinson, P. V. Mummaneni // *Neurosurg Clin N Am.* – 2019. – Vol. 30, № 3. – P. 353 – 364. – DOI: 10.1016/j.nec.2019.02.009
47. Chou, R. Appropriate use of lumbar imaging for evaluation of low back pain / R. Chou, R. A. Deyo, J. G. Jarvik // *Radiol Clin North Am.* – 2012. – Vol. 50, № 4. – P. 569 – 585. – DOI: 10.1016/j.rcl.2012.04.005.
48. Cloward, R. B. The treatment of ruptured lumbar intervertebral disc by vertebral body fusion. III. Method of use of banked bone / R. B. Cloward // *Ann. Surg.* – 1952. – Vol. 136, № 6. – P. 987 – 992. – DOI: 10.1097/00000658-195212000-00011.
49. Chen, I. R. Disc height and lumbar index as independent predictors of degenerative spondylolisthesis in middle-aged women with low back pain / I. R. Chen, T. S. Wei // *Spine.* – 2009. – Vol. 34, №. 13. – P. 1402 – 1409. – DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817b8fbd.
50. Cabraja, M. The analysis of segmental mobility with different lumbar radiographs in symptomatic patients with a spondylolisthesis / M. Cabraja, E. Mohamed, D. Koeppen, S. Kroppenstedt // *Eur Spine J.* – 2012. – Vol. 21, № 2. – P. 256 – 261. – DOI: 10.1007/s00586-011-1870-y.
51. Dietrich M. The importance of mechanical factors in the etiology of spondylolysis. A model analysis of loads and stresses in human lumbar spine / M. Dietrich, P. Kurowski // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1985. – Vol. 10, № 6. – P. 532 – 542. – DOI: 10.1097/00007632-198507000-00007.
52. Don, A. S. Facet joint orientation in spondylolysis and isthmic spondylolisthesis / A. S. Don, P. A. Robertson // *J. Spinal Disord. Tech.* – 2008. – Vol. 21, № 2. – P. 112 – 115. – DOI: 10.1097/BSD.0b013e3180600902.
53. Deshpande, V. Cost-utility of lumbar interbody fusion surgery: a systematic review / V. Deshpande, E. Simpson, J. Caballero, C. Haddad, J. Smith, V. Gardner // *Spine J.* – 2025. – Vol. 25, № 3 – P. 144 – 152. – DOI: 10.1016/j.spinee.2024.12.027.

54. D'Angello Del Campo, M. D. Spondylolysis in the past: a case study of huntergatherers from Southern Patagonia / M. D. D'Angelo Del Campo, J. A. Suby, P. Garcia-Laborde, R. A. Guichon // *Int J Paleopathol.* – 2017 – № 19. – P. 1 – 17. – DOI: 10.1016/j.ijpp.2017.07.001
55. El-Masry, M. A. Unilateral transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) using a single cage for treatment of low grade lytic spondylolisthesis / M. A. El-Masry, H. Khayal, H. Salah // *Acta Orthop. Belg.* – 2008. – Vol. 74, № 5. – P. 667 – 671.
56. Goetzinger, S. Spondylolysis in young athletes: An overview emphasizing nonoperative management / S. Goetzinger, S. Courtney, K. Yee, M. Welz, M. Kalani, M. Neal // *J Sports Med (Hindawi Publ Corp).* – 2020. – Vol. 92, № 35. – P. 59 – 58. – DOI: 10.1155/2020/9235958.
57. Gille, O. Degenerative lumbar spondylolisthesis: cohort of 670 patients, and proposal of a new classification / O. Gille, V. Challier, H. Parent, R. Cavagna, A. Poignard, A. Faline, S. Fuentes, O. Ricart, E. Ferrero, M. Ould Slimane // *Orthop Traumatol Surg Res.* – 2014. – Vol. 100, № 6. – P. 311 – 315. – DOI: 10.1016/j.otsr.2014.07.006.
58. Hu, K. Fusion surgery for lumbar spinal stenosis / K. Hu, D. Feng. // *N. Engl. J. Med.* – 2016. – Vol. 375, № 6. – P. 598 – 599. – DOI: 10.1056/NEJMc1606502.
59. Harris, I. A. Lumbar spine fusion: what is the evidence? / I. A. Harris, A. Traeger, R. Stanford, C. G. Maher, R. Buchbinder // *Intern Med J.* – 2018. – Vol. 48, № 12 – P. 1430 – 1434. – DOI: 10.1111/imj.14120.
60. Hart, R. A. High-grade spondylolisthesis treated using a modified Bohlman technique: results among multiple surgeons / R. A. Hart, C. M. Domes, B. Goodwin, C. R. D'Amato, J. U. Yoo, R. J. Turker, M. F. Halsey // *J Neurosurg Spine.* – 2014. – Vol 20, № 5. – P. 523 – 530. – DOI: 10.3171/2014.1.SPINE12904.
61. Humphreys, S. C. Comparison of posterior and transforaminal approaches to lumbar interbody fusion / S. C. Humphreys, S. D. Hodges, A. G. Patwardhan, J. C. Eck, R. B. Murphy, L. A. Covington // *Spine.* – 2001. – Vol 26, № 5. – P. 567 – 571. – DOI: 10.1097/00007632-200103010-00023.

62. Hershman, S. Spondylolisthesis in operative adolescent idiopathic scoliosis: prevalence and results of surgical intervention / S. Hershman, J. Hochfelder, L. Dean, B. Yaszay, B. Lonner // *Spine Deform.* – 2013. – Vol. 1, № 4. – P. 280 – 286. – DOI: 10.1016/j.jspd.2013.05.003.
63. Ha, K. Y. Expression of estrogen receptor of the facet joints in degenerative spondylolisthesis / K. Y. Ha, C. H. Chang, K. W. Kim, Y. S. Kim, K. H. Na, J. S. Lee // *Spine.* – 2005. – Vol. 30, №. 5. – P. 562 – 566. – DOI: 10.1097/01.brs.0000154674.16708.af.
64. Hartl, R. The 6 T's of Minimally Invasive Spine Surgery / R. Hartl // *Global Spine Journa.* – 2020. – Vol. 10, № 2. – P. 5 – 7. – DOI: 10.1177/2192568220911617.
65. Inui, Y. Clinical and radiologic features of lumbar spinal stenosis and disc herniation with neuropathic bladder / Y. Inui, M. Doita, K. Ouchi, M. Tsukuda, N. Fujita, M. Kurosaka // *Spine.* – 2004. – Vol. 29, № 8. – P. 869 – 873. – DOI: 10.1097/00007632-200404150-00009.
66. Jacobsen, S. Degenerative lumbar spondylolisthesis: an epidemiological perspective: the Copenhagen Osteoarthritis Study / S. Jacobsen, S. Sonne-Holm, H. Rosing, H. Monrad, P. Gebuhr // *Spine.* – 2007. – Vol. 32, №. 1. – P. 120 – 125. – DOI: 10.1097/01.brs.0000250979.12398.96.
67. Kim, M. C. Factors affecting the accurate placement of percutaneous pedicle screws during minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion / M. C. Kim, H. T. Chung, J. L. Cho, D. J. Kim, N. S. Chung // *Eur Spine J.* – 2012. – Vol. 21, № 4. – P. 654 – 659. – DOI: 10.1007/s00586-011-1892-5.
68. Kim, M. C. Subsidence of polyetheretherketone cage after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion / M.C. Kim, H. T. Chung, J. L. Cho, D. J. Kim, N.S. Chung // *J Spinal Disord Tech.* – 2011. – Vol. 24, № 3. – P. 207 – 212. – DOI: 10.1097/BSD.0b013e318237b9b1.
69. Kim, K. T. Is it real false negative finding in motor evoked potential monitoring during corrective surgery of ankylosing spondylitis? A case report / K. T. Kim, S. H. Lee, Y. H. Kwack, E. S. Son // *Asian Spine J.* – 2011. – Vol. 5, № 1. – P. 64 – 68. – DOI: 10.4184/asj.2012.6.1.50.

70. Kim, K. H. Anterior bone cement augmentation in anterior lumbar interbody fusion and percutaneous pedicle screw fixation in patients with osteoporosis / K. H. Kim, S. H. Lee, D. Y. Lee, C. S. Shim, D. H. Maeng // *J. Neurosurg. Spine.* – 2010. – Vol. 12, № 5. – P. 525–532. – DOI: 10.3171/2009.11.SPINE09264.
71. Kalichman, L. Faset orientation and tropism: associations with spondylolysis / L. Kalichman, A. Guermazi, L. Li, D. J. Hunter, P. Suri // *J Spinal Disord Tech.* – 2010. – Vol. 23, № 2. – P. 101 – 105. – DOI: 10.1097/BSD.0b013e31819afb80.
72. Kalichman, L. Spondylolysis and spondylolisthesis: prevalence and association with low back pain in the adult community-based population / L. Kalichman, D. H. Kim, L. Li, A. Guermazi, V. Berkin, D. J. Hunter // *Spine.* – 2009. – Vol. 34, № 2. – P. 199 – 205. – DOI: 10.1097/BRS.0b013e31818edcfd.
73. Katajapuu, N. Minimal clinically important difference and minimal detectable change of the World Health Organization Disability Assessment Schedule 2.0 (WHODAS 2.0) amongst patients with chronic musculoskeletal pain / N. Katajapuu, A. Heinonen, M. Saltychev // *Clin Rehabil.* – 2020. – Vol. 34. – P. 1506 – 1511. – DOI: 10.1177/0269215520942573.
74. Koslosky, E. Classification in Brief: The Meyerdingn Classification System of Spondylolisthesis / E. Koslosky, D. Gendelberg // *Clin Orthop Relat Res.* – 2020. – Vol. 478, №. 5. – P. 1125 – 1130. – DOI: 10.1097/CORR.0000000000001153.
75. Khan, S. A. Fracture of the pars interarticularis with or without spondylolisthesis in an adult population in a developing country: evaluation by Multidetector Computed Tomography / S. A. Khan, A. Sattar, U. Khanzada, H. Adel, S. O. Adil, M. Hussain // *Asian Spine J.* – 2017. – Vol. 11, № 3. – P. 437 – 443. – DOI: 10.4184/asj.2017.11.3.437.
76. Katz, J. N. Degenerative lumbar spinal stenosis. Diagnostic value of the history and physical examination / J. N. Katz, M. Dalgas, G. Stucki, N. P. Katz, J. Bayley, A. H. Fossel, L. C. Chang, S. J. Lipson // *Arthritis Rheum.* – 1995. – Vol. 38, № 9. – P. 1236 – 1241. – DOI: 10.1002/art.1780380910.
77. Klessinger, S. Radiofrequency neurotomy for treatment of low back pain in patients with minor degenerative spondylolisthesis / S. Klessinger // *Pain Physician.* – 2012. – Vol. 15, № 1 – P. 71 – 78.

78. Kreiner, D. S. North American Spine Society. Clinical guidelines for multidisciplinary spine care: Diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis / D. S. Kreiner, W. O. Shaffer, J. Summers, J. Toton // North American Spine Society. – 2011. – P. 104.
79. Koes, B. W. Diagnosis and treatment of sciatica / B. W. Koes, M. W. Tulder, W. C. Peul // BMJ. – 2007. – Vol. 334, № 7607 – P. 1313 – 1317. – DOI: 10.1136/bmj.39223.428495.BE.
80. Lee, C. H. Comparative study of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: clinical and radiological outcomes / C. H. Lee, S. J. Hyun, K. J. Kim, T. A. Jahng, H. J. Kim // Journal of Neurosurgery: Spine. – 2012. – Vol. 17, № 6. – P. 543 – 548. – DOI: 10.1177/2192568219882344.
81. Labelle, H. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification / H. Labelle, JM. Mac-Thiong, P. Roussouly // Eur Spine J. – 2011. – Vol. 20, № 5. – P. 641 – 646. – DOI: 10.1007/s00586-011-1932-1.
82. Leonova, O. An improved method for measuring the hounsfield units of the vertebral body and pedicles in patients with lumbar degenerative diseases / O. Leonova, G. Balychev, E. Baykov, A. Krutko // Neurosurg Rev. – 2025. – Vol. 48, № 1. – P. 235 – 248. – DOI: 10.1007/s10143-025-03408-1.
83. Lakshmanan, P. Transsacral screw fixation for high-grade spondylolisthesis / P. Lakshmanan, S. Ahuja, M. Lewis, J. Howes, P. R. Davies // Spine. – 2009. – Vol. 9, № 12. – P. 1024 – 1029. – DOI: 10.1016/j.spinee.2009.08.456
84. Lu, J. H. Preliminary studies on revision of the failed surgery for lumbar spondylolisthesis / J. H. Lu, F. Zhang // Zhongguo Gu Shang. – 2008. – Vol. 21, № 4. – P. 257 – 259.
85. Lee, D. Y. Two-level anterior lumbar interbody fusion with percutaneous pedicle screw fixation: a minimum 3-year follow-up study / D.Y . Lee, S. H. Lee, D. H. Maeng // Neurol. Med. Chir. – 2010. – Vol. 50, № 8. – P. 645 – 650. – DOI: 10.2176/nmc.50.645.
86. Lau, D. Complications and perioperative factors associated with learning the technique of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) / D. Lau,

- J. G. Lee, S. J. Han, D. C. Lu, D. Chou // *J. Clin. Neurosci.* – 2011. – Vol. 18, № 5. – P. 624 – 627. – DOI: 10.1016/j.jocn.2010.09.004.
87. Levin, D. A. Comparative charge analysis of oneand two-level lumbar total disc arthroplasty versus circumferential lumbar fusion / D. A. Levin, J. A. Bendo, M. Quirno, T. Errico, J. Goldstein, J. Spivak // *Spine.* – 2007. – Vol. 32, № 25. – P. 2905–2909. – DOI: 10.1097/BRS.0b013e31815b84ae.
88. Lawrence, K. J. Lumbar spondylolysis in the adolescent athlete / K. J. Lawrence, T. Elser, R. Stromberg // *Phys Ther Sport.* – 2016. – № 20. – P. 56 – 60. – DOI: 10.1016/j.ptsp.2016.04.003.
89. Ladenhauf, H. N. Athletic participation in children with symptomatic spondylolysis in the New York area / H. N. Ladenhauf, P. D. Fabricant, E. Grossman, R. F. Widmann, D. W. Green // *Med Sci Sports Exerc.* – 2013. – Vol. 45, № 10. – P. 1971 – 1974. – DOI: 10.1249/MSS.0b013e318294b4ed.
90. Labelle, H. Sacro-pelvic morphology, spinopelvic alignment and the Spinal Deformity Study Group classification / H. Labelle, J. M. Mac-Thiong. – *The textbook of Spinal Surgery.* – Philadelphia, 2011. – P. 638.
91. Lu, Z. Comparison of results among UBE-TLIF, MIS-TLIF, and open TLIF for Meyerding grade I lumbar spondylolisthesis: a retrospective study / Z. Lu, D. Zhong, Y. Liu, G. Zhao, Z. Ke, Y. Wang // *BMC Surg.* – 2024. – Vol. 24, № 1 – P. 355. – DOI: 10.1186/s12893-024-02651-5.
92. Lewandrowski, K. U. Endoscopic transfacet decompression for severe lumbar spinal stenosis / K. U. Lewandrowski, A. Dowling, C. Kim, B. Kwon, J. Ongulade, K. Ito, M. P. Lorio // *J Pers Med.* – 2025. – Vol. 15, № 2 – P. 53 – 62. – DOI: 10.3390/jpm15020053.
93. Mayer, T. G. Comparison of CT scan muscle measurements and isokinetic trunk strength in postoperative patients / T. G. Mayer, H. Vanharanta, R. J. Gatchel, V. Mooney, D. Barnes, L. Judge, S. Smith, A. Terry // *Spine (Phila Pa 1976).* – 1989. – Vol. 14, № 1. – P. 33 – 36. – DOI: 10.1097/00007632-198901000-00006.
94. Mori, G. Outcomes in cases of lumbar degenerative spondylolisthesis more than 5 years after treatment with minimally invasive decompression: examination of pre-and

- postoperative slippage, intervertebral disc changes, and clinical results / G. Mori, Y. Mikami, Y. Arai, T. Ikeda, M. Nagae, H. Tonomura, R. Takatori, K. Sawada, H. Fujiwara, T. Kubo // *Journal of Neurosurgery: Spine*. – 2016. – Vol. 24, № 3. – P. 367 – 374. – DOI: 10.1007/s00586-007-0376-0.
95. Madan, S. S. Anterior lumbar interbody fusion: does stable anterior fixation matter? / S. S. Madan, J. M. Harley, N. R. Boeree // *Eur. Spine J*. – 2003. – Vol. 12, № 4. – P. 386 – 392. – DOI: 10.1007/s00586-003-0543-x.
96. Meyerding, H. W. Spondylolisthesis; surgical fusion of lumbosacral portion of spinal column and interarticular facets; use of autogenous bone grafts for relief of disabling backache / H.W. Meyerding // *J. Int. Coll. Surg*. – 1956. – Vol. 26, № 5. – P. 566 – 591.
97. Min, J. H. Comparison of anterior- and posterior approach instrumented lumbar interbody fusion for spondylolisthesis / J. H. Min, J. S. Jang, S. H. Lee // *J. Neurosurg. Spine*. – 2007. – Vol. 7, № 1. – P. 21 – 26. – DOI: 10.3171/SPI-07/07/021.
98. Miyakoshi, N. Outcome of one-level posterior lumbar interbody fusion for spondylolisthesis and postoperative intervertebral disc degeneration adjacent to the fusion / N. Miyakoshi, E. Abe, Y. Shimada, K. Okuyama, T. Suzuki, K. Sato // *Spine*. – 2000. – Vol. 25, № 14. – P. 1837 – 1842. – DOI: 10.1097/00007632-200007150-00016.
99. Matejka, J. Mid-term results of 360-degree lumbar spondylodesis with the use of a tantalum implant for disc replacement / J. Matejka, J. Zeman, J. Belatka // *Acta Chir. Orthop. Traumatol. Cech*. – 2009. – Vol. 76, № 5. – P. 388–393.
100. McCunniff, P. T. Bilateral pars defects at the L4 vertebra result in increased degeneration when compared with those at L5: an anatomic study / P. T. McCunniff, Y. Yoo, A. Dugarte, N. S. Bajwa, J. O. Toy, U. M. Ahn, N. U Ahn // *Clin Orthop Relat Res*. – 2016 – Vol. 474, № 2. – P. 571 – 577. – DOI: 10.1007/s11999-015-4563-8
101. Mac-Thiong, J. M. Reliability of the Spinal Deformity Study Group classification of lumbosacral spondylolisthesis / J. M. Mac-Thiong, L. Duong, S. Parent, M. T. Hresko, J. R. Dimar, M. Weidenbaum, H. Labelle // *Spine*. – 2012. – Vol. 37, № 2. – P. 95 – 102. – DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182233969.

102. Matz, P. G. Guideline summary review: an evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis / P. G. Matz, R. J. Meagher, T. Lamer, W. L. Tontz, T. M. Annaswamy, R. C. Cassidy, C. H. Cho, P. Dougherty, J. E. Easa, D. E. Enix, B. A. Gunnoe, J. Jallo, T. D. Julien, M. B. Maserati, R. C. Nucci, J. E. O'Toole, K. Rosolowski, J. N. Sembrano, A. T. Villavicencio, J. P. Witt // *The Spine Journal*. – 2016. – Vol. 16, № 3. – P. 439 – 448. – DOI: 10.1016/j.spinee.2015.11.055.
103. Markwalder, T. M. “Isthmic” spondylolisthesis – an analysis of the clinical and radiological presentation in relation to intraoperative findings and surgical results in 72 consecutive cases / T. M. Markwalder, C. Saager, H. J. Reulen // *Acta Neurochir (Wien)*. – 1991. – Vol. 110, № 3. – P. 154 – 159. – DOI: 10.1007/BF01400684.
104. Matsumoto, M. Nocturnal leg cramps: a common complaint in patients with lumbar spinal canal stenosis / M. Matsumoto, K. Watanabe, T. Tsuji, K. Ishii, H. Takaishi, M. Nakamura, Y. Toyama, K. Chiba, T. Michikawa, Y. Nishiwaki // *Spine*. – 2009. – Vol. 34, № 5. – P. 189 – 194. – DOI: 10.1097/BRS.0b013e31818f953c.
105. Maus, T. Imaging of the spine and nerve roots / T. Maus // *Phys Med Rehabil Clin N Am*. – 2002. – Vol. 13, № 3. – P. 487 – 544. – DOI: 10.1016/s1047-9651(02)00009-8.
106. Moller, H. Surgery versus conservative management in adult isthmic spondylolisthesis – a prospective randomized study: part 1 / H. Moller, R. Hedlund // *Spine*. – 2000. – Vol. 25, № 13 – P. 1711 – 1715. – DOI: 10.1097/00007632-200007010-00016.
107. Mayer, H. M. Minimally invasive spine surgery: techniques, evidence, and outcomes / H. M. Mayer, M. Brock, C. Braun // *Springer*, 2013. – P. 364.
108. Munazzam, S. W. Minimally invasive versus open spinal fusion surgery for spondylolisthesis treatment / S. W. Munazzam, V. Rai, Q. A. Asfandyar, S. Khan, C. Mohammed // *J Orthop Case Rep*. – 2025. – Vol. 15, № 1 – P. 224 – 234. – DOI: 10.13107/jocr.2025.v15.i01.5184.
109. Maurer, S. G. Iatrogenic spondylolysis leading to contralateral pedicular stress fracture and unstable spondylolisthesis: a case report / S.G. Maurer, K.E. Wright, J.A.

- Bendo // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2000. – Vol. 25, № 7. – P. 895 – 898. – DOI: 10.1097/00007632-200004010-00022.
110. Mazel, C. Etiology of isthmic spondylolisthesis / C. Mazel // *ArgoSpine News J.* – 2011. – № 23. – P. 85 – 87. – DOI: 10.1007/s12240-011-0014-x.
111. Nakayama, T. Spondylolytic spondylolisthesis: various imaging features and natural courses / T. Nakayama, S. Ehara // *Japanese journal of radiology*. – 2015. – Vol. 33, №. 1. – P. 3 – 12. – DOI: 10.1007/s11604-014-0371-4.
112. Neves Vialle, E. Minimally-invasive circumferential lumbar arthrodesis. Functionality and complications / E. Neves Vialle, L. R. Gomes Vialle, A. Vidigal, E. S. Henao Juan // *Acta Ortop. Mex.* – 2010. – Vol. 24, № 2. – P. 95 – 99.
113. Omid-Kashani, F. Lumbar spinal stenosis: who should be fused? An updated review / F. Omid-Kashani, E. G. Hasankhani, A. Ashjazadeh // *Asian Spine J.* – 2014. – Vol. 8, № 4. – P. 521 – 530. – DOI: 10.4184/asj.2014.8.4.521.
114. O'Brien, M. F. Low-grade isthmic/lytic spondylolisthesis in adults / M. F. O'Brien // *Instr. Course. Lect.* – 2003. – № 52. – P. 511 – 524.
115. Parker, S. L. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis: comparative effectiveness and cost-utility analysis / S. L. Parker, S. K. Mendenhall, D. N. Shau, S. L. Zuckerman, S. S. Godil, J. S. Cheng, M. J. McGirt // *World neurosurgery*. – 2014. – Vol. 82, № 1-2. – P. 230 – 238. – DOI: 10.1016/j.wneu.2013.01.041.
116. Pearson, A. Degenerative spondylolisthesis versus spinal stenosis: does a slip matter? Comparison of baseline characteristics and outcomes (SPORT) / A. Pearson, E. Blood, J. Lurie, T. Tosteson, W. A. Abdu, A. Hillibrand, K. Bridwell, J. Weinstein // *Spine*. – 2010. – Vol. 35, №. 3. – P. 298 – 305. – DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181bdafd1.
117. Pieper, C. C. Radiographic evaluation of ventral instability in lumbar spondylolisthesis: do we need extension radiographs in routine exams? / C. C. Pieper, S. F. Groetz, J. Nadal, H. H. Schild, P. D. Niggemann // *Eur Spine J.* – 2014. – Vol. 23, № 1. – P. 96 – 101. – DOI: 10.1007/s00586-013-2932-0.
118. Postacchini, F. Degenerative lumbar spondylolisthesis II. Surgical treatment / F. Postacchini, G. Cinotti, D. Perugia // *Ital J Orthop Traumatol.* – 1991. – Vol. 17, № 4 – P.

467 – 477.

119. Park, P. The impact of minimally invasive spine surgery on perioperative complications in overweight or obese patients / P. Park, C. Upadhyaya, H. J. Garton, K. T. Foley // *Neurosurgery*. – 2011. – Vol. 68, № 6 – P. 156 – 162. – DOI: 10.1227/01.neu.0000317318.33365.fl.
120. Rajaei, S. Spinal fusion in the United States: Analysis of trends from 1998 to 2008 / S. S. Rajaei, H. W. Bae, L. E. Kanim, R. B. Delamarter // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2012. – Vol. 37, № 1. – P. 67 – 76. – DOI: 10.1097/BRS.0b013e31820cccfb.
121. Rombolt, C. Treatment of spondylolisthesis by posteriorlateral fusion; resection of the pars interarticularis and prompt mobilization of the patient / C. Rombolt // *J. Bone Joint Surg.* – 1966. – Vol. 48, № 7. – P. 1282–1300.
122. Roy-Camille, R. Osteosynthesis of dorsal, lumbar, and lumbosacral spine with metallic plates screwed into vertebral pedicles and articular apophyses / R. Roy-Camille, M. Roy-Camille, C. Demeulenaere // *Presse Med.* – 1970. – Vol. 32. – P. 1447 – 1448.
123. Radcliff, K. E. Does the duration of symptoms in patients with spinal stenosis and degenerative spondylolisthesis affect outcomes? Analysis of the Spine Outcomes Research Trial / K. E. Radcliff, J. Rihn, A. Hilibrand, T. DiIorio, T. Tosteson, J. D. Lurie, W. Zhao, A. R. Vaccaro, T. J. Albert, J. N. Weinstein // *Spine*. – 2011. – Vol. 36, №. 25. – P. 2197 – 2210 – DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182341edf.
124. Rajasekaran, S. Enhancing pedicle screw accuracy in spine surgery: the role of intraoperative navigation systems / S. Rajasekaran, S. Vidyadhara, A. P. Shetty, S. Murugan // *Spine Journal*. – 2013. – Vol. 13, № 7 – P. 741 – 750.
125. Rhee, C. Does restoration of focal lumbar lordosis for single level degenerative spondylolisthesis result in better patient-reported clinical outcomes? A systematic literature review / C. Rhee, S. Visintini, C.E. Dunning, W. M. Oxner, R. A. Glennie // *J Clin Neurosci* – 2017. – Vol. 4. – P. 95 – 100. – DOI: 10.1016/j.jocn.2017.06.039.
126. Sihvonen, T. Local denervation atrophy of paraspinal muscles in postoperative failed back syndrome / T. Sihvonen, A. Herno, L. Paljärvi, O. Airaksinen, J. Partanen, A. Tapaninaho // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 1993. – Vol. 18, № 5. – P. 575 – 581. – DOI: 10.1097/00007632-199304000-00009.

127. Silva, P. S. Minimally invasive fusion surgery for patients with degenerative spondylolisthesis and severe lumbar spinal stenosis: a comparative study between MIDLIF and TLIF / P. S. Silva, A. Jardim, J. Pereira, R. Sousa, R. Vaz, P. Pereira // *Eur Spine J.* – 2023. – Vol. 32, № 12. – P. 3210 – 3217. – DOI: 10.1007/s00586-023-07847-6.
128. Seo, S. S. Differences in measurement of lower limb alignment among different registration methods of navigation and radiographs in TKA using the OrthoPilot system / S. S. Seo, J. H. Seo, M. W. Sohn, Y. J. Kim // *Orthopedics.* – 2012. – Vol. 35, № 10. – P. 50 – 55. – DOI: 10.3928/01477447-20120919-58.
129. Scheer, J. K. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) for spondylolisthesis in 282 patients: in situ arthrodesis versus reduction / J. K. Scheer, B. Auffinger, R. H. Wong, S. K. Lam, C. D. Lawton, A. T. Nixon, N. S. Dahdaleh, Z. A. Smith, R. G. Fessler // *World neurosurgery.* – 2015. – Vol. 84, № 1. – P. 108 – 113. – DOI: 10.1016/j.wneu.2015.02.037.
130. Sakai, T. Incidence of lumbar spondylolysis in the general population in Japan based on multidetector computed tomography scans from two thousand subjects / T. Sakai, K. Sairyo, S. Takao, H. Nishitani, N. Yasui // *Spine.* – 2009 – Vol. 34, № 21. – P. 2346 – 2350. – DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b4abbe.
131. Simson, K. J. Optimising conservative management of chronic low back pain: study protocol for a randomised controlled trial / K. J. Simson, C. T. Miller, J. Ford, A. Hahne, L. Main, T. Rantalainen, W. P. Teo, M. Teychenne, D. Connell, G. Trudel, G. Zheng, G. Thickbroom, D. L. Belavy // *Trials.* – 2017. – Vol. 18, № 1 – P. 184. – DOI: 10.1186/s13063-017-1913-8.
132. Samuel, A. M. Treatment for degenerative lumbar spondylolisthesis: current concepts and new evidence / A. M. Samuel, H. G. Moore, M. E. Cunningham // *Curr Rev Musculoskelet Med.* – 2017. – Vol. 10, № 4 – P. 521 – 529. – DOI: 10.1007/s12178-017-9442-3.
133. Smith, J. S Long-term outcomes of minimally invasive spine surgery for degenerative spondylolisthesis: a multicenter study / J.S. Smith, C. L. Shaffrey, F. J.

- Schwab, V. Lafage, C.P. Ames // *Global Spine Journal*. – 2020. – Vol. 10, № 2 – P. 145 – 153.
134. Tan, G. H. CT-based classification of long spinal allograft fusion / G.H. Tan, B.G. Goss, P.J. Thorpe, R.P. Williams // *Eur. Spine J.* – 2007. – Vol. 16, № 11. – P. 1875 – 1881.
135. Thalgott, J. S. Minimally invasive 360 degrees instrumented lumbar fusion / J. S. Thalgott, A. K. Chin, J. A. Ameriks, F. T. Jordan, J. M. Giuffre, K. Fritts, M. Timlin // *Eur. Spine J.* – 2000. – Vol. 9, № 1 – P. 51 – 56. – DOI: 10.1007/pl00010022.
136. Tuttle, J. Paramedian approach for transforaminal lumbar interbody fusion with unilateral pedicle screw fixation. Technical note and preliminary report on 47 cases / J. Tuttle, A. Shakir, H. F. Choudhri // *Neurosurg. Focus.* – 2006. – Vol. 15, № 2. – P. 5. – DOI: 10.3171/foc.2006.20.3.6.
137. Taillard, W. F. Etiology of spondylolisthesis / W. Taillard // *Clin. Orthop Relat Res.* – 1976. – № 117. – P. 30 – 39.
138. Tagliaferri, S. D. Domains of chronic low back pain and assessing treatment effectiveness: a clinical perspective / S .D. Tagliaferri, C. T. Miller, P. J. Owen, U. H. Mitchell, H. Brisby, B. Fitzgibbon, H. Masse-Alarie, J. Van Oosterwijck, D. L. Belavy // *Pain Pract.* – 2020. – Vol. 20, № 2 – P. 211 – 225. – DOI: 10.1111/papr.12846.
139. Tsirikos, A. I. Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents / A. I. Tsirikos, E. G. Garrido // *J. Bone Joint Surg.* – 2010. – Vol. 92, № 6. – P. 751 – 759. – DOI: 10.1302/0301-620X.92B6.23014.
140. Tenny, S. Spondylolisthesis. Treasure Island (FL) / S. Tenny, C. C. Gillis // *StatPearls Publishing.* – 2020. – № 10. – P. 7 – 14.
141. Tay, K. S. Intraoperative reduction does not result in better outcomes in low-grade lumbar spondylolisthesis with neurogenic symptoms after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion-a 5-year follow-up study / K. S. Tay, A. Bassi, W. Yeo, W. M. Yue // *Spine J.* – 2016. – Vol. 16, № 2. – P. 182 – 190. – DOI: 10.1016/j.spinee.2015.10.026.
142. Ulibarri, J. A. Biomechanical and clinical evaluation of a novel technique for surgical repair of spondylolysis in adolescents / J. A. Ulibarri, P. A. Anderson, T.

- Escarcega, D. Mann, K. J. Noonan // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2006. – Vol. 31, № 8. – P. 2067 – 2072. – DOI: 10.1097/01.brs.0000231777.24270.2b.
143. Vaccaro, A. R. Indications for instrumentation in degenerative lumbar spinal disorders / A. R. Vaccaro, S. T. Ball // *Orthopedics*. – 2000. – Vol. 23, № 3. – P. 260 – 273. – DOI: 10.3928/0147-7447-20000301-21.
144. Vavruch, L. A. prospective randomized comparison between the cloward procedure and a carbon fiber cage in the cervical spine: a clinical and radiologic study / L. Vavruch, R. Hedlund, D. Javid, W. Leszniewski, A. Shalabi // *Spine*. – 2002. – Vol. 27, № 16. – P. 1694 – 1701. – DOI: 10.1097/00007632-200208150-00003.
145. Villavicencio, A. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion / A. T. Villavicencio, S. Burneikiene, C. M. Roeca, E. L. Nelson, A. Mason // *Surg Neurol Int*. – 2010. – Vol. 31, № 1 – P. 10 – 12. – DOI: 10.4103/2152-7806.63905.
146. Wenger, M. Total spondylectomy and circular reconstruction for L5 vertebral body chordoma using a telescopic lordotic cage / M. Wenger, J. Teuscher, R. Markwalder, T. M. Markwalder // *Acta Orthop*. – 2006. – Vol. 77, № 5. – P. 825 – 829. – DOI: 10.1080/17453670610013060.
147. Warner, W. C. Adolescent spondylolysis: management and return to play / W. C. Warner, R. G. Mendonca // *Instr Course Lect*. – 2017. – № 66 – P. 409 – 413.
148. Watkins, R. G. Lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in athletes / R. G. Watkins // *Seminars in Spine Surgery*. – 2010. – Vol. 22, № 4. – P. 210 – 217. – DOI: 10.1053/j.semss.2010.06.011.
149. Wiltse, L. L. Spondylolisthesis: classification, diagnosis and natural history / L. Wiltse, S. Rothman // *Semin Spine Surg*. – 1989. – Vol. 1, № 2. – P. 78 – 94.
150. Watters III, W. C. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis / W. C. Watters 3rd, C. M. Bono, T. J. Gilbert, D. S. Kreiner, D. J. Mazanec, W. O. Shaffer, J. Baisden, J. E. Easa, R. Fernand // *The Spine Journal*. – 2009. – Vol. 9, № 7. – P. 609 – 614. – DOI: 10.1016/j.spinee.2009.03.016.
151. Wang, G. Quantitative MRI and X-ray analysis of disc degeneration and paraspinal muscle changes in degenerative spondylolisthesis / G. Wang, S. B. Karki, S. Xu, Z. Hu,

- J. Chen, Z. Zhou, S. Fan // *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. – 2015. – Vol. 28, № 2. – P. 277 – 285. – DOI: 10.3233/BMR-140515.
152. Weinstein, J. N. Surgical versus nonsurgical treatment for lumbar degenerative spondylolisthesis / J. N. Weinstein, J. D. Lurie, T. D. Tosteson, B. Hanscom, A. N. Tosteson, E. A. Blood, N. J. Birkmeyer, A. S. Hilibrand, H. Herkowitz, F. P. Cammisa, T. J. Albert, S. E. Emery, L. G. Lenke, W. A. Abdu, M. Longley, T. J. Errico, S. S Hu // *N Engl J Med*. – 2007. – Vol. 356, № 22 – P. 2257 – 2270. – DOI: 10.1056/NEJMoa070302.
153. Wong, A. P. Minimally invasive surgery for spondylolisthesis: a review of the current literature and open versus MIS treatment strategies / A. P. Wong, Z. A. Smith, J. A. Stadler, X. Y. Hu, J. Z Yan, X. F. Li // *World Neurosurg*. – 2014. – Vol. 82, № 6 – P. 1018 – 1025.
154. Yan, D. L. Comparative study of PILF and TLIF treatment in adult degenerative spondylolisthesis / D. L. Yan, F. X. Pei, J. Li, C. L. Soo // *Eur. Spine J*. – 2008. – Vol. 17, № 10. – P. 1311 – 1316. – DOI: 10.1007/s00586-008-0739-1.
155. Zhang, C. Adjacent segment degeneration versus disease after lumbar spine fusion for degenerative pathology: A systematic review with meta-analysis of the literature / C. Zhang, S. H. Berven, M. Fortin, M. H. Weber // *Clin. Spine Surg*. – 2016. – Vol. 29, № 1. – P. 21 – 29. – DOI: 10.1097/BSD.0000000000000328.
156. Zencica, P. Adjacent segment degeneration after lumbosacral fusion in spondylolisthesis: a retrospective radiological and clinical analysis / P. Zencica, R. Chaloupka, J. Hladikova J, M. Krbec // *Acta Chir. Orthop. Traumatol. Cech*. – 2010. – Vol. 77, № 2. – P. 124 – 130.
157. Zhang, Q. A comparison of posterior lumbar interbody fusion and transforaminal lumbar interbody fusion: a literature review and meta-analysis / Q. Zhang, Z. Yuan, M. Zhou, H. Liu. Y. Xu, Y. Ren // *BMC Musculoskelet Disord*. – 2014. – Vol. 5, № 15. – P. 367 – 344. – DOI: 10.1186/1471-2474-15-367.

Патент РФ на изобретение, полученный в рамках проводимой работы

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2832968

**СПОСОБ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ  
СПОНДИЛОЛИСТЕЗА НА ПОЯСНИЧНО-  
КРЕСТЦОВОМ УРОВНЕ**

Патентообладатель: *Коновалов Николай Александрович (RU)*

Авторы: *Коновалов Николай Александрович (RU), Иванов Сергей Валерьевич (RU), Закиров Бахромхон Акбарович (RU), Бринюк Евгений Сергеевич (RU)*

Заявка № 2024114077

Приоритет изобретения 23 мая 2024 г.

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 13 января 2025 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 23 мая 2044 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

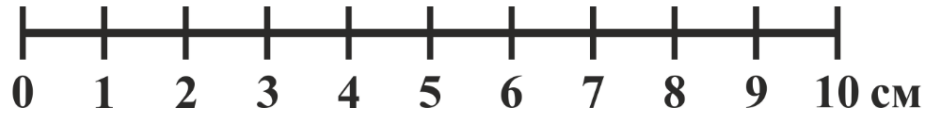
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
С помощью средства электронной подписи  
Личность: **Ю.С. Зубов** / **Ю.С. Зубов**  
Подпись: **Ю.С. Зубов** / **Ю.С. Зубов**  
Адрес: **Москва, ул. Мясницкая, д. 26, стр. 1**

*Ю.С. Зубов*



**Визуальная аналоговая шкала оценки интенсивности боли**

Нет боли      Слабая боль      Умеренная боль      Сильная боль      Невыносимая боль



**Индекс функциональной дееспособности (Oswestry Disability Index)  
(Fairbank J., 2000)**

Опросник предназначен для динамической оценки клинических проявлений у пациентов, страдающих болями в спине. Индекс Освестри представлен в версии 2.1a и состоит из 10 разделов. Чувствительность = 91 %, специфичность = 83 %.

Ответы под буквой А оцениваются в 0 баллов, под буквой Б – в 1 балл, под буквой В – в 2 балла, под буквой Г – в 3 балла, под буквой Д – в 4 балла, под буквой Е – в 5 баллов. Полученные баллы суммируются, их максимальное число – 50.

$$\text{Результат: } \frac{\text{сумма набранных баллов}}{\text{сумма максимальных баллов}} \times 100 = \%.$$

Интерпретация полученных данных осуществляется следующим образом:

0-20% – минимальное нарушение (пациент может осуществлять все виды жизнедеятельности);

21-40% – умеренное нарушение (пациент испытывает значительные боли и трудности при сидении, поднимании предметов и стоянии);

41-60% – тяжелое нарушение (у пациента боль становится основной проблемой, активность повседневной жизни у него затруднена);

61-80% – крайне тяжелое (боль в спине ухудшает все аспекты жизни пациента);

81-100% – такие пациенты либо прикованы к постели, либо агравируют свои симптомы

Необходимо выбрать одно наиболее подходящее утверждение для каждого пункта.

**1. Интенсивность болевого синдрома:**

А) Я могу переносить боль без приема болеутоляющих препаратов.

Б) Боль сильная, но болеутоляющих препаратов я не принимаю.

- В) Болеутоляющие препараты полностью избавляют меня от боли.
- Г) Болеутоляющие препараты умеренно снижают боль.
- Д) Болеутоляющие препараты слабо уменьшают боль.
- Е) Болеутоляющие препараты мне не помогают, поэтому я их не принимаю.

## **2. Самообслуживание (умывание, одевание и т. д.):**

- А) Самообслуживание не нарушено и не вызывает дополнительной боли.
- Б) Самообслуживание не нарушено, но вызывает дополнительную боль.
- В) При самообслуживании из-за боли я все делаю медленно.
- Г) При самообслуживании я нуждаюсь в некоторой помощи, хотя в основном все делаю самостоятельно.
- Д) В большинстве случаев мне необходима помощь.
- Е) Самостоятельно я не могу сделать ничего.

## **3. Поднимание предметов:**

- А) Я могу поднимать тяжелые предметы без появления дополнительной боли.
- Б) Я могу поднимать тяжелые предметы, но это усиливает боль.
- В) Боль мешает мне поднимать тяжелые предметы, но я могу это сделать, если они удобно расположены (например, на столе).
- Г) Боль мешает мне поднимать тяжелые предметы, но я могу поднять предмет средней тяжести, если он удобно расположен.
- Д) Я могу поднимать только легкие предметы.
- Е) Я не могу ни поднять, ни удержать никакие предметы

## **4. Ходьба:**

- А) Боль не мешает мне проходить любые расстояния.

- Б) Боль мешает мне пройти больше 1 км.
- В) Боль мешает мне пройти больше 500 м.
- Г) Боль мешает мне пройти больше 250 м.
- Д) Я могу ходить только с опорой (с тростью или с костылями).
- Е) В основном я лежу и с трудом добираюсь до туалета.

**5. Сидение:**

- А) Я могу сидеть на любом стуле сколько угодно.
- Б) Я могу сидеть долго только на моем любимом стуле.
- В) Боль мешает мне сидеть больше 1 часа.
- Г) Боль мешает мне сидеть больше 30 минут.
- Д) Боль мешает мне сидеть больше 10 минут.
- Е) Из-за боли я вообще не могу сидеть.

**6. Стояние:**

- А) Я могу стоять сколько угодно без усиления боли.
- Б) Я могу стоять сколько угодно, но это усиливает боль.
- В) Боль мешает мне стоять больше 1 часа.
- Г) Боль мешает мне стоять больше 30 минут.
- Д) Боль мешает мне стоять больше 10 минут.
- Е) Из-за боли я вообще не могу стоять.

**7. Сон:**

- А) Сон у меня хороший, боль его не нарушает.
- Б) Я испытываю боль, но сплю я хорошо.

- В) Из-за боли я сплю на 2 часа меньше, чем раньше.
- Г) Из-за боли я сплю на 4 часа меньше, чем раньше.
- Д) Из-за боли я сплю на 6 часов меньше, чем раньше.
- Е) Из-за боли я не сплю вообще.

### **8. Сексуальная жизнь:**

- А) Моя сексуальная жизнь нормальна и не вызывает дополнительной боли.
- Б) Моя сексуальная жизнь нормальна, но усиливает боль.
- В) Моя сексуальная жизнь нормальна, но резко усиливает боль.
- Г) Боль значительно ограничивает мою сексуальную жизнь.
- Д) Боль почти полностью препятствует моей сексуальной жизни.
- Е) Из-за боли сексуальная жизнь невозможна.

### **9. Общественная жизнь:**

- А) Моя общественная жизнь обычная и не усиливает боль.
- Б) Моя общественная жизнь обычная, но усиливает боль.
- В) Боль сильно сказывается на моей общественной жизни, но ограничивает лишь те ее области, которые требуют больших затрат сил (например, танцы).
- Г) Боль существенно ограничивает мою общественную жизнь, из-за нее я часто не могу выйти из дома.
- Д) Боль ограничила мою общественную жизнь только моим домом.
- Е) Из-за боли я совсем не участвую в общественной жизни.

### **10. Поездки:**

- А) Я могу ездить куда захочу без усиления боли.
- Б) Я могу ездить куда угодно, но это усиливает боль.

- В) Боль мешает поездкам длительностью более 1 часа.
- Г) Из-за боли я могу совершать поездки длительностью не более 30 минут.
- Д) Из-за боли я могу совершать поездки только на определенном транспорте.
- Е) Я могу ехать куда-то только лежа.

### Шкала достижения целей

Ранжирование по 5 баллам, от -2 до 2 баллов в зависимости от степени достижения.

Результат оценивается в соответствии с отведённым на достижение цели временным интервалом:

- если пациент достигает ожидаемого уровня, то это оценивается как «0»;
- если результат выше ожидаемого уровня, то это оценивается как +1 (несколько лучше) или +2 (намного лучше);
- если пациент не достигает ожидаемого уровня, тогда это оценивается как -1 (несколько хуже, или остался на прежнем уровне) или -2 (намного хуже)

Для статистического анализа общее значение достижения цели (Т) считается по формуле, которая описана в Разделе 2.2 Инструменты оценки клинических исходов.

Проверьте, обсудили ли врач и пациент шкалу в деталях	Название целей		
	Да ___ Нет ___	Да ___ Нет ___	Да ___ Нет ___
<b>Достижение целей и уровни</b>	<b>Цель 1 (wi = 10)</b> <b>Снижение интенсивности боли: требуется ли прием анальгетиков?</b>	<b>Цель 2 (wi = 9)</b> <b>Снижение интенсивности боли по шкале болевого аудита</b>	<b>Цель 3 (wi = 8)</b> <b>Клинический эффект: динамика неврологической симптоматики</b>
Наихудший результат терапии (-2)	Постоянно	> 35 баллов	Прогрессирование неврологической симптоматики
Меньший, чем ожидалось, успех терапии (-1)	Часто	26–35 баллов	Неврологическая симптоматика не изменилась
Ожидаемая степень успеха терапии (0)	Иногда	15–25 баллов	Уменьшение симптомов натяжения нервов при отсутствии изменений в чувствительной, двигательной, рефлекторной сферах
Большой, чем ожидалось, успех терапии (+1)	Нет	6–14 баллов	Частичный регресс неврологической симптоматики в чувствительной, двигательной, рефлекторной сферах
Наибольший ожидаемый успех терапии (+2)	Я не помню, когда покупал анальгетики для себя	0–5 баллов	Полный регресс неврологической симптоматики

Проверьте, обсудили ли врач и пациент шкалу в деталях	Название целей		
	Да ___ Нет ___	Да ___ Нет ___	Да ___ Нет ___
<b>Достижение целей и уровни</b>	<b>Цель 4 (wi = 5) Функция: боли в спине/ноге мешают ухаживать за собой</b>	<b>Цель 5 (wi = 6) Удовлетворенность лечением</b>	<b>Цель 6 (wi = 1) Длительность стационарного лечения</b>
Наихудший результат терапии (-2)	Часто	Не удовлетворен	>12 дней
Меньший, чем ожидалось, успех терапии (-1)	Иногда	Не совсем удовлетворен	9–12 дней
Ожидаемая степень успеха терапии (0)	Нет, но я стараюсь быть осторожным в движениях	Удовлетворен	7–8 дней
Большой, чем ожидалось, успех терапии (+1)	Нет, я часто забываю об осторожности	Эффект от лечения превзошел мои ожидания	6 дней
Наибольший ожидаемый успех терапии (+2)	Нет и я забыл о болезни	Я выздоровел	4–5 дней

Проверьте, обсудили ли врач и пациент шкалу в деталях	Название целей	
	Да ___ Нет ___	Да ___ Нет ___
<b>Достижение целей и уровня</b>	<b>Цель 7 (wi = 2) Работа</b>	<b>Цель 8 (wi = 4) Функциональная активность на работе</b>
Наихудший результат терапии (-2)	Из-за болезни я потерял работу и не могу найти другую	Из-за вынужденного снижения двигательной активности я ищу другую работу
Меньший, чем ожидалось, успех терапии (-1)	Из-за болезни мне пришлось сменить место работы, профессию	Я стал менее активным, стараюсь ограничивать физическую нагрузку на работе (не поднимать тяжести, больше сидеть и т.д.)
Ожидаемая степень успеха терапии (0)	Я вернулся на прежнее место работы, временно мне созданы облегченные условия труда	Я выполняю прежний объем работы (как и до болезни)
Большой, чем ожидалось, успех терапии (+1)	Я вернулся на прежнее место работы, на прежнюю должность	Я стал выполнять больший объем работы, по сравнению с периодом до болезни
Наибольший ожидаемый успех терапии (+2)	Я без опаски двигаюсь, поднимаю тяжести, берусь за любую работу	Я получил продвижение по службе

Проверьте, обсудили ли врач и пациент шкалу в деталях	Название целей	
	Да ___ Нет ___	Да ___ Нет ___
<b>Достижение целей и уровни</b>	<b>Цель 9 (wi = 3) Функциональная активность в быту</b>	<b>Цель 10 (wi = 7) Длительность временной нетрудоспособности</b>
Наихудший результат терапии (-2)	Я не могу без посторонней помощи выполнять обычную домашнюю работу	> 3 мес.
Меньший, чем ожидалось, успех терапии (-1)	Я выполняю домашнюю работу в сокращенном объеме, т. к. некоторые движения вызывают появление боли в спине/ноге	2-3 мес.
Ожидаемая степень успеха терапии (0)	Я самостоятельно выполняю прежнюю домашнюю работу	2 мес.
Большой, чем ожидалось, успех терапии (+1)	Я работаю дома, на приусадебном участке без ограничений	1,5-2 мес.
Наибольший ожидаемый успех терапии (+2)	Я забыл о болезни, занимаюсь спортом	1-1,5 мес.